

# ***ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЕКОНОМІЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СФЕРАХ***

---

***КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ***

***(до 10-ти річчя факультету комп'ютерних систем,  
енергетики та автоматизації  
Національної металургійної академії України)***

Донецьк

Видавництво  
**ЛАНДОН-XXI**

2013

УДК 334.7:303.433.2  
ББК У301-31  
И 74

**Рецензенти:**

- Ветрова Наталія Мусіївна** – д-р. техн. наук, професор, Національна академія природоохоронного та курортного будівництва,  
**Конішева Наталія Йосипівна** – д-р. екон. наук, професор, академік АЕН України, ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»  
**Ковальов Валерій Миколайович** – д-р. екон. наук, професор, академік АЕН України, УНППІ Української інженерно-педагогічної академії,  
**Ковальчук Костянтин Федорович** – д-р. екон. наук, професор, Національна металургійна академія України,  
**Мороз Борис Іванович** – д-р. техн. наук, професор, Академія митної служби України  
**Санін Анатолій Федорович** – д-р. техн. наук, професор, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
**Соколова Надія Андріївна** – д-р. техн. наук, професор, Херсонський національний технічний університет  
**Череп Алла Василівна** – д-р. екон. наук, професор, академік АЕН України, Запорізький національний університет

*Головний редактор: Савчук Л.М.,* к.е.н., професор, декан факультету комп'ютерних систем, енергетики та автоматизації Національної металургійної академії України

*Рекомендовано вченою радою Національної металургійної академії України (протокол № 9 від 28.10. 2013р.)*

**И74 Інформаційне забезпечення систем прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах:** колективна монографія/ під заг. ред. Л.М.Савчук. — Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2013.—592 с.

ISBN 978-617-7049-71-4

Колективна монографія присвячена 10-ти річчю факультету комп'ютерних систем, енергетики та автоматизації Національної металургійної академії України. Представлено результати досліджень науковців України та Росії з питань інформаційного забезпечення систем прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах. Виконана в межах теми дослідження «Методологія управління підприємствами різних організаційно-правових форм та форм власності» (державний реєстраційний номер 0107U001146) і розрахована на широке коло вітчизняних фахівців, науковців, політиків, державних службовців.

**УДК 334.7:303.433.2  
ББК У301-31**

**ISBN 978-617-7049-71-4**

© Національна металургійна академія України

## ПЕРЕДМОВА ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

Факультету Економічної кібернетики, комп'ютерних систем і автоматизації 24 грудня 2013р. виповнюється 10 років.

Я не помилилася із назвою факультету, саме так він називався на момент утворення. Переді мною наказ про створення нового факультету і спогади про ті вже далекі часи і події. Беззаперечним ініціатором, організатором, ідеологом створення факультету виступив ректор Національної металургійної академії України О. Г. Величко. Саме він завчасно передбачив необхідність у підвищенні якості та ефективності інформаційно-комп'ютерної підготовки студентів Академії і зібрав сучасні комп'ютеризовані спеціальності на одному факультеті. Ми вдячні ректорові за вдале стратегічне рішення і вважаємо його творцем нашого факультету.

Окремі слова подяки хочеться передати деканам факультетів НМетАУ, які віддали на новостворений факультет своїх студентів – проф. Ковальчуку К. Ф., Молчанову О. І. і Єрмократьєву В.О.

За десять років на факультеті відбулася одна серйозна реорганізація, до нас приєдналися енергетики і ми дещо змінили свою назву, а саме стали факультетом комп'ютерних систем, енергетики і автоматизації. Розмаїття спеціальностей, зібраних під дахом одного факультету, можна позаздрити і територіально кафедри факультету розташовані від самого лівого крила комплексу споруд Академії (кафедра промислової теплоенергетики) до самого правого – де розташувалася кафедра автоматизації виробничих процесів.

До складу факультету увійшли кафедри із значним досвідом науково-педагогічної роботи, професійним кадровим потенціалом і сталою системою керівництва кафедральними колективами. Основною задачею факультету, як структурного підрозділу академії, із самого початку була задача подальшого поступового підсилення позицій кафедр під гаслом «сильні кафедри – сильний факультет». При такому підході задача управління факультетською діяльністю зводиться, перш за все, до узгодження діяльності кафедр при виконанні спільних задач. Звідси вибір факультетського гасла, що присутній на нашій символіці «Там де згода, там – перемога» (Ubi Concordia, ibi Victoria).

Факультет об'єднує роботу шести кафедр академії: економічної інформатики, завідувач кафедри проф., к.е.н. Савчук Ларніса Миколаївна; автоматизації виробничих процесів, завідувач кафедри доц., к.т.н. Єгоров Олександр Петрович; інформаційних технологій і

систем, завідувач кафедри проф., д.т.н. Михальов Олександр Ілліч, прикладної математики і обчислювальної техніки, яку очолює проф., д.т.н. Швачич Геннадій Григорович, промислової теплоенергетики та енергозбереження, завідувач кафедри проф., д.т.н. Губинський Михайло Володимирович і кафедри теплотехніки та екології металургійних печей, завідувач кафедри проф., д.т.н. Єрсьомін Олександр Олегович.

Факультет комп'ютерних систем, енергетики та автоматизації – наймолодший в академії. Але ми далеко не новачки у справі підготовки фахівців найбільш затребуваних і амбіційних напрямів підготовки, а саме: економічна кібернетика, комп'ютерні науки, автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології, теплоенергетика, металургія.

Що об'єднує такі різні напрями підготовки у межах одного факультету? Всі вони готують фахівців для роботи у високотехнологічних галузях економіки, які визначають інноваційний потенціал суспільства. На сучасному етапі економічного розвитку енергетика, автоматизація, комп'ютерні та інформаційні технології належать до наукоємних, без розвитку яких неможливий рух до інформаційного суспільства.

Ми втілюємо у життя інтеграційний процес у системі вищої освіти, заснований на використанні інформаційного підходу, коли підготовка фахівців споріднених напрямків здійснюється в одному центрі (на факультеті). Це необхідно для утворення єдиного освітянського простору професійної підготовки, можливості спільного вивчення фундаментальних і загально-спеціальних дисциплін, а також для ведення спільних досліджень та обміну досягненнями і результатами.

Дана колективна монографія є спробою пошуку форми опублікування результатів творчої діяльності співробітників факультету і наших колег з інших навчальних і наукових закладів України і Росії.

Платон у далекі часи наголосив: «Нова ідея – це нова форма». Це твердження не втратило своєї цінності, але у нього з'явився новий акцент. Раніше нові форми утворювалися за допомогою нових зв'язків між предметами, а зараз є можливість їх утворювати між предметами і інформацією. Умовно кажучи, якщо багато років проявляти творчий підхід означало «грати молекулами» і винаходити таким чином новий продукт, то тепер необхідно сполучати молекули і байти для винаходу нових послуг.

Останнім часом людство переконалося в тому, що практично всі існуючі у природі взаємозв'язки мають інформаційний характер, саме інформація визначає напрям руху матерії у Всесвіті, є носієм суті всіх процесів, що відбуваються у природі і суспільстві. Саме інформація здібна утворити феномен появи нових ідей. Це обумовило вибір назви колективної монографії з акцентом на важливості інформаційного забезпечення при вивченні об'єктів, процесів і явищ в економіці, техніці і організаційних сферах.

Представлена колективна праця науковців не зовсім стандартна за своїм змістовним наповненням, оскільки містить здобутки фахівців на перший погляд непок'єднаних галузей знань: економіки та техніки. Але це тільки на перший погляд. Об'єднувальним началом виступають інформаційні технології та інформаційне забезпечення ведення бізнесу, інформаційний взаємозв'язок між економічними та виробничими результатами діяльності суб'єктів господарювання, а головне - інформація, це важливе джерело, яке в умовах індустріального, а особливо постіндустріального суспільства, набуває все більш важливого науково-технічного та народногосподарського значення.

Колективну монографію, яку Ви тримаєте в руках, умовно можна поділити на два рівноцінних блоки: економічний (розділи 1-4) та технічний (розділи 5-6), кожен з яких висвітлює результати дослідження певної наукової проблеми.

Так, перший розділ присвячено визначенню ролі інформації в соціально-економічній реальності постіндустріального суспільства.

Матеріали другого розділу розкривають сучасний стан та проблеми формування і розвитку державної інформаційної політики.

В третьому розділі представлено здобутки науковців щодо методики, аналізу та діагностики ефективності управління підприємствами інформаційного бізнесу.

Четвертий розділ висвітлює питання статистичного вимірювання розвитку наноекономіки та моделювання системи показників розвитку галузей і підприємств.

В п'ятому розділі наведено теоретичні та практичні здобутки щодо застосування інформаційних систем, математичних моделей в техніці.

В шостому розділі розглядаються питання конструювання багатопроесорних систем, досліджується їх ефективність для розв'язання широкого класу задач, застосування до вирішення прикладних задач металургії, висвітлюються підходи до організації безпеки функціонування таких систем.

Повною мірою усвідомлюючи, що далеко не всі аспекти досліджуваної теми отримали в монографії всебічне відображення, а деякі положення й висновки можуть бути предметом наукової дискусії, маємо сподівання, що теоретичні узагальнення, висновки та рекомендації, наведені в даній монографії, будуть використовуватись практиками, науковцями, представниками влади.

*Висловлюємо глибоку вдячність рецензентам колективної монографії:*

*Ветровій Наталії Мусіївні* – доктору технічних наук, професору, Національна академія природоохоронного та курортного будівництва,

*Коніщевій Наталії Йосипівні* – доктору економічних наук, професору, академіку АЕН України, ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»

*Ковальову Валерію Миколайовичу* – доктору економічних наук, професору, академіку АЕН України, УНППІ Української інженерно-педагогічної академії,

*Ковальчуку Костянтину Федоровичу* – доктору економічних наук, професору, Національна металургійна академія України,

*Морозу Борису Івановичу* – доктору технічних наук, професору, Академія митної служби України

*Саніну Анатолію Федоровичу* – доктору технічних наук, професору, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

*Соколовій Надії Андріївні* – доктору технічних наук, професору, Херсонський національний технічний університет

*Череп Аллі Василівні* – доктору економічних наук, професору, академіку АЕН України, Запорізький національний університет

*а також:*

*Гальків Любові Іванівні* – доктору економічних наук, доценту, Львівська комерційна академія (рецензування матеріалів Гришук Д.В.)

*Грушку Віктору Івановичу* – доктору економічних наук, професору, Університет економіки та права «КРОК» (рецензування матеріалів Корзаченко О.В.)

*Мищенко Володимирі Акимовичу* – доктору економічних наук, професору, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (рецензування матеріалів Сітак І.Л.)

# РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІЙ РЕАЛЬНОСТІ ПОСТІНДУСТРІАЛЬНОГО СУСПІЛЬСТВА

## 1.1. Інформація та знання як провідні конструкційні елементи сучасної соціально-економічної реальності

На початку третього тисячоліття мінливість суспільного буття набуває перманентно-фронтального характеру, не залишаючи осторонь жодної з його площин і, насамперед, економічної. Саме в ній найбільш інтенсивно втілюються останні здобутки креативно-інноваційної діяльності людини, найяскравіше й якнайшвидше проявляються наслідки і результати нової якості суспільного розвитку.

В умовах зростаючої нестабільності і надзвичайної динамічності економічного життя пасивність, невідповідність ритмів, темпів і масштабів власної та зовнішньої мінливості для будь-якого суб'єкта обертаються неспроможністю «йти в ногу» з технологічним прогресом і виштовхуванням на соціально-економічне узбіччя. Імперативом розширеного відтворення в умовах глобальних якісних трансформаційних зрушень стає готовність сприймати нове, асимілювати його та асимілюватися в ньому, гнучкість, адаптабельність і спроможність до авангардного чи модернізаційного самооновлення. Зрозуміло, що необхідною передумовою цього є глибинне розуміння і творче опанування генетичних джерел, чинників та механізмів економічних метаморфоз, заснованих на незворотних якісних змінах спадкової системотворної інформації. Тобто інформації, що наділяє свого носія певними атрибутивними ознаками, властивостями і функціональними можливостями; визначає програми його структурної самоорганізації та самовідтворення; еволюційну місію; механізми підтримки динамічної рівноваги та навігації у альтернативному майбутньому [1, с. 287-315].

Органічний взаємозв'язок між усіма мікроносіями спадковості (цінностями, знаннями, навичками, рутинами, фреймами раціональності, паттернами поведінки) означає, що їх початкові локальні якісні зміни, самоініціативно чи під тиском обставин здійснені акторами, з часом обернуться на комплексні загальносистемні перетворення. І хоча в ролі потенційного провідника новаційності може виступити кожен із них, найперспективнішим об'єктом впливу з точки зору відкритості новому, внутрішньої динамічності, реформаційної пластичності та потужності впливу є *знання*.

Їх надчутливість до будь-яких проявів нового і новітнього пояснюється їх близькою генетичною спорідненістю та оперативними, хоча й опосередкованими пізнавальною діяльністю людини, зв'язками із *інформацією*. Остання втілює і зовнішньо представляє будь-які неоднорідності дискретів та потоків універсуму, і, тим самим, уможлиблює його пізнання [2, с.67-69].

У свою чергу, знання - це перевірений суспільно-історичною практикою і підкріплений логікою результат критичного та творчого пізнання дійсності, відповідальний за формування її адекватного відображення у індивідуальній та суспільній свідомості [3, с.8].

Загалом же інформація та знання співвідносяться між собою як широкий неперервний потік різноманітних даних, що підлягають збору і фільтрації за певними критеріями (повнота, достовірність, обґрунтованість тощо), та нагромаджений запас, обсяги і зміст якого коригуються за результатами їх усвідомленої рефлексії суб'єктом пізнання [4, с.28]. Саме знання виступають у ролі одного з базових конструктів та каталізаторів інноваційних змін соціальної матерії, зокрема, її інформаційної складової. Спираючись на когнітивну карту оточення, людина вибудовує в координатах топоса, хроноса і логоса унікальний за «ландшафтом» простір життєдіяльності та торує в ньому в контексті очікуваного майбутнього особисту економічну колію життєвого шляху.

Творення нової економічної реальності постає як результат особливого типу активності економічних акторів - їх економічної творчості та співтворчості. Піднявшись по східцях еволюційного ескалатору, людство отримало майже невичерпний вільно доступний ресурс розвитку - творчу енергію, спроможну згідно із законами універсуму трансформуватися у оригінальні за формою, змістом чи призначенням гносеологічні, онтологічні й праксеологічні елементи дійсності.

Щоб схематично проілюструвати механізм креативного впливу нових знань на якісні метаморфози економічної системи, візьмемо за основу модель взаємодії «трьох світів» К. Поппера (матеріального світу фізичних об'єктів і їх станів; умовно безсуб'єктного світу знань; суб'єктивного світу - творця і медіума взаємодій) [5, р.26] та наповнимо її економічним змістом (рис. 1).

Слід зазначити, що саморушність і самоактуалізація знань у людинорозмірних системах спирається на діалектику процесів *уречевлення (матеріалізації, екстерналізації)* й *олюднення (суб'єктивізації, інтерналізації)*, засновану на привласненні креативних та традиційних сутнісних сил людини (ССЛ).





Рис. 1. Циклічна модель коеволуційної взаємодії «трьох світів» у людинорозмірній соціально-економічній реальності

Спосіб суб'єктивізації знань - невід'ємного моменту розширеного відтворення людського капіталу - буде залежати від функціональної чи поліфункціональної спеціалізації людини (творець, користувач (упроваджувач), кінцевий споживач знаннєсмих благ) в «обслуговуванні» їх життєвого циклу.

*Прямий активний* спосіб доступний людині – творцю гносеологічного нового, який самореалізується як носій креативних сутнісних сил через особисту участь у видах діяльності, результатом яких є інтелектуальний продукт та розвиток індивідуальних творчих потенцій. *Прямий пасивний* ґрунтується на засвоєнні людиною наявного масиву знань як передумови змістовного збагачення і інтелектуалізації її ССЛ.

*Опосередкований* передбачає прикладне використання нових знань й кінцеве споживання знаннєсмих благ, що супроводжується отриманням відповідних знань і навичок в процесі засвоєння їх корисних властивостей, що позитивно впливатиме на динаміку ССЛ. Водночас більш досконалі за споживчими характеристиками блага сприятимуть підвищенню рівня задоволення потреб.

Звісно, що у будь-якому варіанті суб'єктивізація є незворотною, адже отримані людиною, усвідомленні та, тим паче, включені до її світогляду знання стають невіддільними від свого носія (творця, активного чи пасивного користувача) і їх вже не можна повернути чи кінцево вичерпати. Тож унеможливується їх традиційне привласнення та відчуження. Проблема ускладнює і те,

що при першому переході із первісної ідеально-суб'єктивної форми в матеріальну знання втрачають зв'язок із своїм творцем і, позбавляючись «тавра» власника, отримують відносну незалежність та процесуальну самостійність. І те, що усі знання (навіть новоотримані), від початку мають *суспільний* характер, оскільки автор чи користувач нового знання завжди спирається на знання, що до нього були створені іншими суб'єктами і, апіорі, є суспільним надбанням [6, с. 34].

Матеріалізація можлива в двох варіантах. За першим спочатку передбачається перевтілення знань в інтелектуально-інформаційний продукт (ШПр). А вже потім відбувається майже необмежене відтворення його змістовної складової на спеціальних матеріальних носіях за допомогою певної символічної системи з гранично малими витратами на тиражування (матеріалізація I роду). При цьому поява кожної нової копії не супроводжується знищенням її прототипу. Skorистуватися знаннями, перенесеними в такий спосіб зможе лише той, хто володіє відповідною методикою декодифікації символів та розуміє їх семантику. В основі другого - уречевлення знань, їх використання в ролі вельми *специфічного* економічного ресурсу, безпосередньо задіяного в індивідуальних та суспільних відтворювальних процесах й матеріалізованого в товарах і послугах (матеріалізація II роду).

Специфіка знань полягає в тому, що вони не є традиційним субституттом, спроможним замінювати у певній пропорції інші фактори виробництва [7, с.6-9] і згідно до закону спадної граничної продуктивності демонструвати додатну динаміку MRTS.

З одного боку, вони - *наповнювач*, присутній внаслідок суб'єктивізації та матеріалізації в кожному з елементів продуктивних сил і задіяний у створенні вартості й надлишкової доданої вартості (у вигляді абсолютної та диференційної інтелектуальної ренти). У країнах ОЕСР для приблизної оцінки питомої ваги фактору знань у засобах виробництва використовується показник «наукоємність виробництва» ( $S$ ), що визначається як відношення витрат на НДДКР до обсягу виробленої/реалізованої продукції в натуральному виразі. Відповідно до міжнародної статистичної практики, підприємства, галузі промисловості та види діяльності поділяються на: високотехнологічні ( $S > 17,0$ ), середньотехнологічні вищого рівня ( $5,5 < S \leq 17,0$ ), середньотехнологічні ( $2,3 < S \leq 5,5$ ) та низькотехнологічні ( $0,5 \leq S \leq 2,3$ ) [8, с. 67].

З іншого боку, знання - *це інтегратор*, що об'єднує фактори виробництва в організаційно-технологічну систему з певною внутрішньою структурою, оптимальними і граничними нормами

факторної субституції та комплементарності; надає їй властивості органічної цілісності; визначає напрями застосування, межу функціональних можливостей, умови та «коридор» дії зростаючого та постійного ефектів масштабу, інтегральну мультифакторну продуктивність, тощо.

Водночас, знання є засобом трансграничного переходу акторів через наявні об'єктивно-суб'єктивні межі можливого (удосконалення і розширення простору особистої економічної активності, неантагоністичне подолання ресурсних обмежень, нарощування відтворювального потенціалу і підвищення рівня задоволення потреб). Не дарма новітня концепція економіки знань ставить під сумнів позаісторичність вихідної аксіоми економікс про обмеженість усіх видів економічних ресурсів. Її прихильники аргументовано стверджують, що поняття обмеженості й рідкості ресурсів є відносними й актуальними виключно у короткому періоді [9, с.26]. Вони безпосередньо залежать від наявного рівня знань, який визначає радіус ноосфери, реальну доступність для практично-перетворювальної діяльності людини об'єктів навколишнього середовища, ступінь розуміння їх якісних споживчих властивостей, продуктивність та ефективність технологій їх використання. Оскільки ж знання перебувають в русі, безперервно експоненціально зростають, відкриваючи нові перспективи і альтернативи розвитку, у довгостроковому періоді проблема ресурсних обмежень втрачає гостроту.

Ноофактори наділяють процеси і результати суспільної праці конкурентними перевагами, зменшують їх ресурсозалежність, підвищують продуктивність й ефективність. В багатьох розвинених країнах саме такий ресурс розвитку забезпечував відбуття позитивної економічної динаміки протягом останніх десятиліть. Швидкий розвиток виробництв з високою концентрацією інформаційної складової знаходив не тільки безпосереднє закарбування у темпах економічного зростання через збільшення обсягу випуску у галузях, пов'язаних з ІКТ.

Внесок інформаційно-знанневої складової виявився значно суттєвішим. Так, у середині 90-х рр. при щорічних темпах зростання продуктивності в США у несільськогосподарському виробництві від 1,04% до 1,25% безпосередній внесок галузей виробництва комп'ютерів та напівпровідників коливався лише в діапазоні від 0,39% до 0,62%, при одночасно потужному впливі інформаційної економіки на збільшення мультифакторної продуктивності [10, с.17]. Ще вагомішою виявляється роль сучасної інформаційної економіки в забезпеченні позитивної економічної динаміки за врахування двозначності трендів інших виробничих факторів (табл.1).

Таблиця 1

Внесок факторів виробництва  
у темпі зростання ВВП протягом 1981-2004 рр., %

Внесок факторів виробництва	1981-2000 рр.	1991-2000 рр.	1995-2004 рр.	2001-2004 рр.
Німеччина, загалом:	2,2	1,8	1,2	0,5
праця	-0,3	-0,5	-0,4	-0,4
капітал	0,7	0,7	0,4	0,3
мультифакторна продуктивність	1,8	1,7	1,2	0,6
США:	3,3	3,4	3,4	2,4
праця	1,2	1,0	0,7	-0,3
капітал	1,0	1,0	1,1	0,9
мультифакторна продуктивність	1,2	1,4	1,7	1,8
Велика Британія, загалом:	2,8	2,5	2,9	2,4
праця	0,4	-0,1	0,6	0,2
капітал	0,6	0,7	0,7	0,7
мультифакторна продуктивність	1,8	2,0	1,6	1,5
Франція, загалом:	2,4	1,9	2,1	1,4
праця	-0,5	0,0	0,1	-0,1
капітал	1,0	1,0	0,9	1,0
мультифакторна продуктивність	1,8	0,9	1,1	0,5

Складено за: [11, с.19]

Так, зростання ВВП Німеччині протягом останніх 25 років відбувалось при зменшенні внеску фактору праці. У менш явному вигляді аналогічні процеси розгортались останніми десятиліттями також у Франції та США.

Збагачення гностичною компонентою різнорівневих відтворювальних циклів і процесів створення вартості здійснюється шляхом інноваційного капіталотворення. Останнє «підживлює» їх актуальною корисною новизною, і, тим самим, забезпечує їх адаптацію до змін середовища та зміцнює підойми самозростання. Серед чинників прискорення:

- використання унікальних висококваліфікованих трудових і знаннєсмих матеріальних ресурсів;

- складна праця, відмінною ознакою якої є порівняно високі продуктивний і доходостворювальний потенціали. «Кілограм наукоємного продукту інформатики та електроніки дозволяє заробити до 5000\$, тоді як продаж сирової нафти приносить прибуток у 20-25\$, кілограму сучасної побутової техніки – 50\$, авіатехніки - 1000\$» (Б. Гейтс [12, с.54]);

- максимізація результатів нелінійного синтезу інноваційних та традиційних факторів виробництва, їх повне чи часткове привласнення, споживання та нагромадження;

- генерація додаткового потоку доходів, пов'язаного із реалізацією прав власності на інтелектуальні продукти; мобілізація й концентрація вільних фінансово-кредитних ресурсів, приваблених порівняно високою рентабельністю інноваційного капіталотворення в промислових масштабах;

- систематичне підпорядковане еволюційним імперативам оновлення екогенетичного матеріалу, нівелювання наслідків його морального старіння і фізичного вибуття. Цілеспрямовано створені і розвинуті конкурентні переваги стають універсальним засобом виходу за межі здобутків, нормальних для зразкової посередності, та отримання надприбутків рентної природи. А покращені невідчужувані результати (кумулятивний приріст потенції і компетенцій, підвищення якості людського капіталу, нові придатні для комерціалізації об'єкти інтелектуальної власності та авторського права тощо) стають запорукою зростання показників капіталізації та ринкової вартості власних активів.

Погляд на нові знання як на потенційний оновлювач соціально-економічної реальності спонукає приділити особливу увагу їх атрибутивним властивостям. Насамперед тим, що пояснюють причини інформатизації й інтелектуалізації економічної діяльності, глибинні витоки їх прискорення, інституціоналізації та організованої комерціалізації протягом останньої чверті ХХ-го сторіччя.

Очолюватимуть перелік таких визначальних властивостей *гетерогенність та транзитивність* - здатність знань існувати в ідеальній та матеріально-речовинній формах, легко здійснюючи між ними нескінченні прямі й опосередковані взаємопереходи (суб'єктивізація  $\leftrightarrow$  матеріалізація, інтерналізація  $\leftrightarrow$  екстерналізація). Відповідно конститується приналежність знань до матеріальної й нематеріальної сфер людинорозмірної реальності, їх *всеохоплюючий характер* і *абсолютний метаморфізм*. Тобто можливість проникати, впроваджуватися й реалізуватися в усіх сферах суспільного буття, долучатися до відтворення людини, втілюватися у всіх створених чи ініційованих нею речах, явищах і процесах, інтегруючись в їх

структуру та переналагоджуючи автопоезійні та коеволюційні механізми. *Не існує жодного виду людської діяльності, яка б не містила у собі компоненти знань й не могла б бути оновлена за їх допомогою.*

Далі слідуватимуть ознаки, якими знання від початку наділяються завдяки своїй нематеріальній іпостасі, позбавленій жорсткої прив'язки до світу фізичних речей, а саме:

- *індиферентність до матеріальних носіїв*, неорганічний зв'язок із ними;

- *підвищена мобільність* у часі та просторі, можливість існувати в кількох місцях одночасно та ігнорувати просторовий чинник. За цих умов географія міграції знань визначається наявністю і територіальною локалізацією співтовариств, спроможних професійно працювати із ними;

- легкість, з якою вони долають матеріальні перешкоди й складнощі у подоланні нематеріальних;

- вразливість до різноманітних викривлень і фальсифікацій;

- фантазійність й футуристичність - здатність описувати речі, що не існують, зокрема передбачувати й формувати прообрази майбутнього;

- потенційна безмежність існування у разі їх актуальності - адекватності об'єкту пізнання. При невиконанні цієї умови знання до затребування перебувають у пасивній формі;

- складність знищення. Отримане чи відкрите знання, якщо воно довело свою важливість і корисність, може бути стерте із реальності лише із значними витратами часу й зусиль на виявлення і знищення усіх його носіїв.

Але найголовніше, що завдяки нематеріальній природі знання *фізично не зношуються й не підкорюються дії традиційних законів*. Насамперед, мова йде про закон збереження матерії, який має визнані економічні наслідки. На відміну від матеріальних цінностей вони не споживаються, а використовуються. Проте це зовсім не означає, що знання безмежні.

Їх рух ускладнюють перепони нематеріальної природи, серед яких:

- природні обмеження, пов'язані з неоднорідністю креативних і розумових ССЛ. Іншими словами, доступність знань не означає доступність володіння ними;

- втрата адекватності і корисності через моральне зношення, зумовлене швидкоплинністю онтологічних перемін;

- доволі висока вартість придбання і трансферу знань (особливо вузькоспеціалізованих), значні транзакційні витрати на знаходження, декодіфікацію, фільтрацію, відбір релевантної й

корисної інформації, збереження комерційної таємниці. Передумовою ефективного трансферу ІІР є наявність у приймаючої сторони семантичних інтерпретаторів, спроможних вчасно, коректно, із мінімальною втратою початкових сенсів і контекстів розшифрувати отриману інформацію, провести її верифікацію та передати її в доступній формі по внутрішнім міжелементним комунікаціям. У свою чергу, від передавача очікується, що він не зловживатиме інформаційним шумом,

- відповідатиме за достовірність наданої інформації та не зволікатиме із її передачею, запобігаючи моральному старінню і втраті актуальності. А при виникненні змістовних непорозумінь допоможе в її декодифікації та інтерпретації, насамперед, за наявності в ній неявної «мовчазної» складової (М. Поланьї) [13, р. 13-14], і, тим самим, приведе у відповідність її номінальну та реальну цінність;

- інституційні обмеження щодо реалізації та регламентації прав власності на інтелектуальні продукти;

- відсутність універсальних стандартів достовірності знань, істотні загрози викривлення їх змісту при суб'єктно опосередкованій передачі тощо.

Не дивно, що одним із визначальних здобутків останньої інформаційної революції стає зміна на рівні суспільної свідомості ставлення до інформації та її ролі в розвитку людської цивілізації. За викриттям вищевикладених екстерналій та інтерналій виробництва і споживання ІІР слідує переосмисленням природи інформації, як економічного блага.

Нові корисні знання та інформація наділяються статусом стратегічного авангардного ресурсу розвитку і протагоніста майбутнього. Тож притаманні епосі індустріалізму фетиші бізнес-прагматизму, протекціонізму, відносної закритості особистих інформаційних просторів та автономності інноваційних циклів поступово витісняються ідеологемами суспільної корисності, помірної відкритості, доступності та взаємовигідного партнерства в інформаційній сфері.

Інформаційному бізнесу рушійний імпульс надають кілька комплементарних тенденцій, що взаємообумовлюють та взаємопідсилюють одна одну. Цілком природно, що першою має бути названа тенденція інформатизації та комп'ютеризації. *Масове впровадження нових і новітніх мікропроцесорних ІКТ, їх проникнення усюди, де циркулює інформація, знімає ряд обмежень, пов'язаних із задоволенням інформаційних потреб людини і суспільства*(табл. 2).

Таблиця 2

## Результати інформаційної революції

Показник	Усереднено за 1990-1995 рр.	2000	2010
Обсяг всесвітньої інформаційної бази, біт при певному відношенні структурованих і неструктурованих даних	$10^{17}$ (95:5)	$10^{21}$ (75:25)	$10^{25}$ (40:60)
Середня швидкодія ПЕОМ, операц./сек.	$5 \cdot 10^3$	$0,05 \cdot 10^9$	$2,26 \cdot 10^9$
Вартість машинної обробки інформації, \$/млн. опер.	1,5	0,01	0,0001
Середня швидкість передачі інформації, Мбайт/сек	0,008	0,05	4
Середня вартість передачі одиниці інформації, \$/Мбайт	-	0,18	0,004
Покриття стільниковим мобільним зв'язком, % до населеної поверхні суші	0,4%	20%	Близько 45%
Покриття супутниковим зв'язком, % земної поверхні	5%	72%	Близько 95%
Обсяг оперативної пам'яті ПЕОМ, Гбайт	0,4	10	500
Обсяг світового ринку ІКТ, млрд. дол.	250	1000	2300
Кількість користувачів Інтернет, млн. осіб	-	95	1500
Кількість користувачів послуг мобільного стільникового зв'язку, млн. осіб	-	110	1870
Середньорічні глобальні витрати організацій на ІКТ, млрд. дол.	285	1200	2630

Складено із використанням [14]

Комплексні перемини призводять до широкомасштабних наслідків, як-от:

- зростання обсягів об'єктивізованої («відокремленої», але не відчуженої від суб'єкта) інформації;
- інтенсифікація інформаційних потоків із майже миттєвим зворотним зв'язком, розширення їх змістовного наповнення, підвищення доступності й актуальності,
- здешевлення прийому-передачі інформації та її обробки, зменшення вартості тиражування й розповсюдження ПІР, полегшення верифікації їх новизни й авторства;



- збільшення можливостей оперативного задоволення потреб економічних суб'єктів, швидкості їх реагування на запити й виклики середовища, підвищення рівня якості управлінських компетенцій;

- зняття обмежень на обсяги трансльованої і архівованої інформації, зменшення імовірності втрати важливих, але недооцінених й незатребуваних у поточний момент відомостей;

- підвищення швидкості й ефективності технологій збору й обробки даних і інформації, моніторингу інформаційних потоків, зокрема тих, де дотепер була неможлива безпосередня присутність людини чи її фізіологічні обмеження відігравали роль «вузької ланки» управлінських контурів «зворотного зв'язку»;

- штучна інтелектуалізація і масова автоматизація виробничих циклів, які часткове звільнили людину від рутинних виробничих та управлінських операцій;

- спрощення та прискорення вертикального і горизонтального трансграничного трансферу інформації та баз даних;

- формування мережевих телекомунікаційних on-line технологій роботи із просторово-розподіленими даними. Завдяки їм для акторів стискається час і простір, відкриваються кордони, створюються можливості відповідно до потреб і інтересів знаходити, встановлювати та підтримувати контакти майже в будь-якому місці земної кулі. Їх «контактне поле» - зонований за щільністю, силою і імовірністю взаємодій просторовий ареал дифузії інформації - розтягується й наближається до діаметру ноосфери;

Другою тенденцією є вже згадана нами *інтелектуалізація* економічної діяльності, а третьою - *тенденція креативізації*, що узвичаює інноваційність як спосіб буття економічних акторів, визначає суспільну затребуваність інформаційних послуг та масифікацію попиту на ІППр. Серед об'єктивних чинників експансії економічної творчості є:

- вичерпання й виснаження резервів екстенсивного зростання, що спонукало до пошуку нетрадиційних (інноваційних) способів підтримки позитивної економічної динаміки;

- інформаційна революція, що прискорила інформаційні потоки, радикально реорганізувала комунікаційні взаємодії акторів, дозволила сформувати відкриту глобальну базу знань і інтенсифікувати процеси творення та дифузії ІППр;

- масова автоматизація виробничих циклів, що обмежила для людини вибір варіантів продуктивного використання й комерціалізації власних ССЛ;

- досягнутий високий рівень життя в розвинутих країнах із відповідною орієнтацією виробництва на задоволення індивідуалізованих потреб споживача, безперервне оновлення

номенклатури та диференціація спектру споживчих властивостей благ, що їх задовольняють. У цих умовах підвищення реального добробуту економічних суб'єктів відбувається за рахунок унікальних позацінових та позадоходних факторів. «Якості життя» - через розширення доступу до культурно-освітніх благ, у т.ч. пропонувані індустрією розваг та мас-медіа. А суттєве розширення творчої практики персоналізації продуктів та послуг, у свою чергу, породжує нові ринки і створює нові альтернативні можливості для отримання прибутку і надприбутків;

- певна девальвація економічної цінності традиційних факторів виробництва в умовах прискорення соціально-економічного та техніко-економічного часу. Перше знаходить відображення у збільшенні кількості значимих подій за календарну одиницю часу, друге – у скороченні чи передчасному припиненні життєвих циклів продуктів та технологій, тобто їх обриванням ще до завершальної втрати ними споживчих властивостей тощо.

Четверта тенденція, - *глобалізація конкурентних відносин і загострення конкурентної боротьби в середовищі, де майже нівельовано територіальний чинник* [15, с.6-8]. Конкурентний тиск зумовлює загострення потреб розвитку та примушує економічних акторів швидше реагувати на зовнішні виклики та кон'юнктурні коливання, забезпечувати свої активи від морального старіння, протидіяти стрімкому вичерпанню інноваційних джерел абсолютної та диференційної ренти.

Відповідно все потужніше проявляють себе стимули до ротації факторів конкурентоспроможності (рис. 2) і зміни провідного рушія – ресурсу, що ситуативно вирізняється:

а) найбільшим продуктивним та доходостворювальним потенціалом;

б) високою схильністю до поліваріативної якісної мінливості та адаптабельності до флуктуацій середовища;

в) множинними позитивними мережевими і зовнішніми ефектами;

г) здатністю розширювати економічний простір та забезпечувати реалізацію експансіоністських стратегій, запобігаючи антагонізації еколого-економічних суперечностей і т.п.

Особлива роль каталізатора розвитку інформаційного бізнесу належить тенденції *лібералізації* - масовій відмові від тотального захисту новачків таємниць від конкурентів та зменшенню бар'єрів у русі ІІПр і інноваційного капіталу теренами глобальної економіки.

Причини послаблення позицій мікро- та макропротекціонізму слід шукати в самій природі знань й

інформації, сучасній специфіці їх продукування та у нерівномірності науково-технічного розвитку.

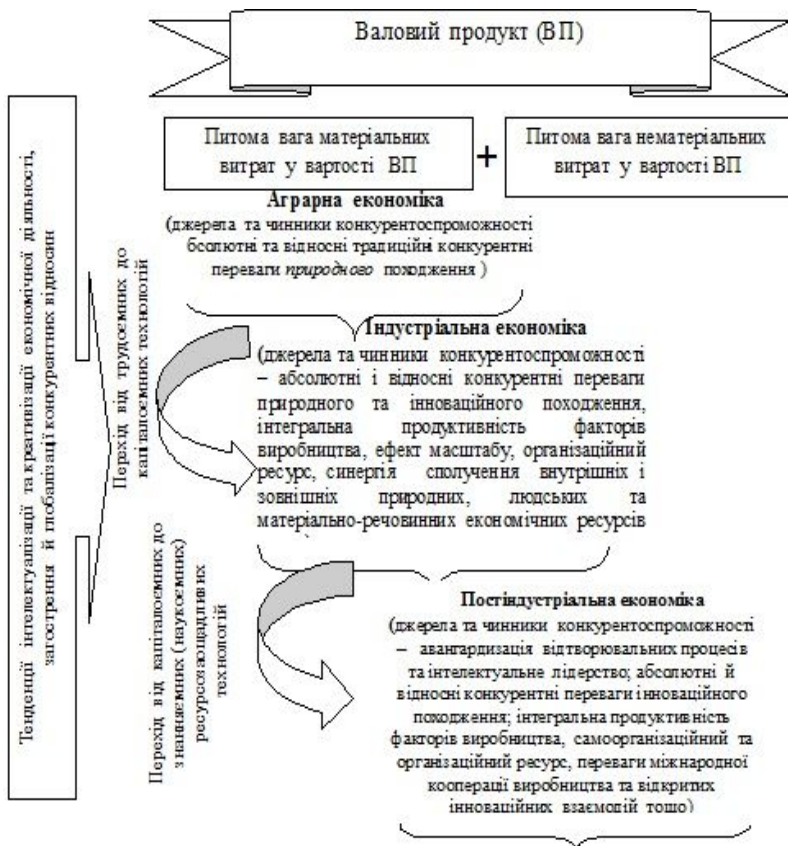


Рис.2. Структурна динаміка вартості валового продукту, як форма прояву тенденцій інтелектуалізації і креативізації економічної діяльності та реакція на зміну умов глобальної конкуренції

Насамперед йдеться про відомі парадокси евристики і стохастичність творчих пошуків із імманентною їм непередбачуваністю та множинністю супутніх отриманих результатів. Звісно, що лише частка з них тісно корелюватиме із бізнес-стратегією самого розробника та, з огляду на ресурсні обмеження, ефективно використовуватиметься. Залишок же може стати в нагоді комусь іншому. Здоровий глузд підказує, що якщо є хоч мінімальний шанс комерціалізувати такий результат,

мінімізуючи витрати та підвищуючи віддачу внутрішнього портфелю інтелектуальної власності, то ним слід скористатися. Тим паче, що через посилення тенденцій інтелектуалізації та креативізації абсолютні обсяги відносно зайвого інтелектуального продукту та супутньої інформації щороку збільшуються.

Водночас усвідомлюється, що за наявної швидкості перемін унеможлиблюється задоволення інноваційних потреб і інтересів виключно за рахунок власних матеріальних, трудових та фінансових ресурсів. Мультидисциплінарний характер та зростаюча складність роблять результативні наукові дослідження, НДДКР та інновації все більш ризикованими і дорожчими. Відповідні витрати подвоюються кожні 7-10 років [16, с.14]. Вимога їх самоокупності передбачає все ширшу й глибшу диференціацію сфер застосування інновацій. Окремий актор (організація) не може володіти знаннями й навичками, а обмеженість ресурсів не дозволяє йому самотужки інноваційно підтримувати усі спеціалізовані напрями власної економічної діяльності. Цілком природно, що він є безсилим добувати й обробляти гігантські масиви актуальної інформації щодо технологічних і продуктових новинок, ринків, кон'юнктурних цінових трендів тощо. Як наслідок, ефективність інноваційної динаміки, заснованої на закритих інноваціях, знижується. В акторів не залишається іншого вибору, як розпочати більш повно використовувати переваги поділу й кооперації інтелектуальної праці, реорганізувати модель співпраці із середовищем, підвищуючи міру відкритості, та все частіше виходити на ринок ІІПр та звертатися до послуг інформаційного бізнесу.

Адекватним чином змінюється ставлення до об'єктів інтелектуальності власності та авторського права. Нарівні із високотехнологічним капіталом (машинами, обладнанням, устаткуванням) і наукоємною продукцією вони починають розглядатися як товар (потенційний ринковий актив, джерело доходів і важіль впливу на контрагентів), яким слід взаємовигідно обмінюватися із іншими суб'єктами інноваційної діяльності. Особливо, якщо він виходить за межі наявної спеціалізації акторів, безпосередньо для них не має практичної цінності й тому здається їм безперспективним.

До основних форм комерційного обміну належать:

- купівля – продаж інтелектуальних продуктів із повною чи частковою передачею прав власності, об'єктами якої є патенти на винаходи, промислові зразки, корисні моделі, копірайти, ноу-хау, товарні марки (знаки), програмне забезпечення для ПЕОМ, бази даних, топологія інтегральних схем, дозвільні ліцензії тощо;

- інсорсинг та аутсорсинг інтелектуальних і інформаційних послуг (НДДКР, інжиніринг, консалтинг);
- продаж втілених технологій за умов, що експорт або імпорт машин й устаткування супроводжується передачею проектної документацією та технологічною інформацією про принципи їх функціонування.

Для ще однієї категорії ППР, чий комерційний потенціал може розкритися при комбінації із комплементарними технологіям (знаннями, досвідом, активами) інших акторів чи за рахунок ефекту масштабу, актуальними є такі форми підключення до середовища й поділу ризиків як:

- франчайзинг;
- прямі венчурні інвестиції, які повністю або частково приймають форму ППР. Тип створених дочірніх венчурних компаній («Seed», «Start up», «Spean off», «Early stage», «Expansion») визначатиметься відповідно до стану протоновації, обсягу ресурсів і змісту заходів, необхідних для її доведення до форми, цікавої потенційним споживачам. Питання про їх самостійність у подальшому вирішуватиметься актором в залежності від того, наскільки очікувані результати інноваційного проекту узгоджуватимуться із його стратегією саморозвитку. У разі слабкої кореляції він позбавлятиметься власності шляхом виходу на вторинний ринок корпоративних цінних паперів;
- стратегічні партнерства, консорціальні угоди, альянси та холдинги.

Вагомий внесок у насамперед у підрив закритої моделі інноваційних процесів та збільшення ємності ринкового сегменту ППР, робить *підвищення мобільності людського капіталу*. Компанія, яка вкладає кошти в НДДКР і розвиток персоналу, в будь-який момент може лишитися наробок разом із співробітниками, що перейшли до конкурентів або створили свій власний венчурний бізнес-проект на базі набутих в компанії знань і вмій. Щоб уникнути такої загрози й запобігти втратам, їй доцільно якомога раніше оприлюднити (відкрити середовищу) інформацію про отримані нові результати та юридично закріпити за собою права інтелектуальної власності. В аналогічний спосіб також можливо боротися із неумисними витокami стратегічно важливої інформації, хакерством та технологічним шпіонажем. Останній активізуватиметься у міру загострення конкурентних відносин і збільшенні виграшу за першість у гонитві навипередки.

Наприкінці слід зауважити, наявний досить потужний і суспільно значимий потенціал зростання інформаційного бізнесу не буде повноцінно реалізований, якщо власники ППР не відчуватимуть

себе достатньо захищеним від проявів недобросовісної конкуренції і не боятимуться втратити належні їм за правом першості ексклюзивні переваги монополістів. ІІІр та об'єкти авторського права надзвичайно вибагливі до правової якості середовища, в якому протікає їх життєвий цикл. Однією з визначальних передумов добровільної взаємовигідної співпраці зацікавлених учасників (продавців, покупців, посередників) є високий рівень розвитку інституту власності на продукти інтелектуальної праці, широкий спектр юридично визнаних об'єктів привласнення, легалізована варіативність форм розмежування й делегування відповідних прав, надійність та ефективність механізмів їх захисту.

#### Список джерел

1. Экономика цивилизаций в глобальном измерении. Монография [Текст] / Под ред. А.А. Пороховского, В.Н. Тарасевича. - М.: ТЕИС, 2011. - 768 с.
2. Майнцер К. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез: пер. с англ. / [Текст] К. Майнцер. - М.: URSS, 2009. - 464 с.
3. Афанасьев Ю.Н. Об универсальном знании [Текст] / Ю.Н. Афанасьев, А.С. Строганов, В.В. Шеховцов. - М. Изд. РГГУ, 1999.-55 с.
4. Пруель Н.А. Свойства знаний: экономико-социологический аспект [Текст] / Н.А. Пруель // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия «Социология». - Вып. 5(34). - 2008. - С.27-34.
5. Popper K.R. On the Theory of Objective Mind, in: Internationaler Kongress für Philosophie [Text] / K.R. Popper. - Wien, 1968.
6. Ельмеев В. Я. Социология собственности [Текст] / В.Я. Ельмеев, Е.Е. Тарандо. - СПб.: Пальмира, 2000. - 364 с.
7. Варрава М.Ю. Становление экономики, основанной на знаниях: Монография [Текст]/ М.Ю. Варрава. - Оренбург: ОГАУ, 2008. - 172 с.
8. Гохберг Л.М. Статистика науки [Текст] / Л.М. Гохберг. - М.: ТЕИС, 2003. - 478 с.
9. Агеев А.И. Нооэкономика: определенная экономика в неопределенном будущем [Текст] / А.И. Агеев, Е.Л. Логинов // Экономические стратегии. - 2010. - № 3. - С. 26-32.
10. Siebert H. The new economy – what is really new? [Text] /H. Siebert // Kiel Working Papers. - 2000. - No 1000. - 39 p.
11. Ursachen der Wachstumsschwäche in Deutschland 1995-2000 [Text] / A. Boss, J. Dovern, K.-J. Gern und ander. - Kiel: Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, 2009. - 255 s.
12. Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли [Текст] / Б. Гейтс. - М.: Альпина-Пресс, 2001. - 215 с.
13. Polanyi M. Sense-giving and Sense-reading [Text] / M. Polanyi // Intellect and Hope. Essays in the Thought of Michael Polanyi. - Durham, 1968.

14. The Global Information Technology Report. Geneva, World Economic Forum and INSEAD, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011.

15. Міжнародні стратегії економічного розвитку: Навчальний посібник [Текст] / За ред. А.О. Задой. – К.: Знання, 2007. – 332 с.

16. Основы инновационного менеджмента: Теория и практика. Учебник/ Л.С. Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Минделли.- 2-е изд. доп. и перераб[Текст].- М.: ЗАО «Изд-во «Экономика», 2004.- 518с.

## **1.2. Інформаційні аспекти забезпечення взаємозв'язку між економічними і соціальними результатами діяльності суб'єктів господарювання**

Будь-яке підприємство діє в системі координат того суспільства, частиною якого воно є. Неможливо протиставляти свої виробничо-меркантильні інтереси суспільно значимим.

Україна з проголошенням у 1991 р. незалежності відмовилася від подальшого використання побудованої в ній економічної системи з плановим механізмом господарювання і розпочала закладку підвалин нової більш ефективної згідно практики розвинених країн, зорієнтованої на ринкову активізацію економічних суб'єктів. Проте ринкова економіка спроможна пустити цивілізаційні паростки за наявності у ній ряду інваріант, основні з яких зводяться до певного підпорядкування економічного зростання реальним суспільним потребам. У цьому контексті слід привести констатацію відомого українського фахівця з проблем суспільного розвитку А. Філіпенка, за якою «... головна особливість трансформаційних процесів у ряді держав, з середнім та недостатнім рівнем розвитку, полягає не в повороті до...ринкової системи, а насамперед у суворій орієнтації на загальноцивілізаційні виміри...» [1, с. 24]. Ця думка не підлягає сумніву і є такою ж актуальною для нашої країни як колись для країн Заходу.

Конституція України презентує нашу державу у якості соціальної, яка визнаючи людину, її життя, здоров'я, честь і гідність найвищою соціальною цінністю, закріпила за кожним громадянином право на «...достатній життєвий рівень для себе і своєї сім'ї, включаючи достатнє харчування, одяг і житло» [2, с. 14].

Природно, що соціальне сходження від декларативного до конкретного вимагало зміни поглядів на концепцію забезпечення соціальності як процесу, до якого за зразками країн світової спільноти окрім держави мали підключитися і суб'єкти бізнесу. Постановка питання у такій площині пов'язана з корекцією

суб'єктності соціального процесу і актуалізацією визначення масштабів економічної діяльності.

У сучасних умовах від бізнесу вимагають набагато більше від простого досягнення суто комерційного успіху. В цивілізованому підприємницькому середовищі прибутковість не може бути гарантованою виключно економічною діяльністю, а потребує відповідної соціально-економічної поведінки, тобто актів і дій, які відтворюють відношення суб'єкта виробничого процесу до змісту і результатів продукування товарів і послуг. Мова йде про досить широкий спектр зобов'язань як перед своїм персоналом, так і споживачами продукції й просто населенням території, на якому функціонує продуцент, а також перед суспільством у цілому за досягнуті соціально-економічні результати. Для сталого функціонування бізнес потребує стабільного соціального оточення, яке в сучасний період виступає не тільки джерелом безпеки, а й ресурсом розвитку. Бізнес урешті-решт повинен сприйняти соціальне середовище, в якому здійснюється продуктивна діяльність, як умову власного розвитку.

При цьому, слід виходити з того, що втиснення в ланцюг бізнесової діяльності соціальних аспектів розвитку здійснюється чи то має здійснюватися ним зовсім не для того, аби взяти на себе реальну відповідальність за стан і розвиток соціальної інфраструктури і взагалі за соціальну динаміку суспільства, а щоб закріпитися в конкурентному середовищі і отримувати від нього зиск. З цього приводу відомий вчений Д. Дж. Фритцше наголошував, що «...соціальна поведінка підприємця – сама по собі добрий бізнес...» [3, с. 164].

Зокрема, наближення роботодавцем ціни робочої сили до її вартості корелюється зі зростанням доходів незаможних верств населення і спричиняє підвищення попиту на товари національного виробництва і, в силу останнього викликає зростання попиту на робочу силу.

Тому закономірно у Статті 42 Господарського кодексу України підприємництво визначено як «...господарську діяльність, що здійснюється для досягнення економічних і соціальних результатів» [4, с. 4].

Покладання на бізнес надій соціального характеру в Україні викликається в принципі тими ж причинами, що й свого часу на Заході. І головна з них – дефіцит ресурсів консолідованого бюджету держави на здійснення соціалізаційних заходів. При цьому соціальні аспекти діяльності бізнесу не слід сприймати як заміщення ним держави в соціальних сферах. Мова йде про доповнення соціальної діяльності держави бізнесом в межах залученого ним контингенту.



Природно, що за такого підходу розмежування сфер відповідальності держави і бізнесу в соціалізаційних процесах не може розглядатися раз і назавжди вирішеною справою. Це процес постійного пошуку оптимального співвідношення між ними щодо вкладу і підтримання потенцій функціонування соціальної сфери незалежно від форми власності.

Разом з тим, проблему створення сприятливих умов для підвищення рівня життя громадян неможливо вирішити примусом бізнесу державою без активізації його економічної діяльності. Підприємства функціонують, використовуючи природні і трудові ресурси, транспортну і торговельну інфраструктуру певної території. При цьому наслідки їх діяльності прямо чи опосередковано впливають на життя широкого кола людей, які мешкають на ній. Бізнес не діє ізольовано. Мова йде про найманих робітників, постачальників та споживачів товарів і послуг, акціонерів, інвесторів, місцеві співтовариства, а також працівників місцевого самоврядування й місцевих адміністрацій різного рівня, які чинять вплив на бізнесові структури, а останні на них. Водночас коло зацікавлених осіб розширюється за рахунок включення до них і членів їх сімей. Але і цього замало для врахування чинників забезпечення і підтримання продуктивної діяльності. Виробнича діяльність потребує відповідного правового середовища та інфраструктури для доведення продукції до споживача, створення умов праці та забезпечення життєдіяльності найманих працівників і членів їх сімей. Без зростання виробництва залишаться фінансово незабезпеченими будь - які соціальні програми країни і її територій в силу неконтрольованої динаміки цінового чинника, і будуть обмеженими соціальні потуги в середовищі бізнесу.

Для того, щоби пов'язати розвиток підприємств на певній території з загальнодержавною концепцією треба виходити з того, що він є складовою програми соціально-економічного прогресу країни в цілому з врахуванням особливостей локалітетів, промислових вузлів та виробничих комплексів. Якщо виходити з того, що соціально-економічний розвиток має забезпечуватися наскрізним чином, то потрібно забезпечити єдиний підхід до визначення його сутності як основи цілеполягання.

Саме словосполучення «соціально-економічний розвиток» починається зі слова «соціальний», що логічно, на наш погляд, означає його домінування. Щодо іншої складової прикметнику, а саме – економічний, то вона засвідчує не про зв'язок соціального й економічного, а про їх взаємозв'язок і взаємовплив. Співвідносяться вони між собою як мета і засіб її досягнення. При цьому, зі словосполучення «соціально-економічний розвиток» витікає, що

соціальна складова пов'язується з метою тобто «розвитком», а економічна - з засобами його досягнення.

Приведені концептуальні положення щодо досягнення суспільних цілей як на рівні держави, так і по окремим територіям повинні адекватно відтворюватися в економічній й соціальній політиці. Природно, що кожна конкретно спрямована політика визначається і затим за наслідками її реалізації оцінюється за специфічними показниками. Проте в практиці управління всі види політик (економічна, податкова, бюджетно-фінансова, цінова, інвестиційна, соціальна, демографічна, структурна, зовнішньоекономічна і ін.) можна звести з достатньою обґрунтованістю до економічної і соціальної. Тоді й результат управління соціально-економічним розвитком території, інтегративними поєднаннями підприємств і окремими продуцентами можна звести до соціальних і економічних програм та досягнень. У відповідності з цим можна з деякою впевненістю стверджувати про можливість унормування процесу продукування управлінських рішень і оконтурення управлінських результатів в контексті забезпечення руху в цивілізаційному напрямку.

Потрібно зважити на те, що в соціально-економічній системі будь-якого рівня безперервно проходять зміни. Більш того, до їх повного розгортання в системі відчувається прояв відповідних тенденцій і симптомів їх змін. Чим більший розрив у часі між проявом змін у тенденціях і їх усвідомленням суб'єктами управління, тим вищою стає загроза втрати керованості економічною і соціальною динамікою. Потенційно наявність розривів в соціально-економічному розвитку, прояв яких відтворюють «всплески» і вектор спрямованості поступу, приховується в базових витоках організації самої системи управління і, зокрема, в її сучасному інформаційному забезпеченні.

Сьогодні практично не звертають увагу на збір та обробку інформації поза тим її обсягом і об'єктивністю, який охоплюється програмами соціально-економічного розвитку. Ми не заперечуємо, що той її набір, який входить до тої чи іншої програми і відтворюється в офіційній статистиці є досить ємним. За даними органів статистики у формах державної статистичної звітності утримується в залежності від розміру підприємства і масштабів його діяльності до 106 645 тільки соціальних показників.

Підраховано, що це приблизно половина всіх наявних показників у цих формах [5, с. 20]. Зрозуміло, за такої їх кількості реально оцінити в соціально-економічному розвитку суб'єктів господарювання зміни при повному їх задіянні в аналітичні процеси досить проблематично.

Але парадоксальність ситуації полягає в тому, що навіть за такої обширної інформації її не стає для відповіді на питання щодо

об'єктивного визначення рівня розвитку на тому чи іншому шаблі управління та встановлення деструктивних аспектів. Водночас в системі управління галузями, видами економічної діяльності та територіями зміцнюється думка, що тільки за умови врахування все більш зростаючого обсягу інформації щодо стану і ступеня використання продуктивних сил можливо уникнути багатьох помилок чи то послабити негативний вплив на результати діяльності при прийнятті управлінсько-регуляторних рішень. З цією тезою можна погодитися, але тільки в тому, що не стає об'єктивної інформації. Справа у тому, що в управлінських процесах завжди припадає зіштовхуватися з ситуацією поєднання об'єктивного стану з того чи іншого питання і значної частки суб'єктивної складової. Виходячи з цього застереження, виявлення всього того, що проходить в середовищі підприємства і за його межами, вимагає додатково до обширної інформації ще й критичного переосмислення суб'єктивного бачення складеної на її основі ситуації економічного чи то соціального характеру.

Конче важливо у переформатуванні складеної роками ситуації проблемною є якість оконтурення параметрами детермінації процесу розвитку оскільки, одні з конгломерату їх сукупності викликають його, інші обумовлюють, треті впливають на результативність, четверті – на тривалість, п'яті - гальмують і т. ін. Викладене переконує у тому, що органи управління в частині забезпечення результативності соціально-економічного розвитку мають бути методологічно наділені інструментально-інформаційним ресурсом, спроможним гарантувати керованість.

Сформоване на попередніх етапах суспільного розвитку інформаційне та інструментальне забезпечення системи управління соціально-економічним розвитком не підпорядковується сучасним інтегративним задачам і тому все більшою мірою девальвує свою оцінку та конструктивну функцію.

Нинішня соціально-економічна реальність вимагає принципово інших методів її пізнання й перетворення у спрямовані дії. У більшості випадків ситуація зі зростанням кількості проблем в управлінні розвитком не відходить пояснення у неспроможності переробки все зростаючого до залучення обсягу інформації й невмінні трансформувати її узагальнюючу квінтесенцію в ефективні управлінські рішення, а відсутністю оптимізованої інформації й інструментарію діагностики змін, сформованих на її основі індикаторів і, як наслідок, неадекватністю управлінських впливів.

В прагненні заповнити нішу в інформаційно-методичному забезпеченні потреб управління розвитком на різних рівнях управління, нами була здійснена спроба критично переглянути

теоретико-методологічний й інструментальний арсенал на предмет задіяння в процесі складання, розгляду, виконання, моніторингу, корегування і затвердження звіту щодо програм економічного і соціального розвитку суб'єктів економіки та територій їхнього функціонування.

Різними науковими школами і авторами висунуто пропозицію до виміру соціально-економічного розвитку по різних рівнях за таким універсальним показником, як випуск товарів і послуг, валовий регіональний продукт на особу населення, які носять кумулятивний характер

Так, російські вчені стоять на позиціях того, що ВВП «...як синтетичний показник...дозволяє оцінювати ефективність економіки і є наріжним каменем управління господарською системою ...» [6, с. 15].

Такої ж думки, але з деякими нюансами дотримуються й деякі українські вчені. Так, зокрема, М. Т. Пашута вважає, що «...ВВП ...характеризує кінцевий результат виробничої діяльності економічних одиниць-резидентів у сфері як матеріального, так і нематеріального виробництва ...» [7, с. 78].

Приблизно так само до цієї проблеми підходять і зарубіжні фахівці. Зокрема, професор Гарвардського університету Н. Г. Менк'ю стверджує, що «...ВВП відтворює і загальну суму доходів виробників товарів і послуг, і загальну суму витрат на їх оплату. Таким чином, величина ВВП на душу населення характеризує усереднені доходи і витрати пересічного мешканця...і слугує вимірником його добробуту» [8, с. 489].

Державна служба статистики України надає такій макрохарактеристиці як «валовий регіональний продукт» якостей «...узагальнюючого показника економічного і соціального розвитку...» [9, с. 29].

Що є характерним для приведених і інших напрацювань щодо індикатора відтворення рівневого соціально-економічного розвитку? На наш погляд, виключно визнання необхідності поєднання в ньому соціальних і економічних аспектів цього процесу. З методологічної точки зору подібні підходи не викликають заперечень, оскільки загальна динаміка не може бути описаною через економічний або соціальний розвиток поокремо. Тільки в поєднанні економічних і соціальних аспектів система управління може отримати якість організаційно-інструментального плану, яка б дозволила забезпечити їхнє функціонування в режимі конструктивного впливу. Але тут присутній ще один досить важливий зріз. Зведення результатів соціально-економічного розвитку господарюючого суб'єкта чи то поєднання суб'єктів до одного показника має

забезпечити не стіль арифметичну точність розрахунку його рівня, скільки відкрити можливості до об'єктивної експлікації тобто проникнення у механізми і нюанси формування.

Логічно припустити, що порушена проблема має всі шанси до вирішення, виходячи з дихотомічної природи будь-якого явища. Методологічною платформою осмислення інструментальних можливостей розширення пізнавальних якостей інформації виступає факт того, що розвиток з однієї сторони володіє своїм специфічно визначеним змістом, а з іншої – різноманітними формами зовнішнього прояву конструктиву внутрішнього поєднання статичних і динамічних характеристик. Ця принципова ремарка реалізована через економіко-математичні розробки, які дозволяють блоки окремих показників соціального і економічного характеру шляхом агрегування звести у один комплексний показник.

Немає доцільності описувати їх зміст, як і інших доробок в цьому напрямку. Моделі опису розвитку підприємства чи їх поєднання на певній території являють собою абстракцію, з тою чи іншою ймовірністю відтворюючи порядок зв'язків між її складовими, обраними автором на основі суб'єктивного осягнення ним реальності.

Результати розрахунків інтегрального індикатора соціально-економічного розвитку, здійснених за різними відомими на сьогодні методиками, не співпадають. Отже, до останнього часу наукова і практична громадськість так і не прийшла до єдності думок щодо інформаційного забезпечення процесу управління соціально-економічним розвитком. І перш за все, як стверджує О. Агафоненко, підтримуючи такий висновок, «...серед фахівців відсутня єдність у розумінні того, яким повинен бути склад показників, ... як і відсутнє розуміння того, які параметри повинні бути оцінені такими показниками» [10, с. 61].

Нині дедалі очевиднішою стає неадекватність запропонованих до діагностики чинників або показників, що розкривають їх зміст, і характер впливу на процеси соціально-економічного розвитку.

Для формування управлінських рішень і забезпечення ефективних управлінських впливів необхідні не просто дані щодо соціально-економічного розвитку в різнобічному спектрі питань, а лише та частина інформації або така інформація, котра виділена із її загального масиву за певними критеріями придатності та змістового насичення і наступної вибудови за нею їх складного інформаційного навантаження. Для оперативного аналізу соціально-економічного розвитку територіальної спільноти огляд показників, кількість яких нараховує вже понад 100, є методично неприйнятним. Вони повинні бути звуженими до розумних меж. За ствердженнями фахівців, для

оцінки ефективності системи управління та визначення реального приросту соціально-економічного розвитку достатньо охопити інструментальними засобами не більше 7 – 11 показників [11, с. 280].

Але мова не йде по суті механічний процес відбору чинників, а про запровадження специфічної але обґрунтованої технології, співвимірної з закономірностями суспільного розвитку. Необхідно поєднати знання щодо чинників впливу на регіональний розвиток з умовами і можливостями їх реалізації в управлінні. Об'єктивно існуюча асиметрія в сприйнятті факторів впливу на розвиток господарюючих суб'єктів в одні й ті самі часові проміжки роблять єдиним можливим відбір найбільш важливих з них через зіткнення думок. Тільки за такого підходу протиріччя сприйняття можна поставити на пік процесу управління соціально-економічним розвитком.

Важливо не абстрактно сприймати ці пропозиції, а, враховуючи факт їх проєкції на реальні суспільні процеси, надати їм якостей методологічної бази того нового, що зароджується у минулій структурі.

Ситуація в Україні склалася так, що загальна маса суб'єктів господарювання за станом на початок 2012 р. формувалася на 79,6 % з фізичних осіб-підприємців. За чисельністю фізичні особи-підприємці не перевищували 2 371,4 тис. осіб, тоді як загальна кількість зайнятих наблизилася до 20 324,2 тис. осіб [12].

Кожна фізична і юридична особа в умовах ринкового господарювання має право займатися будь-яким не забороненим видом підприємництва з організацією його на власний розсуд і припиненням за власним бажанням. До того ж кожен з підприємців може вкладати й переміщувати свій капітал з одного виду економічної діяльності в іншу або взагалі інвестувати закордонного виробника.

Узагалі стихійний характер функціонування ринку робить його ефективним лише щодо задоволення потреб, підтримуваних попитом, і практично неспроможним у вирішенні питань забезпечення позитивної динаміки суспільного характеру. Це застереження потребує доповнення і більш широкого дослідження. Власники технічного капіталу визнають єдиний варіант розподілу доходів – за принципом максимізації на свою користь.

Реалії склалися так, що зорієнтованість на економічне зростання забезпечується бізнесом за рахунок цінового чинника, але аж ніяк не інтенсифікацією використання виробничих ресурсів. За такої зорієнтованості бізнесу до державної компетенції має входити пошук точок рівноваги суспільних та приватно-індивідуальних

інтересів. Функції органів влади мають оконтурюватися створенням ними умов для ефективного функціонування суб'єктів економіки (забезпечення правової бази, формування у необхідному руслі коопераційних зв'язків, стимулювання певних видів економічної діяльності і територій тощо), запровадженням регуляторів для забезпечення активності підприємств. Індикаторами реалізації цих регуляторних дій однозначно можуть стати фондівіддача, продуктивність праці, матеріалівіддача або матеріаломісткість продукції.

Щодо соціальних аспектів розвитку підприємств, то їх зміст мав замкнутися на умовах праці в площині підтримання працездатності й оплаті праці на підґрунті забезпечення платоспроможності без долучення інституту соціальних допомог держави.

Держава в основі своєї соціальної функції, перш за все, має сприяти ефективній спільній діяльності бізнесу і стейкхолдерів через формування правового поля й, окрім цього, забезпечувати добробутну динаміку й надання доступних, відповідно до доходів, суспільних послуг. До державної компетенції має входити пошук точок рівноваги суспільних та індивідуальних інтересів. Цього вимагають ті зміни, які пройшли в економічній і соціальній сферах суспільства і викликають протиріччя між найманими працівниками та роботодавцями як приватної, так і державної сфери.

Відслідковування параметрів щодо економічної і соціальної діяльності бізнесу потребує збору інформації за індикаторами, які б відтворювали використання його суб'єктами залучених ресурсів та міри об'єктивності оцінки результатів праці найманих працівників. Ефективність спрямованості бізнесу на той чи інший вид діяльності відтворюється у податкових надходженнях бюджету і бюджетних потенціях соціального характеру. Взаємовплив і взаємозв'язок інформаційного забезпечення систем управління соціально-економічним розвитком репрезентовано на рис. 1.

Проте щоб спрямувати управління на результативний шлях вирішення соціально-економічних задач необхідно обґрунтувати методико-інформаційне забезпечення управлінської діяльності, виділити інструментарій та інформацію хоча б у загальному вигляді, визначальні для різних рівнів управління.

Для аналізу впливу чинників стану і рівня використання бізнесом виробничих ресурсів (чисельність персоналу  $Ч$ ; вартість основних засобів –  $\Phi$ ; Обсяг матеріальних ресурсів –  $М$ ) нами було побудовано мультиплікативну багатофакторну модель шляхом розширення її простої бази та розкриття одного показника опису фактору через інший:

$$Q = [(Ч * \Phi) / M] * (\mu * f * \Pi_n)$$

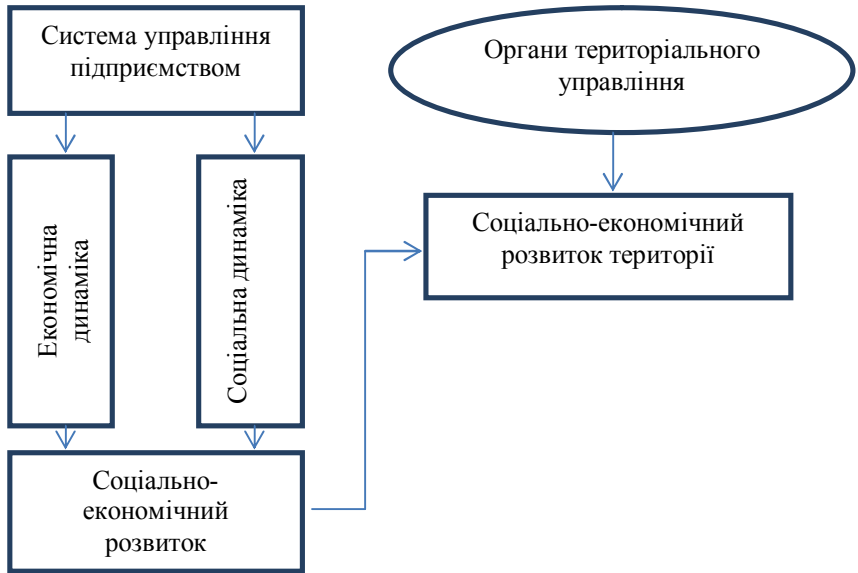


Рис. 1. Взаємовплив і взаємозв'язок інформаційного забезпечення систем управління соціально-економічним розвитком

За вихідні були прийняті кратні, неповні моделі фондоозброєності праці ( $F_e$ ), матеріаломісткості ( $\mu$ ), фондovіддачі ( $f$ ) і продуктивності праці ( $I_n$ ). Запропонований варіант поєднання кількісного і якісного фактора в моделі продукування результату виробництва зорієнтовує, на наш погляд, в необхідності усвідомлення відсутності чогось постійного і односпрямованого в механізмі інтеграції різних частин в одне ціле.

Інформаційне забезпечення процесів прогнозування, розробки і контролю виконання програм соціально-економічного розвитку доцільно звести до наступної групи економічних показників (рівень промислового розвитку, демографічне навантаження непрацездатними, інвестиції в основний капітал, рівень ресурсвикористання, частка податкових надходжень у місцевому бюджеті, сукупний результат діяльності території) та соціальних (сукупні ресурси сімей у співвідношенні з стандартом середньої заможності, адекватність ціни вартості робочої сили, забезпеченість населення житлом, стан довкілля, пенсійне забезпечення, стан злочинності), зведених до інтегрального індикатора виду:



$$I_j = \sqrt{(I_{ei}^j)^2 + (I_{cp}^j)^2} \quad (1)$$

де  $I_{ei}^j$  – комплексний показник економічної динаміки;

$I_{cp}^j$  – комплексний показник соціальної динаміки.

Реалізуючи основні методологічні положення даного дослідження щодо інформаційного забезпечення процесів соціально-економічної динаміки, нами було визначено спроможності моделей об'єктивно відтворювати характер ресурсовикористання бізнесовими структурами й взаємодію соціальних та економічних інститутів Дніпропетровської області.

Перш за все, нами встановлено, що не всі суб'єкти господарювання контролюють реалії ресурсовикористання, а ті що проводять подібну оцінку користуються різними методиками підготовки інформації та розрахунку відповідних показників.

Згідно розрахунків за скорегованою і доступною статистичною інформацією рівень ресурсовикористання в промисловому регіоні характеризується такими не стіль позитивними ознаками, як «трудопожирання», «матеріалопожирання» та капіталопожирання».

Задіяння в аналітико-управлінські процеси інтегрального показника ресурсовикористання дозволить перевести процес використання виробничих ресурсів в площину визначення міри задоволення діяльності господарської системи вимогам суспільства тобто ступеню наближення ресурсовикористання до оптимально можливих його значень.

Подем впливів системи управління у регіоні була сфера соціалізації. Органи управління, залишаючись в площині застарілих догм щодо ефективності приватного власника, переймалися суто соціальними трансформаціями й одержали як наслідок негаразди ресурсовикористання й природно економічного зростання.

В процесі осмислення виокремленої реальності ми визначилися з логікою наступних дій менеджменту.

Практикою сучасного бізнесу беззаперечно має стати інформаційний менеджмент, основною функцією якого вбачається регламентація якості та часу надходження інформації до управлінців і фахівців в межах підприємства. До того ж, суб'єктам господарювання слід приступити до розробки політики управління інформацією та інформаційним середовищем, у якому перебуває підприємство, для забезпечення результативного якісного покращення її діяльності.

На необхідності модернізації системи інформаційного забезпечення потреб суспільства та кожного його суб'єкта наголошують і деякі науковці, наполягаючи на створенні єдиного інформаційного простору, під яким пропонують розуміти «єдине інформаційно-технологічне середовище, яке містить у собі обчислювальні, інформаційні, телекомунікаційні засоби, продукти, послуги, фахівців, користувачів, документообіг, бази даних та ін.» [13, с.50].

#### Список джерел

1. Філіпенко А. С. Економічний розвиток сучасної цивілізації : навч. посіб. / А. С. Філіпенко. – К. : Знання, 2000. – 174 с.
2. Конституція України: прийнята на п'ятій сесії Верховної ради України 28 червня 1996 р. – Д.: Пороги, 1996. – 48 с.
3. Фритцше Д.Дж. Этика бизнеса. Глобальная и управленческая перспектива / Д. Дж. Фритцше. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002.-336 с.
4. Господарський кодекс України: прийнятий 16 січня 2003 р. – К.: Істина, 2003. – 203 с.
5. Удотова Л. Ф. Соціальна статистика : підручник / Л. Ф. Удотова. – К. : КНЕУ, 2002. – 376 с.
6. Экономическое развитие современной России : монография / под. ред. Н. В. Яремчука. – М. : Премьера, 2005. – 328 с.
7. Пашута М. Т. Прогнозування та програмування економічного і соціального розвитку : навч. посібник / М. Т. Пашута. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 408 с.
8. Мэнкью Н. Г. Принципы экономикс / Н. Г. Мэнкью. – СПб. : Питер Ком, 1999. – 784 с.
9. Статистичний щорічник України за 2011 рік / Державна служба статистики України ; за ред. О. Г. Осауленка. – К. : ТОВ «Август-Трейд», 2012. – 558 с.
10. Агафоненко О.Ю. Про необхідність формування системи показників конкурентоспроможності регіонів / О. Ю. Агафоненко // Регіональна економіка. – 2007. – № 1. – С. 56 – 62.
11. Гусаров Ю. В. Управление: динамика неравновесности: науч. издание / Ю. В. Гусаров. – М. : Экономика, 2003. – 382 с.
12. Державна служба статистики України [сайт]: статистична інформація. – Режим доступу: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
13. Перекрестова Л.В. Информационное пространство управления предприятиями / Л.В. Перекрестова, Н.Н. Нелюбова. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. - 210 с.

### 1.3. Інформація як вирішальна змінна постіндустріального суспільства

У контексті теорії постіндустріального суспільства була сформульована одна з версій концепції суспільства інформаційного. Йдеться про концепцію інформаційного суспільства, що спирається на принципи теорії постіндустріального розвитку.

Основи теорії постіндустріального розвитку заклали Д. Белл і О. Тоффлер. А їх послідовники (Т.Стоуньєр, Дж.Ліхтхайм, Р. Дарендорф, А.Етціоні, К.Боулдінг, Г.Кан, С.Алстром, Р.Сейденберг, Р.Барнет та ін) розробили вчення про інформаційне суспільство як форму суспільства постіндустріального.

Інформаційне суспільство спирається на обмін інформацією на комерційній основі (інформаційний бізнес), оскільки інформація розглядається в якості одного з найважливіших ресурсів розвитку такого суспільства поряд з людськими, матеріальними та енергетичними ресурсами. Разом з тим, інформація стає важливим фактором, що додає вартість на кожному з етапів циклу «наука — техніка — виробництво — збут — споживання» і грає вирішальну роль у прийнятті виробничих та управлінських рішень.

З розвитком ринкових відносин інформація стала одним з найнеобхідніших для господарюючих суб'єктів видів продукції і, відповідно, об'єктом економічних відносин (виробництво, купівля, продаж). З'явилася потреба в підприємствах і фахівцях у галузі інформатизації, кількість яких, по мірі збільшення попиту та обсягів ринку інформаційних послуг, продовжує зростати, що, в свою чергу, дає суттєвий імпульс розвитку інформаційної діяльності і ринку інформаційних послуг.

Дані явища свідчать про становлення і розвиток інформаційного бізнесу, який об'єднує в собі нові форми господарської діяльності та інформаційні технології, як одну з галузей, що найбільш динамічно розвивається.

Сьогодні існує проблема нездатності повною мірою ефективно використовувати інформаційні ресурси. При цьому в умовах обмеженої платоспроможності існує необхідність постійно переглядати доцільність придбання інформаційних послуг. Крім того, в інформаційному бізнесі існує ряд специфічних проблем, а саме: низький рівень інформаційного забезпечення, нестача в законодавчому забезпеченні, труднощі оцінки економічного ефекту від використання інформації, складності в ефективній реалізації інформаційних продуктів, наявність «піратських» ринків та ряд інших.

У цьому зв'язку виникає питання підвищення економічної ефективності виробництва та реалізації інформаційних продуктів і

послуг, а основоположним елементом виступає ціна на продукти та послуги.

Тривалий час дана проблема залишалася однією з недостатньо опрацьованих, незважаючи на участь у роботі над нею багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених-економістів. Наукові публікації, присвячені даній проблемі, в тій чи іншій мірі торкаються питання підвищення ефективності інформаційного бізнесу і, зокрема, питання ціноутворення на інформаційному ринку. Але представлені в науковій літературі різні концепції та підходи розглядають лише деякі окремі моменти даної проблематики, а також не завжди враховують особливості інформації та інформаційного продукту як товару, що визначають специфіку інформаційної індустрії.

Таким чином, виникає необхідність у розробці нових теоретико-методологічних підходів до вирішення проблеми підвищення ефективності інформаційної індустрії, в тому числі, за рахунок ефективного ціноутворення як одного з найважливіших інструментів інформаційного бізнесу.

У сучасній літературі сформульовано основи теорії інформаційної економіки, визначено головні тенденції розвитку самого явища, зроблено прогнози щодо наслідків його поширення, сформована загальна концепція ринку інформаційних послуг.

Засновник концепції постіндустріального суспільства видатний американський соціолог Д. Белл у роботах «Грядущее постиндустриальное общество» [1], «Социальные рамки информационного общества» [2] детально виклав свою концепцію, ретельно аналізуючи основні тенденції у зміні відносин секторів суспільного виробництва, становленні економіки послуг, формуванні наукового знання як самостійного елемента виробничих сил. *Головний принцип постіндустріального суспільства — величезна соціальна значимість теоретичного знання.*

Це пов'язано з тим, що тільки в другій половині ХХ ст. відбулося злиття науки та інженерії, що змінило сутність технології. Вона стала «інтелектуальною», тобто такою, що дає можливість поставити на місце інтуїтивних міркувань алгоритми і чіткі правила прийняття рішень. Беллом сформульована інформаційна теорія вартості: коли знання у своїй систематичній формі залучаються в практичну переробку ресурсів (у вигляді винаходу чи удосконалення), можна сказати, що саме знання, а не праця виступають джерелом вартості: «... як праця і капітал були центральними змінними в індустріальному суспільстві, так інформація і знання стають вирішальними змінними постіндустріального суспільства» [2].

Філософ Т. Стоуньєр дає розгорнуту характеристику поняттю інформації, демонструючи принципову відмінність останньої від

інших видів економічних та соціальних цінностей. Тим самим він обґрунтовує ідею про винятковість наступаючої нової стадії і неминучості кардинального перелому в історії з її приходом: «У постуіндустріальному суспільстві національні інформаційні ресурси — це його основна економічна цінність, його найбільше джерело добробуту» [3].

На думку Т. Стоуньєра існує три основні способи, якими країна може збільшити своє національне багатство: постійне накопичення капіталу, військові завоювання та територіальні прирощення, використання нової технології, що переводить «нересурси» в ресурси. У силу високого рівня розвитку технології у постуіндустріальній економіці переклад «нересурсів» до ресурсів стає основним принципом створення нового багатства.

Важливо розуміти, що інформація має деякі специфічні властивості. У той час як угоди з приводу матеріальних речей ведуть до конкуренції, інформаційний обмін веде до співпраці: «Інформація — це ресурс, яким можна ділитися. Інша специфічна риса споживання інформації полягає в тому, що використання інформації призводить до збільшення знання людини, підвищує організованість в оточуючому середовищі».

У минулому термін «інформація» використовувався в дуже вузькому сенсі як відомості про що-небудь: осіб, предмети, факти, події, явища і/або процеси незалежно від форми їх подання. Поступово це поняття розширювалося і уточнювалося. Н. Вінер визначав інформацію наступним чином: «Інформація — це позначення змісту, отриманого з зовнішнього світу в процесі нашого пристосування до нього» [4].

У 2000 р. В. І. Корогодін запропонував таке визначення інформації: «Інформацією можна назвати алгоритм побудови системи, що забезпечує відтворення цієї інформації, функціонально пов'язаної з середовищем свого місця розташування» [5].

Він підкреслив і деякі властивості інформації, а саме: її можна приймати, зберігати, передавати, використовувати, створювати. Є й інші її характеристики, такі, як корисність, ефективність, економічність інформації взагалі, і ділової та фінансової зокрема. Інформація невідчужувана і не витрачається в процесі споживання. Важливість такого роду критеріїв особливо наочна в ринковій економіці на фоні повсюдного та інтенсивного перетворення інформації в товар.

Інформація близька до поняття «знання». З цього приводу В.Н. Спицнадель визначав: «Інформація — це перетворена форма знання, що не тотожна як такому, тобто інформація не є саме знання. Інформація передається описами, тобто відповідями на питання, що починаються словами «хто», «коли», «що», «де», «скільки». Знання

передається інструкціями, тобто відповідями на питання, які починаються з «як» [6].

Інформація є однією зі складових економічної системи. Більше того, жодна система не може існувати без інформаційних потоків. Порушення в інформаційних потоках, їх недостатність призводять до збоїв у системах і до втрат в ефективності і прибутковості. Дослідники відзначають, що інформаційність — найважливіша властивість будь-якої системи, без якої вона не може існувати як система, оскільки її елементи, складові частини повинні обмінюватися інформацією між собою і навколишнім середовищем. Це вірно і для штучних систем, до яких відноситься будь-яка економічна система.

Американський економіст, лауреат Нобелівської премії по економіці за 1972, доктор філософії К. Ерроу так визначав інформацію у зв'язку зі своїми дослідженнями економічної поведінки агентів на ринку в умовах більшої чи меншої невизначеності: «Предметом багатьох моїх досліджень є не стільки сама проблема впливу невизначеності на економічну поведінку, скільки один з її аспектів, який почав привертати увагу економістів лише зовсім недавно. Де існує невизначеність, є і можливість її зменшити, звана інформацією. «Інформація» — поняття, прямо протилежне терміну «невизначеність» [7].

Економічна інформація входить до складу логічної інформації. Умовно в структурі економічної інформації розрізняють загальноекономічну, статистичну, кон'юнктурну, комерційну, фінансову, маркетингову та інші види інформації. Інформація є найважливішим елементом у процедурі прийняття рішень і її наявність або відсутність є чинником, що визначає свободу вибору у прийнятті рішень поряд зі свободою підприємництва і свободою вибору споживачів.

Як фактор виробництва інформація має особливі відмінні властивості, які різко виділяють її з інших факторів виробництва: надлишок і рідкість, об'єктивність і суб'єктивність та ін. Відомий російський економіст, доктор економічних наук, директор Центру досліджень постіндустріального суспільства В. Іноземцев зазначає: «Унікальність інформації як виробничого фактора обумовлена закладеною в ній дихотомією поширеності та рідкості, невичерпності і кінцівки. Жодне з раніше відомих умов виробництва не відрізнялося подібним поєднанням відповідних протилежних властивостей і характеристик ...» [8].

Організація інформаційного обміну вимагає створення лінії чи каналу передачі інформації. Властивості каналу повинні забезпечити точну, надійну і швидку передачу повідомлення, а значить, необхідна адекватність типу каналу виду сигналу. Проблема сигналу

і його передачі має багатомісячну історію — від звуку барабана примітивних племен до Інтернету і супутникового зв'язку. Підвищуються вимоги до характеру інформації. Все більше зростає потреба у всебічному описі явища як з позицій його деталізації, так і розумного узагальнення. Істотним є поняття «якості інформації», тобто її відповідність поставленим цілям, а також здатність суб'єкта її сприймати і використовувати.

У постіндустріальній економіці найбільший внесок у вартість матеріальних благ, які виробляються саме всередині цієї економіки, вносить кінцева складова виробництва — торгівля, реклама, маркетинг, тобто сфера послуг, а також інформаційна складова у вигляді патентів, НДДКР і т. д. Крім того, все більшу роль відіграє виробництво інформації. Склалися два основні напрями у вивченні сутності та ролі інформації в сучасній економіці: по-перше, аналіз інформації як найважливішого чинника виробництва та елементу ринкової інфраструктури (сигналів ринку); по-друге, дослідження виробництва самої інформації та її участь у відтворювальних процесах.

Зрозуміло, інформатизацією не вичерпується характеристика сучасної економіки. Тому інформаційну економіку можна розглядати як частину постіндустріальної, яка визначається прогресом науки і техніки, які зробили основою техніко-економічного розвитку високі технології.

Д. Белл визначив найважливіші риси постіндустріального суспільства [9]. Найбільш значимі з них полягають у наступному:

- створюються нові інтелектуальні технології;
- на перше місце висувається споживання інтелектуальних послуг;
- на зміну нестачі благ приходить дефіцит інформації і часу;
- економіка може бути охарактеризована як інформаційна;
- влада належить професіоналам.

Таким чином, можна констатувати, що ядром цього типу економіки є перетворення інформаційних продуктів і послуг в об'єкт виробництва і споживання. Виробляючи знання та інформаційні продукти, підприємства інформаційного бізнесу стають первинним сектором, який забезпечує господарство найбільш істотним і важливим ресурсом виробництва.

Щоб повною мірою розкрити роль інформації в сучасній постіндустріальній економіці, необхідно звернутися до дослідження її місця і функцій на ринку. Розглянемо особливі властивості інформації, які проявляються на ринку.

1. Інформація не убуває в процесі її використання. Цю рису інформація має так само, як знання взагалі. Т. Стюарт з цього приводу зауважив: «Це означає, що знання не зменшуються в міру їх

використання. На вартість створення знань не впливає, скільки людина буде користуватися ними згодом».

2. Інформація не обмежена простором. Однак вона обмежена законами про інтелектуальну власність.

3. Інформація залежить від фактора часу. Деякі її види катастрофічно швидко старіють.

4. Інформація не володіє вичерпністю, як інші фактори виробництва, тому питання про її вартість є проблемою для економічної науки. Але вона має ціну, яка не завжди прямо залежить від витрат на її виробництво.

5. Інформація не володіє рідкістю, як інші фактори виробництва, тому питання про її вартість є проблемою для економічної науки.

6. Інформація має ціну, яка не знаходиться у прямій залежності від витрат на її виробництво.

7. Інформація примножується і збільшується, так що її важко засвоїти і класифікувати.

З того часу, як наукові дослідження стали невід'ємним нульовим циклом виробництва практично кожного продукту, інформація перетворилася в загальний предмет праці і загальний засіб праці. Таким чином, вартісна невизначеність інформації, підриває можливість традиційної вартісної оцінки не тільки інформації, а й, по суті, будь-якого продукту матеріального виробництва.

У результаті проведеного аналізу різних трактувань поняття інформації, доцільно розширити і уточнити його зміст, а саме: інформація утворює собою відомості, що характеризуються поширеністю, невичерпністю в ресурсному аспекті і кінцівкою в змістовному аспекті.

Дані відомості дають можливість суб'єкту володіти додатковою свободою, розширювати набір альтернатив, допомагають оцінити ситуацію і одночасно містять в собі такі особливості: не зменшуються у процесі їх використання, не обмежені простором (але обмежені законом), залежать від фактора часу (застарівують), володіють дихотомією достатку і рідкості, є загальним засобом і предметом праці. При цьому можливим є обмін даними і відомостями між живим і неживим об'єктами.

Об'єктами інформаційного бізнесу є безпосередньо інформація, а також інформаційні продукти і послуги, речові носії інформації і штучні провідники інформації. Суб'єктами інформаційного бізнесу виступають особи, які беруть участь у процесі створення, зберігання, перетворення, передачі і отримання інформації.

Виділяють *наступні види інформації, котра приймає товарну форму:*



- інформація, отримана з відкритої ринкової інформації шляхом її відбору та обробки;
- інформація, оформлена і захищена шляхом патентів та авторських свідоцтв, пропонована на вільну ринкову продаж її власником або уповноваженим ним органом;
- закрита внутрішня інформація, що має конфіденційний характер,
- не підлягає поширенню, пропонована на продаж в результаті розкращання.

У сучасному суспільстві підвищуються вимоги до характеру інформації та її якості, тобто відповідності поставленим цілям і здатності суб'єкта її сприймати і використовувати.

На ринку велике значення має як цінова, так і нецінова інформація. Це твердження вірно не тільки, наприклад, для фондової біржі, де особливо яскраво видно вплив іншої інформації, включаючи політичну, а й для всіх ринків взагалі. К. Ерроу назвав нецінову інформацію «сигналами ринку». Ці сигнали найбільш слабо прогнозовані, але саме вони можуть грати вирішальну роль у процесі вибору споживачів і виробників.

Фактор часу також має величезне значення для інформації обох типів (цінової і сигналів ринку). Його вплив у сучасних умовах можна простежити за двома напрямками. Перший напрям пов'язаний з невизначеністю інформації про майбутню кон'юнктуру ринків. Ця невизначеність є невід'ємною рисою вибору (прийняття рішення).

Другий напрям, який на нашу думку, висувається на перший план; являє собою проблему швидкості аналізу наявної кон'юнктурної інформації, швидкості передачі результатів обробки інформації, на основі якої компанія приймає рішення. Нові можливості в цьому плані дають сучасні електронні засоби збору, обробки і передачі інформації та інформаційні мережі.

Включення інформації в економічні моделі в явному вигляді безпосередньо залежить від можливостей вимірювання кількості та цінності самої інформації, що є надзвичайно складним завданням, тим більше, що визначальними являються не технічні, а смислові характеристики інформації. Найчастіше невелика в технічному сенсі кількість інформації здатна спровокувати, колосальні наслідки в економічній системі, як на макро-, так і на мікрорівнях, викликати, значні «обурення», як це-буває, наприклад, на біржах в моменти «обвалів» курсів. У той же час величезні витрати на інформацію можуть не принести відчутних економічних результатів.

Ще один важливий аспект проблеми інформації на ринку — це доступність або недоступність інформації для економічних агентів. Компанії займаються збором самої різної інформації, яка необхідна для нормального функціонування підприємств. Це інформація про

попит та пропозицію, клієнтах, конкурентах та ін. Даний тип інформації досить просто отримати в умовах розвинутого ринкового господарства через спеціалізовані довідники, прайс-листи, огляди. Проте можливості отримання і поширення інформації у різних компаній неоднакові. Відомим фактом є нерівність компаній у цьому відношенні. Інформація поширюється нерівномірно, «асиметрично». Тому ті, хто мають переваги з позицій доступу до інформації, володіють і певними конкурентними перевагами.

Сфера інформаційного бізнесу покликана вирішити проблему розриву між накопичуваною інформацією та її використанням, яка виникає, коли за наявності в суспільстві багатьох мільярдів документів, мільйонів баз даних, людина не отримує відповідей на свої питання. Підприємства інформаційного бізнесу — це спеціалізовані підприємства, сукупність яких становить інформаційну інфраструктуру ринку та забезпечує задоволення інформаційних потреб його учасників на комерційній основі. Такі підприємства (дослідницькі центри, генератори баз даних, консультативні фірми, агентства та інші) виконують роль фільтрів інформації, концентрують, обробляють і направляють її зацікавленим суб'єктам.

Виробництво на підприємствах інформаційного бізнесу має ряд специфічних особливостей, а саме: предметами праці тут виступають дані і первинна інформація; засобами праці — всілякі засоби перетворення, зберігання і передачі інформації; метою виробництва є задоволення інформаційних потреб замовників.

У формуванні сучасного розуміння економіки, заснованої на інформатизації, важлива роль належить Е. Фогелю, який ввів саме поняття «інформаційний ресурс». Інформаційні ресурси в економіці — це інтегральне поняття, що включає сукупність відомостей, які формуються в процесі життєдіяльності господарських суб'єктів, про соціально-економічні процеси у виробничій та невиробничій сферах.

До них відносять як окремі документи, так і масиви документів в інформаційних системах (бібліотеках, архівах, базах даних). Інформаційні ресурси є базою для створення інформаційних продуктів, які мають наступні особливості:

- інформаційний продукт зберігає інформацію, що міститься в ньому, незалежно від того, скільки разів вона була використана;
- інформаційний продукт з часом піддається моральному зносу, що полягає у втраті актуальності;
- різним споживачам дається можливість різних способів споживання інформаційного продукту — «адресність інформації»;
- виробництво інформації, на відміну від виробництва матеріальних товарів, вимагає значних витрат у порівнянні з витратами на тиражування.

Інформаційний продукт може розповсюджуватися такими ж способами, як і будь-який інший матеріальний продукт — за допомогою послуг. Інформаційні послуги орієнтовані на задоволення інформаційних потреб користувачів шляхом надання їм інформаційних продуктів.

Таким чином, незважаючи на те, що в сучасній науковій літературі сформульовані основи теорії інформаційної економіки, зроблені прогнози щодо наслідків і перспектив розвитку інформаційного суспільства, необхідно подальше поглиблене вивчення її окремих аспектів, зокрема особливостей взаємодії суб'єктів інформаційного ринку, визначення нових категорій ринку інформаційних продуктів і послуг

. Властивості і сутність інформації зумовлюють розробку нових підходів та методик для визначення економічних показників ефективності виробництва інформаційних продуктів і послуг.

#### Список джерел

1. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество / Д.Белл. Перевод с английского. Изд. 2-ое, испр. и доп. — М.: Academia, 2004. — 940 с.
2. Белл Д. Социальные рамки информационного общества / Д. Белл // Новая технократическая волна на Западе / под ред. П. С.Гуревича. — М.: Прогресс, 1986. — С. 330-342.
3. Стоуньер Т. Информационное богатство: профиль постиндустриальной экономики — М.: Прогресс, 1986 — С. 392-409.
4. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в живом и машине. — М.: Советское радио, 1968. С.111.
5. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. — Дубна: Феникс, 2000. — С.81.
6. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. — СПб.: ИД Бизнес-пресса, 2000. — 326 с.
7. Эрроу К. Информация и экономическое поведение // Вопросы экономики. № 5 1995. — С.98-107.
8. Иноземцев В.Л. За пределами экономического общества. — М., Academia — Наука, 1998. —614 с.
9. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. / Перевод с английского. Изд. 2-ое, испр. и доп. — М.: Academia, 2004. CLXX. — 788 с.

#### **1.4. Організаційно-інформаційна служба як неодмінний компонент розвитку економічного простору і ринку сільськогосподарської продукції**

Добробут людей у будь-якій країні значною мірою визначається рівнем спроможності поглинання виробництвом нових технологій, інноваційних пропозицій, організованістю у виконанні технологічних процесів у всіх сферах національної економіки, спрямованих на досягнення сталості у забезпеченні якісними товарами і продуктами харчування та наданням послуг у соціальній сфері.

В умовах переорієнтації до ринкових умов усі питання підприємницької діяльності підприємства стали вирішувати самостійно, без втручання органів державної влади. Найважливішими принципами, на яких базується підприємницька діяльність, є економічна свобода, еквівалентність обміну, економічна зацікавленість, ризикованість, економічна відповідальність та конкурентна перевага.

У ринкових умовах підприємницька діяльність господарюючого суб'єкта може бути охарактеризована з різних сторін, але в найбільш загальному випадку її рівень можна представити у порівнянні сукупності грошових надходжень і витрат коштів. І якщо у структурі цього співвідношення підприємство має значну перевагу сторони надходжень, то це свідчить про його стійку фінансово стабільну роботу.

Стабільність функціонування підприємств великою мірою визначається рівнем організаційно-правового та інформаційного забезпечення. Як доведено практикою країн з ринковою системою відносин, жодне підприємство, організація чи установа не можуть здійснювати свою діяльність без інформації. Керівники, менеджери і спеціалісти на всіх рівнях управління, та й навіть прості робітники функціонуючого суб'єкта потребують різноманітної інформації.

Функціональне застосування інформації виокремлює різні економічні явища в якісну однорідність і робить їх порівнянними одне з одним. При цьому слід мати на увазі, що усі зовнішні форми вираження й кількісні співвідношення, притаманні різним економічним явищам і процесам, можна розкласти на інформаційні складові та виразити в єдиних універсальних одиницях інформації. Отже, усі економічні явища і процеси об'єктивно відображаються за допомогою інформації, яку можна створити, обробляти, зберігати, передавати та використовувати.

У свою чергу результати економічної діяльності людей, що проявляються у товарах та послугах як результат застосування нових технологій, методів організації праці й виробництва є не що

інше, як певним чином перероблена, зафіксована й закодована в продуктивних силах суспільства інформація. Усі продукти людської діяльності є носіями втіленої в них інформації в процесі їхнього безпосереднього створення.

Масштабність різноманітної інформації, з огляду витрат на створення матеріального і нематеріального багатства суспільства, та пошук нових можливостей більш ефективного використання наявних ресурсів за допомогою інформації приводять до висновку, що субстанцією економічних явищ є інформація, а праця – лише механізм уречевлення інформації.

Інформаційну базу формують усі види відомостей та повідомлень і знань, які надходять у керівний апарат потрібних для реалізації функцій управління. Вони можуть передаватися періодично або регулярно залежно від оперативності потреби, організовано або стихійно.

Інформаційні потоки можуть бути усними, письмовими, графічними, об'ємними, короткими та у формі різних матеріальних носіїв у вигляді електричних імпульсів, усної мови, магнітного запису, показів лічильників, письмових документів, перфокарт тощо.

Отже, економічна інформація кількісно віддзеркалює суспільно-економічні явища і процеси у вигляді цифр, фактів, відомостей, що відображають дані фінансово-господарської діяльності підприємства, перспектив його соціально-економічного розвитку, оперативного й бухгалтерського обліку, статистичної звітності, економічного аналізу тощо. На корисність інформації має вплив низка характерних особливостей, таких як вірогідність, однозначність, періодичність, несуперечливість, надмірність.

В економічному просторі інформацію можна класифікувати за такими ознаками (табл. 1).

Виходячи з функціонального призначення економічну інформацію поділяють на облікову і звітну, які відображають події, процеси та явища сучасного періоду; планову або майбутнього періоду, що відображає прогнозовані події, процеси і явища, що передбачаються у розвитку корпорації чи окремих підприємств у перспективі, та нормативну і аналітико-прогнозовану, які необхідні як регулюючі для досягнення пропорційності у виробничому й управлінському процесах.

Особливого значення набуває облікова інформація, яку поділяють на бухгалтерську, статистичну і оперативно-технічну.

Особливістю бухгалтерської інформації є її висока достовірність. Бухгалтерська інформація, як правило, відображає точно відомі процеси і явища, що відбулися вчасно і з запізненням, що засвідчує про розрив між строками подій і можливістю впливу прийнятих управлінських рішень на хід подій.

Таблиця 1

## Інформаційний масив економічного простору

Інформація	Вид	
	оперативна	довгострокова
За призначенням	обліково-бухгалтерська, виробничо-оперативна, розпорядча, довідкова, нормативна	планова, звітна статистична, звітна бухгалтерська
За способом передачі	усно, телефоном, факсом, мережа Internet	поштою, мережа Internet
За періодичністю	змінна, добова,	декадна, квартальна, річна
За характером носіїв	паперова, електронна	паперова, електронна
За характером обробки	оброблювана, необроблювана, аналітична	оброблювана, необроблювана, аналітична
За вірогідністю	достовірна, недостовірна, достатня, недостатня, активна, пасивна	достовірна, недостовірна, достатня, недостатня, активна, пасивна
За походженням	зовнішня, внутрішня,	зовнішня, внутрішня
За джерелами	підприємств, організацій, установ корпорації	вищестоящих органів

Інформація оперативно-технічного характеру, що може бути одержана з телефонних повідомлень або усних доповідей спеціалістів і керівників середньої ланки, не становить системи показників, не має задокументованого вигляду, не може слугувати підставою для визначення вчасності.

Відмінні види економічної інформації виконують неоднакову роль у системі управління. Ті, що прямо пов'язані з виробництвом, і особливо нормативна та оперативно-технічна інформація, мають властивість зворотного зв'язку. У практичній діяльності частина інформації може бути зовсім непотрібною, не складає ніякої цінності і не зумовлює підвищення ймовірності досягнення мети. Складніше, коли вірогідність інформації є низькою, на яку вплинули інформаційні бар'єри або перешкоди, що й призвело до її неповноти та зниження якості. Вона може призвести до прийняття нерационального управлінського рішення і зашкодити господарюючому суб'єкту. Важливими рисами, що визначають якість економічної інформації, є безперервність і систематичність її

надходження для своєчасного використання в розробці і коригуванні управлінських дій.

Лише управлінська діяльність, що ґрунтується на певній інформації, забезпечує повною мірою ефективне використання ресурсів на основі нових форм організації виробництва і на новій технологічній основі. Тому складовою формування високого рівня виробництва в регіональному економічному просторі і на окремих його підприємствах, незалежно від сфери їх діяльності, є якісне прийняття управлінських рішень, заснованих на фактах та достовірній інформації, що є дотичними до вдосконалення організаційних і технологічних процесів.

Одночасно інформаційне забезпечення виступає підґрунтям процесу прийняття рішення – це постачання керівника або колегіального органу, що приймають рішення, необхідною інформацією. Прийняте рішення – це вибір альтернативи, і компетентність та своєчасність його здійснення має велике практичне значення як для окремого підприємства, так і для корпорації економічного простору в цілому. Несвоєчасне забезпечення керівництва корпорації необхідною і повною інформацією з того чи іншого питання призводить до прийняття неефективних управлінських рішень.

Принципи використання даних інформації схожі і мають подібні задачі в управлінні будь-якої господарської структури, незалежно від напрямку й виду її діяльності. Але характерним при відбиранні інформації є те, що кожне підприємство чи організація із загальної сукупності обирає лише ту частину, складові якої мотивують єдність і спрямованість на підвищення ефективності функціонування суб'єкта.

Нині інформація на ринку сільськогосподарської продукції, в економічному просторі між господарюючих суб'єктів і на рівні корпорації може відбуватися з використанням зв'язку та впровадження системи документообігу. Одна і друга форми мають певні переваги й недоліки. Якщо використання зв'язку забезпечує оперативність збору, обробки і навіть розповсюдження інформації, то достовірність її результату може піддаватися сумніву. Це зумовлено інколи недостатньою відповідальністю осіб за її передачу в часі і просторі.

Більш ефективним засобом передачі інформації, з вищим рівнем відповідальності за її надійність і достовірність, особливо, коли її необхідно передати великим групам зацікавлених осіб, є здійснення документообігу. Проте на його обслуговування потрібні великі затрати часу і коштів, та й у просторі ця система інформації потребує додаткових засобів для виготовлення і доставки.

Суттєво можуть бути зменшені ці витрати за рахунок сучасних систем і методів збору, аналізу та подачі інформації з метою прийняття управлінського рішення. Процес прийняття управлінських рішень на рівні корпорації, суб'єкти якої можуть бути відмінними за видом діяльності, масштабною виробництва, формами власності тощо, є надзвичайно складним, і його доцільно розглядати з позицій сталого вдосконалення виходячи з результатів діяльності окремих підприємств, оскільки в корпорації існує опосередкований зв'язок останніх як з корпорацією, так і між ними.

На жаль, інформаційне забезпечення у такій системі не може гарантувати оптимальність чи результативність прийнятого управлінського рішення, а лише сприяє цьому, а сама ефективність значною мірою залежить від особи чи групи осіб, що приймають ці рішення. Ефективність прийняття рішення також залежить від того, чи збір інформації відірваний від процесу її оброблення і якої кваліфікації є люди, що займаються її збором та обробкою.

Інколи збір інформації та її обробка можуть здійснюватися самим керівником або за його дорученням іншою особою. Оскільки оброблення інформації перебуває під впливом міркувань окремого суб'єкта і можна допускати певною мірою непрофесійність, упередженість особи з певних причин, то результат її обробки може будуватися не лише на основі раціонального вибору та переконливості, а й інколи тенденційно, залежно від ірраціональних чинників, що призводить до імпульсивності прийняття управлінського рішення. До того ж цінність інформації проявляється протягом певного періоду її життєвого циклу і може змінюватися, і особливо в напрямі зменшення її вагомості. У зв'язку з цим потребує вибудови організація зворотного зв'язку у вигляді звітування виконавця, який підтвердить або заперечить раціональність прийнятого рішення, з одного боку, а з другого – відбуватиметься контроль за його виконанням. Тому для прийняття ефективного управлінського рішення, у нашому випадку на рівні ринку аграрної продукції і корпорації, потрібна докладна і всебічна інформація від окремих суб'єктів господарювання.

Основними показниками оцінки якості управління на рівні підприємства є: ефективність управління; результативність управління; економічність управління; напруженість бізнес-плану. Усіх їх можна подати як ступінь відповідності затрачених ресурсів і зусиль до кінцевого результату.

Кожне підприємство, стосовно ефективності і результативності управління, функціонує з певною метою, складовими якої є виконання наміченої місії, виробництво і продаж



певних обсягів продукції та послуг; отримання доходу та конкурентоспроможність.

Напруженість бізнес-плану виявляється не в комерційній діяльності як одержання прибутку, а досягнення позитивних результатів за однакових умов дії чинників внутрішнього і зовнішнього середовища, зокрема рівня конкуренції та забезпеченості виробничими ресурсами.

Інформаційне забезпечення – це важлива складова системи управління, що певним чином характеризується сукупністю даних про фактичний і можливий рівень якості управління. До основних вимог якості управлінської інформації належать: своєчасність і актуальність інформації; достовірність інформації; відповідність запиту; комплексність інформації; адресність; індивідуалізація інформації відповідно до рівня посадової особи; коректність інформації; тривалість життєвого циклу щодо багаторазового використання; висока швидкість збору, обробки і передачі; можливість захисту інформації.

Одним із напрямів удосконалення інформаційного повідомлення на ринку сільськогосподарської продукції, що забезпечить успішне функціонування бізнесових структур, та й не лише їх, а й усього економічного простору, є створення інформаційно-організаційної підсистеми, де б інформація проходила три основні стадії: створення, використання і знищення.

Створення та зберігання інформації для бізнесових структур мало би характеризуватися легкістю і швидкістю доступу до неї, і ключовими тут виступають інформаційні агенти. Вони можуть бути найнятими на роботу і утримуватися за рахунок внесків суб'єктів господарювання, які займаються лише збором і обробкою інформації. Склад інформаційної групи залежить від обсягів і потреб інформації для суб'єктів господарської діяльності. З огляду на те, що інформація часто змінюється в часі, можливий повторний її облік. Тому виникає потреба не лише у використанні накопиченої інформації, а й її оновлення. Вимагається обов'язкове документування інформації, в якій короткий життєвий цикл і яка характеризується високою важливістю для розвитку окремих суб'єктів господарювання і в цілому економічного простору. Вона може зберігатися як на паперових, так і електронних носіях.

Інформація на паперових носіях є структурованим документом табличного типу. Дані таблиць піддаються легкому опрацюванню, і їх можна класифікувати як одинично, так і за групами.

Інформація, знання є домінуючими в розвитку суб'єктів господарювання економічного простору і можуть слугувати вагомим ресурсом щодо зміни їх діяльності. Особливого значення набуває

організація інформаційного забезпечення фінансової діяльності підприємств економічного простору, які входять у корпоративне об'єднання. Враховуючи широкий спектр чинників, що впливають на забезпечення інформації з фінансової діяльності, вони схожі і мають подібні завдання управління, які мотивовані єдністю принципів господарської діяльності суб'єктів корпорації.

Як основа з цілої низки питань діяльності корпорації економічного простору виступають питання доцільності формування єдиного фінансового бюджету та взаємовідносин між окремими суб'єктами. Крім цього, організація контролю за виконанням бюджетної інформації є актуальною повсякчас. З огляду на організацію бюджетного процесу, першочерговим є забезпечення виконання стратегічного плану корпорації, якому притаманні такі основні функції: збирання, обробка та реалізація даних; узгодженість бюджету; контроль за плановими і фактичними показниками.

Безумовно, реалізація бюджетного процесу залежить від розмірів корпорації, виду і діяльності її окремих елементів. Важливими серед них є: структурна ієрархія корпорації, з можливим виділенням декількох рівнів; уподобання бюджету з поданням декількох варіантів; залучення до складання бюджету спеціалістів і представників з усіх суб'єктів господарювання; можливість коригування бюджету у разі зміни поточних умов.

На підставі бізнес-процесів різних суб'єктів, які містять відмінні дані, можна створити декілька файлів, які вміщують, наприклад, планові дані, можливі відхилення, фактичне виконання надходжень, прогнозні сценарії в діяльності корпорації тощо. Порівнюючи їх, можна встановити розбіжності, що дає змогу виявити причини їх появи. Цим самим розбіжності у запланованих і фактичних доходах підприємств можуть заздалегідь визначити шляхи й можливості усунення диспропорцій у розвитку як окремих підприємств, так і корпорації в цілому.

Система бюджетування та участь у ній представників усіх елементів корпорації дозволяє забезпечити виконання задач управління фінансовою діяльністю корпорації і є програмним продуктом та забезпечує можливість доступу користувачів, щоб вчасно виявляти і аналізувати тенденції, проблеми та можливості діяльності корпорації на підставі інформації. Для цього повинні обов'язково бути наявні три елементи: модулі інформації, що зорієнтовані на різні джерела; можливість формування багатовимірної структури інформаційних даних; підсистема обробки та аналізу, що формує корисну інформацію.

Усю інформацію в корпорації можна умовно поділити на такі види: інформація про господарську діяльність; фінансова інформація; комерційна інформація; інформація про споживача.

Особливо важливого значення й актуальності набуває інформація про господарську діяльність окремих суб'єктів. Вона є найбільш доступною підприємцю, оскільки формується за його участю і може бути сформована на основі показників звітної і планової інформації. До таких джерел належать річні, квартальні, місячні звіти про діяльність підприємства та показники його перспективи. Це узгоджена, достовірна і обгрунтована інформація. Значна частина інформації може мати нормативний характер внутрішньо рівня використання. Це, наприклад, норми внесення добр, норми посіву сільськогосподарських культур, норми витрат пального, кормів, нормативи оборотних коштів тощо.

Важливою є інформація про: ступінь ефективності використання ресурсів; доцільність організаційної структури; рівень кваліфікації працівників; ступінь застосування нових технологій; організаційно-правові засадничі характеристики, такі як правовий статус, форма власності, організаційна структура; матеріально-технічну базу; виробничі засоби; склад трудових ресурсів; інноваційність виробництва; конкурентоспроможність продукції, наявність ліцензій і патентів; економічні та фінансові показники діяльності; стан охорони праці і навколишнього середовища; інші види інформації.

Однак найважливішою складовою, що відображає використання ресурсного потенціалу, є результати виробничої діяльності, зокрема у вигляді продажу на ринку товарів та послуг. На наш погляд, особливу увагу мають привертати продуктивність людської праці, проблема зайнятості та створення робочих місць. Запропонована система дозволяє вдосконалити роботу аграрного підприємства за рахунок введення в базу даних стану полів, виконуваних на угіддях робіт, аналізувати економічні та фінансові ризики, пов'язані із аграрним виробництвом. Налагодженість інформаційних потоків дає змогу управляти людськими ресурсами та покращити організацію і налагодженість бізнес-процесів. Такі дані необхідні і для зацікавлення потенційних інвесторів.

Для керуючого органу у поточній практичній діяльності для здійснення оперативного і стратегічного управління підприємством чи економічним простором необхідні дані, від вірогідності і повноти яких багато в чому залежить успішне розв'язання низки задач.

Для вирішення комплексу завдань з питань управління системою господарюючих суб'єктів сільського економічного простору територіальної одиниці, де всі технологічні, організаційні,

економічні і соціальні процеси породжуються, супроводжуються і спрямовуються інформаційними потоками, необхідно випродукувати інформаційно-організаційну підсистему, як складову ринкової інфраструктури. Вона, як система зв'язку між управлінськими структурами окремих підприємств, покликана створити належне інформаційне середовище та умови для ефективного функціонування елементів сільського економічного простору і забезпечити стабільну та прибуткову роботу безпосередніх виробників товарів і послуг та зниження підприємницького ризику в процесі їх функціонування (рис. 1).

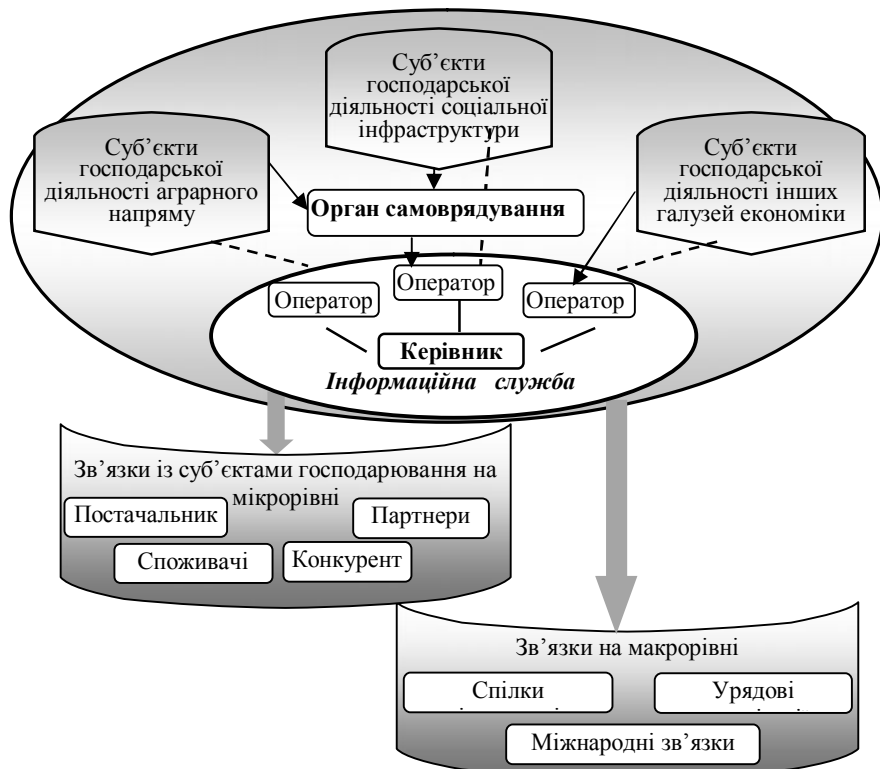


Рис. 1. Структура інформаційної системи окремого сільського економічного простору на кооперативних засадах.

Інформаційна система в сукупності охоплює людей, технічні засоби та структурну будову з наявними носіями інформації,

методикою, методами зняття, схемами обробки даних, перетворення та передачі даних.

Найважливішою функцією в інформаційній системі є обробка система даних. Нині без таких відомостей практично жодне підприємство чи організація не може існувати, оскільки вона постійно оновлюється з урахуванням мінливих зовнішніх та внутрішніх факторів.

Цей процес передбачає різні форми та прийоми аналізу, такі як пошук, збір, накопичення, зберігання, сортування, підрахунок, підсумок, виділення основного тощо та трансформування в інформацію, яка забезпечує ефективну організацію колективної праці. Дуже важливою може стати часткова інформація, яка одержана своєчасно, ніж повна інформація за всією формою, яка одержана із запізненням. Процеси і явища, що проходять динамічно, потребують вчасного коригування. Простоїв техніки і людей можна запобігти, якщо керівному апарату надійде правдива інформація для прийняття оптимальних управлінських рішень.

Новостворені інформаційні системи, що забезпечують процес управління підприємствами в економічному просторі на кооперативних засадах, як правило, працюють у масштабі реального часу, супроводжуючи певні процеси їх функціонування.

У перспективі створенням системи інформації на теренах економічного простору в цілому і на рівні окремих його елементів забезпечуються умови для організації єдиної мережі функціонуючих суб'єктів господарювання (рис. 2).

Наявність інформаційно-організаційної системи в економічному просторі дає змогу усунути невизначеність завдань і дій господарюючих суб'єктів, особливо щодо їх спільної діяльності у соціальному розвитку населеного пункту.

З'являється також можливість надання інформації не лише на рівні внутрішнього середовища на стадії певного процесу виробництва, а й споживачам продукції, які знаходяться за межами економічного простору. Такий інформаційний підхід як у внутрішньому середовищі економічного простору, так і зовнішній сфері споживачів, між якими узгоджуються дії, і забезпечує скоординоване функціонування. За таких умов виробники, а також підприємства, що реалізують товари, несуть мінімальні матеріально-грошові витрати і затрати часу, забезпечують збереження якості продукції, а відтак забезпечується конкурентоспроможність продукції, економіка часу і діяльність у режимі.

Для успішного здійснення процесів на стадії обміну інформаційна система повинна забезпечити виробників такою інформацією: про рівень попиту і пропозиції на основні продовольчі

продукти; про рівень цін на основні види продукції; про можливий рівень заміни в разі зростання цін на основні види продукції; про насичення ринку імпортованими товарами; про різні види бар'єрів та рівень витрат, пов'язаних з реалізацією продукції.



Рис. 2. Модель перспективного розвитку інформаційних відносин економічного простору.

Для виконання цих завдань, у межах економічного простору за рішенням суб'єктів господарської діяльності і згодою органів місцевого самоврядування створюється інформаційна служба, яка керується і є підзвітною самим користувачам, що забезпечує надання інформаційних послуг на найвищому і якісному рівні. Вони забезпечують службу відповідними апаратно-програмними комплексами, технологією та формують кадровий склад. Цим самим суб'єкти господарської діяльності мають безпосередній доступ до управління власними інформаційними потоками.

Інформаційна служба забезпечує: формування бази даних для суб'єктів господарської діяльності економічного простору; надання

товаровиробникам інформації за потребою; налагодження міцних взаємовідносин між виробниками і споживачами; формування інформаційної бази про потреби національної економіки у сільськогосподарській продукції; створення бази даних про виробництво та наявність вітчизняної техніки для аграрного виробництва; збір, обробку та поширення інформації для населення економічного простору.

Інформаційна служба економічного простору створюється при органах місцевого самоврядування. До її складу мало б входити не менше ніж чотири особи, у тому числі керівник інформаційної служби і три оператори, що обслуговують різні напрями, зокрема напрями промислового та аграрного виробництв і напрям соціальної сфери.

Оператори служби виконують роль інформаційного посередника, формуючи та передаючи інформацію суб'єктам господарської діяльності, та забезпечують зворотний зв'язок. Керуючись Статутом та Положенням про інформаційну діяльність, оператори надають інформаційні послуги лише своїм засновникам і виконують лише їх замовлення. Використовуючи наявну інформацію про реальний стан у товаровиробників та попит і пропозицію, вони, у формі діалогу, надають допомогу і рекомендації щодо прийняття практичного управлінського рішення.

Однією з основних функцій інформаційної служби є формування та доведення до суб'єктів господарської діяльності необхідної комерційної інформації з питань зацікавленості споживачів та поведінки конкурентів-виробників у регіональному економічному просторі. Як правило, ця інформація не підлягає сумніву, оскільки будується на основі джерел аналітичного рівня.

Зворотна інформація залежить від рівня відповідальності роботи операторів. Інформація, що надходить від споживачів продукції у формі запитів, побажань і пропозицій, підсумовується, обробляється і зіставляється з можливістю виробників.

Для більш дієвого функціонування інформаційної служби, з метою узагальнення думок і запитів товаровиробників з питань виробництва та збуту продукції, а також побажань споживачів щодо асортименту, строків і способів реалізації товарів операторами служби можуть проводитися соціологічні дослідження.

Для роботи в інформаційній службі підбір операторів здійснюється з урахуванням їх рівня знань, комунікабельності і професійної підготовки. Вони повинні чітко знати напрями своєї роботи, володіти різними методами обробки інформації і бездоганно виконувати свої функціональні обов'язки.

Позитивною у роботі інформаційної служби має стати практика безпосередньої роботи операторів із суб'єктами господарської

діяльності та споживачами їх продукції. За такої організації діяльності служби забезпечується своєчасне надходження необхідної інформації до виробників і користувачів.

Тісні контакти операторів інформаційної служби з виробниками та налагодження довірливих відносин, як правило, забезпечують раціональну і слухну пропозицію у відповідальний момент прийняття суб'єктами господарської діяльності принципових управлінських рішень.

Ефективність роботи операторів і в цілому інформаційної служби оцінюється за рівнем досягнення рівноваги в налагодженні взаємозв'язків між суб'єктами господарської діяльності економічного простору та їх співпраці, спрямованих на самозадоволення та самозабезпечення достатнього розвитку, розвитку соціальної інфраструктури та життєвого рівня населення.

Отже, завдяки діяльності інформаційної служби, завдяки своєчасному і раціональному управлінню інформаційними потоками, забезпечується реальна можливість підвищення ефективності роботи суб'єктів господарської діяльності економічного простору сільської територіальної одиниці.

#### Список джерел

1. Введение в информационный бизнес : Учеб. пособие / [О. В. Голосов, С.А.Охрименко, А.В.Хорошилов и др.] под ред. В. П.Тихомирова,А.В.Хорошилова.–М.:Финансы и статистика,1996.–240 с.
2. Криворучко І. М. Використання світових інформаційних ресурсів для потреб аграрного ринку України / І. М. Криворучко // Економіка АПК. – 2000. – № 8. – С. 80 – 88.
3. Кузьмин В. М. Формування моделі управління адміністративно-територіальними одиницями на основі аксіологічного підходу / В. М. Кузьмин // Регіональна економіка. – 2009. – № 1. – С. 36 – 42.
4. Малік М. Й. Концептуальні засади розвитку сільських територій / М. Й. Малік, В. А. Пулім // Роль соціального капіталу та локальних ініціатив у забезпеченні сільського розвитку : доп. міжнар. симп. – Житомир : Держ. агрокол. ун-т, 2007. – С. 156 – 170.
5. Онищенко О. Сільський розвиток : основи методології та організації / О. Онищенко, В. Юрчишин // Економіка України. – 2006. – № 10. – С.4 – 13.



## 1.5. Становлення та розвиток служби дорадництва в Україні

У ринковій економіці виробникам товарів і послуг для успішного функціонування потрібна інформація про конкурентів, споживачів, постачальників сировини, технології, ціни, ситуацію на товарних ринках і ринках капіталу, загальну економічну і політичну кон'юнктуру, тенденції розвитку економіки, науки і техніки, правові умови господарювання та ін. Доступ до такої інформації вони можуть отримати внаслідок придбання необхідних інформаційних (продуктів) послуг на ринку інформації.

Ринок інформації – економічні відносини з приводу збирання, оброблення, систематизації, купівлі-продажу інформації (інформаційних товарів, послуг).

Сучасний інформаційний ринок поєднує в собі такі складові:

а) *інформація* – сукупність відомостей, які сприймаються з навколишнього середовища (вхідна інформація), видаються у навколишнє середовище (вихідна інформація) або зберігаються у певній системі. Формами її існування є тексти, рисунки, креслення, звукові і світлові сигнали та ін.;

б) *електронні угоди* – дії щодо встановлення, зміни або припинення цивільних прав і обов'язків із використанням технічних і програмних можливостей електронних мереж. У сфері послуг такі угоди стосуються резервування місць і квитків у готелях, замовлень, продажу і обміну товарів і послуг, здійснення банківських та розрахункових операцій;

в) *електронні комунікації* – різноманітні засоби зв'язку і спілкування (мережа передавання даних, електронна пошта, телеконференції, електронні дошки оголошень і бюлетні).

Актуальні потреби різноманітних суб'єктів в інформації зумовили формування ринку інформаційно-консультаційних послуг. Суттєвою особливістю його є функціонування інформації як товару [1].

Розв'язання проблеми підвищення ефективності системи управління в сільськогосподарських підприємствах та збільшення виробництва сільськогосподарської продукції разом з поліпшенням її якості вимагає радикальних перетворень економічних відносин, прискорення науково-технічного прогресу і перебудови інформаційної системи аграрного сектору України.

Важливими елементами такої перебудови є удосконалення системи інформаційно-консультаційного забезпечення сільськогосподарських товаровиробників, інших операторів аграрного ринку, впровадження в їх повсякденну роботу сучасних інформаційних технологій та створення в аграрному секторі єдиного інформаційного простору, зорієнтованого на забезпечення

ефективної діяльності сільськогосподарських підприємств у ринкових умовах.

*Інформаційно-консультаційне забезпечення* – сукупність дії з доведення до сільськогосподарських товаровиробників комплексу затребуваних знань і інформації з економічних, технологічних, юридичних та інших питань для прийняття ефективних управлінських рішень.

*Дорадчі служби є найбільш ефективним інструментом впровадження державної аграрної політики будь-якої країни.* Це також пояснюється тим, що державні установи, державні чиновники не мають змоги роз'яснювати у кожному селі, кожній громаді, власникам особистих селянських і фермерських господарств, кооперативним організаціям заходи аграрної політики, нормативно-правові акти, спрямовані через державні програми на підтримку сільського господарства, особливо розвитку сільської місцевості.

Дорадчі служби, агроконсалтингові фірми, Екстеншн-центри, як складові інфраструктури ринку інформаційно-консультаційних та науково-впроваджувальних послуг відіграють відповідну роль і відстоюють свої інтереси на ринку цих послуг.

Основними клієнтами дорадчих служб стали: особисті підсобні господарства населення, фермерські господарства; сільськогосподарські підприємства різних організаційно-правових форм; підприємства, що заготовляють, переробляють та реалізують сільськогосподарську продукцію; підприємства-постачальники матеріальних ресурсів та ін.

*З погляду на форми власності дорадництва і джерела його фінансування можна відмітити чотири основні його системи:*

1. *Державне дорадництво* – повністю фінансується з державного бюджету без оплати за дорадчі послуги;

2. *Державне дорадництво однак частина послуг є платними* (різна пропорція фінансування окремих дорадчих послуг між державою і селянами);

3. *Дорадництво «напівавтономне»* – суспільний контроль над дорадництвом передано сільськогосподарським організаціям або приватним фірмам. Особливого значення набуває оплата за дорадчі послуги. Характерною рисою такої системи є зниження дотацій на дорадництво з державного бюджету, особливо в його початковій фазі. Досить виразно зростає роль дорадництва фермерського і комерційного приватних фірм;

4. *Дорадництво автономне (фермерське)* здійснюється спілками і організаціями селян, сільськогосподарських виробників, в невеликих розмірах дофінансовується з державного бюджету. Затрати на дорадчі послуги компенсуються зі членських внесків сільськогосподарських організацій чи спілок, або безпосередніх

оплат за надані поради. В країнах, де існує вказана система дорадництва багато років, спостерігається чітка тенденція до зростання частки коштів тих, хто користується дорадчих послуг [2].

*Практично у всіх країнах Європи сільськогосподарські дорадчі служби працюють на приватних засадах, користуючись державною підтримкою через відповідні урядові програми, які спрямовуються на розвиток сільського господарства. У свій час вони створювалися державою, функціонували за рахунок бюджетних коштів, але з часом приватизувалися.*

В Австрії і Франції сільськогосподарські дорадчі служби функціонують при аграрних (сільськогосподарських) палатах, які є громадськими організаціями сільськогосподарських товаровиробників. У Німеччині сільськогосподарські дорадчі служби змішані: приватні й при сільськогосподарських палатах. У Данії вони функціонують при асоціаціях фермерів і представлені Датським аграрним дорадчим центром, який структурно належить до Датської сільськогосподарської ради. Хоча всі вони підтримуються в цих країнах відповідними урядовими програмами. В постсоціалістичних країнах, наприклад в Польщі і Латвії, сільськогосподарські дорадчі служби створені і функціонують як державні структури.

У Латвії така служба створена у формі товариства з обмеженою відповідальністю, яке засновано Міністерством сільського господарства й Латвійською федерацією фермерів. Її фінансування здійснюється із трьох джерел: державний бюджет, платні послуги та донорські проекти. Щоб одержати державне фінансування, Латвійська дорадча служба щороку укладає контракт із Міністерством сільського господарства із визначенням обсягу послуг у конкретних сферах діяльності.

В Естонії взагалі не існує єдиної структури дорадчої служби. Дорадництвом там займаються окремі консультанти. Для того, щоб фахівець міг отримати право займатися дорадництвом, йому слід пройти атестацію в Міністерстві сільського господарства та отримати сертифікат дорадника. Підтверджувати свою кваліфікацію естонські дорадники мають кожні три роки. Всі дорадчі послуги в Естонії платні, але багато з них дотуються державою. Кожний сільськогосподарський товаровиробник щороку одержує від держави певну суму коштів на оплату визначеного обсягу дорадчих послуг. Цільове використання цих дотаційних коштів пильно відслідковується державою.

На підставі досвіду роботи сільськогосподарських дорадчих служб у різних країнах світу зроблено висновок про тісний взаємозв'язок між рівнем соціально-економічного розвитку країн і

регіонів і вибором форм і методів організації дорадчого обслуговування сільськогосподарських товаровиробників (табл. 1).

Таблиця 1

Угрупування країн за рівнем економічного розвитку

Групи країн	ВВП/чол., дол. США	Питома вага сільського господарства у ВВП, %	Домінуюча модель організації інформаційно-консультаційних служб
Вища	Понад 10000	Менше 4	Різноманіття форм і моделей організації СДС
Вища середнього	4500-2000	4-10	Домінування міністерської моделі організації СДС
Середня	2000-500	10-20	Домінування міністерської моделі СДС із широким використанням університетської організації дорадчої діяльності
Нижче середнього	500-300	20-40	Міністерська модель СДС (національного масштабу); СДС при аграрних ВНЗ/ СДС у структурі товарних союзів / асоціацій
Нижча	Менше 300	Понад 40	СДС у структурі товарних союзів / асоціацій

Таким чином, вибір форм і методів організації інформаційно-консультаційної діяльності, щодо забезпечення інноваційних та інвестиційних процесів в АПК визначається рівнем інформаційних потреб сільськогосподарських товаровиробників, внаслідок чого в країнах і регіонах з різним рівнем соціально-економічного розвитку, формуються різні типи організацій, що займаються наданням дорадчих послуг.

Сільськогосподарська дорадча служба покликана інтегрувати наукову, освітню, інноваційну діяльність, виробничу інфраструктуру АПК, професійні кадри, що володіють сучасними комп'ютерними технологіями, інформаційними ресурсами, з метою створення цілісної спеціалізованої системи по відбору, нагромадженню, обробці та передачі інформації товаровиробникам, мотивуючи

прийняття обґрунтованих рішень, спрямованих на підвищення ефективності агропромислового виробництва.

На ефективність надання інформаційно-консультаційних послуг щодо розробки та впровадження інноваційних та інвестиційних заходів дорадчими службами здійснює вплив цілий комплекс основних факторів, що забезпечують послідовний їх розвиток та рівень зацікавленості з боку товаровиробників:

1. Основною базою функціонування СДС служить науково-обґрунтована система одержання, накопичення, обробки та використання інноваційних знань, актуальної та своєчасної інформації, що необхідна товаровиробникам для використання на різних етапах організації виробництва та збуту продукції.

2. Система агропромислових знань, що базується на наукових дослідженнях, навчанні кадрів і впровадженні науково-технічних досягнень, інноваційних та інвестиційних процесів у практику сучасного виробництва, функціонує як єдиний комплекс, що забезпечує підвищення ефективності агропромислового виробництва.

3. Доступність і відкритість інформації для використання товаровиробниками, які можуть звернутися в сільськогосподарську дорадчу службу за наданням широкого спектру послуг.

4. Об'єктивність і обґрунтованість інформації та інформаційно-консультаційного забезпечення інноваційних та інвестиційних процесів в АПК з боку сільськогосподарських дорадчих служб. Служба забезпечує одержання об'єктивної інформації на основі використання науково-дослідних розробок і передового досвіду, не допускаючи суб'єктивних міркувань у рекомендаціях, що пропонуються товаровиробникам.

5. Дорадча служба будує свою діяльність на базі науково-дослідних інститутів, дослідно-експериментальних господарств, що дозволяє адаптувати наукові розробки з урахуванням особливостей зональних умов для того, щоб створити можливість товаровиробникам для ефективного їхнього впровадження у виробництво.

6. Гнучкість дорадчої служби, здатність адаптації до мінливих потреб товаровиробників в інноваційних розробках, можливість оперативно пристосовуватися до нових інформаційних запитів виконавців, що забезпечує взаємозацікавлене співробітництво.

7. Безпосередній обмін інформацією між дорадниками та експертами-дорадникам служби та сільгосптоваровиробниками має більш істотне значення, ніж її самостійне поширення.

8. Науково-дослідні розробки та рекомендації орієнтовані на формування замовлення на виконання наукових досліджень, потреби виробництва, необхідність освоєння нових ресурсозберігаючих

технологій, що забезпечують підвищення ефективності агропромислового виробництва.

9. Навчальні заклади постійно підтримують відповідний освітній рівень споживачів знань дорадників і товаровиробників, спрямований на освоєння науково-технічних досягнень, підвищення професіоналізму виконавців.

10. Найбільш висока ефективність дорадчої діяльності досягається при формуванні в регіонах країни добре організованих структурних підрозділів дорадчої діяльності, інфраструктури, координації всього інтелектуального потенціалу АПК регіону, включаючи науково-дослідні та освітні організації, що використовують комп'ютерні технології, регіональні дослідні станції, дослідно-виробничі господарства, інформаційно-консультаційні (дорадчі) служби.

Комплексна оцінка ефективності функціонування дорадчої служби здійснюється на основі критеріїв, найважливіших факторів і системи показників, що характеризують результативність її діяльності, мотивації товаровиробників на збільшення обсягу виходу продукції та підвищення ефективності проведення [3].

Законом України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність» [4] дорадчі послуги що можуть надаватися сільськогосподарським товаровиробникам поділені на два види: соціально спрямовані дорадчі послуги і комерційні дорадчі послуги.

Соціально спрямовані дорадчі послуги, що надаються за рахунок коштів Державного бюджету України і місцевих бюджетів, щорічно визначаються державною цільовою програмою сільськогосподарської дорадчої діяльності в межах видатків центрального органу виконавчої влади з питань аграрної політики та місцевими програмами соціально-економічного розвитку. Органи місцевого самоврядування можуть визначати додаткові соціально спрямовані дорадчі послуги, які надаються за рахунок коштів місцевих бюджетів, відповідно до місцевих програм соціально-економічного розвитку.

Надання соціально спрямованих дорадчих послуг, які фінансуються за рахунок коштів державного бюджету та місцевих бюджетів, проводиться на конкурсній основі. Участь у конкурсі щодо надання соціально спрямованих дорадчих послуг можуть брати тільки суб'єкти дорадчої діяльності. Звідси випливає, що комерційні дорадчі послуги - це послуги, які замовники оплачують самостійно.

Соціально-необхідні дорадчі послуги, це ті послуги, які в даний момент розвитку сільського господарства є нерентабельними в силу певних причин, Їх не можна знайти на ринку дорадчих послуг, але Держава зацікавлена в тому, щоб сільськогосподарські

товаровиробники та сільське населення отримувало їх, що сприятиме збільшенню доходів сільського населення та розвитку сільської місцевості. Це стосується:

- висвітлення загальної інформації через підготовку та трансляцію відео, аудіосюжетів а також через випуск брошур, інформаційних листків, бюлетенів тощо;

- навчання сільського населення шляхом проведення семінарів, тренінгів, днів поля з різних питань технологічного, економічного, юридичного, організаційного характеру;

- втілення програм для розвитку дітей та молоді села тощо.

Прикладом соціально-необхідних дорадчих послуг може бути: інформація про аграрну політику Держави; допомога в створенні кредитних спілок, обслуговуючих кооперативів, сільськогосподарських оптових ринків; створення третейських судів; підтримка несільськогосподарських видів бізнесу на селі (зелений туризм, ремесло, сфера обслуговування тощо); створення та експлуатація громадських пасовищ.

Все це сприятиме вирішенню проблем зайнятості сільського населення. Характер соціально-необхідних дорадчих послуг може змінюватись в залежності від розвитку сільського господарства та суспільства. Надання комерційних дорадчих послуг, які забезпечують додатковий прибуток або економію затрат конкретного об'єкту сільськогосподарської дорадчої діяльності, здійснюватиметься за рахунок замовника.

Сільськогосподарські дорадчі служби з одного боку допомагатимуть сільським товаровиробникам прибуткове вести бізнес, а з іншого боку сприятимуть здійсненню державної аграрної політики, ефективному розвитку аграрного сектора економіки, процесам інтеграції науки у виробництво, підвищенню рівня життя сільського населення [5].

У термін *«сільськогосподарська дорадча служба»* багато фахівців вкладають різний зміст відповідно до своїх уявлень про її цілі і завдання. У самому вузькому розумінні ціль сільськогосподарської дорадчої служби бачать у поширенні інформації, що допомагає збільшити ефективність конкретних виробничих процесів. У більш широкій інтерпретації ціль сільськогосподарської дорадчої служби може полягати у збільшенні ефективності господарської діяльності і тим самим — у збільшенні рівня доходів сільських товаровиробників. У найширшій інтерпретації сільськогосподарська дорадча служба покликана забезпечити безперервне навчання дорослої сільської аудиторії, що включає товаровиробників, родини, молодь, місцеве співтовариство, а також розвиток сільського господарства або регіонального співтовариства.

Сутність *дорадчої діяльності просвітительського типу* – розвиток найбільш бідних і нерозвинених прошарків суспільства шляхом надання благодійної допомоги представникам цих прошарків у рішенні їх проблем шляхом навчання.

*Дорадча діяльність академічного типу* – це розвиток сільської місцевості (сільського співтовариства) шляхом надання державної допомоги жителям сільської місцевості в рішенні проблем розвитку за допомогою навчання і консультування.

Сутність *дорадчої діяльності консультаційного (консалтингового) типу* – надання допомоги сільським товаровиробникам у прийнятті рішень шляхом надання інформації і консультування. Рішення проблем клієнта відбувається за допомогою надання інформації, підвищення його кваліфікації в прийнятті рішень, проведення спеціальних наукових досліджень.

Сутність *дорадчої діяльності інтеграційного типу* – надання допомоги сільським товаровиробникам у рішенні проблем шляхом участі в поділі праці.

Важливо відзначити при цьому, що мова йде про виконання тільки допоміжних функцій, а не, наприклад, про збут продукції. Припустимо, дорадники надають свої послуги по таких напрямках діяльності: підготовка і перевірка фінансової звітності, фінансовий аналіз господарської діяльності, аналіз економічної кон'юнктури і прогнозування, питання фінансової стратегії. Ця робота може бути цілком передана дорадчій службі – у цьому випадку мова йде про дорадчу діяльність інтеграційного типу [6].

Важливим принципом організації системи інформаційно-консультаційного обслуговування є її цілісність, тобто взаємна узгодженість і гармонізація роботи різних ланок. Принцип цілісності передбачає, що функції окремих підсистем реалізуються через діяльність відповідних відділів, пов'язаних між собою цілісною інформаційно-консультаційною службою, відповідною метою та завданнями. Характерною рисою інформаційно-консультаційної системи як цілісного формування є те, що сукупність функцій всієї системи зводиться до суми функцій окремих її структурних рівнів та ланок.

Система інформаційно-консультаційної діяльності як цілісне формування складається з наступних підсистем, які через відповідні підрозділи забезпечують гармонічну діяльність дорадчої служби загалом:

- 1) інформаційної, що забезпечує збір, систематизацію та формування баз даних інформаційних ресурсів за всіма напрямками діяльності інформаційно-консультаційних служб, яка використовується для власних потреб та для розповсюдження інформації клієнтам (інформаційно-аналітичний відділ);



2) консультаційної, яка забезпечує формування відповідних підрозділів, підбір і підготовку професійних консультантів для здійснення консультативного обслуговування клієнтів щодо економічних, виробничих, технологічних проблем, управління фінансами, інвестиційних та бізнес-проектів (технологічний та економіко-правові відділи);

3) навчальної, яка забезпечує формування навчально-методичної та матеріальної бази, підбір викладачів-тренерів для здійснення навчальної діяльності, проведення тренінг-курсів, семінарів та інших навчальних заходів (навчально-методичний відділ);

4) інноваційної, що забезпечує збір, систематизацію наукових досягнень та передового досвіду в сфері сільськогосподарського виробництва створення на цій основі інноваційного продукту у вигляді технологій виробництва сільськогосподарської продукції, бізнес-проектів, організаційно-економічних заходів удосконалення управління, маркетингової діяльності, інноваційних та інвестиційних проектів (науково-виробничий відділ);

5) маркетингової, яка передбачає формування, обробку та систематизацію продукції дорадчої служби та просування дорадчих послуг, допомагає клієнтам дізнатися про зміст та якість інформаційно-консультаційних та навчальних послуг та забезпечує їх просування на ринку агроконсалтингових послуг;

6) моніторингової, що забезпечує постійний аналіз відповідності інформаційно-консультаційних послуг вимогам клієнтів, попиту та потреб в інформаційно-консультаційних послугах, здійснює їх систематизацію та готує пропозиції іншим підсистемам для розробки відповідних інформаційно-консультаційних послуг (відділ маркетингу, соціологічних досліджень, моніторингу потреб в інформаційно-консультаційних послугах) [7].

Основною метою діяльності служб аграрного консалтингу є поширення та впровадження у виробництво сучасних досягнень науки, техніки й технологій, а також надання сільськогосподарським товаровиробникам і сільському населенню консультаційних послуг із питань менеджменту, маркетингу, застосування сучасних технологій та розвитку соціальної сфери села, підвищення рівня знань і вдосконалення практичних навичок прибуткового господарювання сільськогосподарських товаровиробників та сільського населення.

Як відомо, система аграрного консалтингу складається з інформаційно-довідкової, консультаційної, інноваційної й навчальної підсистем. Тобто мова йде не лише про доведення

інформації до відома товаровиробників, а й реалізацію форм і методів управлінської та навчальної діяльності.

Головне завдання дорадника у сфері підприємництва – допомога клієнту у впровадженні нововведень з тим, щоб забезпечити інноваційний розвиток його бізнесу. З метою успішної взаємодії з сільськогосподарськими товаровиробниками дорадники та експерти-дорадники повинні вміти організовувати консультаційний процес. Але рівень професійної підготовки у галузі агроконсалтингу багатьох наших фахівців ще недостатній. Тому сьогодні доцільно організовувати підвищення кваліфікації дорадників та експертів-дорадників і ввести дисципліни з аграрного консалтингу в навчальні плани підготовки студентів.

Досвід багатьох розвинутих країн світу свідчить, що на початку становлення фермерства, коли селянин ще не в змозі сам платити за необхідну йому допомогу, потрібна значна державна підтримка служби аграрного консалтингу. Так відбувалося у США, Канаді, Німеччині, Голландії та Великобританії. З часом селянин ставав заможнішим і міг сам оплачувати послуги. Відтак зменшувалася потреба у державній підтримці й почали виникати приватні консалтингові фірми<sup>4</sup>.

Найбільше можливостей для формування аграрної політики держави має державна модель агроконсалтингу, і, передусім, університетська, за якої дорадчі служби створюються і функціонують як структурні підрозділи вищих навчальних закладів. Такою класичною державною моделлю служби аграрного консалтингу є служба екстеншн США [8].

Недоліками системи сільськогосподарського дорадництва, що склалася на сьогодні в Україні є розрізненість, ізольованість окремих її ланок, недостатній рівень використання потенціалу аграрних науково-освітніх закладів, для роботи яких у дорадчому напрямі існує потреба в розробці сучасної організаційної структури, спроможної забезпечити ефективне функціонування цих структур на ринку дорадчих послуг та внесенні змін до законів України, що регламентують діяльність сільськогосподарських дорадчих служб.

Незважаючи на існуючі проблеми в використанні дорадчих послуг освітніх закладів консалтингові служби вищих навчальних закладів мають ряд переваг і достоїнств, які потрібно використовувати для подальшого розвитку дорадництва:

- високий науково-методичний потенціал, більшість найбільш кваліфікованих науково-педагогічних кадрів, що зосереджені у ВНЗ;
- викладачі аграрних ВНЗ більше ніж будь-хто знайомі з методологією управлінського консультування і методами передавання знань та інформації;

- наявність науково-технічної бази, сучасних засобів, телекомунікацій;
- наявність ліцензії на навчальні послуги (науково-дослідницькі заклади та громадська організація «Дорада» таких ліцензій не мають);
- широкий спектр послуг, що пропонуються сільгоспвиробникам (навчальні, консультаційні, дослідницькі, інформаційні);
- гнучкість відносно потреби фінансування дорадчої служби і нижче собівартості послуг, ніж у приватних консалтингових фірмах;
- авторитет навчального закладу в регіоні, довіра і підтримка випускників.

Аналізуючи відзначені достоїнства дорадчих служб ВНЗ можна зробити висновок, що вони здатні досягнути мети в питаннях підвищення рівня компетентності фермерів швидше та ефективніше ніж за інших форм і моделей організації. Більш того, всі аграрні ВНЗ України мають у своїх структурах інститути (факультети), які ведуть підготовку і підвищення кваліфікації керівників і фахівців аграрного сектору, тобто навчання дорослого населення – то, чим займається служба.

Вищими навчальними закладами можуть бути розроблені програми надання передбачених соціально спрямованих дорадчих послуг, товаровиробникам і сільському населенню, і провадження їх на практиці, що також в свою чергу забезпечувало б вищим навчальними закладам додаткове фінансування.

М.М. Кулаєць, М.Ф. Безкровний пропонують внести незначні зміни до Закону України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність», що означає законодавче врегулювання залучення вищих аграрних навчальних закладів до надання соціально спрямованих дорадчих послуг і питання сертифікації сільськогосподарської дорадчої служби відповідно до вимог Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності», що дасть змогу підвищити ефективність діяльності дорадчих служб України

*Пропонується абзац сьомий статті 1 Закону України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність» сформулювати наступним чином:* «Сільськогосподарська дорадча служба: юридична особа незалежно від її організаційно-правової форми власності, що здійснює дорадчу діяльність, у складі якої працює не менше трьох дорадників та яка пройшла реєстрацію відповідно до законодавства і внесена до Реєстру дорадчих служб; аграрний вищий навчальний заклад, що здійснює дорадчу діяльність, у складі якого працює не менше 20 дорадників, що пройшов реєстрацію відповідно до законодавства і внесений до Реєстру дорадчих служб».

Внесення таких змін до Закону України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність» дасть змогу удосконалити законодавчу базу щодо діяльності сільськогосподарських дорадчих служб і залучати заклади освіти до надання соціально спрямованих дорадчих послуг, законодавчо врегулювати питання сертифікації сільськогосподарської дорадчої служби відповідно до вимог Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» [9].

Незважаючи на проблеми та труднощі, які стоять на шляху розвитку сільськогосподарського дорадництва в Україні, дорадчі служби працюють і доводять свою ефективність та необхідність. Вони дають соціально спрямовані дорадчі послуги з питань економіки сільського виробництва, менеджменту та маркетингу, впровадження передових технологій у галузях сільського господарства, а також питань, пов'язаних із соціальним розвитком населення.

Основними причинами, що заважають інформаційно-консультаційним службам охопити всіх потенційних клієнтів і задовольнити всі їхні потреби, є:

- недостатнє фінансування (14,4%);
- низька платоспроможність клієнтів (13,7%);
- недостатня матеріально-технічна база інформаційно-консультаційних служб, у т.ч. нестача транспортних засобів (13,5%);
- недосконалість системи госпрозрахункових відносин у процесі здійснення інформаційно-консультаційної діяльності, неритмічність державного фінансування (13,2%);
- відсутність у сільськогосподарських товаровиробників інформації про можливості дорадчих служб щодо передачі передових знань та інформації (9,2%);
- низький рівень комунікаційної мережі (пошта, Інтернет, E-mail) (7,8%);
- недостатня чисельність необхідних кваліфікованих консультантів (7,1%);
- низька активність населення, небажання селян співпрацювати з дорадниками (6,7%);
- несприйняття представниками влади сільськогосподарської дорадчої діяльності (4,3%);
- територіальна відокремленість інформаційно-консультаційних служб від сільгоспвиробників (4,1%);
- недостатнє законодавче забезпечення, невизначеність юридичного статусу (3,4%);
- нестача інформації, літератури щодо питань, які цікавлять споживачів (2,7%). [8]

Дорадництво на сьогодні розглядається як один з найдієвіших інструментів, спроможних вивести особисті селянські і фермерські господарства на новий рівень та зробити їх конкурентоспроможними.

Основний контингент працівників районних (обласних) дорадчих служб – дорадники (агрономи, зоотехніки, ветлікарі, землевпорядники, бухгалтери, економісти, спеціалісти по автоматизації виробничих процесів, юристи) свою роботу зосереджують на вивченні нагальних потреб виробничників і населення, практичній допомозі фермерам, організаторам сільськогосподарського виробництва, сільським жителям, участі в реалізації їх організаційно-господарських проєктів, інформуванні про нововведення, передовий досвід, кон'юнктуру ринків шляхом індивідуальних контактів, організацією науково-практичних семінарів, польових днів, виставок, днів інформації тощо.

В своєму розпорядженні вони повинні мати засоби електронного зв'язку, комп'ютерну техніку з комплексом комп'ютерних програм по автоматизації виробничих процесів, плануванню, обліку та аналізу фінансово-господарської діяльності, бази (банки) даних з ринковою, нормативною, прогноною, технологічною, економічною інформацією, щоб оперативно і якісно напрацьовувати варіанти ефективних управлінських рішень.

Робота експертів-дорадників навчально-консультаційних центрів і пунктів закладів аграрної освіти, центрів наукового забезпечення закладів аграрної науки, підприємницьких консалтингових формувань має зосереджуватись на питаннях апробації і впровадження нових технологій та систем машин, курсової підготовки і перепідготовки виробничників і дорадників, передачі знань, досвіду виробничникам і населенню через залучення їх до проведення науково-практичних семінарів, польових днів, демонстраційних показів, ведення регіональних баз даних і знань, практичної допомоги дорадникам по задоволенню запитів виробничників, допомоги виробничникам у реалізації наукоємних бізнес-планів і інвестиційних проєктів розвитку господарств.

Інформаційні матеріали, потреба в яких може виникнути у виробників в процесі їх діяльності, настільки багатопланові і об'ємні, що жоден фермер чи спеціаліст, або інформаційна система колективного сільськогосподарського підприємства в цілому, не в змозі їх самостійно систематизувати, осмислити і використати в конкретних виробничих ситуаціях без допомоги ззовні. В цих умовах економічно виправдане дозоване одержання необхідної науково-технічної й іншої інформації, в міру виникнення потреби в ній, через посередників. Тому слід розглядати дорадників і експертів-дорадників як основних споживачів інформації

виробничого призначення. Для цього дорадники повинні мати доступ до інформаційних джерел. Він може бути забезпечений, при наявності у державі відповідним чином зібраних, систематизованих і організованих національних і регіональних інформаційних фондів, систем, баз (банків) даних науково-технічного та маркетингового характеру і каналів доступу до них [10].

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 травня 2012 року «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції формування державної системи сільськогосподарського дорадництва на період до 2015 року» передбачено забезпечити виконання завдань у формуванні ефективної державної системи сільськогосподарського дорадництва в Україні продовж 2012-2015 років як дієвого інструмента впровадження державної аграрної політики, забезпечення інноваційного розвитку сільського господарства та сільських територій, подолання бідності на селі шляхом ведення просвітницької діяльності та надання соціально спрямованих дорадчих послуг сільськогосподарським товаровиробникам і сільському населенню з метою підвищення рівня знань та вдосконалення практичних навичок прибуткового ведення сільськогосподарської та пов'язаної з нею діяльності.

Виконання концепції планується здійснити в наступні етапи:

1) створення Національного центру сільськогосподарського дорадництва та обласних (регіональних) сільськогосподарських дорадчих служб з їх районними відділами, використавши науково-освітній потенціал закладів і установ Мінагрополітики та Національної академії аграрних наук;

2) надання соціально спрямованих дорадчих послуг, які фінансуються за рахунок коштів державного бюджету, місцевих бюджетів та інших джерел, не заборонених законом;

3) сприяння забезпеченню на державному та регіональному рівні формування державної системи сільськогосподарського дорадництва в результаті:

- використання в системі аграрної освіти науково-технічного потенціалу інститутів післядипломної освіти вищих навчальних закладів, навчально-консультаційних центрів, установ та організацій;

- використання в системі Національної академії аграрних наук наявного науково-технічного потенціалу регіональних науково-дослідних (наукових) установ;

- створення в системі агропромислового комплексу в кожному регіоні (області, районі) регіональних сільськогосподарських дорадчих служб з урахуванням місцевих умов і наявного науково-технічного потенціалу та матеріально-технічної бази розміщених на її території управлінь агропромислового розвитку, науково-

дослідних (наукових) установ аграрної науки, навчальних закладів аграрної освіти, а також використання інтелектуального потенціалу дорадників та експертів-дорадників (в тому числі шляхом їх першочергового працевлаштування в новостворених сільськогосподарських дорадчих службах), досвіду і потужності діючих сільськогосподарських дорадчих служб (в тому числі створених за підтримки програм і проектів міжнародної технічної допомоги).

Більш доцільним є подальше удосконалення і розвиток державної системи сільськогосподарського дорадництва в системі агропромислового комплексу як громадської професійної організації з огляду на те, що:

- система сільськогосподарського дорадництва є одним з дієвих інструментів реалізації державної аграрної політики;
- дієздатність мережі сільськогосподарських дорадчих служб можлива за умови її розвитку на районному та сільському рівні;
- країни СНД зазначену проблему розв'язують, створюючи свої сільськогосподарські дорадчі формування як складові системи органів управління агропромислового розвитку.

Основним джерелом доходів сільськогосподарських дорадчих служб передбачається надходження від надання дорадчих платних послуг замовникам, а також надходжень від надання соціально спрямованих дорадчих послуг.

Фінансування державної системи сільськогосподарського дорадництва здійснюватиметься за рахунок грантів, міжнародної технічної допомоги, коштів міжнародних програм та проектів, благодійних внесків фізичних та юридичних осіб, інших джерел, не заборонених законом.

Щорічні обсяги видатків державного бюджету для реалізації Концепції визначатимуться з урахуванням можливостей дохідної частини бюджету.

Матеріально-технічне та кадрове забезпечення державної системи сільськогосподарського дорадництва здійснюватиметься за рахунок матеріально-технічної бази та кадрового потенціалу реорганізованих науково-дослідних (наукових) установ аграрної науки або навчальних закладів аграрної освіти та діючих сільськогосподарських дорадчих служб відповідно до законодавства [11].

На сучасному етапі розвитку аграрного сектора економіки України особливе значення має вибір оптимальної моделі організації інформаційно-консультаційних формувань, які у відповідності до Закону України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність» за рахунок державного фінансування надають соціально спрямовані консультаційні послуги, сприяють удосконаленню інформаційно-

консультаційного забезпечення аграрного сектора й сільських територій.

Основною метою діяльності служб аграрного консалтингу є поширення та впровадження у виробництво сучасних досягнень науки, техніки й технологій, а також надання сільськогосподарським товаровиробникам і сільському населенню консультаційних з різних питань. Значну допомогу в виконанні цієї мети може стати потенціал вищих аграрних навчальних закладів, а також повне виконання поставлених завдань в Розпорядженні Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції формування державної системи сільськогосподарського дорадництва на період до 2015 року».

#### Список джерел

1. Сахно Є.Ю., Дорош М.С., Ребенок А.В. Менеджмент сервісу: теорія та практика: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – С. 200

2. Аграрний сектор України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agro.ua>

3. Григор'єв С.М. Роль сільськогосподарських дорадчих служб в забезпеченні інноваційних та інвестиційних процесів / Науковий вісник ЛНАУ. – 2010. – №17.

4. Закон України «Про сільськогосподарську дорадчу діяльність» від 17 червня 2004 року, № 1807-IV.

5. Барило С.І. Особливості взаємовідносин у дорадчій діяльності / С.І. Барило // Агроінком. – 2007. – № 1-2. – С. 74 – 76.

6. Галич О.А. Сосновська О.О. Сільськогосподарське дорадництво. Навч. посібник. — К.: Центр учбової літератури, 2007 — 368 с.

7. Інформаційний вісник щодо актуальних питань з дорадництва №4 (для вищих навчальних закладів /підрозділів/ післядипломної освіти). – Київ. – «Аграрна освіта». – 2010. – С. 18-19.

8. М.М. Кулаєць, М.Ф. Безкровний Надання дорадчих послуг навчальними закладами аграрного профілю / Економіка АПК. - 2010. - №11. – С.149-150

9. Брояк А.А. Аналіз стану інформаційно-консультаційної діяльності в сільському господарстві України / Економіка АПК. – 2010. - №5. 144 с..

10. Бабенко В.О. Проблеми та перспективи інформатизації агропромислового комплексу України / режим доступу [archive.nbuv.gov.ua/portal/.../12\\_17.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/.../12_17.pdf)

11. Розпорядження Кабінету міністрів «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції формування державної системи сільськогосподарського дорадництва на період до 2015 року» від 23 травня 2012 р. № 303-р, Київ.



## РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ

### 2.1. Сучасний стан та проблеми розвитку інформаційного сектору національної економіки

На сучасному етапі господарювання будь-яка економічна діяльність супроводжується накопиченням і використанням інформації на базі інформаційно-комунікаційних технологій. Підвищення ролі інформації у всіх сферах господарського життя, стрімкий розвиток новітніх інформаційних технологій з високою ефективністю та їх вагомий вплив на організацію бізнес-процесів призвели до розвитку *інформаційного бізнесу*.

Це новий вид бізнесу, який функціонує та розвивається в інформаційному секторі національної економіки та забезпечує ефективну роботу усіх галузей країни. Тому розгляд сучасного стану та проблем розвитку інформаційного сектору національної економіки є сьогодні безумовно актуальним напрямом дослідження.

Однак, не зважаючи на високий ступень необхідності розвитку інформаційного сектору для економіки будь-якої країни, існує низка невирішених проблем щодо визначення категоріального апарату та забезпечення ефективного функціонування інформаційного бізнесу. Звідси виникає необхідність щодо аналізу сучасного стану інформаційного сектору національної економіки та виявлення проблем його розвитку.

Відповідно до Закону України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» [1] значно зростає роль інформаційного сектору національної економіки, що обумовлює підвищення державного, суспільного та наукового інтересу з даної тематики.

Розгляд питань щодо становлення та розвитку інформаційного сектору національної економіки знайшов відображення в наукових працях вітчизняних та зарубіжних вчених.

Серед українських науковців можна виділити таких, як Кашпрук Н.В., що досліджує інформаційний бізнес України та його розвиток [2]; Колодюк А. В. – аналізує сучасний стан та перспективи розвитку інформаційного суспільства в Україні [3]; Кучма Ю.В. – досліджує геоінформаційні системи [4]; Лазарева С. Ф. – розкриває економіко-організаційні аспекти інформаційного бізнесу [5]; Луцик Ю. – аналізує особливості функціонування інформаційної індустрії України [6]; Ткачова А. В. – розглядає ринок інформаційних послуг

та його вплив на національну економіку [7]. Серед зарубіжних вчених можна виділити таких, як Перфільєва Ю. В., яка досліджує інформаційне забезпечення бізнесу [8]; Стріженко А. А. – розглядає вплив інформаційних технологій на суспільство та економіку [9]; Сухарьов О.С. – досліджує ключові проблеми розвитку інформаційного сектору економіки [10]; Репін Д. – розглядає особливості послуг інформаційного бізнесу [11].

Однак аналіз останніх досліджень з даної тематики свідчить про недостатній розгляд існуючих проблем розвитку інформаційного сектору України та обумовлює необхідність подальших наукових досліджень.

Формування і розвиток українського інформаційного суспільства передбачає оперативний доступ до необхідних інформаційних ресурсів і проведення заходів щодо їх включення в єдиний інформаційний простір. Інформаційні ресурси, повинні постійно оновлюватися та включатися до єдиного інформаційного простору, а також на законній підставі повинні бути доступними органам державної влади, суб'єктам господарювання та громадянам України.

Важливо відзначити, що ключову роль при цьому відіграє ефективне функціонування інформаційного сектору національної економіки. В свою чергу активізація процесів глобалізації та інформатизації обумовлюють необхідність розвитку саме інформаційного сектору.

Для вирішення проблеми розвитку інформаційного бізнесу України необхідно проаналізувати сучасний стан інформаційного сектору, виявити ключові проблеми, що гальмують його розвиток та розробити комплекс відповідних соціально-економічних та організаційних заходів.

При цьому доцільно установа порядку щодо визначення необхідних показників і кроків розвитку інформаційного сектору, розробка відповідних законодавчих актів, нормативних документів і стандартів для визначення функцій і прав взаємодії суб'єктів інформаційного простору.

Державна політика розвитку інформаційного сектору України повинна здійснюватися з урахуванням інтересів держави і суспільства та повинна враховувати можливості міжнародного співробітництва в сфері інформаційної технології.

Дослідити інформаційний сектор можна за допомогою аналізу діяльності різних секторів національної економіки, що наведений у табл.1.

Таблиця 1

Аналіз діяльності різних секторів національної економіки за 2012 р.

Сектори національної економіки	Кількість суб'єктів, одиниць	Обсяги реалізованої продукції		Рівень рентабельності (збитковості), %	Чистий прибуток, млн. грн.
		Млн. грн.	Вага, %		
Сільське господарство	68497	162611,10	3,87	21,70	26787,20
Промисловість	114028	1498929,70	35,66	3,40	2592,40
Будівництво	50830	155790,70	3,71	-0,10	-1012,70
Торгівля	843075	1623609,60	38,63	12,20	210,60
Транспорт	87252	212299,80	5,05	5,40	3127,70
Інформація та телекомунікація	66568	79354,90	1,89	10,50	3739,10
Науково-технічна діяльність	87431	176578,80	4,20	0,30	-1820,20
Освіта	7317	1787,10	0,04	8,20	112,80
Охорона здоров'я	16479	8390,10	0,20	2,70	-77,30
Мистецтво, спорт	9238	7916,30	0,19	-17,60	-2547,60
Інші	249412	275901,50	6,56	-	-68,20
Усього	1600127	4203169,60	100	5,00	35067,30

Відповідно розрахункам, наведеним у табл.1 можна зробити такі висновки:

1. Доволі висока кількість суб'єктів господарювання у інформаційному секторі (близько 67 тис.) свідчить про збільшення інтересу з боку виробників щодо використання інформаційно-комунікаційних технологій.

2. Обсяги реалізації результатів виробництва інформаційного сектору свідчать про повільне зростання рівня суспільного споживання інформаційної продукції та послуг. Це може бути пов'язано з невисоким рівнем середньої заробітної плати в Україні та високими цінами на сучасне інформаційне обладнання.

3. Інформаційний сектор національної економіки є рентабельним (10,5 %), що повинно обумовлювати підвищення інтересу з боку держави щодо підтримки його розвитку.

На основі вищезазначеного значущість інформаційного сектору підвищується, а його розвиток забезпечить ефективне функціонування національної економіки.

При дослідженні стану інформаційного сектору особливої уваги заслуговує персонал. Тому виникає необхідність в аналізі персоналу різних секторів національної економіки, а особливо – інформаційного сектору (табл.2). Цей аналіз обумовлений специфікою виробництва інформаційних продуктів та надання інформаційних послуг, яка полягає у ключовій ролі персоналу щодо ефективного функціонування цих процесів.

Таблиця 2

Аналіз персоналу різних секторів  
національної економіки за 2012 р.

Сектори національної економіки	Кількість зайнятих працівників		Витрати на персонал	
	Тис. осіб	Вага, %	Млн. грн.	Вага, %
Сільське господарство	712,00	9,27	22300,60	5,96
Промисловість	3026,40	39,41	170564,20	45,59
Будівництво	411,10	5,35	15197,20	4,06
Торгівля	1193,40	15,54	53312,00	14,25
Транспорт	937,10	12,20	49860,50	13,33
Інформація та телекомунікація	219,50	2,86	13004,00	3,48
Науково-технічна діяльність	281,40	3,66	16437,7	4,39
Освіта	26,40	0,34	829,5	0,22
Охорона здоров'я	94,30	1,23	2936,90	0,79
Мистецтво, спорт	37,70	0,48	2972,00	0,79
Інші	1678,50	21,86	26691,00	7,13
Усього	7679,70	100	374105,6	100

Відповідно даним, наведеним у табл.2 можна зробити такі висновки:

1. Незначна кількість зайнятих у інформаційному секторі (близько 3 % у структурі національної економіки) свідчить про доволі низький рівень впровадження інформаційних технологій у різні сфери суспільного виробництва.

2. Витрати на персонал, зайнятий у інформаційному секторі досягають рівня нижче середнього та свідчать про невисокий рівень кваліфікації персоналу відповідно прогресивним інформаційно-комунікаційним технологіям.

У зв'язку з вищезазначеним виникає необхідність у фінансовій підтримці щодо забезпечення постійного навчання та

підвищення кваліфікації персоналу інформаційного сектору національної економіки.

На розвиток інформаційного сектору України об'єктивно впливають такі фактори:

- незацікавленість держави щодо підтримки інформаційного сектору;
- незначна кількість теоретичних досліджень і практичних розробок з питань формування інформаційного ринку;
- невисокий науково-технічний рівень щодо впровадження інформаційних технологій;
- слаба розвиненість складових ринкової інформаційної інфраструктури;
- повільність процесів удосконалення компонентів інформаційно-комунікаційних технологій;
- відсутність єдності щодо вирішення проблем інформаційного бізнесу, відповідно до основних засад соціально-економічної моделі розвитку.

Важливо виділити ключові проблеми, що гальмують ефективне функціонування та розвиток інформаційного сектору України:

1. Для України інформаційний сектор доволі молодий і слабозвинутий, його становлення почалось значно пізніше, ніж у розвинених країнах, а саме – у 90-х роках ХХ ст., коли вона стала незалежною державою та розпочала розбудову своєї економіки. Тому сьогодні інформаційний сектор не забезпечує вирішення задач економічного і соціального управління та потребує підтримки з боку держави.

2. Постійне розширення груп потенційних споживачів інформаційних продуктів і послуг обумовлює розвиток інформаційного бізнесу. Але інформаційні ресурси оновлюється не постійно, що не повною мірою забезпечує задоволення інформаційних потреб споживачів (фізичних і юридичних осіб, господарських структур) та суспільства в цілому.

3. Відставання в розвитку науково-технічної бази щодо відповідних технологій з прийому, переробки та передачі інформації, а також створення програмних продуктів.

4. Нераціональний розподіл інформаційних ресурсів та не завжди ефективне використання інформаційно-комунікаційних технологій. При цьому, невміння раціонально використовувати інформаційні ресурси та розпоряджатися інтелектуальними досягненнями приводе до втрати стійких ринкових позицій в інформаційному секторі.

5. Інформаційна залежність національної економіки від інших країн, що виникає при значному відставанні щодо нових інформаційних технологій від світових країн-лідерів (США, Канади, Японії та інших).

6. Доволі низький рівень конкурентоспроможності інформаційних продуктів та послуг на вітчизняному ринку.

Таким чином, інформаційний сектор національної економіки має величезне значення для сучасного соціально-економічного розвитку України, особливо в умовах побудови інформаційного суспільства. Однак виявлена низка проблем, що гальмують розвиток цього сектору економіки. Вирішення визначених проблем дозволить не тільки задовольняти інформаційні потреби суспільства, суб'єктів господарювання та різних секторів економіки, а й підвищити конкурентоспроможність країни, укріпити економічні позиції України у світовому просторі.

#### Список джерел

1. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007 - 2015 роки» від 09.01.2007 р., № 537 – V / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Офіційний вісник України, 2007. – № 8. – С. 9.

2. Кашпрук Н.В. Розвиток інформаційного бізнесу України / Н. В. Кашпрук, Л. О. Храбан Л.О. Матеріали міжнар. наук.-прак. конф. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/10\\_NPE\\_2010/Informatica/62647.doc.htm](http://www.rusnauka.com/10_NPE_2010/Informatica/62647.doc.htm)

3. Колодюк А. В. Інформаційне суспільство: сучасний стан та перспективи розвитку в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. політ. наук: 23.00.03 / А.В. Колодюк. – Київ, 2005. – 12 с.

4. Кучма Ю. В. Геоінформаційні системи в управлінні бізнесом / Ю. В. Кучма, О. А. Десятіріков, А. О. Татунько // Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства : Матеріали міжнар. наук.-прак. конф. студ., аспірантів та молодих вчених (м. Луганськ, 22-23 грудня 2010 р.) – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2010. – С 37-38.

5. Лазарева С. Ф. Економіка та організація інформаційного бізнесу: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2002. – 667 с.

6. Луцик Ю. Особливості функціонування інформаційної індустрії України в умовах ринкових перетворень / Ю. Луцик // Економічний вісник університету. Збірник наукових праць учених та аспірантів. Вип. 9-10. Переяслав-Хмельницький 2009. – С.235-242.

7. Ткачова А. В. Ринок інформаційних послуг: характеристика, оцінка потенціалу і впливу на економіку країни / А. В. Ткачова // Маркетинг: теорія і практика. Зб. наук. праць Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2013. – С. 148-155.

8. Перфильева Ю. В. Информационное обеспечение в бизнесе / Ю.В. Перфильева, Л.И. Кравцова, К.Л. Ястребов // Вестник Ир ГТУ: Социально-экономические и общественные науки, 2013. – № 7 (78). – С. 191-195.

9. Стриженко А.А. Воздействие информационных технологий на современное общество и экономику / А. А. Стриженко // Ползуновский вестник, 2006. – № 3. – С. 294-304.

10. Сухарев О.С. Информационный сектор экономики: проблемы развития / О. С. Сухарев // Информационные системы и технологии, 2006. – № 1 (5). – С. 51-58.

11. Репин Д. Информационный бизнес в регионах: акцент на услуги / Д. Репин // Маркетинг услуг, 2005. – № 1. – С. 78-83.

## **2.2. Проблеми формування державної інформаційної політики на сучасному етапі**

Сучасний стан розвитку економіки у світі загалом та в Україні зокрема характеризується переходом від індустріального суспільства до суспільства інформаційного типу. Це є закономірним, оскільки інформація відіграє значну роль у житті кожної людини, суспільства, держави. Усі суспільні відносини нерозривно пов'язані з інформацією, яка проникає у будь-яку сферу суспільного життя. Як наслідок – постійно зростають темпи розвитку інформаційних технологій та ступінь впливу інформації на суспільні відносини всіх напрямків, що позначається як на якості внутрішньодержавного розвитку будь-якої країни, так і на ролі, яку країна відіграє на міжнародній арені. Саме тому існує необхідність у більш активному приєднанні України до процесу становлення та розвитку світового інформаційного суспільства. Це неможливо здійснити без наукової розробки та практичного втілення державної інформаційної політики України.

Проблеми утвердження пріоритету людини в економічній, політичній і духовній сферах у сучасний період розвитку українського суспільства значною мірою пов'язані з узгодженням державного управління та правовим регулюванням суспільних відносин в інформаційній сфері [7].

Конституція проголошує Україну суверенною і незалежною, демократичною, соціальною та правовою державою. Саме така держава повинна ставити науку, техніку та інформацію на службу всьому суспільству і кожній окремій людині, спрямовувати їх використання на гармонічний, всебічний розвиток особистості.

Еволюція суспільства та держави потребує цілеспрямованої інформаційної політики, що має стати одним з першочергових завдань державної політики та істотно вплинути на реалізацію реформ в Україні.

На шляху приєднання України до світового інформаційного простору виникає низка проблемних питань щодо державної інформаційної політики України. Найважливішими серед них є відсутність належного адміністративно-правового впливу на процес

здійснення державної інформаційної політики, який у свою чергу складається з низки таких невирішених питань, як: відсутність єдиного підходу до визначення основних понять категоріального апарату державної інформаційної політики; відсутність належної системи принципів здійснення державної інформаційної політики; недосконалість інституціонального механізму здійснення державної інформаційної політики; недосконалість нормативно-правового регулювання суспільних відносин в інформаційній сфері; недосконалість юридичної відповідальності за правопорушення в інформаційній сфері та ін.

Згідно зі ст. 6 Закону України «Про інформацію», державна інформаційна політика – це сукупність основних напрямів і способів діяльності держави, спрямованих на одержання, використання, поширення та зберігання інформації. Головними напрямками державної інформаційної політики є наступні:

- забезпечення доступу громадян до інформації;
- створення національних систем і мереж інформації;
- зміцнення матеріально-технічних, фінансових, організаційних, правових і наукових основ інформаційної діяльності;
- забезпечення ефективного використання інформації;
- сприяння постійному оновленню, збагаченню та зберіганню національних інформаційних ресурсів;
- створення загальної системи охорони інформації;
- сприяння міжнародному співробітництву в галузі інформації й гарантування інформаційного суверенітету України;
- сприяння задоволенню інформаційних потреб закордонних українців [1].

Державна інформаційна політика має створювати умови для реалізації конституційного права громадян своєї держави вільно отримувати і використовувати інформацію для вирішення таких важливих завдань, як формування національного інформаційного простору, включення його до світового інформаційного простору на засадах забезпечення інформаційного суверенітету та інформаційної безпеки і формування демократично орієнтованої свідомості [9].

Головною метою державної інформаційної політики стосовно національних інформаційних ресурсів, є створення необхідних економічних і соціокультурних умов та правових і організаційних механізмів формування, розвитку і забезпечення ефективного використання національних інформаційних ресурсів в усіх сферах життя і діяльності громадянина, суспільства й держави. Функції державного управління інформаційними ресурсами можна сформулювати як:

- розробка й прийняття політичних рішень, законодавчих і



нормативно-правових актів щодо забезпечення системи управління національними інформаційними ресурсами та удосконалення механізмів реалізації правових норм чинного законодавства;

- визначення і здійснення повноважень державних органів, органів регіонального й місцевого самоврядування щодо оперативного управління (володіння, розпорядження, користування) державними інформаційними ресурсами;

- розробка і реалізація організаційних заходів і нормативно-методичного забезпечення відомчих і регіональних структур та недержавного сектора в сфері формування та використання інформаційних ресурсів за умови координації їх діяльності;

- розробка і реалізація фінансово-економічних засад регулювання процесів формування та використання інформаційних ресурсів;

- здійснення державної реєстрації інформаційних ресурсів, забезпечення повноти створення первинних і похідних інформаційних ресурсів на засадах використання інформації, що виникає (створюється) у процесі діяльності державних органів, органів регіонального та місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності;

- введення технологічно та методологічно єдиних засад формування інформаційних ресурсів за результатами діяльності державних органів, органів регіонального та місцевого самоврядування, державних підприємств і організацій для надання їх у вільний доступ громадянам і організаціям (крім інформаційних ресурсів, що мають відомості, віднесені до державної таємниці та до іншої інформації з обмеженим доступом);

- забезпечення ефективного використання інформаційних ресурсів для діяльності державних органів, органів регіонального і місцевого самоврядування та державних підприємств і організацій;

- оптимізація державної політики інформатизації щодо забезпечення науково-технічних, виробничо-технологічних і організаційно-економічних умов створення та застосування інформаційних технологій, інших елементів інформаційної інфраструктури для формування, розвитку і ефективного використання інформаційних ресурсів та сприяння доступу громадян до світових інформаційних ресурсів, глобальних інформаційних систем;

- забезпечення функціонування ефективно діючої комплексної системи захисту інформаційних ресурсів;

- забезпечення захисту громадян, суспільства і держави від хибної, спотвореної та недостовірної інформації;

- забезпечення розробки та застосування правових,

організаційних і економічних механізмів стосовно форм та засобів обігу інформаційних ресурсів України (ринку інформації, інформаційних технологій, засобів обробки інформації та інформаційних послуг);

- регулювання інформаційного співробітництва, спрямованого на забезпечення рівноправного і взаємовигідного використання національних інформаційних ресурсів у процесі міжнародного обміну, здійснення єдиної державної політики наукової підтримки системи державного управління формуванням, розвитком і використанням національних інформаційних ресурсів;

- кадрове забезпечення функціонування системи державного управління національними інформаційними ресурсами;

- інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття управлінських рішень у сфері управління інформаційними ресурсами;

- контроль за встановленим порядком і правилами формування, розвитку і використання інформаційних ресурсів;

- нагляд за додержанням законодавства в сфері формування, розвитку, використання інформаційних ресурсів та здійснення правосуддя у сфері суспільних інформаційних відносин [2].

*Організаційно-правова система державного управління інформаційними ресурсами в контексті викладеного має функціонально три основних рівні.*

*Перший – стратегічний рівень* – є рівнем прийняття політичних рішень, законодавчого та нормативно-правового забезпечення державної політики щодо управління інформаційними ресурсами України.

*Другий – є рівнем організаційного та нормативно-методичного забезпечення виконання законодавчих і нормативно-правових актів, координації і контролю за формуванням, поширенням та захистом інформаційних ресурсів.*

*Третій – виконавчий рівень*, на якому забезпечується безпосередньо виконання законодавчих і нормативно-правових актів та здійснюється відомчий та територіальний нагляд за встановленим порядком і правилами формування, поширення та використання інформаційних ресурсів [2].

Аналіз стану формування і використання інформаційних ресурсів України, що становлять на стратегічний ресурс сучасності, свідчить про наявність низки невирішених важливих проблем, пов'язаних з дефіцитом послідовності та системності впровадження заходів, спрямованих на удосконалення управління інформаційними ресурсами на стратегічному рівні. Зокрема, реальністю є те, що правотворчий процес здійснюється підчас шляхом вирішення

окремих проблем в окремих законах та підзаконних актах фрагментарно, без узгодження з чинним законодавством, без врахування специфіки національної ментальності, правової культури і правосвідомості населення. Тобто, стратегічно важливою залишається проблема координації правотворчого процесу щодо формування правових засад побудови, забезпечення функціонування і розвитку системи управління інформаційними ресурсами України, а також розвитку інформаційної інфраструктури країни.

На другому рівні державного управління центральними органами виконавчої влади здійснюється організаційне, нормативно-методичне забезпечення виконання законодавчих актів, політичних і політико-правових рішень Верховної Ради України, Президента України, Кабінету Міністрів України, координація і контроль за формуванням, використанням та захистом інформаційних ресурсів. Однак певні важливі функції державного управління на цьому рівні залишаються не визначеними, а саме:

- здійснення загальнодержавних заходів організаційного, нормативно-методичного забезпечення, координації та контролю; планування конкретних заходів і оперативне управління системою та її структурними елементами;

- організація державної реєстрації інформаційних ресурсів, що містять державну таємницю та іншу інформацію з обмеженим доступом;

- організація державної реєстрації інформаційних ресурсів, отриманих у процесі міжнародного співробітництва (відкритих інформаційних ресурсів і, окремо, інформаційних ресурсів з обмеженим доступом, але у єдиному технологічному контурі);

- ведення обліку державних інформаційних ресурсів як майна або немайнових активів, впровадження порядку їх закріплення в оперативне управління і господарче відання;

- фінансування заходів щодо формування державних інформаційних ресурсів, визначення порядку надання платних послуг на основі різних видів використання державних інформаційних ресурсів та формування інформаційного ринку;

- державна реєстрація та координація діяльності у сфері розробки і впровадження інформаційних технологій;

- розробка і впровадження організаційних заходів, нормативно-методичного забезпечення, координація і контроль у сфері охорони інформації з обмеженим доступом, що не становить державної таємниці;

- заходи організаційного, нормативно-методичного забезпечення, координація і контроль за реалізацією державної інформаційної політики у сфері захисту особи, суспільства і держави

від хибної, недостовірної, недоброякісної інформації, тобто забезпечення інформаційної безпеки у широкому розумінні цього поняття.

Аналіз другого і третього рівнів державного управління і захисту інформаційних ресурсів свідчить, що на державному рівні не визначено низку управлінських функцій, які відповідно і не виконуються. Зокрема, починаючи з рівня виконавчої влади, не утворена управлінська вертикаль щодо формування і використання інформаційних ресурсів, відсутні деякі організаційно-правові елементи системи управління і захисту інформаційних ресурсів. Так, на виконавчому рівні, на якому забезпечується безпосереднє виконання законодавчих і нормативно-правових актів, порядку та правил формування, поширення, використання та захисту інформаційних ресурсів, здійснюється відомчий та територіальний контроль не визначені функції:

- для органів державної влади, міністерств, інші центральних органів виконавчої влади, органів регіонального та місцевого самоврядування – функції організації і забезпечення функціонування служб, систем, баз і банків даних для задоволення потреб громадян, юридичних осіб, держави;

- для Ради Міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій – функції формування регіональних і місцевих реєстрів інформаційних ресурсів та забезпечення їхньої державної реєстрації;

- для підприємств, установ і організацій всіх форм власності – функції подання інформаційних ресурсів, які створені в процесі їх професійної діяльності, відповідно до встановленого порядку і правил до державної реєстрації.

Державну інформаційну політику розробляють і здійснюють органи державної влади загальної компетенції, а також відповідні органи спеціальної компетенції. Необхідно пам'ятати, що державна інформаційна політика повинна ґрунтуватися на принципах відкритості; рівності інтересів усіх учасників інформаційних відносин; системності; пріоритетності вітчизняного виробника; несуперечності соціальним інтересам громадян; соціальної орієнтації; пріоритету права перед силою [3].

*Варто зауважити, що при визначенні основних напрямів державної інформаційної політики слід ураховувати сучасні умови суспільного розвитку, а саме: формування інформаційного суспільства, яке уможливорює поширення процесів глобалізації, усуває комунікаційні бар'єри на різних рівнях – міждержавному, міжфірмовому і на рівні окремих громадян. З огляду на це, серед*

головних напрямів здійснення сучасної державної інформаційної політики Г.Г. Почепцов виокремлює такі:

забезпечення свободи слова; сприяння вільному доступу до суспільно значущої інформації; збереження суспільної моралі, захист честі й гідності особистості;

сприяння конкуренції у сфері засобів масової інформації; залучення інвестицій у розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та їх пільгове оподаткування;

сприяння відкритості та прозорості органів державної влади й місцевого самоврядування; захист самобутності української культури й мови;

переведення культурної спадщини держави в цифровий формат; захист інтересів найбільш уразливих категорій громадян в інформаційній сфері;

боротьба з неналежним використанням сучасних інформаційних технологій; гарантування інформаційної безпеки; захист персональних даних;

охорона недоторканності приватного життя; формування позитивного іміджу України та її державних органів у світі [8].

За роки незалежності в Україні зроблені суттєві кроки на шляху до розвитку інформаційної сфери як особливої системи суспільних відносин, які виникають у всіх галузях життя й діяльності суспільства та держави в результаті одержання, використання, поширення й зберігання інформації. Насамперед хотілося б наголосити на законодавчому закріпленні права особи на інформацію та на вільне її поширення в середині країни і за її межі, а також на трансформації моделі взаємовідносин між органами державної влади та засобами масової інформації, на створенні національних систем і мереж інформації тощо.

Сьогодні в державі відбувається стабільний розвиток і структуризація сегментів вітчизняного інформаційного ринку як системи економічних, організаційних і правових відносин щодо створення, продажу й купівлі інформаційних ресурсів, технологій, продукції та послуг [4].

Згідно з Концепцією державної інформаційної політики України, сучасна державна інформаційна політика реалізується різними шляхами:

1) розроблення та прийняття Закону України про доступ до інформації з метою визначення механізму реалізації права кожного на доступ до інформації, якою володіють суб'єкти владних повноважень;

2) встановлення відповідальності за порушення законодавства про інформацію, внесення змін до законодавства щодо:

- запобігання процесам монополізації вітчизняного ринку телерадіомовлення;

- забезпечення прозорості відносин власності стосовно засобів масової інформації з метою унеможливлення маніпулювання громадською свідомістю;

- удосконалення процедури реєстрації та перереєстрації друкованих засобів масової інформації;

- встановлення відповідальності за порушення законодавства у сфері захисту суспільної моралі;

4) сприяння розвитку сфери друкованих ЗМІ; встановлення порядку надання дозволу на розповсюдження зарубіжних друкованих ЗМІ;

5) забезпечення розвитку сфери телебачення і радіомовлення шляхом:

- збільшення покриття території України телерадіомовленням вітчизняних аудіовізуальних засобів масової інформації;

- внесення змін до Закону України «Про телебачення і радіомовлення»;

- упровадження цифрового мовлення у терміни, визначені міжнародними угодами, та забезпечення вільного доступу до нього всіх верств населення;

- здійснення заходів щодо створення та належного функціонування системи суспільного телебачення й радіомовлення з урахуванням необхідності захисту суспільних інтересів, культурних цінностей і плюралізму ЗМІ під час впровадження цифрового мовлення;

- розвитку супутникового мовлення;

- розвитку кабельного телерадіомовлення;

- модернізації мереж поширення програм національного радіомовлення;

- використання широкосмугових телекомунікаційних мереж з високою пропускнуою здатністю для забезпечення Інтернет-мовлення;

6) забезпечення розвитку Українського національного інформаційного агентства «Укрінформ» з метою підвищення ефективності його діяльності до рівня провідних європейських інформаційних агентств;

7) розширення міжнародного співробітництва в інформаційній сфері, зокрема сприяння обміну інформаційними продуктами між українськими та зарубіжними ЗМІ, а саме:

- сприяння співробітництву між вітчизняними ЗМІ та засобами масової інформації українських громад за кордоном;

- розширення мережі кореспондентських пунктів вітчизняних ЗМІ за кордоном і створення належних умов для їхньої діяльності;
- сприяння розміщенню та діяльності в Україні кореспондентських пунктів провідних зарубіжних засобів масової інформації;
- поширення за кордоном вітчизняної друкованої продукції іноземними мовами;
- забезпечення трансляції програм телерадіомовлення України на територію інших країн;
- створення й функціонування української редакції міжнародного телевізійного каналу «Євроньюс»;

8) покладання на Державний комітет телебачення і радіомовлення завдань щодо формування державного замовлення на виготовлення й розповсюдження соціальної реклами; удосконалення системи підготовки спеціалістів в галузі інформаційної діяльності; впровадження новітніх науково-дослідних програм розвитку інформаційної сфери [10].

Дійсно, на сьогодні в Україні сформульовано й законодавчо закріплено основні принципи, завдання та стратегічні напрями державної інформаційної політики, сформовано державні інститути відповідної компетенції, ухвалено цілу низку концепцій, програм і планів дій. Але разом з тим інформаційна політика держави в сучасній Україні характеризується різноспрямованістю, слабкою координованістю діяльності різних відомств, непослідовністю та непрозорістю в реалізації запланованих заходів. Зважаючи на ці обставини, Україну поки що не можна віднести до інформаційно незалежних держав.

У державній інформаційній політиці України невирішеними залишається багато питань. Зокрема, неузгодженість окремих норм законодавства, що регулює інформаційну сферу (недієва система державного регулювання медіа-простору, відсутність єдиного бачення напрямів його подальшого розвитку, нерозвиненість національної системи поширення інформації в глобальному масштабі); недостатня інформаційна присутність України в глобальному медіа-просторі, підвищена інформаційна залежність від іноземних держав і медіа-структур; незадовільний стан мережі дротового радіомовлення; застаріле технологічне обладнання українських телерадіокомпаній; недостатній рівень розвитку новітніх засобів комунікації; монополізм кабельного мовлення; надзвичайно повільний перехід на цифровий формат мовлення; ринкова стихійність телекомунікаційних мереж і комп'ютеризації, низька керованість ними з боку держави; нерегульованість підготовки та працевлаштування в межах держави ІТ-спеціалістів;

недостатня кількість державних програм, що стосуються формування інформаційного суспільства.

Перелічені вище проблеми в інформаційній сфері свідчать про необхідність удосконалення державної інформаційної політики, зокрема щодо визначення механізму державного регулювання відносин у сфері забезпечення реалізації права кожного на доступ до інформації; зміцнення матеріально-технічних, фінансових, організаційних, правових і наукових основ інформаційної діяльності; сприяння постійному оновленню, збагаченню та зберіганню національних інформаційних ресурсів; створення потужної й конкурентоспроможної національної системи інформаційного виробництва, здатної об'єднати суспільство на ґрунті спільних цінностей, завдань, ідей і сприяти всебічному розвитку особистості; подальша технологічна модернізація з орієнтацією на розширення присутності в міжнародному розподілі праці у сфері інформаційно-комунікаційних технологій; сприяння міжнародному співробітництву в галузі інформації й гарантування інформаційного суверенітету України [6].

З метою вдосконалення державної інформаційної політики в Україні Указом Президента передбачається розробити проект Стратегії впровадження національної інформаційної політики, в якому основна увага повинна приділятися впровадженню дієвих механізмів реалізації інформаційних прав і свобод громадян, суспільства, держави; подальшому вдосконаленню законодавства в інформаційній сфері; розвитку на основі сучасних ІТ національної інформаційної інфраструктури; визначенню порядку функціонування та механізмів державного контролю за супутниковими, кабельними й комп'ютерними системами передачі інформації; формуванню єдиної державної системи зв'язків із громадськістю; подальшій лібералізації українського ринку телекомунікацій; розвитку науково-технічного й кадрового забезпечення інформаційної галузі; забезпеченню інформаційного суверенітету України та вдосконаленню системи захисту національних інформаційних ресурсів тощо [5].

Отже, державна інформаційна політика повинна закласти основи для вирішення фундаментальних завдань розвитку суспільства, головними з яких є формування єдиного інформаційного простору України та її входження у світовий інформаційний простір, гарантування інформаційної безпеки особистості, суспільства й держави. Крім того, велика увага повинна приділятися формуванню демократично орієнтованої масової свідомості, становленню галузі інформаційних послуг,



законодавчому регулюванню суспільних відносин, у тому числі пов'язаних з одержанням, поширенням і використанням інформації.

Державна інформаційна політика повинна стимулювати зростання виробництва засобів інформатизації, телекомунікації, інформаційних продуктів і послуг і водночас платоспроможний попит на них. Безперечно, в Україні практична реалізація державної інформаційної політики в сучасних умовах вимагає широкої психологічної кампанії з підтримки її основних положень громадськістю, роз'яснень її соціальної спрямованості та доведення її обґрунтованості.

#### Список джерел

1. Закон України «Про інформацію» // Відомості Верховної Ради України. – К, 1992. – № 48. – Ст. 650.
2. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» від 09.01.2008 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2007. – № 12. – Ст. 102.
3. Арістова І.В. Державна інформаційна політика: організаційно-правові аспекти / За заг. ред. д-ра юрид. наук, проф. О.М. Бандурки: Монографія. – Харків: Вид-во Ун-ту внутр. справ, 2000. – 368 с.
4. Заніздра Н. О. Державна інформаційна політика України на сучасному етапі та шляхи її вдосконалення // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4. – 2012 – С. 193-196.
5. Мастяниця Й.У. та ін. Інформаційні ресурси України: проблеми державного управління / Й.У.Мастяниця, О.В.Соснін, Л.С.Шиманський; Адміністрація Президента України; Національний ін-т стратегічних досліджень; Центр інформаційних ресурсів і технологій. – К.: НІСД, 2005. – 140 с.
6. Мосенко Ю.О. Особливості здійснення державного контролю в інформаційній сфері України / Ю.О. Мосенко // Юриспруденція: теорія і практика. – 2010. – № 10 (72). – С. 14-20.
7. Мосенко Ю. Щодо питання основних засад державної інформаційної політики України / Ю. Мосенко // Підприємництво, господарство і право. – 2009. – № 10. – С. 212-215.
8. Почепцов Г.Г. Інформаційна політика: навчальний посібник / Г.Г. Почепцов, С.А. Чукут. – К.: Знання, 2006. – 663 с.
9. Проценко Т., Шамрай В. Основні напрями інформатизації державного управління в процесі становлення громадянського суспільства // Вісник УАДУ. – 2002. – № 1. – С. 339-344.
10. Концепція державної інформаційної політики України: Законопроект № 7251 від 11.01.2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itk.ua/ua/press/item/id/679>

### **2.3. Роль державної інформаційної політики України для успішного розвитку підприємств сфери телекомунікацій та зв'язку**

Локальні прояви та гіпотетичні перспективи розвитку симптоматично інформують про зародження нового господарського механізму, докорінно відмінного від попередніх, складного за структурою регулювання, розвитку та використання соціально-економічних ефектів [9, с. 46]. Йдеться про ототожнення сучасної стадії процесу еволюції суспільних формацій із інформаційним суспільством та зародженням економіки знань.

Втім, на сучасному етапі вітчизняна інформаційна політика здійснюється в умовах, коли концепція інформаційного суверенітету перебуває на стадії формування. Водночас інформаційна галузь належить до стратегічних інтересів будь-якої країни й потребує особливої уваги, що й актуалізує необхідність поглибленої наукової розвідки окремих аспектів державної інформаційної політики.

Інформація виступає основним об'єктом інформаційного суспільства, і її роль сьогодні важко переоцінити. Відображаючи реальну дійсність, вона інтегрується у всі напрямки діяльності держави, суспільства, громадянина [2, с. 31].

З появою нових інформаційних технологій, що базуються на впровадженні засобів обчислювальної техніки, зв'язку, систем телекомунікації, інформація стає постійним і необхідним атрибутом забезпечення діяльності держави, юридичних осіб, громадських організації та громадян. Від її якості та достовірності, оперативності одержання залежать численні управлінські рішення, що приймаються на мега-, мекро-, мезо-, мікро- та субмікроекономічному рівнях.

На розвиток і захист свого інформаційного середовища та створення позитивного іміджу своїх країн у світі розвинені держави виділяють чималі кошти. У нас же ця галузь значною мірою перебуває на периферії суспільного розвитку. Нині, як ніколи, потрібно не тільки досліджувати й вивчати інформаційну галузь України, а й вживати конкретних заходів щодо відновлення та розбудови інформаційного середовища та приведення національного законодавства у відповідність зі світовими нормами.

Різні аспекти інформаційної політики, зокрема розвиток інформаційного суспільства, роль і місце людини в процесах глобалізації та інформаційних взаємодіях, специфіка розвитку інформаційного простору в окремих високорозвинених країнах, і країнах, що розвиваються, проаналізовані в українській і російській літературі, зокрема у працях І. Ю. Алексєєвої, І. В. Арістової, Т. А.

Берези, Л. В. Березовець, О. Л. Варганової, М. С. Демкової, С. Т. Кара-Мурзи, А. В. Колодюка, І. Б. Колиушко, В. І. Лисицького, Л. Г. Мельника, І. С. Мелюхіна, А. І. Ракитова, Г. Л. Смоляна, Д. С. Черешкіна, А. А. Чернова та ін.

*Під державною інформаційною політикою зазвичай розуміють* сукупність основних напрямів і способів діяльності держави з отримання, використання, поширення та зберігання інформації. Її мета полягає у забезпеченні умов для реалізації конституційного права громадян своєї держави вільно отримувати і використовувати інформацію для вирішення таких важливих завдань, як формування національного інформаційного простору, включення його до світового інформаційного простору на засадах забезпечення інформаційного суверенітету та інформаційної безпеки і формування демократично орієнтованої свідомості.

Державна інформаційна діяльність спрямована на створення необхідних економічних і соціокультурних умов та правових і організаційних механізмів формування, розвитку і забезпечення ефективного використання національних інформаційних ресурсів в усіх сферах життя і діяльності громадянина, суспільства й держави [1].

Окреслимо *визначальні функції державного управління інформаційними ресурсами:*

- розробка й прийняття політичних рішень, законодавчих і нормативно-правових актів щодо забезпечення системи управління національними інформаційними ресурсами та удосконалення механізмів реалізації правових норм чинного законодавства;

- визначення і здійснення повноважень державних органів, органів регіонального й місцевого самоврядування щодо оперативного управління (володіння, розпорядження, користування) державними інформаційними ресурсами;

- розробка і реалізація організаційних заходів і нормативно-методичного забезпечення відомчих і регіональних структур та недержавного сектора в сфері формування та використання інформаційних ресурсів за умови координації діяльності згаданих структур;

- розробка і реалізація фінансово-економічних засад регулювання процесів формування та використання інформаційних ресурсів;

- здійснення державної реєстрації інформаційних ресурсів, забезпечення повноти створення первинних і похідних інформаційних ресурсів на засадах використання інформації, що виникає (створюється) у процесі діяльності державних органів,

органів регіонального та місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності;

- введення технологічно та методологічно єдиних засад формування інформаційних ресурсів за результатами діяльності державних органів, органів регіонального та місцевого самоврядування, державних підприємств і організацій для надання їх у вільний доступ громадянам і організаціям (крім інформаційних ресурсів, що мають відомості, віднесені до державної таємниці та до іншої інформації з обмеженим доступом);

- забезпечення ефективного використання інформаційних ресурсів для діяльності державних органів, органів регіонального і місцевого самоврядування та державних підприємств, установ і організацій;

- оптимізація державної політики інформатизації щодо забезпечення науково-технічних, виробничо-технологічних і організаційно-економічних умов створення та застосування інформаційних технологій, інших елементів інформаційної інфраструктури для формування, розвитку і ефективного використання інформаційних ресурсів та сприяння доступу громадян до світових інформаційних ресурсів, глобальних інформаційних систем;

- забезпечення функціонування ефективно діючої комплексної системи захисту інформаційних ресурсів;

- забезпечення захисту громадян, суспільства і держави від хибної, спотвореної та недостовірної інформації;

- забезпечення розробки та застосування правових, організаційних і економічних механізмів стосовно форм та засобів обігу інформаційних ресурсів України (ринку інформації, інформаційних технологій, засобів обробки інформації та інформаційних послуг);

- регулювання інформаційного співробітництва, спрямованого на забезпечення рівноправного і взаємовигідного використання національних інформаційних ресурсів у процесі міжнародного обміну, здійснення єдиної державної політики наукової підтримки системи державного управління формуванням, розвитком і використанням національних інформаційних ресурсів;

- кадрове забезпечення функціонування системи державного управління національними інформаційними ресурсами;

- інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття управлінських рішень у сфері управління інформаційними ресурсами;

- контроль за встановленим порядком і правилами формування, розвитку і використання інформаційних ресурсів;

- нагляд за додержанням законодавства в сфері формування, розвитку, використання інформаційних ресурсів та здійснення правосуддя у сфері суспільних інформаційних відносин.

Проблеми формування інформаційного суспільства в Україні, по суті, мають багато спільного з аналогічними процесами в інших країнах, що пояснюється швидким поширенням новітніх інформаційних телекомунікаційних технологій, глобалізацією світових інформаційно-технологічних ринків [1, с. 128].

Розходження ж пов'язано з географічним становищем країни, недостатньо розвинутою інформаційною інфраструктурою, загальним перехідним станом економіки. Водночас можна констатувати, що за останні роки досягнутий суттєвий прогрес у розвитку телекомунікацій, інформатизації державних і комерційних організацій, інформаційного законодавства. Цей прогрес дозволяє говорити про своєчасність переходу від політики, що спрямована на розвиток окремих галузей інформаційної індустрії — зв'язку, комп'ютерного, інформаційного, аудіовізуального ринків, до формування загальної стратегії входження до інформаційного суспільства, в якій на перший план виходять соціальні потреби, особистість.

Україна інтегрується в глобальне інформаційне суспільство. Глобалізаційні трансформації висувують перед світовою спільнотою і, зокрема, нашою країною, велику кількість проблем технологічного, соціально-економічного і політико-правового характеру. Входження України до європейського і глобального інформаційного суспільства вимагає ознайомлення з існуючими теоріями і практикою формування інформаційного суспільства.

*Глобальна інформаційна інфраструктура (ГІІ)* – якісно нове інформаційне утворення, формування якого започаткувала в 1995 році група розвинених держав світового співтовариства, являє собою комплексне рішення з розвитку індустрії телекомунікаційних та інформаційних послуг нового покоління у світовому масштабі.

Згідно з прийнятою концепцією ГІІ складається з матеріальних і нематеріальних компонентів. До перших належать комп'ютери, телефони, комутатори, волоконно-оптичні кабелі, супутники, тобто все, що допомагає повідомленням і файлам перетинати національні кордони. Нематеріальні компоненти можуть бути двох видів:

- це послуги, програмне забезпечення та інформація, які роблять використання мережі доцільним і технічно можливим;
- це люди, які керують глобальною інформаційною інфраструктурою та користуються нею.

Головною метою ГІІ є розширення можливостей людини: "це концепція, що змінює наші уявлення про людський потенціал". ГІІ

може об'єднати всіх користувачів світу, вона зменшить традиційні перешкоди на шляху до інформації. Кожна людина світу може віртуально побувати в бібліотеці, відвідати заняття в університеті, звернутися до урядової установи чи скористатися приватною базою даних незалежно від національності, рівня достатку та соціального статусу, оскільки ГІ не вимагає від користувачів фізичної присутності поблизу джерела інформації, великих грошових коштів чи глибокої технічної обізнаності. Хоча певний рівень інформаційної культури та інформаційної грамотності, про які вже йшлося є обов'язковими.

Сприяння розвитку конкуренції, оскільки вона веде до позитивних результатів: постійно впроваджуються нові інформаційні технології, користувачі мають більший вибір послуг і за нижчими цінами, постачальники послуг уважніше ставляться до потреб клієнтів тощо. Створення умов для доступу до обладнання, мереж і мережевих послуг усім постачальникам і користувачам на недискримінаційній основі і за низьку ціну. Таким чином, держава підтримує конкуренцію, в результаті істотно збільшуються масштаби інформаційних послуг, доступних споживачам, і досягаються цілі формування глобального інформаційного ринку. Всі держави мусять мати можливість приєднатися до ГІ.

Доцільно здійснювати це у співпраці з приватним сектором. При цьому процес установалення єдиних стандартів доступу до мереж має бути відкритим і відбуватися за участю великих груп зацікавлених виробників. Забезпечення загальнодоступності послуг – принцип, що впливає з чотирьох попередніх і вважається найважливішим. Поєднання вільного доступу, гнучкого регулювання, конкуренції та приватних інвестицій неодмінно забезпечать вільний доступ до світової інформації кожного мешканця нашої планети.

Глобальна інформаційна інфраструктура, що перетинає національні кордони і збільшує економічну та соціальну взаємозалежність, вимагає співпраці на багатосторонніх форумах, на яких мають вироблятися узгоджені правила гри.

Розглянемо дію цих принципів на прикладі телекомунікаційної сфери. Специфіка інформаційних і телекомунікаційних технологій полягає в тому, що їх впровадження й експлуатація є дохідним, хоча і ризикованим бізнесом. Держава не може, та й не повинна ставити завдання вкладення власних інвестицій в інформаційний сектор. Її головна роль, як показує світова практика, - створити необхідні умови для розвитку в цій сфері приватних ініціатив, у тому числі з притягненням іноземних і міжнаціональних компаній [5].

Ринок послуг зв'язку України розширюється і кожного року обсяги збільшуються. Незважаючи на обмеженість коштів, продовжується розвиток телекомунікацій та мереж поштового зв'язку; впровадження новітніх технологій та освоєння нових сегментів ринку послуг зв'язку. Вводяться в експлуатацію нові телефонні мережі, збудовані з використанням вітчизняного та іноземного обладнання; прискорюється введення оптоволоконних ліній зв'язку. Розвиток телекомунікацій забезпечив замовлення вітчизняним підприємствам. Для реалізації проектів модернізації і розвитку мереж телефонного зв'язку, побудови транспортних мереж операторами зв'язку використовуються іноземні кредити, позики спільних підприємств по виробництву обладнання зв'язку.

Домінуючу нішу на ринку фіксованого зв'язку займає державна компанія «Укртелеком». Однак, за величиною прибутку «Укртелеком» поступається мобільному оператору УМС. 51% статутного фонду належить компанії ВАТ «Укртелекому», решта європейські співзасновники: TDC Tele Denmark (Данія), Royal KPN (Голландія), Deutsche Telekom (ФРН) (починаючи з 1992 року). В жовтні 2002 року російська компанія «Мобільні ТелеСистеми» (МТС) придбала частку європейських операторів, а також невеликий пакет в Укртелекому і, таким чином, довела свій пакет акцій до контрольного.

Перепродаж акцій з вітчизняного ринку європейські компанії пояснюють низькою рентабельністю вкладень у стільниковий зв'язок України. Разом з тим, компанія Deutsche Telekom володіє 65% акцій компанії МТС. Компанія «Голден Телеком Україна» перейшла у власність свого найбільшого засновника – російського холдингу Golden Telecom Ins., який раніше володів 69% акцій цієї компанії. Golden Telecom Ins. є одним з надпотужних операторів російського телекомунікаційного ринку. Найбільший акціонер Golden Telecom Ins. - компанія «Альфа-Груп» (48%). Цій же компанії належить 25%+1 акція компанії «Вимпелком-Р», що існує на російському ринку стільникового зв'язку під торгівельною маркою BeeLine. Ще одним стратегічним інвестором «Вимпелкому» є норвезький оператор Telenor. Він, також, присутній на українському ринку мобільного через оператора мобільного зв'язку ЗАТ «Київстар» (48%) [10].

Прямі інвестиції країн – основних інвесторів України за видом економічної діяльності «Діяльність пошти і зв'язку» протягом останніх років характеризуються стабільністю. Зокрема, станом на початок 2013 року: Нідерланди (71%), Російська Федерація (11,8%) та Кіпр (5,4%) (рис. 1.).

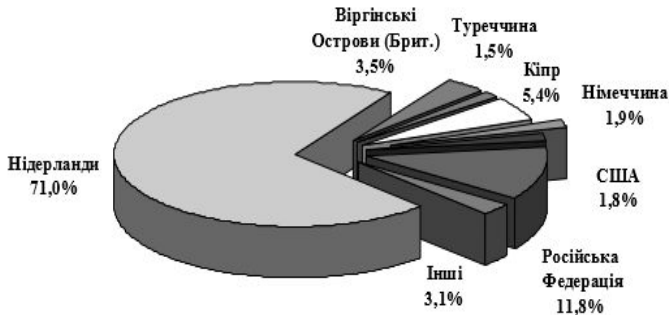


Рис. 1. Іноземні інвестиції на розвиток діяльності пошти та зв'язку станом на початок 2013 р.\*

*\*побудовано автором за: [11]*

Це тісно пов'язано з історією та діяльністю компаній «Утел» та «МТС», у які вкладено капітал Нідерландів та Росії. Стосовно Кіпру – це офшорна зона, де зосереджена значна частка капіталу українських олігархів.

Технічна інфраструктура, яка щороку розвивається на нових територіях, дозволяє користуватися мобільним зв'язком у всіх великих і середніх містах України та практично на всіх важливих автодорогах. Реформування та модернізація вітчизняної галузі телекомунікацій відбувається лише через залучення державних та іноземних інвестицій. Внутрішніх інвестицій приватного сектора є недостатньо, оскільки необхідні великі кошти для розбудови мереж і не можливе швидке повернення цих коштів. Така ситуація сприяє створенню монополії або олігополії в галузі телекомунікацій. На ринку існує також сукупність дрібних та середніх підприємств, які пробують створювати конкурентне ринкове середовище, але наразі їх частка на ринку не змінилася. Найбільшу частку ринку телекомунікацій займають послуги міжміського, міжнародного телефонного зв'язку.

Додаткове залучення інших інвесторів на наш ринок сприятиме розвитку конкурентного середовища, покращенню якості послуг та зменшенню цін. Незважаючи на державне інвестування, коштів замало для розбудови мережі по всій країні. Це пояснюється надзвичайно капітало- та науковомісткістю галузі. Для більшого залучення інвестицій необхідно: відповідне законодавче забезпечення та державне стимулювання як іноземних надходжень, так і власних. Політика регулювання в галузі зв'язку повинна забезпечити рівні умови конкуренції та проведення єдиної технічної



політики розвитку систем та мереж зв'язку, а також їх сумісності. Іноземні інвестиції в галузь телекомунікацій України є просто необхідними і дуже важливими.

Новітні технології, які вже давно застосовуються в розвинених країнах, можна впровадити також і в нашій країні. Звичайно, що це потребує значних вкладень і внутрішніх інвестицій, але навіть державних не достатньо для модернізації і розбудови галузі. Початкові капіталовкладення в телекомунікаційне обладнання є досить вагомими. Активна участь України в світовій організації торгівлі, приведення до міжнародних норм вимоги галузі, також сприятиме зростанню іноземних інвестицій. Високі ціни на послуги зв'язку та недостатня якість послуг інформаційного забезпечення стримувала зростання кількості споживачів. Спостерігається тенденція до збільшення використання послуг за угодами з операторами на рік чи півтора, переходу абонентів з лімітованих передоплачувальних послуг до більших пакетів послуг в кредит. Прийняття закону про зміну цін на дзвінки та покращення якості обслуговування абонентів спричинила зростання кількості споживачів зв'язку.

Слід відмітити необхідність величезних коштів для рівномірного забезпечення комунікативним обладнанням нашої країни. Тільки великі компанії мають змогу бути представлені по всій країні. Яскравим прикладом є галузь стільникового зв'язку: в західному регіоні успішно працюють лише два оператори, тоді коли на сході країни п'ять. Залучення капіталу в західний регіон країни, розвиток власних компаній та іноземних представництв сприятиме зростанню зайнятості населення регіону та покращення добробуту. Підтримка та стимулюючі програми органів місцевої влади сприятимуть інформатизації населення.

Отже, для успішного розвитку підприємств у сфері інформаційних технологій та телекомунікацій України необхідні іноземні інвестиції. Сприятливими показниками для залучення є прийняття урядом низки законів, що регулюють галузь і значна рентабельність всіх напрямків галузі.

#### Список джерел

1. Арістова І. В. Державна інформаційна політика: організаційно-правові аспекти: Монографія / І. Арістова. – Харків: Вид-во Ун-ту внутр. Справ, 2000. – 368 с.
2. Березовець Л. В. Інституційне забезпечення / Л. В. Березовець // Інформаційне суспільство. Шлях України // Бібліотека інформаційного суспільства. – К.: Відродження та ПРООН, 2004. – С. 78-87.
3. Демкова М. С. Інформація як основа інформаційного суспільства: визначення поняття та правове регулювання / М. Демкова, М. Фігель //

Інформаційне Суспільство. Шлях України. – К. : Фонд «Інформаційне суспільство України», 2004. – 422 с.

4. Закон України «Про інформацію» від 02.10.92, №2657 – XII.- К., 1992.

5. Колиушко І. Б. Демкова М. С. Електронне урядування – шлях до ефективності та прозорості державного управління / І. Б. Колиушко, М. С. Демкова // Інформаційне суспільство. Шлях України // Бібліотека інформаційного суспільства. – К.: «Відродження» та ПРООН, 2004. – С. 135-142.

6. Колодюк А. В. Інформаційне суспільство: сучасний стан та перспективи розвитку в Україні: Автореф. ... канд. політ. наук: 23.00.03 / А. В. Колодюк // Нац. Академія наук України, Інститут Держави і Права імені В. М. Корещього. – К., 2005. – 20 с.

7. Колодюк А. В. Національні стратегії інформаційного суспільства: необхідність, переваги та світова практика запровадження / А. В. Колодюк // Інформаційне суспільство. Шлях України // Бібліотека інформаційного суспільства. – К.: «Відродження» та ПРООН, 2004. – С. 24-31.

8. Лисицький В. І. Електронний уряд України – з чого починати / В. І. Лисицький // Інформаційне суспільство. Шлях України // Бібліотека інформаційного суспільства. – К.: «Відродження» та ПРООН, 2004. – С. 68-77.

9. Ніколайчук М. В. Управління людським капіталом за умов розвитку економіки знань: монографія] / М. В. Ніколайчук – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 201 с.

10. Правик Ю. Телекомунікаційна галузь України: тенденції розвитку та особливості приватизаційного процесу ВАТ «УКРТЕЛЕКОМ» / Ю. Правик // Маркетингова товарна політики – 2002. – № 2 (12). – С. 34-41.

11. Статистичний щорічник України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>

12. Устименко О. В. Інформаційна безпека як складова національної безпеки / О. В. Устименко // Дні інформаційного суспільства – 2013. Матеріали щорічної науково-практичної конференції за міжнародною участю, Київ, 20-21 травня 2013 р. / Упоряд.: М. М. Малюга; За заг. ред. д. держ. впр., проф. Н. В. Гришак. – К.: СІТІ КИЇВ ПРІНТ, 2013. – С. 76-77.

13. Устранение преград: Международное исследование вопросов безопасности в сфере высоких технологий, телекоммуникаций, развлечений и СМИ за 2013 год. – Режим доступа: <http://www.deloitte.com> – Загл. с экрана

## 2.4. Державна інформаційна політика в системі інтернаціоналізації освіти

Вирішення загальнодержавних проблем щодо інформаційної політики в системі інтернаціоналізації освіти та формування національного інформаційного простору і створення національного інформаційного суспільства в Україні тісно пов'язано з процесами переходу світової економіки від виробництва товарів і послуг до економіки знань, інтелекту та інформації. На сучасному етапі трансформаційних перетворень особливе місце посідає науково-освітня діяльність, яка в постіндустріальній парадигмі глобального економічного розвитку відіграє визначальну роль у генеруванні таких ресурсів як знання, інновації та інформація, насамперед, на базі функціонування університетів.

Інтернаціоналізація, як фундаментальна закономірність розвитку держави, в епоху глобалізації надзвичайно розширює межі свого прояву, охоплюючи також позаекономічні сфери людської життєдіяльності та інститути, що їх регулюють.

Сучасний стан державного управління у створенні інформаційного простору для забезпечення науково-технологічного та інноваційного розвитку в Україні свідчить про недосконалість взаємодії інформаційних організацій державного і *недержавного секторів як при формуванні інформаційних ресурсів, так і забезпеченні доступу до них. Особливо це відчувається у освітній сфері.*

Одним із методів об'єднання зусиль різних організацій інформаційної сфери для досягнення високого рівня євроінтеграції є створення єдиного інформаційного простору та кооперація в окремих видах освітньої діяльності.

Починаючи з 1950-х років, з розгортанням науково-технічної революції та інтеграцією освіти, науки і виробництва, університети поступово стають самостійними суб'єктами підприємницької діяльності, специфіка якої полягає у виробництві інноваційних продуктів, розробці технологій та нових матеріалів, обґрунтуванні проєктів, проведенні комерційно-консалтингової та контрактної діяльності з підготовки кваліфікованих фахівців для сфери бізнесу. *Саме підприємницька діяльність університетів стала каталізатором поглиблення не тільки їх міжнародного міжкаcadемічного, але й фінансово-економічного співробітництва, яке в останні десятиліття набуло диверсифікованих організаційних форм і глобального масштабу.* [ 1, 8 ]

Державна інформаційна політика в системі інтернаціоналізації освітньої сфери відображає розгортання тенденцій міжнародної взаємодії й взаємопроникнення інституційних та економічних

інтересів, зв'язків і відносин, що набувають все більш інтенсивного характеру і привели до формування єдиного світового інформаційного простору.

На основі освітньої діяльності між країнами світу інтенсивно розвиваються соціальні, гуманітарні, культурні та інші форми відносин, що забезпечує процес інтернаціоналізації. Освіта і наука все більше проникають і зближуються з виробництвом, в цій сфері також починають активно розвиватися міжнародні відносини. Історичні, політичні, демографічні та соціальні причини зумовлюють динамічний розвиток міжнародного співробітництва в освітньо - науковій сфері, що дає підстави для виокремлення та ідентифікації самостійного процесу – інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності.

Процес інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності відбувається постійно, але починаючи з кінця XIX ст. здійснюється поступове прискорення всіх інтернаціоналізаційних процесів, а з другої половини XX століття - вони виходять на рівень інтеграції та глобалізації. Сутність та особливості державної інформаційної політики для забезпечення процесу інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності, полягають не лише у розширенні і поглибленні міжнародного співробітництва суб'єктів науково-освітньої діяльності на горизонтальному рівні, але й характеризуються вертикальною диверсифікацією їх діяльності.

Інформаційне суспільство як принципово нова стадія розвитку світової спільноти дає нові можливості використання інформаційно-комунікаційних технологій на різних рівнях управління: місцевому, регіональному та державному. Тобто, сучасний рівень інформаційної, програмно-технологічної та апаратної платформ дозволяє забезпечити функціонування відкритих корпоративних освітніх мереж інформації без створення корпорації як суб'єкта господарювання. Але для цього потрібні уніфіковані методи виробництва інформаційної продукції у сфері освіти та механізми управління такою мережею. Іншими словами, необхідно створити умови для застосування корпоративних засад у формуванні освітньо – інформаційного простору з метою забезпечення інтеграційних процесів на системній основі.

Генезис та еволюція інформаційного процесу інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності університетів обумовлені комплексом передумов історичного, соціально-економічного та політичного характеру, які виражають його особливості на різних стадіях суспільного розвитку.

Дослідження ролі інформаційного забезпечення в різних системах в економічному розвитку країни, методів її оброблення і передачі знайшли відображення в працях вітчизняних та зарубіжних науковців. Серед українських вчених, що внесли вагомий внесок у

формування розвитку інформаційної сфери, інформаційне забезпечення науково-технологічного та інноваційного розвитку слід назвати праці В. Глушкова, В. Івашова, Г. Калитича, Б. Кияка, Б.Малицького, Л.Мельника, В. Пархоменка, О. Поповича, В. Соловійова, О. Чубукової та ін.

Серед зарубіжних авторів слід назвати праці Ю. Арського, О. Бурого-Шмар'яна, Г. Воробйова, Н. Вінера, В.Іноземцева, Р. Гиляревського, М. Мак-Люєна, П. Отле, А. Чорного, Ю. Шрейдера, Н.К. Хейлз та ін.

Проте дотепер відсутня єдина позиція вчених відносно значення інтелектуалізації праці інформаційних працівників у створенні сучасного інформаційного простору ресурсів науково-технічної інформації та розробленні сучасних методів взаємодії інформаційних організацій на макро- і мікрорівнях.

Досягнення у сфері державного управління запровадження корпоративних методів для формування інформаційних ресурсів в системі освіти, для забезпечення доступу до них не підтримується розробленням методичних, економічних і організаційних механізмів уніфікації міжнародної діяльності освітньої сфери, що не сприяє системності та послідовності.

Один із відомих вітчизняних дослідників сучасних освітніх проблем – А.Сбруєва відзначає, що інтернаціоналізація вищої освіти є багатовимірним і багатоаспектним процесом, котрий передбачає як зміни у навчальних планах і програмах закладів вищої освіти, так і мобільність студентів, викладачів, адміністрації, навчальних програм та інституцій, що здійснюють освіту, спеціально розроблені стратегії пристосування закладів освіти до нових умов глобалізації, розвитку економіки знань та ін. [1, с. 14].

Проблеми, що пов'язані з розробленням корпоративних засад розвитку інформаційного забезпечення освітньої сфери міжнародного рівня, вимагають поглибленого теоретичного дослідження сутності державної інформаційної політики, аналізу законодавчої бази, визначення передумов та розроблення комплексу методичних принципів інтернаціоналізації освіти, організаційних і економічних механізмів корпоративних засад формування єдиного інформаційного простору.

Аналіз науково-методичної та економічної літератури свідчить, що у згаданій сфері плідно працюють українські та зарубіжні науковці. Однак предмет їх досліджень лежить переважно у площині окремих напрямів науково-інформаційної діяльності освітньої сфери: функціонуванні мереж і систем обробки та передачі інформації між навчальними закладами, формуванні окремих складових інформаційних ресурсів, аналітико-синтетичної обробки інформації, тематичного спрямування науково-інформаційної

діяльності державних та освітніх інформаційних структур, підготовки і підвищення кваліфікації інформаційних кадрів тощо. Цілісний теоретико - економічний аналіз функціонування державної політики для інтернаціоналізації освіти на системній основі відсутній, що вимагає проведення додаткових досліджень.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищити ефективність державної інформаційної політики в системі інтернаціоналізації освіти шляхом забезпечення єдиного інформаційного простору на макро- і макрорівнях. Це вимагає пошуку методичних, організаційних і економічних механізмів підвищення ефективності інформаційної діяльності як комплексу дій з доведенням науково-технічної інформації до користувачів усіх рівнів.

Глобалізація освітньо-наукової та підприємницької діяльності університетів призвела до кардинальної зміни їх традиційного інформаційного забезпечення. Це особливо відчувається коли провідні університети світу стають самостійними суб'єктами міжнародних економічних відносин. Значні якісні зміни в характері інформаційного забезпечення університетської діяльності з превалюванням глобальних форм їх функціонування потребують і нового рівня теоретичного осмислення процесів інтернаціоналізації їх діяльності.

З-поміж наукових праць, які містять фундаментальну розробку питань, пов'язаних з обґрунтуванням сучасних інформаційних особливостей діяльності університетів, їх впливу університетської діяльності на світові інноваційні процеси, формуванням міжнародних освітніх стандартів, слід назвати роботи таких зарубіжних учених, як: Делягін М., П.Друкер, М.Кастельс, Дж.Кендрик, Б.Кларк, П.Ромер, Е.Тоффлер, А.Анчишкін, В.Віфлеємський, В.Гойло, О.Добринін, С.Дятлов, В.Іноземцев, В.Капелюшников, В.Марцинкевич, А.Панарін, Ю.Рубін, М.Шмельов та ін.

Цю проблематику активно досліджують і вітчизняні вчені-економісти, зокрема, Л.Антонюк, О.Білорус, А.Гальчинський, В.Геєць, Б.Данилишин, О.Грішнова, М.Згуровський, І.Каленюк, М.Карпенко, А.Колот, К.Корсак, Д.Лук'яненко, В.Новицький, Т.Оболєнська, Є.Панченко, Ю.Пахомов, А.Поручник, А.Рум'янцев, А.Сбруєва, В.Сіденко, С.Сіденко, А.Філіпенко, Т.Фініков, А.Чухно та ін. Їх праці присвячені дослідженню новітніх процесів, що відбуваються на світовому ринку освітніх послуг, тенденцій формування національного освітнього ресурсу, диверсифікації джерел інформування вітчизняної освіти, її модернізації на європейських засадах тощо.

Однак, державна інформаційна політика в системі інтернаціоналізації освіти передбачає багато аспектів цієї багатогранної наукової проблеми і залишається недостатньо розкритою та обгрунтованою. Насамперед, потребують поглибленого вивчення питання щодо визначення передумов та глобалізаційних детермінант інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності університетів, розкриття її організаційно-економічних форм та механізмів державного управління, дослідження трансформації діяльності класичних університетів, з'ясування місії дослідницьких та корпоративних університетів у глобальному освітньо - науковому просторі, а також обгрунтування пріоритетних напрямів та інструментів нарощування конкурентоспроможності українських університетів.

Формування державної інформаційної політики в системі інтернаціоналізації університетської діяльності, це тривалий процес, який зазнає постійних трансформацій, пов'язаних як із рівнем соціального-економічного розвитку суспільства, так і з еволюцією міжнародних економічних відносин. Під впливом сукупності факторів політичного, економічного, науково-технічного, соціально-культурного та демографічного характеру змінювались як форми та рівні міжнародної діяльності університетів, так і механізми її реалізації.

Одним із соціально-економічних умов включення освіти в процеси інтернаціоналізації стала розробка та введення в дію в рамках СОТ Генеральної угоди про торгівлю послугами (General Agreement on Trade in Services — GATS). В основу цієї угоди покладений розроблений США та їх союзниками принцип забезпечення і підтримки однаково сприятливих умов для експорту та імпорту освітніх послуг у всіх країнах-членах СОТ. Тож Генеральна угода створила широкі можливості для транснаціонального руху інвестицій у сферу освіти, зростання рівня її комерціалізації та інтернаціоналізації процесу навчання. В результаті цього стало можливим перетворення сучасних університетів в активних суб'єктів господарської діяльності, які включаються в різноманітні економічні відносини: торговельні, інвестиційні, фінансові, міжнародний науково-технологічний обмін. Масова присутність іноземних студентів, практикантів в розвинутих країнах, як свідчить міжнародний досвід, створює інформаційні комунікації, значно сприяє інтернаціоналізації освіти, оскільки інформаційно-комунікативні технології створюють унікальні можливості для налагодження в режимі он-лайн ділових, навчальних та особистих контактів між усіма суб'єктами інтернаціонального процесу науково-освітньої діяльності з метою реалізації освітніх, дослідницьких, комерційних та консалтингових проєктів. Таким

чином, відкриття повного доступу до інформації знімає будь-які перешкоди долучитися до світових центрів науки та освіти громадянам різних країн, незалежно від їх географічного, політичного, соціального чи інтеграційного статусу.

По мірі зростання інтернаціонального характеру освіти все більш зростає роль державної інформаційної політики. Спостерігається своєрідна синхронізація діалектичних процесів інтернаціоналізації освіти, а державна політика прискорює та дозволяє генерувати принципово нові інформаційні технології, що мають властивість стрімко поновлюватись та поширюватися в світовому масштабі.

Серед основних передумов та рушійних сил інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності слід відзначити посилення процесів регіональної освітньої інтеграції, які охопили різні регіони світу. Найяскравішим прикладом успішної інтернаціоналізації освітньої діяльності на регіональному рівні стала Європа, де було започатковано загальноєвропейський процес уніфікації національних освітніх систем, який нині відбувається у форматі Болонського процесу. В Європі процеси інтеграції у науково-освітній сфері відбуваються не тільки в межах Євросоюзу, але й охоплюють практично усі європейські країни.

Про усвідомлення на найвищому рівні необхідності формування єдиних стандартів університетської діяльності в ЄС свідчить ухвалення Радою Європи низка документів щодо узгодження ключових питань освітньої діяльності в європейських країнах. Так, Конвенція № 15 1953 р. декларувала згоду країн на прийом іноземців до своїх університетів; Конвенція № 21 1956 р. – визнає еквівалентність періодів навчання на мовних спеціальностях в університетах; Конвенція № 32 1959 р. – стосується взаємовизнання університетських кваліфікацій [2,10].

Паралельно із загальними домовленостями було укладено низку угод між окремими країнами, які більш конкретно визначили принципи взаємовизнання дипломів (Франко-Німецький договір про дипломи університетів, угоди між ФРН і Нідерландами, Францією та Італією та ін.). Найбільш вагомим документом на цьому етапі стала Скандинавська угода 1962 р. про академічне визнання дипломів та сприяння мобільності викладачів і студентів.

Уніфікація національних освітніх систем отримала потужного імпульсу розвитку у 1990-х роках із укладенням низки міждержавних угод щодо формування в Європі єдиного освітнього і дослідницького простору. Зокрема, згідно положень Лісабонської Конвенції 1997 р. «Про визнання кваліфікацій, які стосуються вищої освіти в Європейському регіоні», було сформовано правове поле



вищої освіти в Європі та передбачені механізми визнання документів про вищу освіту в європейських країнах.

Лісабонську конвенцію підписали 43 країни, і Україна в тому числі. В наступній, Сорбонській декларації 1998 р. (яку підписали Франція, Італія, Великобританія та Німеччина) вже була поставлена мета створення Зони європейської вищої освіти, в якій ключова роль відводиться університетам. Необхідність існування єдиної зони європейської вищої освіти пояснюється потребами сприяння мобільності громадян з метою їх кращого працевлаштування в загальному процесі забезпечення розвитку та підвищення конкурентоспроможності європейської економіки.

Болонська декларація 1999 р., підписана спочатку 30 країнами, до якої згодом приєдналися і інші європейські держави, стала стратегічно важливою в реалізації поставлених цілей. Серед основних завдань в її положеннях визначено формування зони європейської вищої освіти та сприяння поширенню привабливості європейської моделі освіти у світовому просторі, прийняття системи співставних ступенів, прийняття дворівневої системи вищої освіти (бакалавр – магістр), впровадження системи кредитів за типом ECTS - перезарахування залікових одиниць з метою підтримки мобільності студентів, дослідників і викладачів, створення інститутів гарантування якості освіти.

Внаслідок відмічених загальних тенденцій відбуваються кардинальні зміни ролі державної інформаційної політики та функцій сучасного інформаційного забезпечення. Таке сучасне інформаційне забезпечення базується на різних інформаційних факторах. Сьогодні інформація стає і засобом виробництва освітньої послуги, і предметом праці, і результатом виробництва освітніх послуг. Сфера освітньої діяльності ґрунтується на методах отримання, опрацювання, використання і управління інформацією.

Унікальність державної інформаційної політики як регуляторного фактору обумовлює перехід до інноваційного розвитку освіти. Можливість розповсюдження інформації і перетворення її в знання забезпечує безмежність цього виду ресурсу, оскільки право власності на інформацію забезпечує дохід власнику виключно за умови її використання та /або розповсюдження.

Використання інформації не є свідченням вичерпності її як ресурсу. Багатократне використання інформації як нового знання забезпечує і підвищення ефективності функціонування виробничих систем і, одночасно є ресурсом для створення і розповсюдження нового знання.

Існують різні погляди на інформаційний ринок. Ф.Махлуп, наприклад, відносить до інформаційної сфери практично все, що пов'язано з пере опрацюванням будь-якої інформації: це – наука,

освіта, засоби масової інформації, програмні засоби, інформаційно-комп'ютерні процеси тощо [2]. Важливим є розгляд сутності державної інформаційної політики в освітніх системах в першу чергу, для створення умов інноваційного розвитку освіти [3, 46; 4, 18].

В контексті створення єдиного інформаційного простору в інтернаціоналізації освітніх систем і мережах для організації інформаційного забезпечення слід зазначити такі особливості:

по-перше, інформація набуває матеріальної основи, коли вона будь-яким засобом задокументована і представлена у вигляді інформаційної продукції або послуги;

по-друге, передається не сама інформація, а право на її використання. Інформація, що передана, в рівних правах може бути використаною і передавачем, і приймачем. Результат використання залежить від багатьох факторів - різними особами одна і та ж інформація може бути використана по-різному;

по-третє, інформація як вид ресурсу не витрачається при використанні, може зіпсуватися тільки її матеріальний носій. Сама інформація може використовуватися багаторазово.

Крім цього, інформація у вигляді продуктів її опрацювання і уречевлення перетворюється на специфічну форму прояву економічних відносин між суб'єктами господарювання. Використання інформації сприяє підвищенню конкурентоспроможності університетів та якості надання освітніх послуг завдяки застосуванню інновацій, інтелектуалізації та розвитку освітніх технологій [5]. Поряд з традиційними функціями навчання та дослідництва університетам приходится здійснювати і підприємницьку діяльність та вживати заходів щодо комерціалізації отриманих нових ідей та розробок. З'являється навіть новий термін – «інтелектуальне підприємництво», який відображає цю специфіку і включає весь спектр університетської діяльності по формуванню їх конкурентних переваг в суспільстві знань. А оскільки це неможливо без розширення міжнародних контактів університетів, то на сьогодні необхідною умовою виконання університетами своїх функцій є диверсифіковане міжнародне співробітництво, яке пов'язане не тільки з академічною діяльністю, а й з потужними інформаційними потоками.

Перетворення університетів у провідні інститути постіндустріального суспільства стало імперативом кардинальних змін у формах організації їх діяльності. Йдеться про те, що в результаті розширення функцій університетів суттєво урізноманітнюється система їх відносин із зовнішнім середовищем, насамперед, в частині диверсифікації джерел фінансування університетської діяльності. Якщо раніше ключовими джерелами

були кошти держав та меценатів, то на сьогодні університетська діяльність фінансується і за рахунок коштів підприємств, змішаних ресурсів, доходів від підприємницької та інноваційної діяльності. З'являються нові потужні суб'єкти освітньо - наукової діяльності – великі корпорації, які створюють власні навчально – інформаційні центри, не задовольняючись тільки традиційними закладами формальної вищої освіти. Ці центри часто називають корпоративними університетами і вони вже гостро конкурують з традиційними університетами та також дуже масштабно представлені на міжнародному ринку.

Історично міжнародне співробітництво університетів мало переважно просвітницький характер, базуючись на проведенні спільних із зарубіжними партнерами конференцій, симпозіумів, обміні викладачами і науковцями, студентами тощо. Однак в процесі еволюції та диверсифікації інтернаціоналізаційних процесів в науково-освітній сфері їх важливим компонентом стає формування інтернаціональної інформаційної бази міжнародної діяльності університетів. Такі інформаційні ресурси, які обслуговують університетську діяльність, стають невід'ємною частиною глобального руху інтелектуального капіталу.

Інтернаціоналізація освіти знаходить прояв, перш за все, у зростанні чисельності іноземних студентів в окремих країнах та у світі в цілому. На світовому ринку освітніх послуг сформувалися країни - лідери у залученні іноземних студентів. Це – Австралія, США, Великобританія, Німеччина та інші країни, в університетах яких зосереджена лівова частка міжнародного контингенту студентів. Таким чином, можна констатувати, що на сьогодні активно йде процес формування глобального попиту на освітні послуги з боку молодого покоління як країн класичного капіталізму, так і молодих ринкових країн. А університети світового рівня задовольняють цей попит, надаючи найрізноманітніші і високоякісні науково-освітні послуги представникам різних національностей.

Наслідком цього є постійне збільшення не лише кількості студентів-іноземців в університетах різних держав світу, а й інтенсифікація та урізноманітнення ділових обмінів між ними, формування спільних науково-дослідних структур та інтернаціональних творчих колективів та ін. Отже, сучасна модель міжуніверситетського співробітництва базується не на географічному принципі співпраці вузів країн-сусідів, а на спільності наукових інтересів та галузево-секторальному принципі організації науково-дослідницької діяльності з об'єднанням у своєрідний «університетський пул» десятків вузів з різних континентів.

Крім того, динамічно розвивається таке явище в міжнародному середовищі як транскордонна освіта, тобто вихід університетів на ринки інших країн. Цей вихід може здійснюватися або через створення представництв свого університету в іншій країні, або через надання іноземному провайдеру (національному навчальному закладу) виключних прав на здійснення власної освітньої програми за кордоном.

Розгортання процесу інтернаціоналізації, починаючи з другої половини ХХ ст., знаходить свій прояв не тільки в активізації процесів регіональної інтеграції, але й загальної глобалізації. Виклики сучасної глобалізації щодо розвитку освіти виявляються у необхідності зростання масштабів освіти, збільшення освітнього терміну у трудовому житті працівника, зміні вимог щодо якісних характеристик людських ресурсів сучасного виробничого процесу, нарощуванні інтернаціональних форм організації та фінансування освіти. Високорозвинений освітньо-науковий комплекс не може у наш час бути замкнено-національним і розвиватися без належного врахування всього комплексу глобалізаційних процесів. Не випадково, що все частіше представники різних наук використовують словосполучення «глобалізація освіти».

Ректором Московського гуманітарного університету І.М. Льїнським обгрунтовується визначення глобалізації освіти як процесу все більшого пристосування системи навчання й виховання до запитів ринкової і глобальної економіки, яка безперервно розширюється і прагне перетнути кордони національних держав. На його думку, «наростаюча залежність економіки від знань породжує ідею створення Єдиної світової освітньої системи (ЄСОС), заснованої на єдиних освітніх стандартах» [6, с.181]. Зумовлено це тим, що в сучасному глобальному середовищі освіта розглядається у багатьох значеннях: як платна послуга й товар, як сфера підприємництва й ринкових відносин, як одна з високоприбуткових галузей економіки.

Щодо основних ознак інтернаціоналізації науково-освітньої та підприємницької діяльності університетів, то до них слід віднести: формування єдиного науково-освітнього простору, пристосування освіти і науки до вимог економіки знань, абсолютне збільшення кількості студентів у закладах університетського рівня, зростаюча комерціалізація освітньої та наукової діяльності, створення інтернаціональних науково-освітніх комплексів, диверсифікація джерел фінансування науково-освітньої діяльності із все більшим залученням глобальних інформаційних ресурсів.

Як зазначає російський дослідник Г.А.Ключарів «з розвитком глобалізації навчальна активність усіх без винятку соціальних і

вікових груп населення стає головним засобом «суспільного розвитку і відтворення» [7, с.181-182].

Позитивним наслідком сучасної інтернаціоналізації стає широкомасштабна діяльність міжнародних організацій, спрямована на розгортання міжнародного співробітництва між суб'єктами національних систем освіти різних країн, впровадження інноваційних інформаційних програм в університетській освіті.

#### Список джерел

1. Сбруева А.А. Глобальні та регіональні тенденції розвитку вищої освіти в умовах побудови суспільства знань: Препринт. - Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2008. - 80 с.
2. Махлуп Ф. Производство и распространение знаний в США / Ф. Махлуп: пер. с англ. – М.: Прогресс, 1962. – 462 с.
3. Дзвінчук Д.І. Засади управління і вибір цілей діяльності освітньої системи в контексті європейського виміру // Вища освіта України. – 2006. - №2. – С. 20-26.
4. Гончаренко А. П. Формування ринку інформаційної продукції в Україні / А. П. Гончаренко // Глобальний інформаційний простір: ресурси, технології, інновації: V ювілейна міжнар. наук.-практ. конф. 22-23 жовтня 1998 р.: матеріали конф. – К.: УкрИНТЭИ, 1998. – С.77-78.
5. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М.: Academia, 1999. – 956 с.
6. Ильинский И.М. Глобализация образования / Глобалистика: Международный междисциплинарный энциклопедический словарь. — М.–СПб.–Н.-Й.: ИЦ «ЕЛИМА», ИД «Питер», 2006.
7. Ключарев Г.А. М. Глобализация образования / Глобалистика: Международный междисциплинарный энциклопедический словарь. — М.–СПб.–Н.-Й.: ИЦ «ЕЛИМА», ИД «Питер», 2006.- 240с.
8. Попович О. С. Науково-технологічна та інноваційна політика: основні механізми формування та реалізації / О. С. Попович; під редакцією д-ра екон. наук, проф. Б.А.Маліцького. - К.: Фенікс, 2010. – 247 с. (С. 15-120).
9. Кваша Т. К. Інформаційний ресурс у сфері науково-технічної та інноваційної діяльності / Т. К. Кваша // Науково-технічна інформація. – 2000. - № 3. – С.53-57.
10. Климапович О., Ганчеренок И. Понятийно-терминологический аспект проблемы интернационализации высшего образования и // Вестник высшей школы (Alma mater) – №1. – 2001. – С. 10-13.

## **2.5. Політика розвитку бізнес-взаємодії підприємств галузі зв'язку з партнерами ринку інформаційного бізнесу України в умовах е-економіки**

Інформаційне суспільство є найвищою стадією розвитку після індустріального, яке об'єктивно виникає у процесі суспільного розвитку та має особисті характеристики. Цей процес обумовлює якісно більш вищий рівень виробничих сил, заміну їх складу, усунення обмежень відносно накопичування та використання інформаційних ресурсів, підвищення динамізму соціальних процесів та прискорення суспільного та науково - технічного прогресу.

Враховуючи основні положення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні в основу побудови інформаційного суспільства покладені процеси автоматизації, комп'ютеризації організаційно-виробничих заходів на всіх рівнях суспільного господарювання та управління, розробка та використання інформаційних технологій, а саме процеси інформатизації. [1]

Найбільш повне та суттєве тлумачення поняття інформатизації надано у Законі України «Про національну програму інформатизації». В ньому наголошується, що «інформація є сукупністю взаємопов'язаних організаційних, правових, політичних, соціально-економічних, науково-технічних, виробничих процесів, які направлені на створення умов для задоволення інформаційних потреб громадян та суспільства на основі створення розвитку та використання інформаційних систем, мереж, ресурсів та інформаційних технологій, які побудовані на основі застосування сучасної обчислювальної та комунікаційної техніки». [2]

Таке тлумачення інформатизації повністю співпадає з поняттям та баченням напрямків побудови інформаційного суспільства практично всіма провідними державами світу. В умовах побудови інформаційного суспільства галузь зв'язку відіграє важливу роль.

Галузь зв'язку залишається однією з найстабільніших та таких, що динамічно розвивається, серед галузей економіки, та забезпечує достатньо високі темпи росту послуг зв'язку, покращення їх якості та впровадження нових послуг, технологій, розвитку мереж зв'язку.

Сьогодні ПАТ «Укртелеком» - це національний оператор телекомунікацій України, який надає послуги починаючи від класичної дротової телефонії, доступу до мережі Інтернет,

цифрового IP телебачення до мобільного зв'язку третього покоління стандарту UMTS.

Товариство надає наступний спектр телекомунікаційних послуг:

- інтернет;
- мобільний зв'язок;
- місцевий телефонний зв'язок;
- Дата-Центр (послуги Hosting та Collocation);
- відомча телекомунікаційна мережа;
- відеоконференцзв'язок;
- скорочені телефонні номери;
- ISDN;
- послуги передавання даних;
- послуга 800;
- послуга 900 (аудіотекс);
- послуги контакт-центру;
- канали для передавання програм та мовлення;
- міжміський телефонний зв'язок;
- міжнародний телефонний зв'язок;
- SIP-телефонія;
- додаткові послуги міжміського та міжнародного телефонного зв'язку;
- аудіотекс;
- послуги таксофонів;
- телеграфний зв'язок;
- послуги проводового радіомовлення.

Для операторів та провайдерів ПАТ «Укртелеком» надає додатково наступний спектр послуг:

- обмін трафіком;
- телефонна каналізація;
- цифрові канали електрозв'язку;
- місцеві канали.

Для національних операторів IP-телефонії - мережний транзит.[3]

Дослідження оцінки ефективності використання телекомунікаційних засобів, проведених в різних галузях національного господарства, свідчать про значний вигравш, отриманий споживачами послуг. А саме, використання зв'язку на транспорті в 1,5-2 рази збільшує його пропускну спроможність, в сільському господарстві оснащення засобами зв'язку збільшує ефективність використання машин на 25%, зменшує збитки робочого часу на 20-40%, в будівництві - продуктивність праці зростає на 15% тощо.[4]

Для визначення конкурентоспроможності різних країн з економікою до числа важливих показників відносяться: частка вкладень в галузь зв'язку в загальній сумі капітальних вкладень, телефонна щільність на 100 мешканців, кількість факсів на 1000 мешканців, час вихідних телекських повідомлень в хвилину на одного мешканця, ступінь задоволення потреб в забезпеченні інформаційного простору, тощо.

За період з 2002 по 2008 роки обсяги доходів від реалізації послуг зв'язку щорічно в середньому зростали на 28,3%. Проте, у 2009 році доходи у порівнянні з попереднім роком зросли лише на 0,4%, а у 2010 у порівнянні з 2009 роком – на 2,4% , 2011- 1,8% та 2012 – 1,6%. [3]

Аналіз динаміки доходів галузі за окремими сегментами свідчить про суттєве уповільнення темпів зростання доходів від надання телекомунікаційних послуг та збереження позитивної динаміки зростання доходів від надання послуг поштового зв'язку. Якщо за 2006 – 2008 роки зростання доходів від надання телекомунікаційних послуг щорічно становило у середньому 16,8%, то в 2009 році вони у порівнянні з попереднім роком зменшились на 0,7%, а в 2010 році порівняно з 2009 роком зросли лише на 1,7% (з 42,9 до 43,6 млрд. грн.).

У структурі доходів галузі зв'язку частка доходів від надання телекомунікаційних послуг зменшилась з 95% у 2006 році до 90% у 2012 році.

По перше такі зміни в діяльності підприємства пов'язані з тим, що на сьогоднішній день телекомунікаційні послуги зазнали значних змін, пов'язані з активізацією розвитку інфокомунікаційних технологій, в результаті чого склалася ситуація, яка характеризується наявністю на ринку послуг зв'язку традиційних загальнодоступних послуг (фіксована міська і сільська телефонія) і нових послуг (мобільний зв'язок, Інтернет, SIP-телефонія та IP-телебачення і т.п.).

По друге, це реорганізація організаційно - правової форми власності підприємства. Підгалузь електровз'язку в Україні, як і в усьому колишньому СРСР, значно відставала від розвинених країн як за рівнем технологій, так і за рівнем забезпечення попиту на послуги зв'язку. Магістральні лінії зв'язку були майже всі аналоговими, виключно на металевому кабелі. Телекомунікаційне обладнання було застарілим та відставало від актуального стану техніки на кілька десятків років. За основними показниками розвитку зв'язку Україна займала шосте місце серед республік колишнього СРСР.



Для більш ефективного управління галуззю зв'язку та вдосконаленням організаційної структури було здійснено її реорганізацію. Міністерство зв'язку залишилось без мобільних активів. Цей крок не тільки знизив вартість ВАТ «Укртелеком», але і підірвав перспективи його розвитку - у той час всім вже було очевидно, що майбутнє за мобільним, а не за стаціонарним зв'язком. Експерти сходились у думці, що продаж контрольного пакету акцій ЗАО «UMS» було стратегічною помилкою держави, яка суттєво знизила ринкову вартість ВАТ «Укртелеком».

В 2004 році Генеральна Прокуратура України звернулася до Господарського Суду м. Києва з позовом про скасування результатів продажу контрольного пакету акцій ЗАО «UMS», посилаючись на положення Державної програми з приватизації на 2000-2002 роки, але суд відмовив в задоволенні позову.[5]

Після цього в 2004 році була здійснена чергова спроба продажу ВАТ «Укртелеком», яка нічим не закінчилась. Починаючи з 2005 року ВАТ «Укртелеком» неодноразово готували до конкурсу але постійна політична нестабільність та непогодженість позицій між всіма гілками влади відкладала цей процес.

Розпорядженням №1948 від 12 жовтня 2010 року Кабінету Міністрів України затвердив умови проведення конкурсу з продажу акцій ВАТ «Укртелеком», та ФДМУ призначив дату проведення конкурсу на 28 грудня 2010 року зі стартовою ціною 10,5 млрд грн.

Але, в зв'язку з жорсткими обмеженнями щодо учасників конкурсу, а саме недопущені до конкурсу компанії з державною часткою в капіталі понад 25% (наприклад Deutsche Telekom) та компанії із часткою доходу більш ніж 25% від загального ринку телекомунікацій в будь якій країні (наприклад «Київстар», а також великими проблемами в товаристві (починаючи з 2007 року ВАТ «Укртелеком» показує негативний фінансовий результат, великі борги по наданим кредитам тощо), заяву на покупку акцій ВАТ «Укртелеком» надала лише одна компанія - Австрійській інвестиційний фонд «ЕРІС» та внесла відповідний внесок для участі у конкурсі. В зв'язку з цим ФДМУ вимушений був провести конкурс з одним учасником.

ФДМУ замовив незалежну оцінку вартості активів ВАТ «Укртелеком» (проводив її ТОВ «Острів»), який оцінив вартість 92,79 % пакету акцій товариства у 10 млрд. 575 млн. 100 тис. грн.. Австрійська компанія «ЕРІС» дала згоду та перерахувала кошти двома траншами, а саме перший 8 квітня 2011 року в розмірі 4, 237 млрд. грн. та другий 10 травня 2011 року в розмірі 5,3 млрд. грн. (раніше для участі в конкурсі було виплачено 1,050 млрд. грн.).

11 травня 2011 року ФГМУ передав Австрійському інвестору пакет акцій 92,79 % ВАТ «Укртелеком» та підписав відповідний акт. З цього дня держава перестала володіти активами ВАТ «Укртелеком» та вони перейшли (92,79%) Австрійської компанії «ЕРІС». Так закінчилась довготривала, більш ніж 10 років, епопея з приватизації державного монополіста ВАТ «Укртелеком».

Сьогодні ПАТ «Укртелеком» — це підприємство, організаційна структура якого сформована за вертикальним принципом управління фінансами, технологічними процесами, персоналом. З 2011 року ВАТ «Укртелеком» перейшов на дворівневу систему управління компанією. При цьому, в регіональних філіях відбулась централізація функцій бухгалтерського обліку, фінансів, кадрового обліку, управління персоналом, юридичного забезпечення. В центрах відповідальності (відокремлені структурні підрозділи) залишились тільки виробничі функції.

До складу товариства входять 33 філії, в тому числі 27 регіональних філій з більш ніж 400 відокремленими структурними підрозділами. Функціонують організаційні спеціалізовані структури з експлуатації первинної мережі зв'язку; експлуатації місцевих мереж зв'язку та радіофікації, обслуговування споживачів та продажу послуг.[6]

На сьогоднішній час ПАТ «Укртелеком» є одним з найперших операторів, які почали використовувати технологію надання мобільного зв'язку 3G покоління. Бізнес партнером у розвитку напрямку мобільного зв'язку є ТОВ «Тримоб», яке здійснює надання послуг мобільного зв'язку, а саме: Інтернет послуг, голосової телефонії, відеотелефонії та інших мобільних сервісів.

Враховуючи досвід світових тенденцій Укртелеком здійснює розвиток агентської та дилерської мережі, за допомогою якої розширюється база споживачів. Агент – це людина (не працівник Укртелекому), який продає послуги Укртелекому за винагородження.

Реклама є одним з найважливіших напрямків концептуального розвитку і створення фірмового стилю ПАТ «Укртелеком», що в своїй практиці використовує ряд агентств, за допомогою яких здійснює маркетингові заходи, що сприяють наповненню бази.

Незважаючи на те, що оператори та провайдери є конкурентами в наданні телекомунікаційних послуг Укртелеком успішно взаємодіє з ними з питань розміщення орендного обладнання, пропуск вхідного навантаження телефонного зв'язку та мережі передавання даних, оренда каналізації.

Одним з найважливіших питань товариства є зниження дебіторської заборгованості. В даному напрямку є партнерами банківські установи за допомогою яких здійснюється збір коштів за надані послуги та інші розрахунково-касові операції.

Укртелеком приймає участь у програмі соціальної підтримки пільгової категорії громадян, забезпечуючи їх телекомунікаційними послугами, співпрацює з Департаментом праці та соціальної політики та з бізнес - партнером ВАТ «Обленерго» за кліринговим принципом (рис.1.)

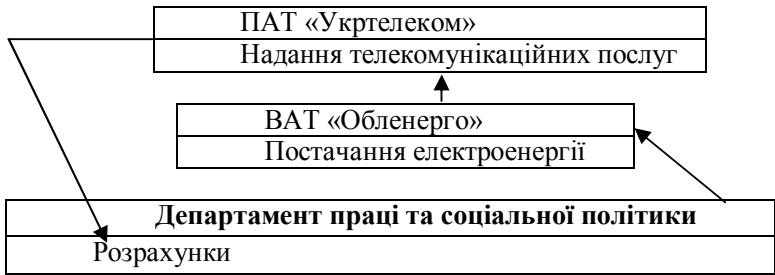


Рис.1.Бізнес-взаємодія партнерів ПАТ «Укртелеком» за кліринговим принципом

З метою виключення людського фактору та мінімізації витрат на виробництво експлуатації Укртелеком використовує безліч програмних засобів, за допомогою яких здійснює керування станціями, обліковує технічні дані, обліковує та тарифікує обсяг наданих послуг, документообіг.

Необхідно зазначити, що обмін інформацією здійснюється цілісно з одного програмного забезпечення в інший.

Враховуючи важність своєчасного виконання тих або інших завдань Укртелеком в особі Одеської філії одним з перших втілює електронний документообіг. Це програмний продукт, який дає змогу в першу чергу замінити паперові носії та активно контролювати та впливати на кінцевий результат виконання

Основними постачальниками програмних забезпечень є наступні фірми:

- «Інран телеком» - ПЗ АСКР (Автоматизована система комплексних розрахунків);
- «Рико» - ПЗ АСТЛЮ (Автоматизована система технічного та лінійного обліку);
- «Приоком» - ПЗ УС (Універсально система);

- «Парус» - ПЗ Парус (Автоматизована система фінансового документообігу)

- «1С» - ПЗ 1С Зарплата (Зарплата та управління персоналом);

- «Софтлайн» - ПЗ Мегаполіс (документообіг).

Основними постачальниками обладнання широкосмугового доступу до мережі Інтернет є наступні фірми: «Huawei» - Китай, «Iskratel» - Словенія, «Есі» - Ізраїль.

Основними постачальниками обладнання опорної мережі передавання даних є наступні фірми: «Циско» - США, «Джуніпер», «ЗТЕ» - Китай.

Основними постачальниками комутаційного обладнання є наступні фірми: Siemens «EWS» - Німеччина, «Квант Е» - Рига, Фарлеп «F1500» - Україна.[7]

Одним із важливих партнерів ПАТ «Укртелеком» є УДППЗ«Укрпошта» та ТОВ«Укркур'єр», які сприяють своєчасній доставці до абонентів рахунків за надані послуги, листів та ін. інформаційної кореспонденції.

Укртелеком веде прозору цінову політику, що підтверджує співпраця з Державною інспекцією по контролю за цінами, яка контролює ціни на послуги, а також узгоджує підвищення цін.

Міжнародні оператори зв'язку мережі Інтернет, які продають послуги з організації передавання даних у міжнародному сегменті: Level 3, Telia Sonera, Global Cross.

Взаємовигідне співробітництво ПАТ «Укртелеком» з іншими організаціями має дати позитивні та ефективні зрушення в діяльності галузі зв'язку на території України. Створення бізнес-взаємодії в мережеві структурі, практично не змінюючи організаційно-правову форму підприємства, повинно входити до пріоритетних стратегічних цілей галузей зв'язку. Але треба зазначити, що в даній моделі зв'язки спрямовані тільки в двосторонній спрямованості, тобто від ПАТ «Укртелеком» до кожного з учасників бізнес-взаємодії.

Прикладом співробітництва ПАТ «Укртелеком», мобільних операторів, УДППЗ «Укрпошта» є доставка клієнтам лікарських засобів за системою «Ліки поштою».

Наприклад, клієнту знадобився лікарський засіб, а поблизу нема аптечного закладу, тоді клієнт може звернутися до найближчого відділення поштового зв'язку. Наразі наявності необхідних медикаментів, клієнт купує медикаменти, в іншому випадку він може замовити необхідні ліки. Після отримання замовлення клієнтом УДППЗ «Укрпошта» зв'язується з аптечним закладом та робить заказ на необхідні ліки, чи відправляє заказ за допомогою Інтернет.

Завдяки оператору мобільного зв'язку, ВАТ «Укртелеком» зв'язок між учасниками взаємодії може бути дешевшим, також як і послуги Інтернету чи стаціонарного зв'язку. Ліки будуть доставлені на УДППЗ «Укрпошта» автомобільним транспортом; припустимо що це не транспорт УДППЗ «Укрпошта», а транспорт від автотранспортної фірми, (транспорт може бути спільним і задовольняти всіх учасників взаємодії). Також завдяки мобільним операторам можливо прослідити місце знаходження автомобіля. Після доставляння ліків відбувається оплата за послугу. В цьому процесі бере участь банківська установа, яка забезпечує фінансовий потік. Гроші завдяки програмному забезпеченню потрапляють на рахунки учасників, які брали участь у наданні послуги, а рахунки ці відкриті в банківській установі.

Треба зазначити, що клієнт міг замовити послугу «ліки-поштою» за допомогою Інтернет, в цій ситуації ті ж самі учасники будуть брати участь в реалізації цього процесу. Якщо ж ліки дуже рідкісні і знаходяться, наприклад, у зовсім іншому регіоні України, то в даному випадку можна скористатися послугами Укрзалізниці, а якщо необхідно привезти ліки з закордону, тоді авіа чи морськими транспортними компаніями, які теж можуть стати партнерами «Укртелекому».[9,10]

Таким чином, технологічний процес реалізації послуги поділений на блоки, де кожний учасник виконує свою роль, – частину цього процесу. Можна зробити висновок, що бізнес-партнери забезпечують матеріальні, фінансові та інформаційні потоки, що є складовими логістичного потоку.

Таких прикладів надання послуг за участю бізнес-партнерів ПАТ «Укртелеком» можна навести багато, але всі вони свідчать про ефективну бізнес-взаємодію, яка забезпечує зниження витрат та підвищення економічних показників кожного учасника.

Як показали дослідження історичних етапів діяльності ПАТ «Укртелеком» - це сучасне підприємство що має розвинену інфраструктуру, займає домінуючі позиції на ринку інформаційного бізнесу України. Проте враховуючи тенденції е-економіки повинно об'єднатися зі своїми партнерами для покриття збитків та довгострокового розвитку в майбутньому.

#### Список джерел

1. Стратегія розвитку інформаційного суспільства в Україні 2013-2020 р.р.[Електронний ресурс].Режим доступу:<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/386-2013-%D1%80-Назва з екрана>
2. Закон України «Про національну інформатизацію»: [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>.

3. Офіційний сайт ПАТ «Укртелеком» .[Електронний ресурс].Режим доступу:[http:// www.ukrtelecom.ua/](http://www.ukrtelecom.ua/)- Назва з екрана

4. Дімітрова Н.С. Шляхи підвищення прибутковості філії ПАТ «Укртелеком» / Н.П.Спільна Н.П., Ю.С.Жаданова, Н.С.Дімітрова //Економіка та управління в умовах побудови інформаційного суспільства»: матеріали Міжнар. наук.-практ.конф., 5-6 квітня 2012р.: тези доповідей – Одеса: ОНАЗ ім.О.С.Попова, 2012. – 144с.

5. Четов М. Приватизація державного майна та управління об'єктами державної

6. власності у контексті стратегії уряду// Економіка України. – 2004 . - №7. – С. 10–17

7. «Укртелеком» скоротив чистий прибуток майже в 5 разів» [Електронний ресурс].Режим доступу: <http://www.unian.ua/news>-Назва з екрана

8. Гилка У.Л. Особливості конкуренції на ринку послуг телекомунікацій //

9. Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. — 2009. — №3 (11). — С.93-101

10. Стрельчук Є. М. Стратегія розвитку оператора зв'язку : монографія / Стрельчук Є.М., Петрашевська А.Д. – О. : Фенікс, 2007. – 111 с.

11. Махновська Н.Д. Перспективи розвитку інтегрованих корпоративних структур в поштовому зв'язку / Н.Д. Махновська, Н.П Спільна // Збірник наукових праць: Науковий вісник. – Випуск 4(17). – Чернівці – 2009 р. – С. 162-167.

### РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ДІАГНОСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО БІЗНЕСУ

#### 3.1. Особливості сучасного стану розвитку фірм інформаційного бізнесу

Інформаційне суспільство, в якому фактичне вже перебуває людство, характеризується переважним використанням інформаційних технологій та ростом чисельності працівників інформаційної сфери економіки. Інформаційні технології, як і будь які інші, пов'язані з процесом виробництва, у даному разі інформаційного. Інтерес представляє аналіз змін як в організації цього виробництва, так і в методології та етапах розробки інформаційного продукту. До того ж інформаційне виробництво надало розвиток специфічним системам фінансування.

На початку 80-х років Асоціація інформаційної індустрії США розробила 8 критеріїв, за якими визначається поняття «інформаційна фірма» [1]. Ці критерії зведено у таблицю 1.

Таблиця 1

Критерії визначення поняття «інформаційна фірма»

Критерій	Зміст
1	Створення свого власного інформаційного продукту силами своїх співробітників
2	Підтримка близьких до неформальних стосунків зі своїми споживачами, надання інформаційних послуг на основі замовлення
3	Створення інформаційних продуктів відповідно до специфічних вимог окремих кінцевих користувачів
4	Використання різних носіїв інформації, як традиційних паперових, так і електронних засобів зберігання даних, відповідно до прийнятої в них концепції створення БД
5	Створення інформаційних продуктів для забезпечення процесу прийняття рішень і підвищення якості цих рішень
6	Отримання прибутку за рахунок інформації та послуг
7	Збирання і зберігання різних відомостей про бізнес, технології та ін.
8	Ставлення до інформації як до свого кінцевого продукту

Кожне підприємство, фірма мають свою організаційну структуру, яка мусить відповідати їх цілям і задачам. Як відомо, організаційні структури можуть бути дуже різноманітні [2].

Укрупнена класифікація типів організаційних структур наведена на рисунку 1.

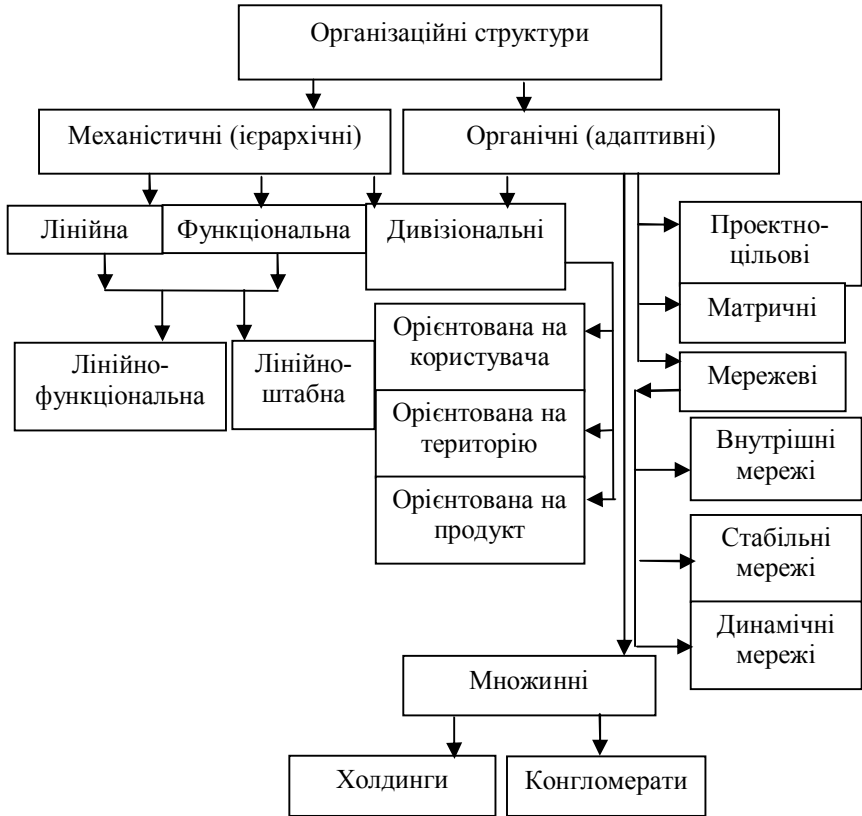


Рис. 1. Типи і види організаційних структур

Інформаційному бізнесу більш притаманний органічний тип організаційних структур, зокрема, проектно-цільовий, коли формується група виконавців під конкретний проект. Специфікою фірм інформаційного бізнесу є також можливість дистанційної праці.

Якщо розглядати різновиди інформаційних фірм, які розробляють програмні продукти, з урахуванням типу їх основної



діяльності, можна виділити фірми, що виконують роботи з аутсорсингу, такі, що займаються розробкою та впровадженням власного програмного продукту та змішані.

Як відомо, існують різні моделі розробки програмного продукту, але, з урахуванням сучасних вимог користувачів та сучасних технологій найбільшого поширення набула, так звана, спіральна модель [3]. Кожний виток спіралі відповідає поетапній моделі створення фрагмента або версії системи (прототипу), на ньому уточнюються цілі й характеристики проекту, визначається його якість, плануються роботи наступного витка спіралі. Таким чином, у результаті, вибирається обґрунтований варіант, що приймається до реалізації (рис. 2).



Рис.2. Спіральна модель розробки програмного продукту

Прототипування - це ефективний сучасний метод швидкої розробки прообразу інформаційних систем, починаючи з їх працездатних спрощених моделей. У прототипуванні активну участь приймає кінцевий користувач, що співпрацює із системним аналітиком (або програмістом). Тимчасовий працездатний варіант відразу ж перевіряється користувачем у реальній справі. Модель ділової функції вдосконалюється доти, поки не буде отримано версію, що повністю відповідає як вимогам користувача, так й загальним вимогам системного проєктування [4].

Основні етапи життєвого циклу (ЖЦ) програмного продукту в умовах ринкової економіки наступні (рис. 3).



Рис.3. Основні етапи ринкової моделі життєвого циклу програмної продукції

Всі ці етапи взаємопов'язані та взаємозалежні. Найсуттєвішим (з позиції маркетингу) є те, що будь-яка нова програма має бути викликана потребами користувачів. Необхідно дослідити технологічну та економічну можливість здійснення програмного проекту. Треба визначити ступінь задоволення потреб користувача в планованій продукції з урахуванням її характеристик, тобто протестувати і розвинути первинну ідею. Також проводиться торговий аналіз з метою розробки маркетингової стратегії. Далі здійснюється саме розробка продукції, визначається стратегія маркетингу, тестується ринок, тобто здійснюється пробний маркетинг, і програмний продукт виходить на ринок.

В наш час, з урахуванням впливу такої інформаційної тенденції як глобалізація, в інформаційному бізнесі виникають нові терміни та визначення, що є більш вживаними як міжнародні. Їх можна віднести, деякою мірою, до професійного сленгу, але ніяк не ігнорувати. Насамперед, це поняття стартапу.

Стартап, або, англійською, start-up - запуск, це компанія, в будь якій галузі господарства, з короткою історією діяльності. Але зараз цей термін використовується, в основному, для ІТ компаній, що розробляють власні проекти, причому, ІТ-стартапи можуть створюватися і на довгий період зі значним строком виходу програмного продукту на ринок. Етапи ЖЦ проекту схожі на приведені вище (рис. 3), але мають свою специфіку [5].

1. Початкова стадія стартапу - pre-startup: часовий період, що триває від моменту зародження ідеї до виходу товару на ринок. Він вміщує наступні стадії:

- стадія, що передує посівній (pre-seed stage), коли вже є ідея й чітке розуміння що саме треба покупцям, однак ще немає чіткого уявлення про те, як цю ідею краще реалізувати технічно і як її варто просувати;

- посівна стадія (seed stage), на етапі якої вивчається ринок, складається план проекту (стартапу);

- прототип (prototype) – створення технічного завдання й проектування інтерфейсів;

- працюючий прототип (working prototype) – створення продукту або проекту тільки із самими основними функціями.

- альфа-версія продукту або проекту (alpha) – продукт (проект) вже готовий, але ще не протестований; у процесі випробувань в інтерфейс вносяться деякі дрібні корективи, які не були враховані при розробці й створенні технічного завдання; починаються вестися переговори з першими клієнтами.

- закрыта бета-версія продукту або проекту (private beta) – продукт (проект) вже має вигляд, близький до того, яким його задумували, у проекту (продукту) з'являється невелика кількість користувачів, що запрошені засновниками стартапу для того, щоб випробувати сервіс і повідомити про недоробки й можливі поліпшення;

- публічна бета-версія продукту або проекту (public beta) – проводиться помірковано активне залучення користувачів, що усвідомили для себе необхідність у тих послугах, які пропонує проект, або користувачів самих цікавих, які постійно перебувають у пошуку чогось нового. Також укладаються договори з першими клієнтами.

2. Запуск товару (проекту) у виробництво або використання – вирішальна стадія для будь-якого проекту:

- запуск, або рання стартап-стадія (launch, or early startup stage);

- стартап-стадія (startup stage);

- праця з першими клієнтами або пізня стартап-стадія (first clients, or late startup stage).

- Пост-стартап-стадія:

- стадія росту (growth stage) – стартап займає на ринку стійке положення й упевнено рухається до завоювання ніші, що була намічена на стадії написання бізнес-плану;

- стадія розширення (expansion stage) – стартап вже виконав або наблизився до виконання бізнес-плану на первинному цільовому ринку, і починає збільшувати границі за рахунок завоювання інших ринків; розширювати бізнес компанія може як одноосібно, так і завдяки покупці інших підприємств;

- стадія виходу (exit stage) – вихід з бізнесу (частково або повністю) інвесторів, що раніше приймали участь у фінансуванні стартапа. Вихід може відбуватися через продаж фірми стратегічним інвесторам, через розміщення акцій компанії на біржі (вихід на IPO (Initial Public Offering) – перший публічний продаж акцій) і через приватне розміщення (продаж акцій підприємства фондам прямих інвестицій). Також одним з варіантів "виходу" може бути припинення бізнесу й банкрутство підприємства.

Перелічені стадії не є обов'язковими оскільки кожна ідея має свій путь реалізації, але це можна розглядати як алгоритм проектування, розробки і просування програмного продукту. Безумовно, одним з важливіших питань при створенні стартапу є питання фінансування. І це, як правило, використання венчурного капіталу [6].

Венчурний бізнес - сфера підприємницької діяльності, пов'язана з реалізацією ризикованих проектів, ризикованих інвестицій, головним чином, у сфері науково-технічних новинок. Венчурний капітал - капітал ризику, принципово нова форма фінансування процесу комерціалізації технічних і технологічних нововведень (інновацій). При венчурному фінансуванні капітал інвестується безповоротно. Інтерес інвестора складається в придбанні прав на всі новачії, як запатентовані, так і безпатентні («ноу-хау»), а також в установчому прибутку від інкорпорування (реєстрації) венчурних компаній, що домоглися успіху.

Вилловлюючи й фінансуючи нові ідеї, венчурна фірма допомагає компаніям розробляти новітні напрямки науково-технічного прогресу. Майже всі венчурні групи перші два роки функціонують зі збитком. Але у разі успіху вони мають дуже великі доходи.

Кошти венчурного капіталу вкладаються без усякого матеріального забезпечення з боку одержувача, і інвестори йдуть на ризик втрати вкладених коштів у випадку неуспіху дослідження.

Створення венчурних фірм передбачає наявність трьох компонентів:

- інноваційної ідеї (нового продукту, технології, послуги);
- суспільної потреби й підприємця, готового на основі такої ідеї організувати фірму;
- «ризикового» капіталу для фінансування цієї фірми.

Якщо венчурній компанії вдалось першою створити нову продукцію, вийти з нею на ринок и збільшити капітал, стати публічною компанією, колишні інвестори негайно розпродають акції й виходять з діла, щоб включитися, як правило, в новий ризиковий бізнес. Венчурний капітал може бути охарактеризовано як джерело довгострокових інвестицій, що надаються звичайно на п'ять років

компаніям, які знаходяться на ранніх етапах свого становлення, існуючим підприємствам для їх розширення та модернізації, а також для фінансування окремих підприємств, що входять до крупних корпорацій або приватних фірм.

Венчурні інвестиції є невід'ємною частиною індустрії інформаційних технологій. Так, в США розвиток інформаційних технологій, інформатизація суспільства здійснювались саме завдяки венчурному фінансуванню.

Таким чином, можна сказати, що сучасний стан розвитку інформаційного бізнесу відокремив ряд особливостей, що притаманні саме цій сфері діяльності. По-перше, організаційна структура фірми інформаційного бізнесу є, як правило, проектне-цільовою. По-друге, розробка програмного продукту є ітеративною, з використанням методології прототипування.

По-третє, свою специфіку мають і маркетингові технології стосовно виведення на ринок та просування продуктів фірм інформаційного бізнесу.

І, крім того, інформаційний бізнес використовує, як правило, кошти венчурного капіталу, що породило цілу індустрію венчурного підприємництва.

#### Список джерел

1. Лазарева С. Ф. Економіка та організація інформаційного бізнесу: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2002. – 667 с.
2. Менеджмент організацій: Підручник / За заг. ред. Л. І. Федулової. – К.: Либідь, 2003. – 448 с.
3. Матвієнко О. В. Основи інформаційного менеджменту: Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 128 с.
4. Устинова Г. М. Информационные системы менеджмента: Основные аналитические технологии в поддержке принятия решений/ Учеб. пособие. – СПб: Издательство "ДиасофтЮП", 2000. – 368 с.
5. Эвре Лебре. Стартапы. Чему мы еще можем поучиться у Кремниевой долины. Перевод с английского М. А. Адамян, А. А. Данишевской, Н. С. Брагиной. М., «Корпоративные издания», 2010. – 216 с.
6. Кэтрин Кемпбелл. Венчурный бизнес: новые подходы. Перевод с английского Д. Липинского. М., «Альпина Бизнес Букс», 2008. – 428 с.

## **3.2. Інформаційні технології та програмне забезпечення інформаційного бізнесу**

### *3.2.1. Роль інформаційних технологій в бізнес-процесах*

Глобалізація економічної діяльності та посилення конкурентної боротьби вимагають від підприємств збільшення ефективності своєї діяльності. Зрозуміло, що інформаційні технології (ІТ) відіграють вирішальну роль у формуванні майбутнього компанії, завдяки своєму внеску в діяльність компанії та її розвиток, використовуючи можливості нових технологій.

У сучасних умовах ІТ з чистого інструменту науки перетворилися на галузь економіки, що охоплює всі інші галузі економіки, освіти та соціальної сфери. Розрізняють три основних періоди історії, що характеризують використання інформаційних технологій для бізнес-цілей та відносини між цими двома сферами в організації.

*Початковий період використання інформаційних систем (1950-1970).* Цей період характеризується зростанням підприємств до розмірів, при яких обсяг рутинної роботи стає настільки великим, що її можна було віддати на виконання дуже дорогому обладнанню, не побоюючись збитку від зробленої інвестиції. Адміністративні задачі та робота з розвитку вимагали великомасштабних обчислень – обробки даних. Лише найбагатші компанії могли дозволити собі купити суперкомп'ютер. Як правило, ним користувалися ІТ-інженери і вчені з надзвичайно високими зарплатами.

Вище керівництво підприємств майже нічого не знало про ІТ-проблеми. На спеціалістів ІТ покладалися сліпо як на вчених-експертів, оскільки використання обчислювальної техніки було складним для фахівців з інших областей. Вважається, що: ІТ – це інструмент для зниження витрат; управління на боці ІТ; комерційний персонал не бере участі в плануванні та перевірці робіт ІТ; ІТ пробачали будь-які експерименти.

Загалом, це період використання автономних програмних продуктів. Впровадження ІТ було дуже повільним і дорогим, а використання негнучким і недоступним як для внутрішніх так і зовнішніх клієнтів [1].

*Період перетворень бізнес -процесів (кінець 70х і 80 -і рр. ).* Розвиток персональних комп'ютерів, локальних мереж і реляційних баз даних дозволяє бізнесу наблизити до себе програмні продукти, хоча їх застосування в значній мірі залежало від обчислювальної потужності комп'ютерів. Це призвело до постійної потреби в оновленні апаратного і програмного забезпечення, що в свою чергу зробило управління ІТ дуже дорогим [2].

Таким чином, управління залишилося як і раніше під відповідальністю ІТ-фахівців, але ситуація швидко змінилася. На деяких підприємствах з'явилася явна необхідність реорганізувати свої процеси з метою підвищення якості продукції, скорочення часу виходу продукту на ринок та ін., що сприяє підвищенню конкурентоспроможності. Люди стали цікавитися, як ІТ-процеси відповідають бізнес-процесам, актуальним питанням стала продуктивність інвестицій, обслуговування клієнтів і додаткова вартість, створювана ІТ.

Основна мета ІТ перейшла від автоматизації бізнес-операцій до обслуговування всього бізнес-процесу. Поряд з цим змінився і статус ІТ – ІТ перетворилися на підрозділ постачальника послуг. Хоча розвиток ІТ здійснювався методом знизу вгору відповідно до поточних потреб, створення додатків все ще вимагало багато часу і це не визначалося стратегією організації.

Вважається, що: в ІТ-проектах фокус перетворюється з технологічного в комерційний; управління ІТ-проектами переходить поступово з рук ІТ-спеціалістів в руки бізнес-менеджерів.

*Період інтеграції підприємств (з 90 - х років ).* Технології розвинулися до рівня, на якому багато компаній створюють бізнес-модель на основі ІТ-систем. Особливо це характерно для фінансового сектору. Таким чином, ІТ стає вирішальною частиною і єдиний спосіб досягти успіху – це співпраця ІТ та бізнесу. Це висуває нові вимоги до ІТ-фахівців. Поряд з технічними знаннями і навичками, вони змушені набувати необхідних організації знань про обслуговування клієнтів і про економіку [3].

Інформаційна технологія набула статусу провайдера послуг, що вимагає ретельної інтеграції бізнес-планів та ІТ-планів, яка повинна базуватися на точному аналізі та плануванні. Нові можливості ІТ також є основою створення нових бізнес-ідей.

Характерними рисами цього періоду є: взаємні відносини ІТ та відділу бізнесу є відкритим і готовим до взаємного співробітництва; участь відділу бізнесу в розробці ІТ має вирішальне значення; фокус ІТ-проектів повністю визначається бізнес-потребами; управління ІТ-проектами є відкритим і направляється бізнесом.

Найважливішою особливістю є те, що більшість ІТ-розробок відбувається в проектних командах, що включають представників бізнесу та ІТ. Д

ля досягнення продуктивного рівня в цій роботі кожна організація повинна досягти його сама, через розвиток своїх процесів. Можна виділити кілька періодів у розвитку відношенні між ІТ та відділом бізнесу, але основу для їх розрізнення поклали роботи R.Nolan в 1973 році [4].

### *3.2.2. Основні сфери використання сучасних інформаційних технологій в економіці*

Будь-якому підприємству, установі, організації в процесі своєї діяльності доводиться постійно зіштовхуватися з великими потоками інформації: міжнародної, економічної, політичної, конкурентної, технологічної, ринкової, соціальної та ін. При цьому необхідно відібрати лише відповідаючу поставленим цілям інформацію. Якісна інформація робить дії фахівців різних областей економіки цілеспрямованими та ефективними і тому найважливіша роль належить ефективному використанню сучасних ІТ.

Мета функціонування інформаційної технології – виробництво за допомогою сучасної обчислювальної техніки інформації, призначеної для її аналізу людиною і прийняття на цій основі управлінських рішень.

До завдань інформаційної технології відносяться:

- збір даних або первинної інформації;
- обробка даних та отримання результатів інформації;
- передача результатів інформації користувачеві для прийняття на її основі рішень.

У сучасних умовах інформаційні технології мають стратегічне значення для розвитку суспільства в цілому. Це обумовлено наступними положеннями:

- ІТ дозволяють активізувати та ефективно використовувати інформаційні ресурси суспільства;
- ІТ дозволяють оптимізувати і в багатьох випадках автоматизувати інформаційні процеси;
- інформаційні процеси являються важливими елементами інших більш складних виробничих чи ж соціальних процесів;
- ІТ сьогодні грають винятково важливу роль у забезпеченні інформаційної взаємодії між людьми, а також у системах підготовки і поширення масової інформації;
- ІТ займають сьогодні центральне місце в процесі інтелектуалізації суспільства, розвитку його системи освіти і культури;
- ІТ грають в даний час ключову роль також і в процесах отримання та накопичення нових знань;
- принципово важливе для сучасного етапу розвитку суспільства значення розвитку ІТ полягає в тому, що їх використання може надати суттєву допомогу у вирішенні проблем пов'язаних з необхідністю подолання пережитого світовим співтовариством глобальної кризи цивілізації.

Сучасна ІТ не може існувати окремо від базової інформаційної технології, під якою розуміють апаратні засоби, призначені для



організації процесу переробки даних, а також апаратні засоби, призначені для організації зв'язку і передачі даних.

З появою комп'ютерів у фахівців, зайнятих у найрізноманітніших предметних областях (банківській, страховій, бухгалтерській, статистичній і ін.), з'явилася можливість використовувати інформаційні технології. У зв'язку з цим виникла необхідність у визначенні поняття традиційної (що властива тій чи іншій предметній області) технології перетворення вихідної інформації в необхідну результативну. Таким чином, з'явилася поняття предметної технології. [5].

Під предметною технологією розуміється послідовність технологічних етапів з перетворення первинної інформації в результативну у певній предметній області, незалежно від використання засобів обчислювальної техніки та інформаційної технології. ІТ можуть істотно відрізнитися в різних предметних областях та комп'ютерних середовищах. Виділяють такі поняття як забезпечуючі та функціональні технології.

*Забезпечуючі інформаційні технології* – це технології обробки інформації, що вириваються як інструментарій у різних предметних областях для вирішення різних задач. Вони можуть базуватися на зовсім різних платформах. Це пов'язано з наявністю різних обчислювальних і технологічних середовищ. Тому при їх об'єднанні на основі предметної технології виникає проблема системної інтеграції, яка полягає в необхідності приведення різних ІТ до єдиного стандартного інтерфейсу.

*Функціональна інформаційна технологія* це така модифікація забезпечуючих інформаційних технологій, при якій реалізується будь-яка з предметних технологій. Таким чином, функціональна інформаційна технологія являється готовим програмним продуктом (або його частиною), що призначений для автоматизації розв'язання задач у певній предметній області і заданому технічному середовищі.

Перетворення забезпечуючої інформаційної технології в функціональну може бути виконане не тільки фахівцем-розробником систем, але і самим користувачем. Це залежить від кваліфікації користувача і від складності необхідної модифікації.

Залежно від виду оброблюваної інформації, ІТ можуть бути орієнтовані на:

- обробку даних (наприклад, системи управління базами даних, електронні таблиці, алгоритмічні мови, системи програмування і т. д.);
- обробку текстової інформації (наприклад, текстові процесори, гіпертекстові системи і т. д.);
- обробку графіки (наприклад, засоби для роботи з растровою графікою, засоби для роботи з векторною графікою);

- обробку анімації, відеозображення, звуку (інструментарій для створення мультимедійних додатків);

- обробку знань (експертні системи).

Слід пам'ятати, що сучасні ІТ можуть утворювати інтегровані системи, що включають обробку різних видів інформації. Технологія обробки інформації на комп'ютері може полягати в заздалегідь визначеній послідовності операцій і не вимагати втручання користувача в процес обробки (пакетний режим обробки). При цьому економічні задачі, що розв'язуються в пакетному режимі, мають такі властивості:

- алгоритм розв'язання задачі повністю формалізований і процес її розв'язання не вимагає втручання людини;

- є великий обсяг вхідних та вихідних даних, значна частина яких зберігається на магнітних носіях;

- розрахунок виконується для більшості записів вхідних файлів;

- розв'язання задачі вимагає значного часу, що обумовлено великими обсягами даних;

- жорсткий регламент обробки інформації тобто завдання вирішуються із заданою періодичністю.

У випадку, коли необхідна безпосередня взаємодія користувача з комп'ютером, під час якої на кожну свою дію користувач отримує негайну реакцію комп'ютера, використовується діалоговий режим обробки інформації. Діалоговий режим є не альтернативою пакетному, а його розвитком. Якщо застосування пакетного режиму дозволяє зменшити втручання користувача в процес розв'язання поставленої задачі, то діалоговий режим передбачає відсутність жорстко закріпленої послідовності операцій обробки даних.

При впровадженні сучасних ІТ в організації переслідуються дві взаємозалежні цілі: скорочення витрат в організації; збільшення віддачі, підвищення продуктивності. Метою ІТ, яка використовується в економіці та управлінні бізнесом, є задоволення інформаційних потреб усіх без винятку співробітників фірми, що мають справу з прийняттям рішень. Ця технологія орієнтована на роботу в середовищі інформаційної системи управління.

Інформаційні системи управління ідеально підходять для задоволення подібних інформаційних потреб працівників різноманітних функціональних підсистем (підрозділів) або рівнів керування фірмою. Інформація, що формується такими системами, містить відомості про минуле, теперішнє і ймовірне майбутнє фірми. Ця інформація має вигляд регулярних або спеціальних управлінських звітів.

Таким чином, необхідність і актуальність автоматизації інформаційних процесів в економіці полягає в наступному:

- своєчасне інформаційне обслуговування товарних і фінансових ринків;
- зростання потреби в розробках автоматизованих систем обробки інформації та управління;
- диференціюється і підвищується кількість і якість інформаційної продукції;
- змінюються погляди і підходи до оцінки ролі інформації в сучасному суспільстві;
- підвищуються вимоги до змісту і форм представлення даних;
- скорочується час між вчиненням господарських операцій та їх інформаційним відображенням, необхідним для прийняття рішень;
- прискорені темпи розвитку самої галузі інформатизації у світовому економічному просторі;
- перетворення діяльності з розробки та впровадження програмних технологій в один з видів бізнесу;
- доступність обчислювальної техніки і програмного забезпечення як товару внутрішнього комп'ютерного ринку.

Але жодна корпоративна інформаційна система (КІС) не може повноцінно автоматизувати абсолютно всі види робіт компанії. Тому на практиці, часто нові функції і види діяльності реалізуються у вигляді окремих спеціалізованих програмних продуктів. Ці спеціалізовані системи можуть інтегруватися з КІС допомогою програмних шлюзів і інтерфейсів в єдину систему.

### *3.2.3. Спеціалізовані інформаційні системи*

– Розглянемо деякі спеціалізовані інформаційні системи та надамо їм коротку характеристику.

#### *Системи автоматизації офісних робіт*

Серед них згадаємо системи, що дозволяють виконувати на робочих місцях основні види офісних робіт. Це системи Microsoft Office, Open Office, Star Office компанії Sun Microsystems, IBM Lotus Symphony, Corel WordPerfect Office X3 та інші.

Пакет Microsoft Office дозволяє виконання всіх видів офісних робіт, включаючи організацію спільної роботи та документообігу та містить наступні клієнтські програми для офісної роботи:

- Microsoft Office Word – підготовка текстових документів різноманітної складності;
- Microsoft Office Excel – таблицна обробка даних, включаючи математичні розрахунки і роботу зі зведеними даними з баз даних;
- Microsoft Office PowerPoint – підготовка електронних презентацій;
- Microsoft Office Access – розробка додатків з базами даних;

- Microsoft Office Outlook – поштовий клієнт;
- Microsoft Office OneNote – записна книжка, яка допомагає зберігати та упорядковувати інформацію будь -якого типу;
- Microsoft Office InfoPath – клієнтська програма розробки форм і налаштування інтерфейсу для ефективного збору, спільного і повторного використання та обробки даних;
- Microsoft Office Groove – клієнтська програма спільної роботи в єдиному груповому середовищі, в т.ч. в автономному режимі;
- Microsoft Office Publisher – программа підготовки матеріалів та публікації наочними засобами;
- Microsoft Office Visio – программа візуального документування та представлення складної інформації, систем, процесів;
- Microsoft Office Project – клієнтська програма календарного планування та управління проектами;
- Microsoft Office SharePoint Designer – программа розробки web-сторінок інтрамережі з підтримкою процесів документообігу в корпоративній інтрамережі;
- Microsoft Office Communicator – программа обміну миттєвими повідомленнями, а також проведення голосової та відеобесіди;
- додатки для сканування і обробка зображень Document Scanning, Document Imaging, Picture Manager.

Для підтримки корпоративної інфраструктури пакети Microsoft Office включають також серверні продукти :

- Project Server – для управління декількома корпоративними проектами;
- Forms Server – для поширення в корпоративній мережі і в Інтернеті форм, розроблених за допомогою InfoPath;
- Groove Server – для управління обліковими записами, синхронізації і управління робочими просторами клієнтів Groove;
- SharePoint Server – для спільної роботи над документами та взаємодії, інтеграції настільних додатків і браузерів.

Отримав поширення безкоштовний офісний пакет OpenOffice (розробка Sun Microsystems , [www.openoffice.org](http://www.openoffice.org) ). Він підтримує формати файлів Microsoft Office та включає п'ять основних офісних програм:

- Writer – текстовий візуальний редактор, аналог Word;
- Calc – електронна таблиця, аналог Excel;
- Impress – підготовка презентацій, аналог PowerPoint;
- Draw – векторний графічний редактор з функціями CorelDraw;
- Base – пакет для роботи із зовнішніми базами даних і з власною базою HSQL, аналог Access;

– Math – редактор математичних формул.

До переваг використання OpenOffice можна віднести[6]:

– повнофункціональність і відсутність ліцензійної плати;

– сумісність з основними форматами Microsoft Office;

– можливість експорту в PDF, Flash та інші формати;

– межплатформенність – працює в системах Windows, Linux, Mac OS X, Sun Solaris.

В даний час досить широко поширені онлайн-сервіси, що надають широкий спектр офісних інструментів, служб для колективної роботи та інших web-додатків. Найбільш вражаючі продукти - безкоштовні Microsoft Office Web, Google Docs, Google Sites, Google Blogger, Google YouTube, Google Mail, Acrobat.com, браузер Opera Unite, платні Google Apps, WebEx Cisco та ін. Спробувати роботу зі всіма сервісами Google та оцінити її зручність, можна завівши собі поштову скриньку на Google Gmail ( [www.google.ru](http://www.google.ru) ). Отримані логін і пароль будуть Вашим акаунтом на всі сервіси Google.

#### *Системи електронного документообігу ( СЕД )*

Основне призначення систем документообігу полягає в організації руху документів, діловодства, забезпечення виконавської дисципліни та управління, а саме:

– реєстрація, зберігання електронного архіву документів;

– оперативний доступ до документів і підготовка звітів;

– планування і контроль виконання завдань і документів;

– маршрутизація, обробка, узгодження документів та прийняття рішень.

Сучасні СЕД дозволяють відстежити рух документів на будь-якому етапі, повністю виключити простої в узгодженні та русі документів, виявити надлишкові функції і роботи. Кожна СЕД будується на наступних принципах документообігу:

– електронний архів, коли документообіг орієнтований на ефективне збереження і пошук інформації;

– засоби workflow – потоку робіт. Рухаючись за маршрутом, документи можуть змінюватися на місцях, тим самим можна організувати узгоджене виконання робіт по етапах;

– засоби управління, адміністрування та рольового принципу обробки інформації;

– співробітники в рамках своїх повноважень колективно створюють документи, призначають маршрути, готують і приймають рішення, виконують або контролюють їх виконання;

– засоби collaboration – спільної роботи. Тут немає заданого потоку робіт, немає ієрархії організації та етапів робіт, а є сервіси для публікації, обговорення, пошуку документів, організації віртуальних зустрічей.

У СЕД можуть включатися елементи корпоративних систем, такі як планування основної діяльності компанії, облік фінансово-господарської діяльності, формування документів бухгалтерської й фінансової звітності, обслуговування різних інформаційних потоків і т.д. СЕД можуть інтегруватися з системами управління проектами, управління клієнтами. Серед найбільш відомих слід назвати такі СЕД як DocsVision, Directum, LanDocs, PayDocs, Optima workflow та ін. З досить докладним оглядом СЕД можна ознайомитися на порталі [www.edms.su](http://www.edms.su), а також на сайтах [www.docsvision.com](http://www.docsvision.com), [www.documentum.ru](http://www.documentum.ru), [www.paydox.ru](http://www.paydox.ru).

Набувають поширення системи документообігу, вбудовані у внутрішні корпоративні портали (наприклад, Microsoft SharePoint).

### *Системи бізнес-моделювання та CASE-системи*

Опису і моделюванню бізнес-процесів зазвичай переслідують цілі:

- вдосконалення діяльності підприємства за допомогою «програвання» моделей, розрахунку вартісних та інших показників, оптимізації процесів;

- регламентація діяльності підприємства;

- впровадження інформаційної системи;

- сертифікацію підприємства за стандартами якості ISO та ін.

До систем бізнес-моделювання, в першу чергу, відносять продукти сімейства ARIS компанії IDS Scheer AG. Інший різновид систем моделювання – CASE-системи. Вони призначені для проектування автоматичних та автоматизованих систем управління «з нуля» через побудову моделі та її трансформації в програмний код. Так будуються програмні системи управління складними технічними, економічними об'єктами, об'єктами іншої природи. Найбільш поширена CASE-система це Rational Rose компанії Rational Software Corporation.

До змішаних систем відноситься пакет AllFusion Modeling Suite компанії Computer Associates, який складається з двох основних програм :

- BPwin – для побудови функціональної моделі технічного об'єкта або підприємства, аналізу та реорганізації бізнес-процесів;

- ERwin – для проектування моделі бази даних ІС допомогою двобічної зв'язку з функціональною моделлю BPwin і далі генерація коду програми на одній з мов програмування.

Зазначені системи використовують графічну форму опису моделей бізнес-процесів (у деяких випадках табличну і текстову форми) з дотриманням єдиної методології.

Стандартизована методологія закріплює основні рівні моделювання, типи моделей, нотації, типи зв'язків і т.д. Це дозволяє

однозначно «читати» моделі різних спеціалістів, використовувати механізми перетворення моделей, інтерфейси між моделями та ін.

Поширеним інструментом опису бізнес-процесів є Microsoft Visio. Його інструментів в багатьох випадках буває досить для первинного опису і виявлення проблем. У деяких випадках використовують Microsoft Word, Excel і навіть PowerPoint.

### *Системи аналізу даних OLAP*

Корпоративні бази та сховища даних ( Data Warehouse ) зазвичай містять накопичені дані за кілька років. Їх цінність для підприємства висока. Системи OLAP (OnLine Analytical Processing) дозволяють організувати ці дані у вигляді багатовимірних кубів даних, забезпечити швидку обробку складних запитів до кубів даних і представити дані для аналізу в різних зрізах. Добре відомі OLAP-системи Microsoft Analysis Services (частина SQL Server ), Oracle OLAP, SAP BW, Brio та інші. Поширеним клієнтом OLAP є електронна таблиця Microsoft Excel, яка за допомогою зведених таблиць дозволяє вибирати і будувати наочні багатовимірні зрізи даних.

Досить поширеною є і система аналізу даних QlikView [7]. Вона дозволяє вибирати і об'єднувати дані одночасно з різних джерел, володіє потужними зображувальними засобами, і скоріше відноситься до систем Business Intelligence (BI).

### *Системи вилучення та інтелектуального аналізу даних*

Здобута з накопичених в базах даних інформація може використовуватися для аналізу ризиків, стратегічного планування та прогнозування. На відміну від «чистих» OLAP-систем, що дозволяють вибрати дані для аналізу в різних зрізах, системи Data Mining беруть на себе також пошук і виявлення тенденцій, взаємозв'язків, закономірностей, кореляцій, аж до формулювання незвичайних гіпотез і нетривіальних знань для прийняття рішень, використовуючи математичні та статистичні алгоритми. Тому вони відносяться до класу систем інтелектуального аналізу даних BI. Основні виробники: Oracle, Hyperion, SAS, Microsoft, PeopleSoft, IBM (системи Business Objects, Cognos, Information Builders та ін.).

В основі більшості інструментів Data Mining лежать технології машинного навчання і візуального представлення інформації. Машинне навчання, подібно експертним системам, припускає використання складних методів і алгоритмів: дерев рішень, асоціативних правил, нейронних мереж, генетичних алгоритмів та кластерного аналізу [8].

Експертна система (ЕС ) – система штучного інтелекту, що включає знання про певну слабо структуровану предметну область, що важко формалізується, і здатна пропонувати і пояснювати користувачеві розумні рішення. ЕС складається з бази знань,

механізму логічного висновку і підсистеми пояснень. Вважається, що кваліфікація користувача ЕС може бути недостатньо високою, і тому він потребує допомоги та підтримки своєї діяльності з боку експертної системи.

Існує також клас систем підтримки прийняття рішень (СППР) – DSS-системи (Decision Support Systems). Сучасні СППР максимально пристосовані для вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності, що характеризуються неструктурованістю, слабкою структурованістю, багатокритеріальністю. Прикладом успішної DSS-системи може служити Autonomy ([www.autonomy.com](http://www.autonomy.com), [www.poisk-it.ru](http://www.poisk-it.ru)), що базується на технології обробки неструктурованих даних IDOL. Обсяг «неструктурованих» даних, таких як документи, електронні листи, телефонні розмови, фотографії, збільшився – більше 80 % даних середньостатистичної компанії зараз є неструктурованими. Фірми, що мають можливість витягати «сенс» з цієї маси оцифрованої інформації, отримують велику конкурентну перевагу.

#### *Системи математичного та імітаційного моделювання економічних систем*

Використовуються для оцінки ситуації та прогнозування при виборі цілей, для генерування множини можливих варіантів рішень і вибору з них найкращого, імітації функціонування та прийняття рішень з різних аспектів управління. Для досліджуваної економічної системи будується досить складна математична модель. Прикладами моделей можуть бути модель діяльності підприємства в цілому, модель логістики і управління запасами, модель забезпечення якості продукції, модель контролю і управління технологічними процесами, модель масового обслуговування та ін.

При прийнятті рішень може застосовуватися великий арсенал методів прикладної математики:

- методи оптимізації (математичного програмування) – лінійне програмування, цілочисельне програмування, теорія графів і оптимізація і інші методи аналізу об'єктивних даних;
- ймовірно-статистичні методи для прогнозування і експертних оцінок – теорія ймовірностей, математична статистика;
- експертні методи – теорія вимірювань та експертних оцінок опитувань;
- імітаційне моделювання (математичне моделювання) – метод статистичних випробувань Монте-Карло, метод статистичного моделювання дозволяють «програти» модель для безлічі випробувань і отримати статистику для прийняття рішень;
- теорія ігор та аналізу конфліктних ситуацій;
- статистика об'єктів нечислової природи і т.д.



Завдання математичного моделювання спочатку вирішувалися написанням складних розрахункових програм на мовах програмування Fortran, PL/1, Cobol, C, GPSS. Їм на зміну прийшли системи математичного моделювання MatLAB з додатком SimuLink, Mathematica, Maple, MathCAD та ін. [9].

MatLAB – найбільш потужний пакет програм з вбудованим мовою програмування MatLAB і засобами візуалізації результатів, що дозволяє вирішувати різноманітні завдання математичної фізики, цифрової обробки сигналів та зображень, моделювання нелінійних динамічних систем, статистики, нейронних мереж і т.д. MatLAB доповнюється інструментом інтерактивного моделювання, імітації та аналізу динамічних систем SimuLink.

GPSS World (General Purpose Simulation System) – комплексне середовище дискретного і безперервного імітаційного моделювання з високим рівнем інтерактивності і візуального представлення інформації. Для блочного, функціонального, подієвого імітаційного моделювання об'єктів різної природи існують системи VisSim, 20-SIM, Dyloma, Model Vision Studium та ін.

#### *Системи статистичного аналізу даних*

Статистичний аналіз застосовується для аналізу механізму функціонування компаній, вирішення завдань прогнозування і, в результаті, для підтримки прийняття стратегічних рішень. Вихідні статистичні дані отримують шляхом вибіркового обстежень, опитувань, вибіркою з баз даних компаній.

Найбільш відомі інструменти статистичного аналізу наступні: Statgraphics, Systat, SPSS, SAS, Minitab, пакет STATISTICA компанії StatSoft. Для статистичного аналізу даних можуть використовуватися і засоби Microsoft Excel [9, 10, 11].

#### *Системи календарного планування та управління проектами*

Сучасну компанію, що паралельно виконує кілька проектів, важко уявити без інтегрованої системи управління проектами. Вона забезпечує облік і управління всім обсягом робіт за проектами і ресурсами компанії. Адже за проектами необхідно документувати і зберігати великий обсяг взаємопов'язаної інформації – результати, документи, знання, інструкції, процеси та ін. Це часто займає більше 50% робочого часу. І тільки на основі актуальної і доступної інформації можливе ефективне стратегічне і оперативне управління багатьма проектами, аналіз і пошук можливих шляхів оптимізації робіт, розподіл конкуруючих ресурсів, прийняття зважених рішень.

Зараз найбільше поширення отримали наступні інтегровані системи управління проектами:

– Spider Project – відносно легкий у навчанні та використанні. Він супроводжується консалтинговою компанією Технології

управління Спайдер. Поставляється в варіантах Professional і Lite ( [www.spiderproject.ru](http://www.spiderproject.ru) ) .

– Primavera Enterprise – призначений для управління проектами з дуже великим обсягом даних. Цілісна корпоративна система управління проектами будується як опис трьох пов'язаних структур - структури проектів компанії, організаційної структури та ієрархічної структури робіт. Вимагає адміністративного розгортання. Розробка компанії Primavera Systems, супроводжується підприємством ПМСОФТ ([www.pmssoft.ru](http://www.pmssoft.ru)) .

– Open Plan – розповсюджена у світі професійна система календарного планування, спільно з модулями Cobra і WelcomHome являється закінченою системою управління проектами. Система орієнтована на менеджерів проектів, що відповідають за кілька проектів, забезпечує консолідацію та узгодження даних по декількох проектах. Особливість системи - відкрита архітектура, що забезпечує інтеграцію або обмін даними з системами Primavera, SAP, Baan, Microsoft Project та ін. Поставляється в двох варіантах: Professional для корпоративного і Desktop для персонального застосування. Розробка компанії Welcom Software ([www.welcom.com](http://www.welcom.com) , [www.projectmanagement.ru](http://www.projectmanagement.ru), [www.sovnet.ru](http://www.sovnet.ru)).

– Microsoft Office Project – поширена програма календарного планування та управління проектами. Для ефективних комунікацій і спільної роботи, управління документами, запитами та ризиками в рамках реалізації проектів в компаніях використовується також продукти Microsoft SharePoint Services і Microsoft Office Project Web Access. Останній дозволяє учасникам проектів отримати доступ до проектної інформації через web -браузер Internet Explorer.

– Oracle Project – випускається як самостійний продукт або як модуль ERP-системи OEBS .

–

### *Інтернет –портали*

До Інтернет-порталів відносять web - сайти, на яких для зовнішніх користувачів реалізований деякий функціонал, сервіси, бізнес- логіка і інші канали комунікації. Інтернет- портал є «вікном», через яке клієнт отримує доступ до дозволених даних і може виконувати деякі операції. Прикладами можуть служити системи розміщення, відстеження та обробки замовлень і резервування, інтернет-магазини, системи дистанційного навчання, інформаційно-довідкові та пошукові системи, соціальні мережі, офісні онлайн-сервіси, інші web -додатки.

Множину різновидів порталних рішень можна класифікувати в такі групи: корпоративні портали, державні портали, інформаційно-пошукові портали, змішані портали, портали загального призначення та ін:

– інтранет-портали B2E ( business to employee ) створюють робоче середовище в компанії, вирішуючи управлінські та організаційні завдання, завдання інформування та координування групової роботи співробітників, управління їх робочим часом, надаючи корпоративні та аналітичні сервіси;

– портал B2B (business to business ) забезпечує компанії можливість комунікації і ведення справ з контрагентами – юридичними особами; основні функції – забезпечення і підтримка продажів, інформування клієнтів, контроль дистрибуції ;

– портали B2C (business to customer) вирішують завдання для масового ринку, дозволяють компаніям налагодити контакт з роздрібними покупцями, організувати збут і надання послуг. Наприклад, системи бронювання турів та продажу авіаквитків, інтернет-магазини, освітні та банківські послуги і т.д.;

– державні портали надають державні послуги громадянам, бізнес-структурам та обмінюються інформацією між собою;

– інші загальнодоступні портали можуть об'єднувати кілька тем і сервісів, орієнтовані на широку аудиторію.

*Онлайн-сервіси офісного призначення та колективної роботи*

Сьогодні здаються абсолютно звичайними поштові онлайн-сервіси, такі як mail.ru, yandex.ru, rambler.ru, yahoo.com, hotmail.com, gmail.com. Найбільш вражаючих успіхів домоглися компанії Google (www.google.com) і Microsoft (Office Web з базовою функціональністю Word, Excel, PowerPoint, OneNote ).

Зазначимо переваги таких онлайн-сервісів:

– вимагають лише наявності браузера та інтернет-підключення, а вся робота виконується у вікні браузера;

– безкоштовність, а також немає необхідності купувати будь-які інші ліцензійні програми;

– відсутність прив'язки до комп'ютера, доступ до даних з будь-якої точки планети;

– вся інформація зберігається і обробляється на web - серверах Google, звідти ж вона може розсилатися;

– достатньо можливостей невеликого нетбука або комунікатора для виходу в Інтернет.

Компанія Adobe пропонує схожі з Google англomовні сервіси під брендом Acrobat за адресою [www.adobe.com](http://www.adobe.com) .

Цікавим сервісом протилежного роду є можливості, надані браузером Opera Unite. На відміну від Google, де вся інформація зберігається на web - серверах, Opera Unite дозволяє зробити з Вашого «клієнтського» комп'ютера web-сервер, і безпосередньо, без онлайн-сервісів, ділитися своєю інформацією з друзями та знайомими, надаючи їм доступ до ресурсів свого комп'ютера. Перебуваючи поза домом, можна організувати доступ до свого комп'ютера самому собі. При цьому зовнішні користувачі Вашого

«клієнтського» комп'ютера можуть використовувати будь-який браузер. Завантажити Opera Unite можна з сайту [labs.opera.com](http://labs.opera.com) або [unite.opera.com](http://unite.opera.com).

### *Інформаційні технології управлінського консультування*

Починаючи з моменту створення організації і протягом всієї її діяльності, відбувається безперервний процес її розвитку. Настають етапи, коли вона стикається з проблемами підвищення ефективності своєї роботи. Джерелами проблем можуть бути бурхливе зростання, різка зміна навколишнього оточення, труднощі переходу в нову якість, реорганізація, злиття з іншими організаціями, поглинання та інші обставини.

Консалтинг – консультування з питань управління - це професійна допомога з боку зовнішніх та/або внутрішніх фахівців керівникам і управлінському персоналу організацій в аналізі та вирішенні проблем їх функціонування та розвитку [12].

На практиці для забезпечення максимальної ефективності процесів розвитку об'єднують зусилля внутрішнього і зовнішніх консультантів. Сформована з ключових кваліфікованих співробітників організації робоча група, очолювана внутрішнім консультантом, повинна стати ядром майбутніх змін, після виконання своїх завдань зовнішніми консультантами. Вона буде надалі підтримувати певний рівень організаційного розвитку, при періодичному спостереженні з боку зовнішніх консультантів.

У розвинених країнах світу консультативна діяльність вже давно перетворилася на індустрію з багато мільярдними оборотами. Міжнародні консалтингові компанії формують штат своїх співробітників з кращих випускників, кращих бізнес-шкіл світу і представників вищого менеджменту компаній, що йдуть у відставку.

Як правило, консалтингова допомога реалізується у вигляді консалтингових проектів. Проект зазвичай включає в себе діагностику організації, планування дій і вироблення рішень, впровадження вибраних рішень, завершення проекту і моніторинг реалізації впроваджених рекомендацій. Після того, як консалтинговий проект завершений, робота передається робочій групі на чолі з внутрішнім консультантом, а організація переходить в режим регулярного управління змінами.

Консалтинг вирішує широке коло питань управлінської, економічної, фінансової, інвестиційної діяльності організацій, стратегічного планування, оптимізації загального функціонування компанії, ведення бізнесу, дослідження та прогнозування ринків і т.д. Розв'язання задач консалтингу передбачає використання передових напрацювань, методик і практики управління, науково-технічних і організаційно - економічних інновацій при підготовці та

реалізації рішень проблем клієнта. Тому такий вид діяльності, безумовно, вимагає застосування всієї потужності існуючих інформаційних технологій:

- офісних та Інтернет-технологій;
- технологій управління проектами та підтримки проектної діяльності;
- технологій моделювання та аналізу діяльності і бізнес-процесів підприємства ;
- технологій статистичного та інтелектуального аналізу даних;
- технологій автоматизації різних ділянок діяльності підприємств, документообігу та ін.

Слід відзначити, що консалтингові проекти в більшості випадків вимагають автоматизації процесів управління, тобто впровадження або налаштування відповідних інформаційних систем. Суттєва ІТ-складова консалтингових проектів вимагає від фахівців з управлінського консультування відповідної підготовки в області суміжних інформаційних технологій.

### *3.2.4. Тенденції розвитку інформаційних систем*

Проаналізувавши дані про сучасний ІТ та програмного забезпечення можна говорити про наступні тенденції розвитку:

- комп'ютерна інформаційна система в майбутньому □ це поділена віртуальною мережею, інтегрована з системою Internet система, робота якої базується на стандартних інтерфейсах, що поєднують як програмні продукти для бізнесу, так і їх окремі компоненти, призначені для автономної роботи без підтримання зв'язку з глобальною мережею;

- системи управління великими компаніями, холдингами і корпораціями будуть базуватися на можливостях побудови віртуальних підприємств шляхом об'єднання бізнес-систем і компонентів, що функціонують в філіалах і окремих підприємствах під керівництвом системи управління логістичними ланцюгами;

- системи управління середніми компаніями будуть базуватися на можливості гнучкого управління замовленнями, підтримці повного життєвого циклу товарів (послуг), що виробляються, і можливості інтеграції в якості компонента в більш віртуальні підприємства.

#### Список джерел

1. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах [Текст]: навч. посібник / В.М. Гужва / — К.: КНЕУ, 2001. — 400 с.

2. Романов, А. Н. Информационные системы в экономике [Текст] : учебное пособие / А. Н. Романов, Б. Е. Одинцов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Вузовский учебник, 2008. – 411 с.

3. B. Dawn Medlin Skills crucial to the information technology professionals in the global business environment : an empirical study in the United States // International Journal of Human Resources Development and Management. – 2004. – Vol. 4, No 2 – P. 183-190.

4. Nolan, Richard Managing The Computer Resource: A Stage Hypotesis // Harvard Business Review. – 1973. – Vol. 16, No 4 – P. 399-405.

5. Давіла Тоні. Працююча інновація. Як управляти нею, вимірювати її та здобувати з неї вигоду : пер. с англ. / за наук. ред. Т.Ф. Козицької / Давіла Тоні, Епштейн Марк Дж., Шелтон Роберт. – Дніпропетровськ : Вид-во «Баланс-Бізнес-Бекс», 2007. – 320 с.

6. Обзор бесплатного офисного пакета OpenOffice.org 2.0 – Режим доступу: <http://www.ixbt.com/soft/openoffice-2.shtml>. – Заголовок з екрану.

7. Бизнес-аналитика (BI) нового поколения – Режим доступу: <http://www.fbconsult.ru/bi-tekhnologii/qlikview> – Заголовок з екрану.

8. Business intelligence - effective data mining & analysis – Режим доступу: <http://www.olap.ru>. – Заголовок з екрану.

9. Коробова М.В. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів / М. В. Коробова, І. М. Ляшенко, А. М. Столяр. – Тернопіль : «Навчальна книга – Богдан», 2006. – 304 с.

10. Цал-Цалко Ю.С. Статистичний аналіз фінансової звітності: теорія, практика та інтерпретація: Монографія / Ю.С. Цал-Цалко; Житомирський державний технологічний ун-т. - Ж., 2004. - 506 с.

11. Боровиков В. П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М., 1998. – 592 с.

12. Верба В.А. Організація консалтінгової діяльності В.А. Верба / – КНЕУ.-2009.-299 с.

### **3.3. Інформаційна система моніторингу економічно-управлінських процесів інноваційного кластеру**

Останнє десятиріччя в розвинених країнах спостерігається тенденція зростання галузей, що виробляють та розповсюджують знання, інновації та інформацію[1].

Нинішній виток науково-технічної революції, рушійною силою якого виступають саме інновації, знання та інформація і який відкриває дорогу постіндустріальному технологічному способу виробництва, тісно пов'язаний із соціально-економічною динамікою розвитку нового типу суспільства, який базується на знаннях та інформації й орієнтується на управління інноваціями. Зростання турбулентності, ускладненість прогнозованості подій в економічному середовищі на

макро- та мезорівнях вимагає перегляду та адаптації бізнес-моделей до існуючих умов[2, С.134]

Для інформаційної економіки, яка вирізняється технологічним способом виробництва, орієнтацією на корпоратизацію та кластеризацію, налагодження взаємодії між суб'єктами господарювання всіх рівнів, інноваційний підхід до управління стає невід'ємним атрибутом та потребою.

Як зазначають Сорвінов Б.В. та Баранов А.М. «... главную роль для экономики играет динамичное обновление хозяйственной деятельности, что становится возможным благодаря созданию интегрированных корпоративных структур нового поколения, объединяющих органы власти, финансовые, бизнес-структуры, научно-исследовательские центры и другие субъекты экономики с помощью информационных технологий в целях достижения эффекта синергии их взаимоотношений»[3, С.182].

В якості домінуючого та системоутворюючого суб'єкта сучасної економіки та інноваційних економічних відносин виступають транснаціональні інтегровані бізнес-групи, підприємницькі мережі, кластери[4].

*Аналіз інноваційного розвитку промисловості України [5] дозволив дійти висновку, що одним з механізмів, який здатний сприяти вирішенню проблеми інноваційного розвитку, виступає інноваційний кластер.*

Термін «інноваційні кластери» набув широкої популярності серед лідерів громадського та приватного секторів після появи проекту розвитку регіональних кластерів у США, що носив назву «Clusters of Innovation». Він добре відображає той факт, що компанії всього світу все частіше змушені конкурувати не тільки й не стільки за продуктивністю, скільки з точки зору здатності до інновацій [6].

Стійкий розвиток інноваційних кластерів значною мірою залежить від доступу до передових джерел наукових знань та технологій, можливості концентрації значних обсягів фінансових ресурсів, а також управлінських рішень щодо діяльності учасників угруповання.

Обґрунтування управлінських рішень - одне з актуальних завдань дослідження економічної діяльності в умовах динамічного розвитку ринкової економіки. Застосування моделювання у вивченні соціально-економічної діяльності та оцінки параметрів її реалізації є способом дослідження та методом розв'язання економічних проблем.

Ще чекає свого часу процес універсалізації алгоритму окремих послідовних стадій (етапів) підготовки, прийняття та реалізації управлінських рішень усередині кластерів [7].

Це в свою чергу потребує обґрунтування системи відповідних інструментів (методів, методик, показників) та розробки інформаційної моделі економічної діяльності кластерного угруповання.

Під інформаційною моделлю (схемою) економічної діяльності кластеру розуміється «некоторое целенаправленное формализованное отображение существующей системы экономической информации с дополнением определенных элементов, характеризующих систему управления и управляемый объект» (в нашому випадку – інноваційний кластер) [8].

Методологічною основою агрегування інформації виробничих процесів інноваційного кластеру виступає процесний підхід, який розглядає всю діяльність учасників кластеру, як сукупність процесів, що забезпечують виробництво кінцевого продукту, який задовольняє клієнта, тобто досягнення результативності всієї системи в цілому.

Інноваційний кластер, до складу якого входить мережа дослідницьких інститутів, бюро, освітніх установ, виробників, постачальників тощо, взаємопов'язаних в процесі створення інноваційної продукції, надає в різні інстанції значний потік економічної інформації, під час неконструктивної.

При цьому інформаційний обмін між учасниками кластеру, розробка інформаційного забезпечення всіх його процесів, виступають важливим механізмом забезпечення ефективної взаємодії всіх суб'єктів кластеру в процесі досягнення його економічних цілей, дозволяє здійснювати їх моніторинг в процесі виробництва кінцевого продукту, отримувати інформацію щодо діяльності кожного учасника кластеру.

Результатом інформаційного моделювання виступає [8] високорівневе формалізоване уявлення сутності виробничих процесів інноваційного кластеру, ідентифіковане через значимі показники (в якісній або кількісній формі) процесу та метод створення набору відношень із заданими властивостями на основі встановлених до них вимог.

На сьогодні в методології сучасного моделювання бізнес-процесів інноваційних кластерів не розроблено єдиного підходу і кожен з дослідників, базуючись на кінцевому результаті моделювання, розробляє власну модель, відмічаючи суттєві для себе особливості предметної області, використовуючи і обґрунтовуючи конкретні нотації і стандарти моделювання – ER (Entity Relationship), ODL (Object Definition Language), UML (Unified Modeling Language), IDEF (Integratoin Definition for Information Modeling), DFD (Data Flow Diagrams) та інші.



Цель моделювання – оптимальне структурування інформації та інформаційних потоків інноваційного кластеру для створення автоматизованої системи моніторингу.

Проаналізувавши існуючі підходи та тенденції, Нігмедзянова Є.С. [8] запропонувала декілька моделей, які на різних рівнях деталізації описують процеси функціонування суб'єктів промислового кластера і послідовність етапів інформаційного моделювання.

Використовуючи розробки [8] до інформаційного моделювання системи моніторингу процесів промислового кластеру, пропонуємо наступну послідовність етапів інформаційного моделювання системи моніторингу процесів інноваційного кластеру (рис.1).



Рис.1. Послідовність етапів інформаційного моделювання системи моніторингу процесів інноваційного кластеру

В межах першого етапу (див. рис.1) та аналізу процесів функціонування інноваційного кластеру визначаються основні процеси у відповідності до характеру діяльності учасників кластерного угруповання, а саме,

- процес розробки та апробації наукомістких технологій виробництва (інноваційних ідей),
- процес постачання ресурсів (трудових, матеріально-технічних, сировинних тощо) для виробництва інноваційної продукції,
- процес реалізації інноваційної ідеї у виробництві,
- процес виробництва інноваційної продукції,
- процес збуту інноваційної продукції.

У відповідності до другого етапу моделювання здійснюється побудова короткої моделі виробничих процесів інноваційного кластеру, тобто описуються елементи та взаємозв'язки суб'єктів господарювання-реальних та потенційних учасників інноваційного кластеру, які характеризуються видами кінцевої продукції і інтеграцією процесів виробництва та постачання, процесу збуту та процесу «науки та освіти».

Даний підхід використовується для створення «базової моделі» складних систем у вигляді системного метакортежу – потенційно нескінченного сімейства окремих кортежей, елементами якого виступають виокремлені процеси, їх елементний склад та міжелементні зв'язки.

Для визначення та знаходження параметрів виробничих процесів інноваційного кластеру (етап 3) всі показники процесів на основі ранжування поділяються на категорії за ступенем впливу на кінцевий результат, будується рейтинг об'єктів за убаванням значимості показника. Оскільки обрані процеси функціонування кластеру являють собою послідовність операцій, які перетворюють вхідні інформаційні або матеріальні потоки, то оцінці піддається результат кожного процесу і вклад кожного з факторів в цей результат. На підставі експертного ранжирування виявляються ранги кожної з позиції параметрів процесів кластера і розраховуються коефіцієнти, що демонструють цільові (максимально можливі) і поточні значення показників процесів для отримання інформації про реалізацію виробничих процесів інноваційного кластера.

На 4 етапі будується інфологічна модель кластера, яка являє собою формалізований логічний опис процесів функціонування суб'єктів кластера через сукупність інформаційних потоків між ними. Така модель служить базою формування системи моніторингу діяльності кластера, визначаючи семантику предметної області, ієрархію інформаційних зв'язків процесів, параметри і показники оцінки ефективності функціонування. Для представлення інформації

в ER- моделі регіонального інноваційного кластера конструктивними елементами служать сутність, атрибути і зв'язки, причому кожен компонент інформації відображається в моделі одним і тільки одним конструктивним елементом - суттю[8]

Специфіка галузі інноваційного кластера враховується при ідентифікації параметрів інфологічної моделі. Данні, що описують процеси кластера поступають з бухгалтерської звітності, нормативної документації і звітів суб'єктів кластера.

На останньому етапі інформаційного моделювання здійснюється розробка і реалізація автоматизованої системи моніторингу процесів інноваційного кластера на основі інфологічної моделі. Система моніторингу економічного кластера включає базу знань і базу даних(побудовану на основі моделі кортежу), систему показників і методи їх оцінки, розрахунок і виведення результатів моніторингу на основі призначених для користувача запитів. Процес об'єднання представлень полягає в інтеграції різних представлень, отриманих на попередній стадії, в єдине для усієї організації концептуальне представлення інформації і вимог обробки даних.

Жигалкевич Ж.М. пропонує для інноваційних кластерів застосовувати *логіко-структурне моделювання*, яке ґрунтується на розумінні понять: «модель», «зв'язки», «структура» [9].

Логіко-структурна модель інноваційно-технологічного кластера, як і будь-яка інтегрована система, складається з різноякісних взаємопов'язаних, взаємозалежних та взаємодоповнюючих елементів. Це зумовлює необхідність розчленування всієї сукупності елементів кластера на складові компоненти[9].

Компонентна належність, або галузева приналежність, в кластерних утвореннях характеризуються спеціалізацією (концентрація навколо конкретної сфери діяльності) та множинністю економічних агентів (об'єднання суб'єктів різних сфер діяльності) [10].

При розробці науково-методичних основ створення інноваційно-технологічних кластерів Жигалкевич Ж.М. пропонує враховувати більш детальне зазначення компонент: 1) виробничу; 2)інноваційну; 3) технологічну; 4) ресурсну; 5) партнерську; 6) комерційну; 7) управління; 8) підготовки кадрів.

Виділення такої кількості компонент дає можливість детальніше і чіткіше характеризувати функціональну взаємодію в самому кластері.

Кластерні утворення характеризуються складними внутрішніми та зовнішніми зв'язками, а також відносно динамічною структурою.

Різноманітні внутрішні зв'язки в рамках кластера зводяться до кількох типів[10]:

1. Зв'язки загальноєкономічного характеру. Вони виникають між виробництвами в результаті спільності обслуговуючих та інших виробництв і елементів непромислової сфери. Загальні основи їх: територія, транспортні мережі, енергетика, раціональне використання ресурсів.

2. Зв'язки виробничо-економічного характеру серед яких можна виділити:

- виробничо-технологічні, існуючі між виробництвами, які уявляють собою послідовні стадії переробки сировини або комплексного її використання. Також між основними, допоміжними та обслуговуючими виробництвами;

- виробничі, існуючі між окремим підприємствами по лінії поставок матеріалів і устаткування, тобто які виникають між суміжними виробництвами.

Знання структури та зв'язків кластера — це знання закону, за яким утворюються елементи системи та взаємовідношення між ними. Явище вважається збагнутим, якщо знайдена його цілісність через структуру і взаємозв'язки елементів [11, С.12].

Структурою можна назвати мережу зв'язків між елементами системи, тим самим конкретизуючи поняття внутрішньої будови. У функціональній структурі кластера взаємодіючі підприємства постають як її елементарні частки, які групуються в функціональні ланки – елементарні та агреговані.

Перші являють собою сукупність не пов'язаних або слабо пов'язаних взаємодіючих виробництв з однотипною функціональною значимістю.

Другі – представляють систему взаємопов'язаних виробництв. Отже, кластерні утворення взаємодіючих підприємств, будучи достатньо цілісними утвореннями, можуть піддаватися структурному аналізу – галузевому та функціональному.

Таким чином, шляхом інформаційного моделювання, використання інфологічної моделі и системи автоматизованого моніторингу забезпечується:

1) можливість представлення учасників інноваційного кластеру з позиції інформаційних потреб зацікавлених сторін різного рівня;

2) забезпечення узгодженості між учасниками кластеру та процесами під час функціонування інноваційного кластеру шляхом інформаційного обміну;

3) можливість прямого впровадження інформаційної моделі в автоматизовану систему управління інноваційного кластеру як структури, що управляє.

Логіко-структурна модель інноваційного кластера дає можливість враховувати більш детально зазначення виробничої, інноваційної, технологічної, ресурсної, партнерської, комерційної,

управлінської компонент, що дозволяє характеризувати функціональну взаємодію в самому кластері.

#### Список джерел

1. Фіц Д. Основні етапи розвитку теорії інновацій та інноваційної політики Євросоюзу /Д.Фіц, І.В.Вишнякова/ Інноваційно-інвестиційна діяльність як чинник стабілізації економіки держави та регіонів: [колективна монографія у 2 т. / за ред. А. В. Череп]. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2010. – Т. 1. –С.201-212
2. Антонюк Л.Л.Інновації: теорія, механізм розробки і комерціалізації[монографія]/Антонюк Л.Л., Поручник А.М., Савчук В.С.-К.:КНЕУ, 2003.-394с.
3. Сорвиров Б.В. Формирование и развитие информационных форм кластерного взаимодействия в современной экономике/ Б.В.Сорвиров, А.М.Баранов//Механизм регулирования экономики.-2009.-№2.-С.182-196
4. Вишнякова І.В. Інноваційний кластер: сутність, притаманні ефекти, принципи формування та методика оцінки взаємодії учасників/ І.В.Вишнякова/ Інноваційно-інвестиційні, ресурсні та управлінські складові розвитку підприємств-учасників інтеграційних об'єднань: міжнародна колективна монографія/ під заг. ред. К.Ф.Ковальчука. — Донецьк: ЛАНДОН-ХХІ, 2013.—505с. (українською та російською мовами), С.176-185
5. Вишнякова І.В. Проблемы развития инновационной системы Украины /Сборник трудов института экономики и управления . Выпуск X, Таллин: Институт экономики и управления, 2010.-С.19-25
6. Варяниченко О.В. Формування інноваційних кластерів в Україні як інструмент розвитку конкурентоздатності /О.В.Варяниченко// Науковий вісник НГУ.-2011.-№3.-С.118-121
7. Вишнякова І.В. Інформаційно-методичний інструментарій оцінки соціально-економічного розвитку регіонів/ І.В.Вишнякова/ Інформаційні складові сучасних підходів до управління економікою: міжнародна колективна монографія/ під заг.ред.Л.М.Савчук.-Донецьк:ЛАНДОН-ХХІ,2013.-414с.,С.331-341
8. Нигмедзянова Е.С. Алгоритм информационного моделирования производственных процессов промышленного кластера / Е.С.Нигмедзянова// Управление экономическими системами. Электронный научный журнал.-№8.-2011.-Режим доступа:<http://www.uecs.ru/uecs-32-322011/item/572-2011-08-20-15-59-50>
9. Жигалкевич Ж.М. Логіко-структурне моделювання інноваційно-технологічних кластерів /WEB-ресурс научно-практических конференцій/[Електронний ресурс].-джерело доступу: [http://www.confcontact.com/20101224/1\\_zhigal.php](http://www.confcontact.com/20101224/1_zhigal.php)
10. Жигалкевич Ж.М. Кластеризация взаимодействующих промышленных предприятий/ Ж.М.Жигалкевич // Проблемы системного подхода в экономике. Электронне фахове наукове видання. – 2010.–№ 2. /Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/PSPE/index.html/>

11. Стеченко Д.М. Науково-інформаційне забезпечення створення регіональних курортно – рекреаційних кластерів [Текст] / Д.М. Стеченко, В.Б.Провозін// Матеріали доповідей учасників другої науково-практичної конференції «Інформаційні технології в управлінні туристичною та курортно-рекреаційною економікою» (15-16 вересня 2006 року, Бердянськ) – Бердянськ: АУІТ «АІУ», 2006. – С.10-15.

### **3.4. Метод комплексной диагностики уровня разрывов в формировании эффективного управления предприятием**

Развитие украинской экономики в кризисных условиях стала испытанием для большинства отечественных предприятий. Необходимость предотвращения негативного влияния макро- и микросреды на результативность деятельности предприятия с целью обеспечения эффективного развития актуализировала вопросы оценивания эффективности деятельности предприятия.

В литературе, посвященной проблемам обеспечения эффективного управления, представлены многочисленные модели его оценивания. Однако они не в полной мере способны придать процессу развития управленческой деятельности необходимую интегративность, что, в свою очередь, не позволяет эффективно использовать преимущества комплексности данного понятия. Указанные факторы обеспечивают данному исследованию актуальность и определяют его направленность на выработку методических основ и поиск направлений развития комплексного оценивания эффективности управления промышленными предприятиями.

Основные идеи анализа и оценивания эффективности деятельности предприятия основаны на разработках многих зарубежных и отечественных ученых, таких как М. Армстронг, И. Ансофф, К. Боумен, П. Друкер, Б. Карлофф, Б.В. Буркинский, В.В. Глущенко, В.В. Гончаров, А.А. Епифанов, С.Д. Ильенкова, М.Т. Круглова, С.Н. Козьменко, А.Е. Кузьмин, Ф.М. Русинов, Р.А. Фатхутдинов.

Потребности практики в разработке научных подходов к оцениванию эффективности управления социально-экономическими системами определяют целевую значимость данной монографии.

Часто при оценивании эффективности управления предприятием исследователи сталкиваются с ситуациями, когда

текущее состояние не соответствует плановым показателям, в этих случаях наиболее эффективным инструментом является анализ разрывов (гар-анализ).

Анализ разрывов — это комплексное аналитическое исследование, изучающее несоответствия, разрывы между текущим состоянием компании и желаемым. Этот анализ также дает возможность выделить проблемные зоны ("бутылочное горлышко"), препятствующие развитию, и оценить степень готовности предприятия к выполнению перехода от текущего состояния к желаемому.

Говоря о гар-анализе, его как правило, понимают как набор мероприятий, позволяющих делать выводы о несоответствии внутренней среды предприятия внешнему окружению или о внутренних несоответствиях. Это может быть, например, между планами руководства и пониманием исполнителей [1].

В связи с тем, что эффективность системы управления — это комплексное понятие, следовательно, предложено оценивать эффективность управления как интегральный показатель, в связи с чем авторами был разработан подход, приведенный ниже.

Результативность управленческих процессов глобальной системы управления может быть оценена через показатели работы локальных подсистем, которые определяются балльной оценкой по шкале от одного до 10 баллов. В соответствии с предлагаемой методикой оценки результативности управления классифицируются путем сравнения фактического уровня интегрированного балльного показателя с его предельным значением. Итоговая оценка дает общее представление о выполнении основных составных функций управления.

Комплексный учет показателей определяется интегральным коэффициентом эффективности управления  $K_{эф}$ . Направленность управленческой деятельности на выполнение функций, нацеленных на внутреннюю среду организации (внутренних функций), с учетом степени выполнения функций взаимодействия с внешней средой (внешних функций), описывается соотношением вида

$$K_{эф} = K_x \cdot K_{yi}, \quad (1)$$

где  $K_x$  — коэффициент эффективности выполнения внешних функций;

$K_{yi}$  — коэффициент эффективности выполнения внутренних

функций.

Коэффициенты  $K_x$  и  $K_{yi}$  являются комплексными и рассчитываются, соответственно, по таким формулам:

$$K_x = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i, \quad (2)$$

где  $\alpha_i$  – функциональная весомость  $i$ -й ( $i=1, 2, \dots, n$ ) из  $n$  внешних функций;

$x_i$  – функциональное соответствие выполнения  $i$ -й из  $n$  внешних функций;

$$K_{yi} = \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} y_{ij}, \quad (3)$$

где  $\beta_{ij}$  – функциональная весомость  $j$ -й ( $j=1, 2, \dots, m_i; i=1, 2, \dots, n$ ) из  $n$  внутренних функций;

$y_{ij}$  – функциональное соответствие выполнения  $j$ -й из  $m_i$  внутренних функций.

Следует отметить при этом, что коэффициенты функциональных весомостей внешних функций  $\alpha_i$  и внутренних функций  $\beta_{ij}$  описывают, соответственно, как внешне, так и внутренне полные структурные системы и в силу этого удовлетворяют условиям

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 1, \quad (5)$$

которые, в свою очередь, приводят к очевидному соотношению:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 1. \quad (6)$$

Таким образом, модель определения уровня эффективности управленческой деятельности имеет следующий вид:

$$K_{\text{эф}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} y_{ij}. \quad (7)$$



Приведенная модель (7) определения функционального соответствия управленческих процессов построена с учетом всего диапазона изменений, влияющих на управление показателей. При условии наиболее высокого (предельного) уровня функционального соответствия управленческих процессов по всем функциональным зонам

$$x_i = x^* = 10, y_{ij} = y^* = 10 \quad (8)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m_i)$$

составляющие модели, с учетом выражений (4) - (6), имеют такие предельные значения:

$$K_{y_i}^* = \lim_{y_{ij} \rightarrow y^*} \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} y_{ij} = \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} \left( \lim_{y_{ij} \rightarrow y^*} y_{ij} \right) =$$

$$= y^* \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 10 \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 10 \quad (9)$$

$$K_x^* = \lim_{x_i \rightarrow x^*} \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left( \lim_{x_i \rightarrow x^*} x_i \right) =$$

$$= x^* \sum_{i=1}^n \alpha_i = 10 \sum_{i=1}^n \alpha_i = 10 \quad (10)$$

Если соблюдаются условия, описываемые выражениями (9), (10), то достигается так называемый «идеальный конечный результат» функционального соответствия управленческих процессов:

$$K_{эф}^* = \lim_{x_i \rightarrow x^*} \lim_{y_{ij} \rightarrow y^*} \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} y_{ij} =$$

$$= \sum_{i=1}^n \alpha_i \left( \lim_{x_i \rightarrow x^*} x_i \right) \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} \left( \lim_{y_{ij} \rightarrow y^*} y_{ij} \right) =$$

$$= x^* y^* \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 10 \cdot 10 \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} = 100. \quad (11)$$

Диалектические процессы, которые происходят во внешней и внутренней средах системы бизнес-процессов организаций, приводят к тому, что высочайший уровень совершенства управленческих процессов в реальности достигнут быть не может.

Это вызвано постоянным изменением потребностей потребителей, которые требуют соответствующего изменения функций для их удовлетворения, а также процессами развития составных управленческих процессов в пределах организации, которые, в свою очередь, приводят к соответствующим изменениям в выполнении внутренних функций.

В то же время, учитывая невозможность достижения «идеального конечного результата», его теоретически возможное параметрическое значение может быть использовано для расчета величины интегрального разрыва эффективности системы управления, повышения эффективности управленческих процессов. Приведенные выше формулы дают возможность получить аналитические соотношения при вычислении разрывов повышения эффективности управленческих процессов внешних составляющих системы  $P_x$ , внутренних функций  $P_{yi}$  и всей глобальной системы

$P_{эф}$ .

Обозначая локальные составляющие разрывов для общей системы и каждой из подсистем соответственно, т.е.

$$\begin{aligned} u_i &= x^* - x_i = 10 - x_i, \\ v_{ij} &= y^* - y_{ij} = 10 - y_{ij} \end{aligned} \quad (12)$$

$(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m_i)$

получаем:

$$\begin{aligned} P_x &= \sum_{i=1}^n \alpha_i (K_x^* - u_i) = \sum_{i=1}^n K_x^* \alpha_i - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i = \\ &= K_x^* - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i = 10 - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i \end{aligned} \quad ; \quad (13)$$

$$\begin{aligned} P_{yi} &= \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} (K_{yi}^* - v_{ij}) = \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} K_{yi}^* - \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} = \\ &= K_{yi}^* - \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} = 10 - \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} \end{aligned} \quad ; \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{эф}} &= K_x^* K_{yi}^* - \sum_{i=1}^n \alpha_i (K_x^* - u_i) \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} (K_{yi}^* - v_{ij}) = \\
&= K_x^* K_{yi}^* - \left( K_x^* - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i \right) \left( K_{yi}^* - \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} \right) = \\
&= K_{yi}^* \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i + K_x^* \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} = \\
&= 10 \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i + 10 \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij} - \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} v_{ij}
\end{aligned} \tag{15}$$

При этом  $K_x^* = K_{yi}^* = 10$ ;  $K_{\text{эф}}^* = 100$ .

Целевые функции совершенствования управленческих процессов путем достижения наивысшего уровня функционального соответствия могут быть выражены как через коэффициенты эффективности, так и посредством понятия разрыва и имеют соответственно, вид  $K_x \rightarrow K_x^*$ ;  $K_{yi} \rightarrow K_{yi}^*$ ;  $K_{\text{эф}} \rightarrow K_{\text{эф}}^*$  или

$$P_x \rightarrow 0; P_{yi} \rightarrow 0; P_{\text{эф}} \rightarrow 0.$$

Значения функциональных весомостей  $\alpha_i$  и  $\beta_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m_i$ ) определяются экспертным путем в соответствии со значимостью конкретной области действия функций. Количество внешних функциональных показателей  $n$  определяется количеством формально установленных функциональных зон, включая те, которые фактически взаимодействуют с окружающей средой. Количество внутренних показателей  $m_1, m_2, \dots, m_n$  зависит от состава исследуемой организации и определяется по сферам затрат на управленческие функции, включая как формально установленные, так и реально существующие.

Показатели функциональной эффективности определяются в пределах от «0» до «1», они выполнены путем анализа каждой функциональной зоны организации индивидуально. При этом учитывается степень влияния функциональной зоны на конечные результаты хозяйствования, степень корреляционной связи между затратами и полученными показателями.

Предложенная математическая модель оценки

эффективности системы управления позволяет рассчитать интегральный коэффициент эффективности управленческого процесса в границах внешних и внутренних функций подсистем и всей глобальной системы и определить разрыв в его эффективности путем сопоставления полученного интегрального коэффициента, который соответствует «идеальному конечному результату» для внешних составляющих системы  $P_x$ , внутренних функций  $P_{yi}$  и всей глобальной системы  $P_{эф}$  организации. Полученную систему соотношений предлагается использовать в качестве обобщающего показателя для оценки и контроля эффективности организационного развития и управления организацией в целом [2].

Полученная линейная интегральная модель оценивания разрывов эффективности системы управления (15) не в полной мере отражает структуру и уровень затрат на преодоление текущих разрывов, потому как эмпирическое правило звучит, при преодолении разрыва и достижения «идеального конечного результата», а ресурсы, затраченные на мероприятия по его преодолению, возрастают в прогрессии. В этих случаях полезным инструментом визуализации структуры и оценивания нелинейности разрывов является метод радиальных метрических диаграмм (РМД). Данный метод позволяет не только повысить анализируемость разрывов в эффективности управления предприятием, но и сформулировать ряд новых операций на множестве метрик и характеристик. Одной из основных операций является получение интегральной оценки эффективности системы управления предприятием (11) и подхарактеристик модели в целом.

В общем случае РМД отображает набор из  $n$  метрик (характеристик) эффективности управления, в котором осуществляется оценивание одной из метрик (характеристик) более высокого уровня.

Иерархия радиальных метрических диаграмм соответствует иерархии оцениваемых критериев эффективности системы управления.

РМД нижнего уровня отображается в виде луча на РМД верхнего уровня.

Множество всех иерархически связанных РМД можно формально описать следующим образом:

$$HD = (MP^1, MP^2, \dots, MP^m), \quad (16)$$

где  $m$  - количество уровней структуры требований к эффективности системы управления;  $MP^m$  - множество РМД  $m$ -го уровня.

Для каждого уровня иерархии

$$MP^i = \{MP_j^i\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, p}, \quad (17)$$

где  $p$  - количество РМД на  $i$ -м уровне иерархии.

Для нижнего  $m$ -го уровня иерархии, кроме того, имеем множество метрик  $P_j$ , которые соответствуют лучам РМД и фактически образуют еще один  $(m + 1)$ -й уровень.

Каждой радиальной метрической диаграмме может быть поставлен в соответствие интегральный (обобщенный) показатель эффективности управления или группы внешних или внутренних факторов, являющийся в общем случае функцией от характеристик (метрик), входящих в состав этой РМД, и коэффициентов весомости.

РМД 1-го и 2-го иерархических уровней в качестве элементов содержат интегральные показатели, рассчитанные для РМД нижнего уровня, и характеризуют уже подгруппы, группы свойств, а также эффективность управления в целом.

Для лучшей визуализации данных о составляющих эффективности системы управления следует дополнить существующий подход. Предлагается в стандартной радиальной метрической диаграмме добавлять в вершинах метрических шкал круги с масштабированным диаметром, равным весомости составляющей эффективности системы управления. Применение данного подхода позволяет визуализировать не только идеализированный результат, но и текущее значение. Площадь, образованная фигурой «идеального конечного результата» и текущим значением составляющих интегрального показателя эффективности, и будет являться разрывом. Пример радиальной метрической диаграммы приведен на рисунке 1.

В круг каждой метрической составляющей можно вписывать весомость каждого фактора, то есть «силу влияния» каждой составляющей на общий результат.

Также на радиальные метрические диаграммы могут накладываться прогнозные значения каждой из метрик.

Для определения численных значений разрывов - неблагоприятного события для эффективности управления предприятия - предлагается рассчитывать показатель соотношения площадей фигур, создаваемых радиальными метрическими диаграммами фактического значения и оптимально возможного.

Площадь фигур, создаваемых радиальными метрическими диаграммами, которая отражает разрывы в эффективности системы управления, рекомендован метод, суть которого заключается в необходимости триангуляции (разбиения на треугольники) полученного многоугольника, вычислении площади каждого треугольника и затем их суммировании.

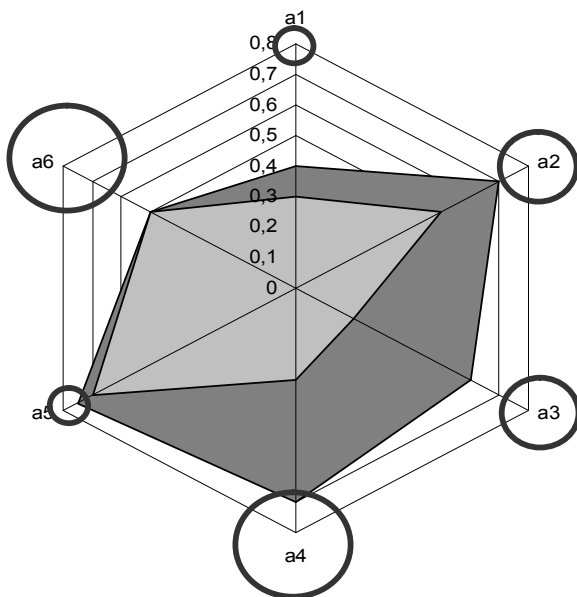


Рис. 1. Пример модифицированной радиальной метрической диаграммы

Расчет каждой фигуры производится по формуле

$$S_{\text{RMD}} = \sum_{i=1}^m \frac{\left( a_m \cdot a_{m+1} \cdot \sin\left(\frac{360}{m}\right) \right)}{2}, \quad (18)$$

где  $a_m, a_{m+1}$  - значение векторов диаграммы;  $n$  - количество показателей, используемых в радиальной метрической диаграмме.

В связи с тем, что при изменении последовательности функциональных составляющих (метрик) общая площадь создаваемая фигурами, будет также меняться, результаты будут несопоставимы, что приведет к ошибочным выводам. Предлагается модифицировать соотношение (18), заменив сумму на произведение триангуляции:

$$SP_{RMD} = \frac{1}{2} \sin\left(\frac{360}{m}\right) \cdot (a_1^2 \cdot a_2^2 \cdot \dots \cdot a_m^2)^{1/m}, \quad (19)$$

Относительный уровень разрывов будет рассчитан как соотношение площадей фактического значения ( $SP_F$ ) и наилучшего достижимого (оптимального) ( $SP_O$ ):

$$R = \frac{SP_F}{SP_O}. \quad (20)$$

Разработанный метод комплексной диагностики уровня разрывов в эффективности управления предприятием может быть также использован для анализа и оценивания разрывов в экономической безопасности и устойчивости предприятия, а также других областях и сферах, где необходимо проводить комплексную оценку деятельности.

#### Список джерел

1. Алексеева, М.М. Планирование деятельности фирмы. – М, - 1997 – 93 с.
2. Модели, методы и инструментальные средства поддержки принятия решений в наукоемком высокотехнологическом производстве [Текст]: моногр. / В.М. Вартанян, Б.Б. Стелюк, М.А. Глованова, И.В. Дронова. – Х.: ИД «ИНЖЕК», 2009. – 224 с.
3. Скляр В.В. Оцінка якості й експертизи програмного забезпечення / В.В. Скляр; під ред. В.С. Харченка. – Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2008. – 202 с.
4. Загорна, Т.О. Економічна діагностика [Текст]: навч. пос. / Т.О. Загорна. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 400 с.
5. Шнипко, О.С. Види і чинники безпеки ієрархічних систем: теоретико-методологічний аспект [Текст] / О.С. Шнипко // Актуальні проблеми економіки: зб. наук. пр. – Вип. 5 (59). – К., 2006. – С. 78 – 85.

### 3.5. Інформаційна система як елемент стратегії управління динамічною рівновагою підприємства

Сучасний стан розвитку української економіки свідчить про наявність позитивних тенденцій в галузях господарства та поступове поживлення діяльності підприємств. З урахуванням досвіду минулої кризи, підприємства при розробці стратегії подальшого розвитку все більше звертають увагу на забезпечення не просто зростання підприємства та обсягів його продажів, а й на підтримання динамічної рівноваги свого розвитку в довгостроковій перспективі.

В таких умовах для досягнення поставлених цілей *компанії потрібна фінансова стратегія, яка є генеральним планом дій із забезпечення підприємства грошовими коштами і розпорядження ними*[1]

. В умовах фінансово-економічної невизначеності, побудова логіки стратегії підприємства повинна відбуватися таким чином, щоб постійно враховувати виклики ззовні, відповідно реагуючи на них змінами, та постійно здійснювати пошук нових можливостей як ззовні, так і всередині компанії, для досягнення поставлених цілей.

Відношення підприємства до ризику суттєво впливає на стратегічне управління динамічною рівновагою підприємства (табл. 1).

За консервативної ризик-позиції підприємства в період підйому, як правило, здійснюється стратегічне управління через використання цільового сегменту споживчого ринку; в період стабілізації — через збереження обсягів реалізації та/або утримання певної частки ринку; в період падіння — через зниження всіх видів витрат та втрат.

За збалансованої ризик-позиції підприємства в період підйому доцільно здійснювати стратегічне управління динамічною рівновагою через підвищення конкурентних переваг підприємства; в період стабілізації — через конкурентні зусилля на певний ринковий сегмент; в період падіння — через застосування накопиченого досвіду та досвіду інших підприємств.

За агресивної ризик-позиції, відповідно: в період підйому — через збільшення частки споживчого ринку; в період стабілізації — через вихід на нові сегменти споживчого ринку; в період падіння — через використання диверсифікації продукції та/або видів діяльності.

Концептуальні засади стратегічного управління динамічною рівновагою мають спиратися на загальні функції управління: стратегічне планування, стратегічна організація і стратегічний контроль [2].



Таблиця 1

Формування стратегії дотримання динамічної рівноваги з урахуванням ризик-позиції підприємства [1]

Ризик-позиція Стан ринку	Підйом	Стабілізація	Падіння
Консервативна	Помірне зростання фінансових результатів з використанням цільового сегменту споживчого ринку	Збереження обсягів реалізації та/або утримання цільового сегменту ринку	Зниження всіх видів витрат та оптимізація податків
Збалансована	Підвищення конкурентних переваг підприємства	Конкурентні зусилля на певний ринковий сегмент	Застосування власного досвіду та досвіду підприємств-лідерів
Агресивна	Суттєве зростання фінансових результатів за рахунок збільшення частки споживчого ринку	Опанування нових сегментів ринку за умови зростання прибутку від діючих сегментів	Застосування диверсифікації продукції або видів діяльності

На етапі стратегічного планування визначаються цільові фінансово-економічні показники у відповідності зі стратегічними цілями і завданнями підприємства з урахуванням його стадії життєвого циклу; проводиться стратегічний аналіз управління динамічною рівновагою на засадах моніторингу узгодженості наявних ресурсів та їх джерел фінансування, а також обґрунтування можливостей залучення додаткових фондів з урахуванням стратегічних альтернатив [ 3].

На етапі стратегічної організації приводяться у відповідність з обраною стратегією всі ресурси і внутрішні зв'язки підприємства, його цілі, завдання і сфера відповідальності працівників; проводяться необхідні організаційні зміни на підприємстві та розробляється політика кожного структурного підрозділу.

Завершальним етапом стратегічного управління динамічною рівновагою підприємства є *стратегічний контроль* за виконанням розроблених заходів, який і забезпечує зворотній зв'язок.

Перевага даного підходу полягає в тому, що він охоплює всі складові процесу управління результатами діяльності підприємства в узгодженості із джерелами їх забезпечення та обумовлені його функціями та наявністю прямого і зворотного зв'язку між елементами. Крім того, саме використання такої логіки стратегічного управління динамічною рівновагою підприємства надає можливість комплексно охопити всі види ресурсного потенціалу підприємства і діяльність його інфраструктур.

Сучасне підприємство для збереження власної конкурентоспроможності та утримання стійких позицій в ринковому середовищі має постійно здійснювати не тільки моніторинг стану своєї господарської діяльності та її результатів, а й періодично вносити в них відповідні зміни. Причому потреба у змінах та адаптації виникає настільки часто, що терміни «управління змінами», «адаптивне управління» стали більш уживаними не тільки в наукових теоретико-методологічних працях, а й безпосередньо в практиці господарювання [4].

Управління підприємством як системним об'єктом має враховувати з одного боку його внутрішню будову, специфіку внутрішніх взаємозв'язків системи, порядок взаємодії окремих елементів між собою тощо. З іншого боку, в процесі управління необхідно чітко визначати та розуміти місце підприємства в зовнішньому середовищі – як в системі більш високого ієрархічного рівня, так і з системами того ж самого рівня – з метою прогнозування перспектив розвитку, можливих змін у часі та подальшої еволюції [5]

Таким чином, сучасний погляд на підприємство з метою більш ефективного управління ним має враховувати дві площини:

- 1) власне функціонування, господарська діяльність, продукування предмету своєї діяльності;
- 2) розвиток, перспективи становлення та еволюції.

*Процес вибору та обґрунтування відповідних показників, що характеризують стан динамічної рівноваги та можливі напрями його змін здійснюється в декілька етапів, виходячи з аналізу особливостей стану й організації внутрішньогосподарських зв'язків на підприємстві та з урахуванням стану та сили впливу зовнішніх чинників.*

*На першому етапі необхідно визначити ті внутрішні чинники, які дають змогу підтримувати рівноважний стан та поставити їм у відповідність обґрунтовані показники для кількісного виміру та подальшого визначення якісного стану рівноваги. Для управління підприємством на засадах динамічної рівноваги слід розуміти, які стани для нього є рівноважними, які хиткими, а в яких випадках*

систему можна вважати такою, що перебуває у нерівноважному (розбалансованому або кризовому стані). Важливим також при цьому буде визначення так званих «точок біфуркації», коли незначні зміни призводять систему до втрати рівноваги.

В цілому, за підсумками досліджень ряду наукових праць, можна констатувати, що оцінка діяльності підприємства у майже всіх випадках зводиться до оцінки його фінансово-економічного стану на підставі даних фінансової звітності підприємства. І в кожному момент часу ми отримуємо певну «картинку», «зріз» стану підприємства, по якому намагаємося оцінити потенціал підприємства, перспективи його подальшого розвитку та спланувати подальші зміни. Але такий підхід не є цілісним, оскільки зміни вже відбулися або відбуваються і отримана інформація швидко перестає бути актуальною, а отже достовірною, що ускладнює процес прийняття управлінських рішень. Іншим негативним моментом є те, що одні й ті самі значення показників фінансово-економічного стану будуть нести зовсім різну інформацію на різних етапах життєвого циклу підприємства та з урахуванням його взаємодії з зовнішнім середовищем в конкретних умовах соціально-політичного середовища.

Отже, на наш погляд, більш важливим за стан підприємства у визначений момент часу є *оцінка його здатності утримувати рівновагу при зміні окремих факторів впливу*[5]

На наступних етапах оцінки мають бути сформовані блоки показників, які дають змогу оцінити стійкість організаційної структури, структури управління та вплив змін ринкового середовища на внутрішньогосподарську діяльність підприємства.

В сучасних умовах трансформаційної невизначеності та загострення конкурентної боротьби ключовою проблемою менеджменту є забезпечення стабільності розвитку підприємства. Стрімкий перебіг макроекономічних процесів як на рівні світової, так і на рівні вітчизняної економічної системи потребує від підприємств високого рівня адаптації до цих умов [6].

Тому актуальності набуває питання створення системи підтримання динамічної рівноваги підприємства за будь-яких умов зовнішнього середовища. І першим кроком до цього має бути створення інформаційної системи забезпечення такої рівноваги.

У відповідності з визначенням, наведеним у ДСТУ, *інформаційна система* – це система, яка організовує накопичення і маніпулювання інформацією щодо конкретної проблемної сфери [7]. Ми будемо розглядати в якості проблемної сфери забезпечення стану динамічної фінансової рівноваги.

З нашого погляду, динамічна рівновага – це такий стан підприємства, при якому воно може підтримувати стійкий економічний розвиток за умови оптимальних співвідношень операційної діяльності, її фінансового забезпечення та отриманих фінансових результатів [8].

Для цього при побудові інформаційної системи має бути враховано такі складові інформаційного забезпечення фінансово-господарської діяльності:

1) визначення економічно обґрунтованих можливих темпів економічного зростання підприємства;

2) визначення джерел фінансування для підтримання цього зростання;

3) формування прогнозних форм звітних документів (pro forma) для узгодження суми необхідних додаткових активів, джерел їх фінансування та очікуваних фінансових результатів.

Можна виділити декілька типів динамічної рівноваги: байдужа рівновага (підтримання показників попереднього періоду), стійке та активне динамічне зростання [8.]. В залежності від обраного на конкретному етапі типу рівноваги інформаційна система здійснює розрахунок та коригування вхідних та вихідних параметрів господарської діяльності для підтримання системи (підприємства) у заданому стані.

Вихідні умови для кожного з названих станів представлені в табл. 2.

Ці умови будуть обмеженнями, які має враховувати інформаційна система.

Наведені умови є загальними та можуть бути скоригованими менеджментом підприємства в залежності від специфіки бізнесу, обсягів його діяльності та представлення на ринку, стратегічних та тактичних цілей.

Слід зазначити, що визначальним для розрахунку показників в інформаційній системі є вибір типу динамічної рівноваги, в залежності від якого закладено основні параметри подальшого розвитку підприємства та обмеження щодо можливостей додаткового залучення зовнішніх ресурсів[9].

Оскільки головним чином підприємство має розвиватися за рахунок внутрішніх ресурсів, то з урахуванням коефіцієнта дивідендних виплат (або частки прибутку, що залишається власникам), додаткові суми внутрішнього фінансування за рахунок прибутку визначаються наступним чином:

$$\text{Фінансування за рахунок прибутку} = \frac{\text{Прогнозний чистий прибуток}}{\text{Ставка капіталізації}} \times mS(1+g) \cdot (1-b)$$

де:  $m$  – чиста рентабельність продажу;  $S$  – виручка поточного року;  $g$  – темп зростання виручки;  $b$  – коефіцієнт дивідендних виплат.

Таблиця 2

Умови забезпечення динамічної рівноваги різних типів[9]

Стан рівноваги	Байдужа	Стійке зростання	Активне зростання
Темпи зростання	Нульові або незначні (0 – 1%)	Помірні (1 – 5%)	Стрімкі (понад 5%)
Обсяги виручки	На рівні попереднього періоду	Темпи зростання виручки перевищують темпи зростання активів	Відбувається не тільки зростання активів та виручки, а й збільшення EVA (економічної доданої вартості)
Додаткові ресурси	Не залучаються	За рахунок внутрішніх джерел	За рахунок внутрішніх та зовнішніх джерел
Структура капіталу	Залишається незмінною	Підтримується задане обмеження по співвідношенню «борг/капітал»	Визначається нова оптимальна структура капіталу за обраним критерієм

З урахуванням обмеження коефіцієнта борг/капітал, визначається додаткова сума запозичень.

$$\text{Додаткове запозичення} = \frac{\text{Фінансування за рахунок прибутку}}{\text{Коефіцієнт борг/капітал}} \times mS(1+g)(1-b) \cdot D/E$$

де:  $D$  – загальна сума боргу;  $E$  – сума власного капіталу.

Таким чином, інформаційна система забезпечення стану динамічної рівноваги може надати менеджменту підприємства

значну підтримку в прийнятті управлінських рішень щодо оптимальних параметрів подальшого розвитку підприємства, виходячи з тих вхідних обмежень, які були задані з початку та стираючись на стан фінансово-господарської діяльності на кожний момент часу. В межах заданої системи та її подальшого удосконалення є можливість коригувати та налаштовувати цільові параметри підприємства у відповідності до змін ринкового середовища, тобто формувати й розвивати адаптивну систему управління підприємством, шляхом налаштування внутрішнього господарського механізму на запити ринку та можливі зміни кон'юнктури товарних та фінансових ринків.

#### Список джерел

1. Сокиринська І.Г. Управління динамічною рівновагою в умовах невизначеності// Проблеми реалізації науково-творчого потенціалу молоді: пошуки, перспективи. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 17 лютого 2012р.- Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2012. -85-87
2. Блонська В.І., Нагірна А.Я. Стратегічне управління прибутком підприємства // науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.5. – С. 145 – 152.
3. Сокиринська І.Г. Вплив стадії життєвого циклу на стан динамічної рівноваги підприємства // «Економика и управление». № 4, 2011. – С. 68 – 74.
4. Камерон О. Управление изменениями: Модели, инструменты и технологии организационных изменений: пер. с англ. / Камерон О., Грин М. – М.: Добрая книга, 2006. – 358 с.
5. Сокиринська І.Г. Формування системи показників для визначення стану динамічної рівноваги підприємства// Збірник наукових праць «Економічна кібернетика: реалії часу: Видавництво «Маковецький Ю.В». – Дніпропетровськ, 2013. – С. 60 – 66.
6. Сокиринська І.Г. Про деякі аспекти сучасного управління підприємством на засадах динамічної рівноваги // Збірник наукових праць «Соціально-економічні проблеми регіонального розвитку». Матеріали XII науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 2010. – С. 255-258.
7. Гордієнко І.В. Інформаційні системи і технології в менеджменті. - К.: КНЕУ, 2003.
8. Сокиринська І.Г. Фінансово-економічні аспекти забезпечення динамічної рівноваги підприємства // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю факультету економіки та менеджменту, Дніпропетровськ, 2010, С. 261-262.
9. Сокиринська І.Г. Інформаційна система забезпечення стану динамічної рівноваги підприємства// Збірник наукових праць «Економічна кібернетика: реалії часу. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 176 – 180

### 3.6. Діагностика економічної стійкості підприємств на основі руху грошових коштів

Основною умовою досягнення стану економічної стійкості є одержання оптимальної величини прибутку, достатнього для подальшого розвитку підприємства на основі самофінансування і формування власного оборотного капіталу в розмірах, які дозволяють забезпечити високі темпи збільшення обсягів реалізації на рівні не нижчому, ніж у конкурентів.

Процес стратегічного управління стійкістю підприємства ґрунтується на прийнятті комплексу управлінських рішень стосовно деталізації заходів в складі загального напрямку розвитку та координації цих процесів. Вибір і формування стратегії дозволяють підприємству визначити напрямки та способи руху до цілей. Але навіть у випадку створення комплексу необхідних умов для її реалізації з часом можуть виникати певні труднощі і проблеми, які є наслідком впливу кризоутворюючих протиріч.

Широкий спектр питань щодо управління стійкістю підприємства та розробки підходів щодо її оцінки розкрито в працях таких вчених, як Завадський Й.С., Лях Л.М., Баранівська Х.С., Сокол О.Г., Фещур Р.В., Мохонько Г.А., Докієнко Л.М., Берлін М.С., Ковалевич В.М., Каляка С.В., Гончаренко О.М., Усова І.А. тощо. Проте наразі лишається актуальним дослідження сутності управління стійкості функціонування підприємства та виявлення основних її складових, які б найповніше характеризували стійкість підприємства.

Дослідженням питання економічної стійкості підприємств з умовах багатоваріантності, взаємопов'язаності та динамічності чинників зовнішнього і внутрішнього середовищ займалися Ареф'єва О., Афанасьєв, В. Беренс, Ю. Брігхем, Дж. К. Ван Хорн, О. Василенко, Д. Городинська, В. Иванов, А. Кузнецов, Є. Кучерова, Л. Мельник, М. Морішима, І. Омельченко, У. Оучі, О. Пономаренко, О. Раєвнева, Л. Родіонова, В. Самуляк, А. Севастьянов, В. Семенов, Ю. Сімах, С. Тхор, Р. Фатхутдинов, Е. Хелферт, Н. Холт, Н. Шандова, В. Ячменьова та ін. Неоднозначність дефініцій, відсутність злагожденості поглядів учених щодо визначення сутності та змісту категорії «економічна стійкість підприємства» та єдиної категорійної бази з цієї проблеми зумовили актуальність нього дослідження.

Сучасна вітчизняна економічна думка з питань стратегічного фінансового управління в основному розглядає організаційні питання формування окремих стратегій розвитку та їх інформаційного забезпечення, в меншій мірі торкаючись таких

важливих питань, як процедури та організаційно-методичні аспекти розробки фінансової стратегії стратегічна діагностика потенціалу фінансово-економічної стійкості; вибір альтернатив фінансової стратегії та механізм контролінгу її реалізації; процедури прогнозування сталого розвитку підприємства на основі його стратегічної вартості. Отже, вирішення питань стратегічного управління економічною стійкістю підприємства потребує подальших досліджень.

Економічний зміст терміну «стійкість» нерозривно пов'язан з загальфілософським визначенням цього поняття. Так під стійкістю якого-небудь явища або процесу мається на увазі несхильність його коливанням і змінам; твердість, стійкість і надійність [1, с. 74]; сталість, перебування в одному стані; здатність зберігати даний стан, незважаючи на дію різних сил [1, с. 70].

У цьому зв'язку підприємство доцільне розглядати в якості своєрідного системного інтегратора - цілісного економічного суб'єкта, що поєднує в часі й у просторі різноманітні соціально-економічні процеси й ефект, що витягає, шляхом використання системних мультиплікативних ефектів. При цьому підприємство виступає як відносно стійкого, цілісного і відмежована від навколишнього середовища самостійна соціально-економічна система, що інтегрує в часі і просторі процеси виробництва (реалізації) продукції і відтворення ресурсів.

Аналіз літературних джерел, наведений у таблиці 1, дає змогу виокремити специфічні ознаки категорії й узагальнити їх таким чином: економічна стійкість підприємства - це збалансований стан економічних ресурсів, який забезпечує сталий розвиток підприємства на основі зростання прибутковості, підвищення платоспроможності та зміцнення конкурентних позицій з урахуванням впливу зовнішніх і внутрішніх чинників.

Таким чином, узагальнення визначень економічної стійкості дає можливість виявити, що більшість економістів уявляють економічну стійкість як характеристику здатності підприємства зберігати свої основні параметри на певному рівні й стабільно функціонувати в умовах впливу зовнішніх і внутрішніх факторів різної природи. Класифікація видів стійкості роботи підприємства дозволяє конкретизувати завдання забезпечення стійкого розвитку підприємства й використати для її рішення відповідні механізми, розроблені для кожного виду стійкості.

Виходячи з розуміння економічної стійкості підприємства і визнання вирішального впливу на неї результатів інноваційної діяльності, можна запропонувати таке її поняття:



Таблиця 1

Підходи авторів щодо визначення поняття «економічна стійкість»  
[1-4]

Джерело	Позиції авторів
Алексєенко Н.	Стан його матеріальних економічних і трудових ресурсів, їх розподіл і використання, які забезпечують розвиток підприємства на основі зростання прибутку і капіталу при збереженні платоспроможності та кредитоспроможності в умовах допустимого рівня ризиків
Анохін С.	Такий рівноважний стан промислового підприємства, при якому економічні і управлінські рішення здатні регулювати основні чинники стійкого положення підприємства: управління, виробництва, фінансів, персоналу і стратегії в заданих межах ризику
Колодізєв О., Нужний К.	Стан рівноваги або здатність повертатися в цей стан відкритої соціально-економічної системи (підприємство), після того як мало місце виведення з цього стану зовнішніми й внутрішніми збурюючими впливами за рахунок ефективного використання усіх видів ресурсів з подальшою спроможністю забезпечувати оптимальний процес їх поповнення
Василенко О.	Здатність системи зберігати свій працездатний стан щодо досягнення запланованих результатів за наявності різних мінливих впливів
Цигичко В.	Можливість збереження якісної визначеності при зміні структури системи й функцій її елементів
Левицький Е.	Рівноважний стан буде стійким, для будь-якої заданої області допустимих відхилень від стану рівноваги
Бурда А.	Системне явище, яке виступає індикатором відхилень від потенційно можливого конкурентного стану на певному етапі життєдіяльності підприємства
Єремейчук Р.	Така організація його виробничо-господарської діяльності, що дає змогу забезпечити стабільні техніко-економічні показники з позитивною динамікою й ефективно адаптуватися до збурювань навколишнього й внутрішнього середовища
Костирко Л.А.	здатність підприємства трансформувати фінансові ресурси з максимальною економічною вигодою і мінімальним ризиком
Криворотов В.С.	результат взаємодії підприємства з об'єктами зовнішнього середовища з метою його оптимального функціонування й розвитку в умовах економіки, що розвивається, для якої характерне зростання конкуренції, ускладнення господарських зв'язків і посилення нерівномірності розвитку господарських систем.

*економічна стійкість підприємства - це успадкована комплексна характеристика підприємства, рівень вияву якої в поточний і довгостроковий періоди вирішальною мірою визначається результатами інноваційної діяльності підприємства.*

Розуміння економічної стійкості враховує об'єктивні умови, які вимагають від підприємства постійного здійснення інноваційної діяльності для забезпечення стійкості свого функціонування .

В дослідженні було проведено аналіз діяльності підприємств машинобудівної галузі, а саме: основні представники машинобудування ВАТ «Турбоатом», ВАТ «Завод ім. Фрунзе», ПАТ «Точприлад», ПАТ «Харківський електротехнічний завод «УКРЕЛЕКТРОМАШ», ПАТ «Старокраматорський машинобудівний завод», ВАТ «Стахановський вагонобудівний завод».

На рисунку 1 представлено динаміку чистого прибутку підприємств. Аналіз даних рисунку 1 свідчить про різноспрямованість динаміки чистого прибутку підприємств, що аналізуються. Ці особливості є підґрунтям для визначення тенденцій і перспектив розвитку машинобудування України та пошуку конкурентних переваг для забезпечення виходу з економічної кризи та подальшого сталого розвитку і зростання

Кількісно фінансову ситуацію на підприємстві з обліком можливих трьох ситуацій, тобто руху грошових коштів від операційної, інвестиційної і фінансової діяльності можна визначити за допомогою моделі оцінки коефіцієнта фінансової стійкості, що характеризує позитивну або негативну зміну в цьому русі [5].

Для цього введемо наступні позначення:

$CF_{op}$  - рух грошових коштів від операційної діяльності;

$CF_{inv}$  - рух грошових коштів від інвестиційної діяльності;

$CF_{fin}$  - рух грошових коштів від фінансової діяльності;

$CF_1$  - результуюче значення руху всіх грошових коштів у звітному періоді;

$CF_0$  - результуюче значення руху всіх грошових коштів у попередньому періоді;

$CF_{sm}$  - сума узятих по модулю значень  $CF_1$  і  $CF_0$ ;

$K_{cf}$  - коефіцієнт, що характеризує фінансову стійкість підприємства, на основі аналізу руху грошових коштів.

Методика

визначення

$K_{cf}$

[5]:

$$K_{cf} = \frac{CF_{op1} + CF_{inv1} + CF_{fin1}}{|CF_{op1} + CF_{inv1} + CF_{fin1}| + |CF_{op0} + CF_{inv0} + CF_{fin0}|} \cdot 100\% + \frac{CF_{op0} + CF_{inv0} + CF_{fin0}}{|CF_{op1} + CF_{inv1} + CF_{fin1}| + |CF_{op0} + CF_{inv0} + CF_{fin0}|} \cdot 100\%$$

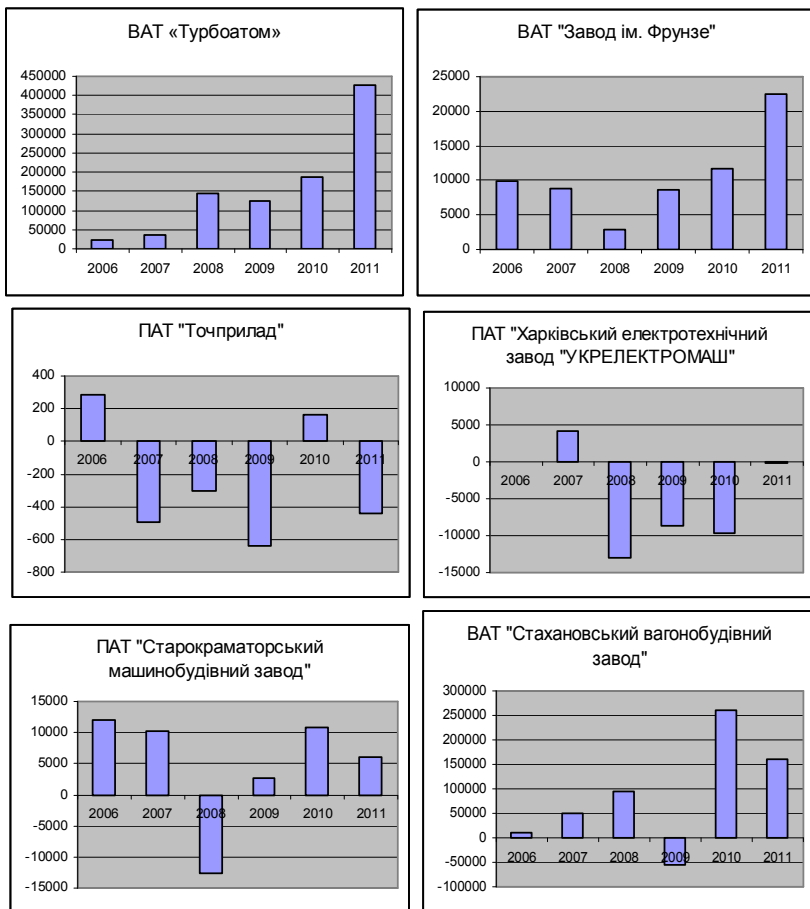


Рис. 1. Динаміка чистого прибутку підприємств машинобудування України

Запропонований коефіцієнт  $K_{cf}$  має діапазон значень від 0% до 100%, де 100% - це найвищий рівень фінансової стійкості. Можна припустити можливий діапазон змін коефіцієнта  $K_{cf}$ :

- від 0% до 20% - критичне значення;
- від 21% до 40% - незадовільне значення;
- від 41% до 60% - задовільне значення;
- від 61% до 80% - гарне значення;
- від 81% до 100% - відмінне значення.

Можуть бути і інші судження щодо інтервалів зміни цього коефіцієнту, але незалежно від підходів всерівно необхідно буде враховувати зазначені 5 ситуаційних діапазонів.

Таким чином, на основі розрахованого чисельного значення коефіцієнта  $K_{CF}$  можна зробити висновок про те, що розглянуте підприємство має задовільне значення показника фінансової стійкості. Результати розрахунку коефіцієнту фінансової стійкості наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок значення показника фінансової стійкості

Підприємство	2006р	2007р	2008р	2009р	2010р	2011р
ВАТ «Турбоатом»	0,22	0,34	1,58	1,33	2,07	5,15
ВАТ «Завод ім. Фрунзе»	0,63	0,37	0,07	0,37	0,59	1,15
ПАТ «Точприлад»	0,40	0	0	0	0,24	0
ПАТ «Харківський електротехнічний завод «УКРЕЛЕКТРОМАШ»	0,01	0,45	0	0	10,2	0,00
ПАТ «Старокраматорський машинобудівний завод»	0,11	0,08	0	0,01	0,08	0,04
ВАТ «Стахановський вагонобудівний завод»	0,15	0,21	0,24	0	0,54	0,28

На рисунку 2 представлено динаміку показника фінансової стійкості підприємств машинобудування України.

Аналіз даних таблиці 2 показав, що тенденція щорічного збільшення показника, тобто покращення фінансової стійкості спостерігалась на таких підприємствах як: ВАТ «Турбоатом», ВАТ «Завод ім. Фрунзе». Тенденція незначного зменшення показника, тобто незначне погіршення фінансової стійкості засвідчено на таких підприємствах як: ПАТ «Харківський електротехнічний завод «УКРЕЛЕКТРОМАШ», ПАТ «Старокраматорський машинобудівний завод», ВАТ «Стахановський вагонобудівний завод». Тенденція постійного зменшення показника, тобто погіршення фінансової стійкості впродовж 2006-2011 рр була характерна для ПАТ «Точприлад». Поглиблений аналіз фінансової стійкості підприємств дав змогу виявити основні причини зменшення показника FSI, а саме скорочення величини прибутку, збільшення позикових коштів, як короткострокового так і

довгострокового характеру, фінансова криза 2008р, котра призвела до погіршення фінансовго стану, внаслідок чого підприємства невзможі були відновити господарську діяльності у повному обсягу.

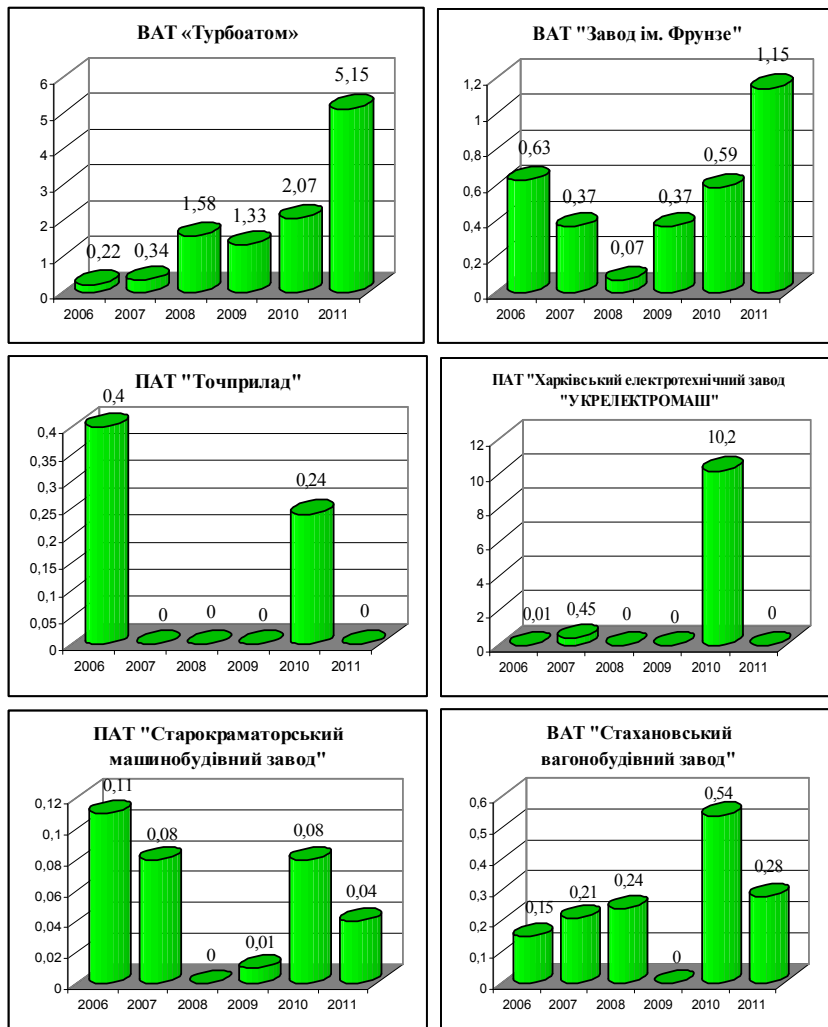


Рис. 2. Динаміка показника фінансової стійкості підприємств машинобудування України

Таким чином, дослідження показало, що сучасна практика господарювання та управління виробництвом в основному зводиться до реакції на негативні зміни в ньому і зовнішньому середовищі. У зв'язку із цим запропоновано впровадити у практику управління систему економічного прогнозування діяльності підприємств. Запропонований в роботі коефіцієнт фінансової стійкості підприємства може використовуватися на різних підприємствах з метою оперативного і стратегічного управління грошовими потоками і своєчасного виявлення негативних моментів в цьому процесі.

#### Список джерел

1. Шершньова З.Є., Оборська С.В. Стратегічне управління /З.Є. Шершньова, С.В. Оборська. – К.: КНЕУ, 1999. – 384 с.
2. Кроленко М. С. Система показників економічної стійкості промислового підприємства [Електронний ресурс] / М. С. Кроленко // Економічний вісник Донбасу 2011. - № 3 (25).- Режим доступу: [http://www.nbuv.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Evd/2011\\_3/35.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Evd/2011_3/35.pdf).
3. Махонько Г. А. Економічна стійкість підприємств видавничо-поліграфічної галузі: підходи до оцінювання [Електронний ресурс] / Г. А. Махонько: - Режим доступу: [http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/PSPE/2009\\_1/Mokhonko\\_109.htm](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/PSPE/2009_1/Mokhonko_109.htm).
4. Шандова Н. В. Оцінка загальної стійкості розвитку промислового підприємства /Н. В. Шандова //Актуальні проблеми економіки. -2006. -№ 9. - С. 169 - 173.
5. Сахошко А.И., Коробков Д.В., Мищенко В.А., Ситак И.Л. Методический подход к определению финансовой устойчивости предприятия на основе движения денежных потоков Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Вип.3. – Т.2. – Полтава: ПДАА. – 2011. – С. 245-250.
6. Коробков Д.В., Мозенков О.В., Мищенко В.А., Сітак І.Л. Оцінка фінансового стану підприємства за допомогою інтегрального показника Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – Вип. 35-2. – С. 86-91.
7. Білик М.Д. Сутність і оцінка фінансового стану підприємств / М.Д. Білик // Фінанси України. – 2008. – №3. – С.117-128.
8. Климчук С. В. Напрями оцінки руху грошових потоків як визначальної компоненти фінансової стійкості / С. В. Климчук // Економіка АПК. – 2006. – № 9. – С. 52-58.
9. Макаренко Ю. П. Розробка методики проведення комплексного аналізу фінансової звітності для підприємств / Ю. П. Макаренко // Агросвіт. – 2008. – № 4. – С. 37-43.
10. Проценко Н. Б. Методологічні аспекти оцінки економічної стійкості підприємств / Н. Б. Проценко // Регіональна економіка. – 2007. – № 2. – С. 86-94.

### **3.7. Аналіз методів ціноутворення з урахуванням факторів, що впливають на цінову політику підприємства-виробника інформаційних продуктів та послуг**

Обмін інформацією на комерційній основі (інформаційний бізнес) є молодого галуззю діяльності і вимагає ретельного вивчення з метою ефективного функціонування, можливості регулювання з боку державних органів влади, а також своєчасної підготовки науково обґрунтованих стратегічних і тактичних рішень. Результативність цих рішень істотним чином залежить від визначення ціни на інформаційні продукти та послуги, розрахованої на основі обраного методу ціноутворення.

На сучасному етапі розвитку ринку інформаційних продуктів та послуг проблеми ціноутворення набувають особливої важливості з точки зору прийняття рішень, пов'язаних з формуванням рівня ціни, розробкою системи пільг та знижок, плануванням і вибором моменту зміни ціни. Результативність цих рішень істотним чином залежить від вірності визначення рівня ціни. У зв'язку з цим проблема формування ціни на інформаційні продукти та послуги підприємств інформаційного бізнесу особливо значуща.

Існуючі методичні підходи до формування ціни на інформаційні продукти та послуги не в повній мірі відповідають сучасним умовам на інформаційному ринку. Основними їх недоліками є: недостатня опрацьованість методів ціноутворення на інформаційні продукти, опираючись на їх специфіку (специфіка розробки, розповсюдження інформаційних продуктів і послуг, невизначеність результатів застосування, важливість); недостатнє дослідження проблеми оцінки якості і важливості інформаційних продуктів; недостатня глибина методичних підходів, що забезпечують комплексне вирішення проблеми формування ціни на інформаційні продукти.

Проведений аналіз наукових праць в області проблем функціонування та формування інформаційного ринку, маркетингу інформаційних продуктів та послуг (праці Калитича Г. І., Базанова Ю.К., Голосова О. В., Ньюмана П., Бесслера Г., Голдстайн Б., Канигіна Ю. М., Мелюхіна І. С., Брижко В. М., Міщенко В., Поппеля Г., Блюменау Д. І., Твердохліба І. П., Хорошилової А. В., Родіонова І. І., Чубукової О. А. та інших) виявив, що багато аспектів, пов'язаних з особливостями інформаційного бізнесу, не висвітлено, не приділяється достатньої уваги якісним показникам інформаційних продуктів та послуг, специфіці їх розробки та поширення, відсутнє комплексне вирішення питань, пов'язаних з прийняттям управлінських рішень в області формування цін на інформаційні продукти та послуги.

Вибір того чи іншого методу ціноутворення обумовлюється різними причинами і залежить від багатьох факторів, що впливають на цінову політику підприємства-виробника інформаційних продуктів та послуг (рис.1).

В процесі формування ціни на інформаційні продукти чи послуги необхідно намагатися врахувати найбільш істотні фактори, що впливають на ціну, і до того ж достатню їх кількість. При цьому, в залежності від ситуації на ринку, частина факторів буде вважатися основною, а решта будуть враховуватися в якості умов і обмежень. У зв'язку з цим виділяють відповідні альтернативні методи формування ціни. Зважаючи на всю різноманітність існуючих методів ціноутворення, можна виділити декілька основних груп у залежності від способу визначення ціни: з орієнтацією на попит; з орієнтацією на конкуренцію; на базі витрат; на базі порівняння прибутку від впровадження та витрат.

В таблиці 1 представлено опис і розкрита сутність основних методів ціноутворення, наведено висновки про переваги і недоліки того чи іншого методу, розглянуто можливість і доцільність їх застосування для формування ціни на інформаційні продукти та послуги в сучасних умовах ринку [2, 3].

Кожен з представлених у таблиці методів ціноутворення має певні переваги і недоліки. Практичне застосування цих методів повинно супроводжуватися глибоким і детальним дослідженням конкретних умов, у яких здійснюється процес формування ціни.

Аналіз методів ціноутворення і основних факторів, що впливають на вибір методу ціноутворення, дозволяють зробити висновок про те, що найбільш придатними для визначення ціни є методи, основані на порівнянні прибутку від впровадження і витрат.

Метод визначення цін інформаційних продуктів та послуг на базі економічного ефекту у споживачів доцільно використовувати в тих випадках, коли є можливість кількісної оцінки ефекту, а інформація про характеристики якості інформаційних продуктів та послуг конкурентів менш доступна, або ж за функціональним призначенням аналоги на даному сегменті ринку відсутні. До таких інформаційних продуктів можна віднести, наприклад, програмне забезпечення автоматизації технологічних і технічних операцій, інформаційні продукти, що забезпечують значну та легку у розрахунках економію ресурсів користувача.

Методи ціноутворення, що дозволяють враховувати в ціні динаміку зміни різниці прибутку і витрат та споживчі якості інформаційних продуктів та послуг, є найбільш точними, але в той же час і найбільш складними.



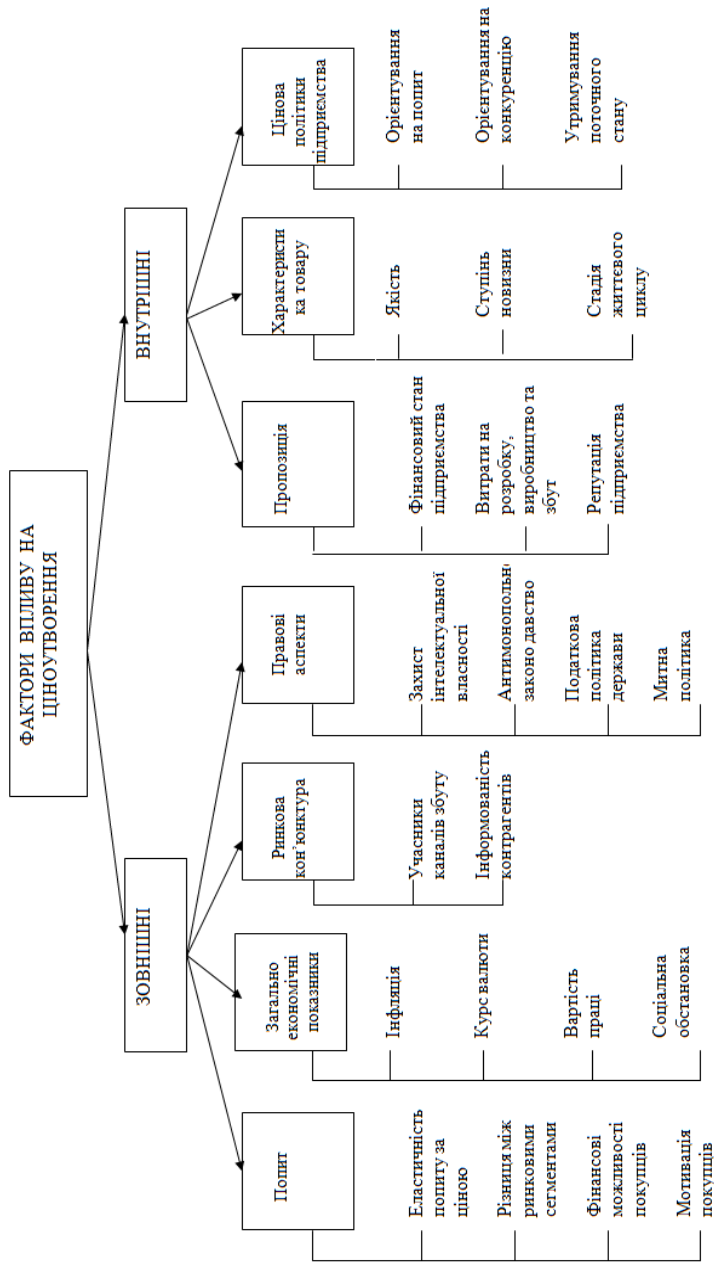


Рис.1. Основні зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на процес ціноутворення інформаційних продуктів та послуг

Таблиця 1  
Порівняльна характеристика методів ціноутворення для інформаційних продуктів та послуг

Методи ціноутворення	Сутність методу	Переваги методу	Недоліки методу
1	2	3	4
<b>1. Методи з орієнтацією на попит</b>	Рівень ціни інформаційного продукту та послуги ставиться у залежність від зміни попиту. Витрати виступають обмежуючим фактором	Відображають стан даного ринку	Достовірне прогнозування кривої попиту досить складне. Результати кількісної оцінки попиту завжди умовні
1.1. Метод значущої частини доходу	Вартість інформаційних продуктів та послуг порівнюється з доходом споживачів. Ціна визначається на базі оцінки долі витрат покупців, яку вони спроможні витратити на покупку	Враховує купівельну спроможність користувачів	Покупець негативно сприймає часті і необгрунтовані зміни цін. Не приймаються до уваги такі важливі ціноутворюючі фактори, як якість продукту, витрати та конкуренція
1.2. Метод пілотажних продажів	Послідовна зміни ціни до рівня, що забезпечує бажаний обсяг продаж в одиницю часу	Емпіричне визначення ціни	Не будується крива попиту, немає можливості прогнозування виторгу
1.3. Експертні оцінки	Ціни встановлюються на базі висновків експертів	Можливість доповнити кількісні розрахунки якісними оцінками.	Суб'єктивність висновків експертів і, як правило, високе значення неузгодженості. Неточність кінцевих результатів оцінки. Важкість підбору експертів з високим досвідом продаж аналогічних продуктів

1	2	3	4
<b>2. Методи з орієнтацією на конкуренцію</b>			
2.1. Метод середніх ринкових цін	Базою ціни є рівень цін, що склався на ринку	Збереження долі на ринку	Не враховуються якість та властивості інформаційного продукту та послуги
2.2. Метод тендерного ціноутворення	При визначенні тендерної ціни, виходячи з припущень про ціни конкурентів і з рівня власних витрат	Гарантується покриття витрат і прибутков	Ризик недоотримання заказу, важко доступність інформації про конкурентів
2.3. Методи, що базуються на відчутній цінності продуктів та послуг			
2.3.1. На базі ефекту у споживачів	Ціна визначається, виходячи з припущення, кожна грошова одиниця, витрачена на покупку даного товару, повинна забезпечувати віддачу, яка відповідає вимогам покупців до ефективності їх інвестування	Враховує ефективність інформаційних продуктів та послуг	Складність кількісної оцінки ефекту від застосування продуктів
2.3.2. На базі якості продукту	Ціна встановлюється на базі позиціонування продукту за показниками якості та ціни по відношенню до продуктів конкурентів	Ціна враховує конкурентоспроможність продукту	Складність кількісної оцінки якості інформаційних продуктів та пов'язаних з ними послуг

Продовж.табл.1

1	2	3	4
<p><b>3. Витратні методи</b></p>	<p>Передбачають розрахунок ціни шляхом додавання до витрат деякої величини прибутку</p>	<p>Простота, зручність застосування, достатність інформації для розрахунку</p>	<p>Ціна не знаходиться в прямій залежності від витрат, ігнорується сегментація ринку і відношення покупців до ціни. Ціна може бути нижче або вище тої, яку покупці спроможні витрати на даний товар, тому що при обґрунтуванні ціни не приймаються до уваги фактори попиту. Не враховується якість продуктів та послуг і їх конкурентне оточення. Складність знаходження відповідного рівня доданої вартості, бо не існує точного способу або стандартної форми її розрахунку. В ролі інформації для встановлення ціни використовується розмір обсягу виробництва, який і сам залежить від ціни інформаційних продуктів та послуг</p>

Продовж.табл.1

1	2	3	4
3.1. Витрати «плюс»	Ціна розраховується додаванням по питомих поточних витрат певної суми прибутку. Можливо використання середніх (повних) і граничних поточних витрат		
3.2. Метод безбитковості	Ціна встановлюється на такому рівні, що забезпечує отримання цільового обсягу прибутку		
<b>4. Метод на базі порівняння прибутку від впровадження та витрат</b>	Ціна встановлюється, виходячи з показників рентабельності	Статистика динаміки різниці доходу та витрат, визначення рентабельності на кожній стадії життєвого циклу	Складність визначення доходу від впровадження на кожній стадії життєвого циклу

Однак в ринкових умовах господарювання якісні параметри інформаційних продуктів та послуг мають важливе значення при визначенні ціни [7].

Вибір даної групи методів в якості домінуючих для формування цін на інформаційні продукти та послуги обумовлюється:

- специфікою створення інформаційних продуктів;
- більшою доступністю і достовірністю інформації про якість інформаційних продуктів та послуг, ніж про інші ціноутворюючі фактори;
- загальними для всіх видів інформаційних продуктів та послуг особливостями сучасного ринку.

Проаналізуємо фактори, які впливають на ціноутворення, основані на якості і особливостях інформаційних продуктів та послуг. Ринок інформаційних продуктів та послуг належить до того типу ринків, на яких пристосування товарів до потреб споживачів є одним з основних елементів конкурентної боротьби. На багатьох секторах даного ринку поширюється, як правило, цілий ряд функціонально аналогічних продуктів та послуг. При цьому перевага споживачів віддається найбільш конкурентоспроможному з їх точки зору товару, і основним критерієм цього вибору є ефективність споживання. Це означає, що успішність збуту того чи іншого інформаційного продукту істотним чином залежить від того, в якому ступені він задовольняє потреби користувачів на одиницю їх сукупних витрат на даний інформаційний продукт чи послугу. Тобто, досягнення цілей підприємства-виробника інформаційних продуктів та послуг (за показниками збуту або прибутку) в багатьом обумовлюється вірністю формування ціни на них, яка повинна бути адекватна до їх якості, забезпечуючи конкурентоспроможність за показником «витрати виробника – якість продукту чи послуги».

Характер попиту (залежність між ціною та збутом) також істотно впливає на вибір методу ціноутворення. В цілому для інформаційних продуктів та послуг попит на них є мало еластичним по ціні. Хоча відсутність необхідної інформації і не дозволяє емпірично точно перевірити цю гіпотезу, на якісному рівні її можна переконливо довести. Малу еластичність попиту за ціною на інформаційні продукти та послуги підтверджує наступне:

- для товару «інформаційний продукт» (чи «послуга») невідомі доступні товари-замінники (субститути);
- інформаційні продукти та послуги є взаємодоповнюючими з апаратними засобами.

Доступність товарів-субститутів є істотним моментом, визначаючим еластичність за ціною, бо саме наявність цих товарів сприяє зростанню еластичності. В якості реальних альтернатив придбанню інформаційних продуктів та послуг можуть виступати: виконання необхідних операцій вручну самостійно, залучення для цього сторонніх осіб і організацій (консалтингових, аудиторських фірм, юридичних контор, обчислювальних центрів тощо), розробка власного інформаційного продукту, відмова від виконання даних операцій. Як показує практика, зазначені альтернативні придбанню інформаційних продуктів та послуг варіанти виконання тих чи інших операцій в більшості випадків виявляються малоефективними або зовсім несприятливими. Відсутність прийнятних альтернатив покупці інформаційних продуктів та послуг є серйозним фактором, що впливає на зниження еластичності попиту за ціною на ці товари. Показана вище нееластичність попиту на інформаційні продукти та послуги свідчить про те, що він істотно не змінюється при невеликих коливаннях цін.

В ситуації нееластичності попиту ціна не є єдиним і основним фактором, від якого в значному ступені залежить споживацький вибір. Більше значення для потенційних користувачів має якість інформаційного продукту та послуги. Ціна ж повинна відповідати цій якості і забезпечити конкурентоспроможність інформаційного продукту та послуги.

Під якістю інформаційних продуктів та послуг пропонується розуміти сукупність властивостей продукції та послуг, зв'язаних з її створенням і наданням, що зумовлюють її здатність задовольняти певні потреби споживачів згідно з її призначенням. Визначення кількісного значення комплексного показника якості інформаційних продуктів та послуг є одним з основних етапів формування ціни. Інформаційні продукти мають безліч властивостей, які обумовлюють їх приналежність до того чи іншого виду і мають різний вплив на комплексну оцінку якості.

Питання комплексної оцінки якості інформаційних продуктів та послуг можуть розглядатися як окремий випадок визначення рівня споживчих властивостей товарів промислового призначення. Одні з науковців займаються дослідженнями лише технічного рівня продукції і споживчі властивості виробів вочевидь не згадуються. Вважається, що чим сприятливіше відношення окремих технічних характеристик виробу до відповідної величини еталонного зразку, тим вище оцінка цього виробу. Загальний показник технічного рівня, як правило, розраховується за формулами адитивної лінійної згортки

з ваговими коефіцієнтами для окремих компонентів загального показника визначеними емпіричним або експертним шляхом. Інші дослідники визначають показники якості як основну категорію оцінки споживчих цінностей (базових, постійних, тимчасових, супутніх, привнесених, універсальних цінностей) [9].

В дослідженнях, пов'язаних з ціноутворенням і оцінкою конкурентоспроможності товарів [6, 8], відчутна споживачами корисність або оцінка конкурентоспроможності товарів звично ставиться у функціональну, частіше за все, пряму залежність від їх цін на рівноважних ринках. При цьому ціни як узагальнені показники виробів, в свою чергу, вважаються функцією відносних технічних характеристик. Позначити функціональну залежність показників якості інформаційних продуктів та послуг від технічних характеристик не представляється можливим. Тому ці дослідження, не зважаючи на принципову доцільність запропонованого підходу до оцінки якості, для отримання значення показника рівня споживчих властивостей інформаційних продуктів та послуг використовувати не доцільно.

Серед робіт необхідно відмітити пропозиції Г. Г. Азгальдова [1] про ієрархічне подання структури показників, що характеризують якість і споживчі властивості виробів, а також дослідження В. М. Тарасевича [4, 5], у яких наведена детальна характеристика економіко-математичних методів, що використовуються у ціноутворенні.

Питаннями, пов'язаними з оцінкою якості програмних продуктів, спеціалісти займаються приблизно з кінця шестидесятих років Отримання комплексного показника якості інформаційних продуктів та послуг ґрунтується, як правило, на розрахунку головного, інтегрального або середньозваженого значення показника. Найбільш прийнятним з перерахованих є останній метод. Однак його застосування ускладнюється важкістю отримання вагових коефіцієнтів показників і значною залежністю результатів розрахунку від обраних базових значень.

Як показує аналіз, основна увага при дослідженні проблеми оцінки якості інформаційних продуктів та послуг приділяється питанню розробки номенклатури показників якості. Правильний вибір системи показників дійсно є одним з важливих етапів процедури оцінки рівня споживчих властивостей інформаційних продуктів та послуг. Для цілей ефективного ціноутворення доцільно застосовувати двохетапну процедуру вибору номенклатури показників якості: спочатку показники обираються з універсального



переліку, а потім доповнюються специфічними для даного інформаційного продукту чи послуги.

При вирішенні багатокритеріальних задач доцільно поєднувати математичні методи та методи прийняття рішень. В якості шляху вирішення задачі визначення значення комплексного показника якості пропонується використовувати один з методів багатокритеріальної оптимізації — метод аналізу ієрархій (МАІ), запропонований американським дослідником Т. Сааті [10]. Цей метод представляє собою систематичну процедуру для ієрархічного відображення елементів, що визначають сутність будь-якої проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на більш прості складові частини та подальшій обробці послідовності суджень особи, що приймає рішення, попарним порівнянням. В результаті може бути виражений відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії.

Основні переваги застосування методу аналізу ієрархій полягають в тому, що даний метод:

- поєднує в собі переваги аналітичних і експертних методів;
- дозволяє групі спеціалістів в процесі прийняття рішення застосовувати метод «мозкового штурму» та отримувати в результаті поєднане судження по даній проблемі;
- дає можливість звести дослідження такої складної проблеми як оцінка якості до достатньо простої послідовності попарних порівнянь (краще – гірше);
- не передбачає обмеження транзитивності. На відміну від інших аналогічних методів, МАІ працює з неузгодженими судженнями і не потребує, щоб уподобання споживачів відповідали аксіомам корисності. Це дозволяє проводити оцінювання різних показників якості різними, найбільш кваліфікованими у своїй галузі експертами;
- не потребує прямого визначення коефіцієнтів вагомості показників якості. Вони розраховуються як локальні пріоритети. Цим істотно спрощується один з найбільш важливих і складних етапів процедури оцінки якості інформаційних продуктів та послуг;
- не передбачає вибір базових показників. Інформаційні продукти та послуги порівнюються безпосередньо між собою;
- є простим і не потребує великих фінансових витрат і часових ресурсів на проведення розрахунків;
- легко піддається програмуванню та реалізації на ЕОМ. Надає можливість використання готових автоматизованих систем, що значно скорочує час прийняття рішень та підвищує їх точність.

Одна з основних складностей застосування МАІ та парних порівнянь взагалі, пов'язана з великим обсягом робіт зі здійснення порівнянь. Рекомендується обмежувати кількість критеріїв і альтернатив десятьма. Як правило, ця умова при оцінюванні якості інформаційних продуктів та послуг цілком здійсненна шляхом відбору найбільш значущих показників. Зниження розмірності задачі забезпечується також розбиттям критеріїв і альтернатив на групи та застосуванням МАІ в декілька етапів.

На першому етапі опису ситуації оцінки якості інформаційних продуктів та послуг здійснюється постановка задачі та визначення конкретних умов і обмежень:

- збір інформації, необхідної для порівняння інформаційних продуктів та послуг;
- формування переліку аналогів і визначення об'єкту оцінки;
- вибір експертів.

На другому етапі формується перелік найменувань показників, що визначають якість інформаційних продуктів і послуг та забезпечують можливість повної й достовірної оцінки її рівня. Теоретичні та методичні основи ранжування та відбору найбільш доцільного для оцінки якості складу показників викладені в [4].

Показники повинні бути порівнянні в термінах «краще – гірше», хоча перевагу доцільно надати більш суворому кількісному вираженню їх значень. Обрані показники якості підлягають декомпозиції і на їх базі будується ієрархічна структура. На нижньому рівні якої такої структури знаходяться порівнювані інформаційні продукти та послуги. На верхньому рівні ієрархії міститься головна мета розрахунків — комплексна оцінка якості інформаційних продуктів та послуг. Перехідні рівні ієрархії представляють собою критерії (показники якості), за якими відбуватимуться порівняння.

Метою побудови ієрархії є отримання на останньому рівні пріоритетів елементів (інформаційних продуктів та послуг) по відношенню до головної мети.

Третім етапом вирішення проблеми оцінки якості інформаційних продуктів та послуг за допомогою МАІ є побудова множини матриць парних порівнянь. Складаються матриці для порівняння відносної важливості критеріїв на другому рівні ієрархії по відношенню до глобальної мети, показників третього рівня по відношенню до критеріїв другого рівня і т.д. у залежності від кількості рівнів в ієрархії. Схожі матриці будуються і для парних порівнянь інформаційних продуктів та послуг на останньому рівні

ієрархії по відношенню до показників на попередньому рівні. Іншими словами, елементи будь-якого рівня порівнюються між собою відносно елементів вищого рівня. Парні порівняння проводяться в термінах домінування одного елемента над іншим, а потім виражаються чисельно.

Для проведення суб'єктивних парних порівнянь можуть бути використані різні типи шкал: «м'яка», «середня» та «жорстка». Точкам кожної числової шкали відповідають певні вербальні точки: «рівнозначно», «дещо краще», «краще», «значно краще» і т. ін. Отримані суб'єктивні судження заносяться у відповідні клітини матриць, утворюючи тим самим квадратні зворотньосиметричні матриці суджень.

На наступному етапі з множини матриць парних порівнянь формуються вектори локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив множини елементів на елемент рівня, що примикає зверху. Для цього обчислюються власні вектори кожної матриці і результат нормалізується до одиниці. Власні вектори матриць можна розрахувати наближеним способом середнього геометричного, перемножуючи елементи в кожному рядку та добування кореня  $n$ -ого ступеню, де  $n$  — число елементів рядка.

Після проведення парних порівнянь розраховується так званий індекс узгодженості (етап 5). Порівнюючи індекс узгодженості з відповідними середніми значеннями для випадкових елементів отримуємо відношення узгодженості. Його прийнятна величина не повинна перевищувати 10%.

На етапі 6 перевіряється відповідність відношення узгодженості допустимим значенням. Якщо воно виходить за межі цих значень, то експертам необхідно заново дослідити задачу, можливо обрати іншу шкалу оцінки та уточнити свої судження.

Після того, як отримано узгоджені судження експертів, виконується етап 7 «Синтез глобальних пріоритетів». Локальні пріоритети перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні та сумуються по кожному елементу відповідно до критеріїв, на які впливає цей елемент. Така процедура надає складовий пріоритет елементу, який потім використовується для зважування локальних пріоритетів елементів, порівнюваних по відношенню до нього як до критерію та розташованих на нижньому по відношенню до нього рівні.

Таким чином, в результаті застосування МАІ на нижньому рівні ієрархії формується вектор глобальних пріоритетів. Він характеризує рівень споживчих властивостей кожного інформаційного продукту

та послуги. Глобальний пріоритет, розрахований для інформаційного продукту та послуги, можна вважати комплексною оцінкою його якості у порівнянні з обраними аналогами. Запропонована методика орієнтована на прийняття рішення по встановленню ціни в частині надання об'єктивної інформації про якість інформаційного продукту та послуги.

Проблема створення загальної концепції і методики оцінки рівня споживчих властивостей інформаційних продуктів та послуг потребує подальшого опрацювання. Формування ціни на інформаційні продукти та послуги характеризується великим числом показників якості і знаходження комплексного показника якості належить до числа багатокритеріальних задач, рішення яких до теперішнього часу викликає значні труднощі.

Проведений аналіз з проблем практики управління системою ціноутворення інформаційних продуктів і послуг, а також теоретичних розробок в цій галузі дозволили зробити висновки відносно необхідності подальшого розвитку теоретичних основ формування ціни на інформаційні продукти та послуги, пов'язаних з систематизацією принципів ціноутворення, уточнення понятійного апарату, опрацюванням послідовності етапів ціноутворення, розробкою рекомендацій з формування ціни для однорідних з точки зору ціноутворення груп інформаційних продуктів та послуг.

Удосконалення потребує і методична база формування ціни, а саме методика кількісної оцінки основних ціноутворюючих факторів та їх поєднання з метою формування оптимального рівня базової ціни інформаційних продуктів та послуг як для виробників, так і для споживачів.

#### Список джерел

1. Азгальдов Г.Г., Береза Т.Н. Деревья свойств в оценке качества продукции. — М.: ЦЭМИ РАН, 2007. — 98 с.
2. Бугорский В. Н. Информационные системы в экономике: основы информационного бизнеса: учеб. пособие / В. Н. Бугорский, В. И. Фомин — СПб., 2007. — 219 с.
3. Бугорский В.Н. Информационный бизнес: учеб. пособие / В.Н. Бугорский, В.И. Фомин, О.Б. Кузнецова. — С.-Петербург. СПб. : СПбГИЭУ, 2004. — 202 с.
4. Тарасевич В.М. Экономико-математические методы и модели в ценообразовании: Учебник, ч.1,2. — Л.: Изд-во ЛФЭИ, 1991. — 180 с.
5. Тарасевич В.М. Ценовая политика предприятия. Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2003. — 288 с.

6. Тихонов Р.М. Конкурентоспособность промышленной продукции / Р.М. Тихонов. — М. : Изд-во стандартов, 1985. — 176 с.
7. Томас Т. Нэгл, Рид К. Холден. Стратегия и тактика ценообразования. — СПб.: Питер, 2004. — 572 с.
8. Чайникова Л.Н. Конкурентоспособность предприятия: учеб. пособие / Л.Н. Чайникова, В.Н. Чайников. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. — 192 с.
9. Шевчук Д.А. Управление качеством: учебник Д.А. Шевчук. — М.: ГроссМедиа, РОСБУХ, 2008. — 216 с.
10. Saaty T.L. Decision making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process. Pittsburgh: PWS Publications, 2000. — 370 p.

### **3.8. Управління збутовою політикою підприємств інформаційного бізнесу з використанням маркетингової стратегії**

Інформаційний ринок характеризується сукупністю підприємств, що працюють на ньому, рівнем їх взаємозв'язку, конкуренції та взаємодоповнюваності, якістю наданих на ринку інформаційних продуктів (або послуг), а також зовнішніми факторами, що впливають на систему ринку: насамперед, потребою в інформаційно-аналітичному продукті і законодавчими, інвестиційними та іншими умовами, що визначають можливості створення такого продукту.

Розвиток інформаційного ринку, відносини на ньому між виробниками товару і його споживачами регулюються закономірностями так званого відтворювального споживання. Суть та особливості цього процесу і відповідного йому поняття були розкриті відомими економістами, насамперед К. Марксом, який довів, що споживання створює потребу в новому виробництві і спонукає до його розвитку. Без потреби в якому-небудь продукті немає і його виробництва. І саме споживання продукту відтворює потребу в ньому. Відносини між виробництвом інформаційних продуктів та послуг і їх споживанням набувають діалектичний характер. Виробництво, в свою чергу, призводить до виникнення споживання, створюючи спонукання до нього. Ці відносини визначають особливості ситуації, що виникає на інформаційному ринку. В умовах переорієнтації підприємств інформаційного бізнесу до потреб ринку найважливішим питанням є формування політики збуту інформаційного продукту відносно мінливих вимог споживачів та високого рівня конкуренції. Збутова політика має

органічно поєднуватись з різними елементами комплексу маркетингу: характеристиками інформаційних продуктів та послуг, позиціонуванням підприємства на інформаційному ринку, ціновою політикою, методами просування продукту.

Від вдало спроектованої схеми організації виробничого процесу та розробленої збутової політики буде залежати кінцевий результат діяльності як самих виробників інформаційних продуктів, так і посередників та торгових агентів на ринку, розмір їх прибутку та рентабельність виробництва.

Дослідження теоретичних і практичних аспектів формування та реалізації збутової політики на підприємствах одержали висвітлення в роботах таких зарубіжних вчених, як І. Ансофф, Ф. Котлер, Г. Дж. Болт, Е. Майер, Дж. Еванс, М. Портер та ін., та вітчизняних: Б. А. Анікін, А. М. Гаджинський, В. Г. Герасимчук, М. І. Долішній, В. Я. Кардаш, Ю. М. Неруш, В. М. Кондрашов та ін. Вивчення і аналіз наукових праць, у яких розглянуті загальнонаукові методи (методи системного аналізу, синтезу, компаративістики), методи математичного моделювання економічних процесів з метою ефективного управління підприємством, дозволяє зробити висновок про існування потужного математичного інструмента, з використанням якого можуть бути виявлені певні закономірності на фоні випадкових подій, здійснене прогнозування наслідків і обґрунтування прийняття рішень щодо формування ефективної збутової політики підприємств інформаційного бізнесу.

Разом з тим, низка теоретичних прикладних аспектів розвитку збуту в галузі інформаційного бізнесу потребує подальшого дослідження шляхом розробки нових та вдосконалення існуючих методичних підходів до формування ефективної збутової діяльності підприємств інформаційного бізнесу.

Для досягнення поставленої мети доцільно вирішити наступні задачі:

- дослідити сутність, роль та значення моделювання збуту та збутової політики відповідно до умов сучасного стану на ринку інформаційних продуктів та послуг;

- сформувати модель збутової політики підприємства інформаційного бізнесу та її основні елементи, які забезпечують ефективне функціонування та адаптацію до українського середовища;

- визначити вплив показників на формування загального попиту на продукцію та послуги підприємств інформаційного бізнесу і надати рекомендації та пропозиції щодо його поліпшення.

*Моделі збутової політики та їх інформаційна база.*

Моделювання збуту охоплює весь діапазон існуючих моделей — від формальних, математичних до імітаційних, експертних, людиномашинних, в основі яких лежить використання творчих здібностей людини. Вибір того чи іншого типу моделей збуту визначається наявністю й особливостями інформаційної бази підприємства.

Для автоматизації збутових процесів на різних підприємствах створено досить багато програмних продуктів, серед яких: домашні бухгалтерії (MicrosoftMoney, QuicreMoney, 1С: Деньги), міні-бухгалтерії (1С: Бухгалтер Expert (ЮМ), Бэмби+, Инфо-Бухгалтер), універсальні програми (ПАРУС, Дебет Плюс, БЭСТ-2, 1С: Бухгалтерія, Фінанси без проблем), бухгалтерські комплекси (Моноліт, ЮСТ-3, SCALA, PLATINUM) та автоматизовані робочі місця (АРМ: CrossBee, LadyFin, Інтергратор, Куб). Вони ґрунтуються на застосуванні різних варіантів побудови та функціонування інформаційної системи управління збутом. Особливості таких ІС залежать від виду діяльності та розміру підприємства, його організаційної структури, документообігу, використання мережної обробки даних тощо.

Найбільш актуальними моделями збуту, на підприємствах, що розвиваються, є імітаційні моделі управління збутом. Їх застосування дозволяє здійснювати формування загальної стратегії збуту на ринку в цілому і відносно до кожного регіону поставки інформаційних продуктів, а також розробляти відповідну тактику збуту продукції задля ефективного управління збутовою політикою. Але в загальному випадку, оскільки імітаційні моделі за своєю природою є лише засобом для проведення деякого числового експерименту, їх результати являють собою не що інше, як поодинокі випадки (можливі варіанти) розвитку модельованого об'єкта. Тому всі висновки та твердження, зроблені на їх підставі, мають евристичний характер і в певних випадках можуть суттєво викривляти дійсний стан речей. Виникає потреба створення нової моделі з низьким рівнем помилок. Та оскільки зменшення рівня помилок, як правило, веде до певних ускладнень в моделі, що вимагає залучення додаткової кількості одиниць програмного забезпечення, фахівців, та, відповідно, фінансів, — необхідно розробити модель, яка враховувала б усі найбільш суттєві для формування попиту чинники, чітко та достовірно ілюструвала їх вплив на реалізацію продукції у майбутньому періоді, щоразу відображала максимально достовірний для підприємства результат та була простою у використанні.

Для розв'язання задач створення інформаційно-програмної системи управління збутовою політикою на підприємстві інформаційного бізнесу можна використати метод маркетингової стратегії.

*Формування моделі управління збутовою політикою підприємств інформаційного бізнесу з використанням маркетингової стратегії.* В сучасних умовах ефективний збут передбачає тісну взаємодію маркетингової та збутової служб, використання маркетингових методів в процесі управління збутом, що значно підвищує його ефективність та дозволяє планувати діяльність підприємства не лише орієнтуючись на його можливості, а й розширювати можливості виробництва, орієнтуючись на попит [2].

Ф. Котлер в праці «Основи маркетингу» відзначає: «Маркетингова стратегія — це логічна схема маркетингових заходів, за допомогою яких компанія сподівається виконати свої маркетингові задачі» [1]. Дж. О'Шонессі розглядає «стратегію маркетингу» як планування комплексу маркетингу (маркетинг-мікс) і відзначає, що «стратегія маркетингу є широкою концепцією того, як товар, ціна, просування і розподіл повинні функціонувати скоординованим чином, щоб здолати протидію досягненню завдань маркетингу». Іншими словами, вміст стратегії маркетингу показує, яким чином запропоновані ключові характеристики товарної пропозиції фірми повинні привести до досягнення цілей маркетингу і підприємства [4].

Серед таких характеристик розглянемо ті, які найбільш впливають на формування загального попиту, представивши загальний попит як суму «мимовільного» попиту (кількості товару, що за дану ціну буде реалізована без будь-яких зусиль підприємства щодо стимулювання збуту) та додаткових обсягів інформаційної продукції, реалізованих за цією ціною, винятково за рахунок особливих споживчих якостей товару і маркетингових зусиль підприємства (поліпшених характеристик інформаційних товарів та послуг, системи знижок, гарантій і реклами).

Такими зусиллями будемо вважати: якість продукції (з одного боку, рівень, що характеризує високу якість поліграфічного виконання, надійність, точність та ін.; з іншого — особливі якості товару, тобто додаткові особливості інформаційної продукції чи послуг, в основі яких не лежать принципові зміни у властивостях цих продуктів чи послуг); стимулювання збуту (сукупність послуг, запропонованих виробником у якості обов'язкового або



необов'язкового супроводу продукції або партії: знижки, кредит, гарантія інформаційної надійності, система сервісного обслуговування та ін.); реклама (інформативний вплив на покупця у вигляді роз'яснення, переконання і нагадування); торгова марка (множина елементів інформаційної продукції, що разом або окремо створюють умови для виділення такої продукції з множини собі подібних: ім'я, назва, знак або символ і таке інше).

*Математична модель.* Збільшення попиту на продукцію інформаційного ринку зумовлює необхідність кількісної і якісної оцінки економічного, технічного, фінансового, соціального та ергономічного аспектів розвитку підприємств, регіонів і галузей економіки, необхідність в аналітиці факторів ризику та ін. З розвитком таких потреб зростають потоки інформації, що призводить до розвитку телекомунікаційних мереж, математичних засобів швидкої обробки великих масивів інформації, систем управління базами даних, системи аналітичних оглядів і дайджестів за певною проблематикою та багатьох інших елементів інформаційних технологій. Якщо проаналізувати величини і напрями інформаційних потреб за останні роки, то можна прийти до висновку, що платоспроможний попит на інформаційні продукти є функцією від загального стану економіки країни, обсягів прибутку створюваного в окремих галузях економіки та регіонах, а також від об'ємів інвестиційних процесів і рівня їх ризику. Інформаційний ринок лише відтягує, перерозподіляє на себе частку заробленого в матеріальному виробництві прибутку.

Таким чином, загальний попит на продукцію підприємств інформаційного бізнесу можна уявити в наступному вигляді:

$$D_0 = D_n + Q + S + A + I, \quad (1)$$

де  $D_0$  — загальний попит,  $D_n$  — мимовільний попит,  $Q$  — додатковий попит за рахунок особливостей якості,  $S$  — додатковий попит за рахунок стимулювання збуту,  $A$  — додатковий попит, викликаний рекламою,  $I$  — додатковий попит, пов'язаний з популярністю торгової марки.

Визначимо попит у вигляді:

$$D_0 = D_n \cdot (1 + q + s + a + i), \quad (2)$$

де  $q, s, a, i$  — коефіцієнти при  $Q, S, A$  і  $I$  відповідно.

Дані коефіцієнти можуть бути подані у вигляді:

$$q = q_{\max} \cdot Q_a, \quad (3)$$

$$s = s_{\max} \cdot S_a, \quad (4)$$

$$a = a_{\max} \cdot A_a, \quad (5)$$

$$i = i_{\max} \cdot I_a, \quad (6)$$

де  $q_{\max}$ ,  $s_{\max}$ ,  $a_{\max}$ ,  $i_{\max}$  — додаткова частка мимовільного попиту, що може бути створена відповідним чинником при оптимальному стані якості, сервісу (як найбільш важливого чинника стимулювання збуту), реклами та бренду (торгової марки);  $Q_a$ ,  $S_a$ ,  $A_a$ ,  $I_a$  — ступінь відповідності реального стану справ на підприємстві оптимальному за кожним чинником.

Очевидно,

$$0 < Q_a, S_a, A_a, I_a < 1. \quad (7)$$

При цьому оцінку параметрам  $q$ ,  $s$ ,  $a$ ,  $i$  можна дати за допомогою різноманітних статистичних методів.

У даному випадку для оцінки «ідеальної» дії чинників був використаний спрощений метод експертних оцінок для визначення  $q_{\max}$ ,  $s_{\max}$ ,  $a_{\max}$ ,  $i_{\max}$  за такими співвідношеннями:

$$q_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{q_{\max_i}}{n}, \quad (8)$$

$$s_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{s_{\max_i}}{n}, \quad (9)$$

$$a_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{a_{\max_i}}{n}, \quad (10)$$

$$i_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{i_{\max_i}}{n}. \quad (11)$$

Тож ми можемо визначити вплив кожного чинника на загальний попит на інформаційні продукти та послуги, а знаючи загальний попит, знайти мимовільний попит і для самого підприємства і для його конкурентів:

$$D_n = \frac{D_o}{1 + Q_a \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_{\max_i}}{n} + S_a \cdot \sum_{i=1}^n \frac{s_{\max_i}}{n} + A_a \cdot \sum_{i=1}^n \frac{a_{\max_i}}{n} + I_a \cdot \sum_{i=1}^n \frac{i_{\max_i}}{n}}, \quad (12)$$

При цьому для кожного конкурента (і для підприємства) такої величині буде відповідати ціна, за якою пропонується даний продукт споживачу. Тобто ми одержимо множину точок, що у своїй сукупності будуть визначати криву попиту на продукцію, але не загального (реального), а мимовільного (чистого), того, що відображає об'єктивно тільки те, за скільки хотіли б і були б готові купити продукцію споживачі, за умов існуючої якості (тобто такої, яку має продукція підприємств без винятку), при відсутності яких-небудь дій щодо стимулювання споживачів, розповсюдження реклами, посилення позитивного сприйняття торгової марки.

З метою короткострокового прогнозування об'ємів реалізації інформаційних продуктів та послуг (на один місяць) можна скористуватися методом експоненціального згладжування. Більш пізні спостереження несуть більшу інформаційну цінність у порівнянні з більш ранніми спостереженнями, тобто їм потрібно присвоїти більшу вагу. Для прогнозування необхідно провести розрахунок за допомогою виважених ковзаючих середніх:

$$Z_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot Z_{t-1}, \quad (13)$$

де  $Z$  — згладжений (експоненційний) об'єм продажів,  $t$  — період часу,  $\alpha$  — константа згладжування,  $Y$  — фактичний об'єм продажів.

Послідовно використовуючи цю формулу, експоненціальний об'єм продажів  $Z_t$  можна виразити через фактичні значення об'єму продажів  $Y$ :

$$Z_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i \cdot (1 - \alpha)^{t-1-i} \cdot SO, \quad (14)$$

де  $SO$  — початкове значення експоненціальної середньої,  $\alpha$  — може приймати значення від 0 до 1.

Найбільш поширеним є випадок, у якому значення  $\alpha$  не досить наближене до 0 чи 1. Тоді прогнозні показники відрізняються від реальних значень. Щоб впевнитись у ефективності прогнозування потрібно розрахувати помилку прогнозу. Визначимо абсолютну помилку —  $APE$ :

$$APE = \left| \frac{y_k - \tilde{y}_k}{y_k} \right|, \quad (15)$$

де  $y_k$  — дані,  $\tilde{y}_k$  — прогнозні значення.

Середнє значення помилки APE визначається за формулою:

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \left| \frac{y_k - \tilde{y}_k}{y_k} \right| \cdot 100\%. \quad (16)$$

Таким чином, значення попиту на продукцію підприємства інформаційного бізнесу буде знаходитися в межах:

$$D - MAPE < D < D + MAPE. \quad (17)$$

*Реалізація моделі управління збутовою політикою підприємств інформаційного бізнесу. Інтерфейс користувача.* Модуль експериментальної інформаційної системи управління збутовою політикою підприємства інформаційного бізнесу реалізовано у середовищі Visual C++ [3].

Головне меню програми дозволяє активізувати відповідні форми роботи з даними (рис. 1).

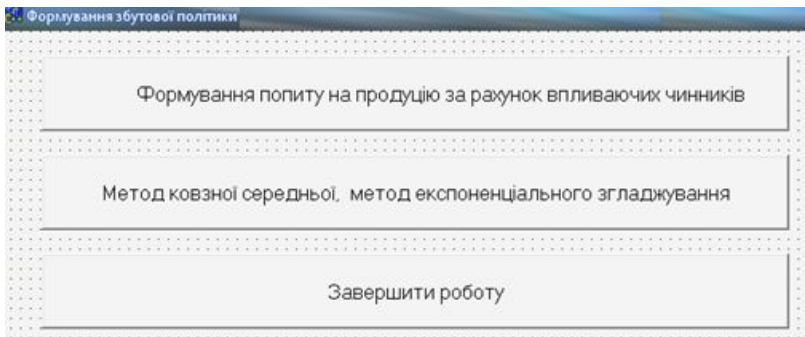


Рис. 1. Зовнішній дизайн вікна формування збутової політики підприємства

Програмний продукт дозволяє вводити, коригувати, видаляти інформацію, виконувати розрахунки стосовно реалізації продукції з урахуванням загального попиту, отримувати графічне зображення прогнозних розрахунків попиту під впливом стимулюючих чинників таких як якість, стимулювання збуту, реклама та марка. При цьому застосовуються чинники, введені в попередню форму. Додатково може бути введено лише період, на який робиться прогноз (рис. 2 – 3).

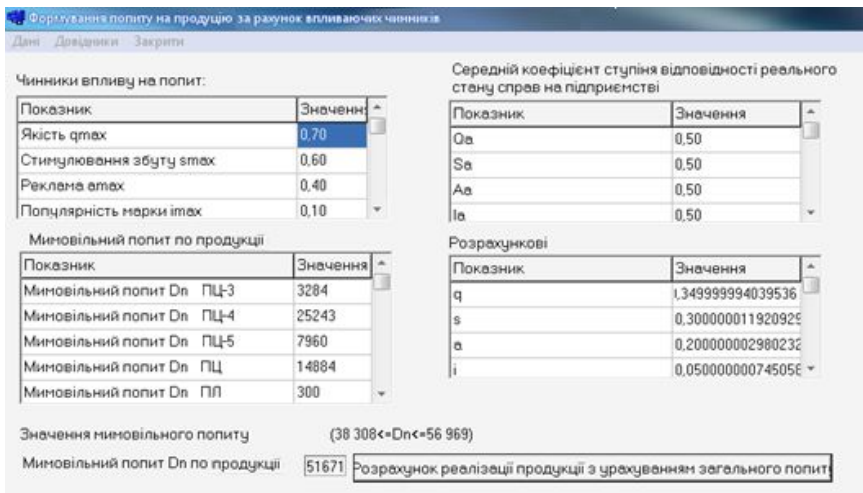


Рис. 2. Визначення попиту на продукцію за рахунок впливаючих чинників

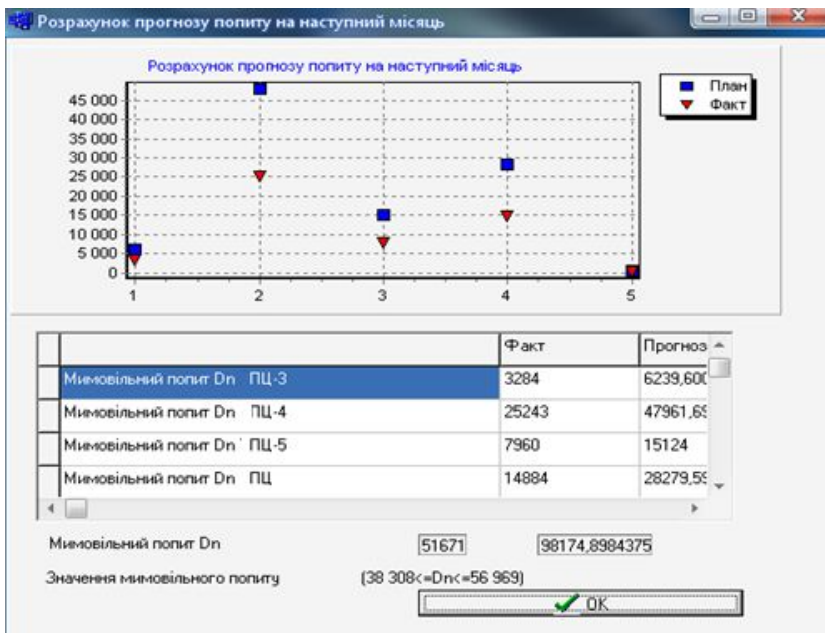


Рис. 3. Графік попиту під впливом стимулюючих чинників

Підвищення результативності функціонування маркетингового відділу підприємства інформаційного бізнесу, яке може бути отримано завдяки використанню такої системи, є надзвичайно важливим, оскільки воно призводить до зменшення витрат, що несе підприємство через невдало прогнозований попит.

*Запропонована модель управління збутовою політикою призначена як для підприємств, що тільки розвиваються, так і для давно функціонуючих малих, середніх або великих підприємств і може служити альтернативою існуючим моделям в контексті сучасних програмних продуктів.*

Широке коло можливих варіантів застосування зумовлено, перш за все, її простотою та відсутністю необхідності залучати додаткову кількість фінансових ресурсів. Адже за умов постійної конкуренції неодмінною умовою стійкої позиції на ринку є урахування всіх витрат, їх мінімізація та здійснення лише за умови окупності.

Для більш раціонального та досконалого управління збутом для кожного підприємства інформаційного бізнесу необхідно розробляти моделі з урахуванням впливу як внутрішніх (які створюються самим підприємством), так і зовнішніх (що досліджуються маркетинговою службою) факторів.

Це можливо за умов використання сучасних програмних продуктів, що дозволяють орієнтувати моделювання на досягнення ключових кінцевих результатів збутової діяльності, сприяючи досягненню стратегічних цілей фірми.

#### Список джерел

1. Котлер, Ф. Армстронг, Г., Сондерс, Д., Вонг, В. Основы маркетинга: Пер. с англ. — 2-е Европ. изд. — М.; СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2000. — 944 с.
2. Орлова И.В., Половников В.А. Экономико—математические методы и модели: компьютерное моделирование: Учеб. пособие. — М.: Вузовский учебник, 2007. — 365 с.
3. Пахомов Б. С/C++ и MS Visual C++ 2008. — С-Пб.: «БХВ-Петербург». — 2009. — 605 с.
4. Шонесси, Дж. Конкурентный маркетинг: стратегический подход / Пер. с англ. под ред. Д.О. Ямпольской. — СПб.: Питер, 2002. — 864 с.

## **РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНЕ ВИМІРЮВАННЯ РОЗВИТКУ НАНОЕКОНОМІКИ, МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ І ПІДПРИЄМСТВ**

### **4.1. Статистическое измерение развития наноэкономики**

Современное социально-экономическое развитие передовых государств во многом определяется эффективным использованием факторов и ресурсов НТП. Доля технологических инноваций в объеме ВВП развитых стран составляет от 70% до 90%. Причем огромное значение в последнее время придается развитию нанотехнологий – научно-технологическому направлению, сформировавшемуся на стыке физики, химии, биологии, медицины и материаловедения. По оценкам, в обозримом будущем нанотехнологии способны будут совершить в обществе переворот, по своим масштабам превышающий даже последствия широкого распространения компьютеров.

Наноиндустрия занимается производством материалов и изделий сверхмалых размеров на основе изучения свойств различных веществ на молекулярном и атомарном уровнях. В метрической системе нанометр (нм) – а именно от этого слова произошла приставка «нано» в термине «нанотехнология» - соответствует миллимикрону (а это единица измерения длины, равная одной миллиардной метра или  $10^{-9}$ ). Для сравнения толщина человеческого волоса в среднем равна 50 тысяч нм [1].

И хотя в настоящее время исчерпывающего определения понятия «нанотехнология» пока не существует, по аналогии с микротехнологиями можно сказать, что нанотехнологии оперируют величинами порядка одной миллиардной доли метра. В целом под нанотехнологиями обычно понимают совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты размером не более 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба. В более широком смысле к нанотехнологиям относят также еще и методы диагностики и исследования такого рода объектов.

Кроме нанотехнологий при рассмотрении вопроса о развитии наноиндустрии следует учесть также развитие наноматериалов и наносистемной техники, являющихся составными элементами наноиндустрии[2]. Наноматериалы – это материалы, содержащие структурные элементы, геометрический размер которых хотя бы в одном измерении не превышает 100 нм и благодаря этому

обладающие качественно новыми свойствами, в том числе с заданными функциональными и эксплуатационными характеристиками.

Под наносистемной техникой обычно понимают созданные полностью или частично на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от характеристик систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям. Таким образом, наноиндустрия – это вид деятельности по созданию продукции на основе нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники.

Говоря о развитии наноиндустрии, следует иметь в виду, что в этом случае предполагается рассмотрение широчайшего спектра разнообразных и не всегда напрямую связанных между собой проблем в различных областях науки и техники, где уже используются соответствующие технологии и методы. И хотя поэтому нанотехнологии целесообразно рассматривать не как единое целое, а больше всего лишь как обобщенное понятие, следует признать, что наноиндустрия в целом оказывает революционизирующее воздействие на развитие информационных и телекоммуникационных технологий, биотехнологий, средств безопасности и ряд других. В результате за последние годы десятки стран приняли национальные программы развития наноиндустрии в качестве высшего национального приоритета. Среди них такие развитые государства, как США, Япония, Германия, Франция, Китай и ряд других.

Так, в Китае, например, в последнее время работает около 800 компаний, занимающихся внедрением нанотехнологий, а также более 100 профильных научно-исследовательских институтов, абсолютное большинство из которых ориентировано на удовлетворение нужд оборонно-промышленного комплекса этой страны. Другие развитые государства также выделяют огромные средства на оборонные разработки в сфере нанотехнологий. Россия по показателю объема суммарных затрат на развитие наноиндустрии находится в числе лидеров, причем, в более чем 20 субъектах Российской Федерации имеются крупные центры развития нанотехнологий (например, в таких городах, как Белгород, Ижевск, Чебоксары и т.д.). Вместе с тем одной из серьезнейших проблем в этой сфере в отечественной экономике является проблема массового внедрения изобретений и патентов, полученных при создании наноматериалов и нанотехнологий. Такого рода проблемы, как известно, являются одними из ключевых в сфере НИОКР в России еще с советских времен (своего рода ахиллесовой пятой этой сферы). Другой серьезной проблемой эффективного развития



наноиндустрии является неразработанность системы статистического учета развития наноиндустрии.

Следует также отметить, что нередко вместо термина «система наноиндустрии» все чаще используют термин «наноэкономика», причем под наноэкономикой понимается система воспроизводственных отношений, связанных с производством и использованием нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники. Правда, существует и другой вариант использования термина «наноэкономика». Так, Г. Клейнер выделяет 5 иерархических уровней: мега-, макро-, мезо-, микро- и наноуровень, а также соответствующие экономические дисциплины: международная экономика, макроэкономика, мезоэкономика, микроэкономика и наноэкономика [3]. На наноуровне предметом изучения экономической теории становятся отношения единичного разделения и кооперации труда отдельных работников, конкуренции и монополии индивидов на знания, навыки и умения внутри профессиональных групп, формирование и реализация ценности и полезности их труда. Таким образом, объектом наноэкономики в таком ее понимании является отдельный индивид, физическое лицо. На наш взгляд, оба подхода имеют право на существование, но в дальнейшем мы будем придерживаться первого варианта. Кроме члена корреспондента РАН Г. Клейнера проблемами развития наноиндустрии также занимались и занимаются такие известные ученые России и Украины, как академики НАН Украины Н.Г. Чумаченко и А.И. Амоша, профессора В.И. Ляшенко, М.И. Шишкин, А.С. Флерова и ряд других.

Для эффективного развития наноэкономики большое значение имеет разработка и создание системы показателей, в различных аспектах характеризующих современное состояние и динамические параметры развития наноиндустрии. Причем речь идет о создании именно системы показателей, когда используется комплексный подход и учитываются по крайней мере все основные аспекты и элементы формирования и развития наноэкономики. Разумеется, в этой системе обязательно должен быть раздел, в котором рассматриваются показатели, характеризующие развитие наноэкономики в целом и на разных уровнях управленческой иерархии: на мировом и международном уровнях, на национальном, отраслевом и региональном уровнях, а также на уровне отдельного предприятия (организации) и его отдельных структурных подразделений.

Здесь, прежде всего, речь идет о таких показателях, как суммарный объем разработки и использования наноизделий, выраженный в стоимостных и натуральных единицах измерения, а также суммарные затраты на создание и внедрение такого рода

изделий на разных уровнях управленческой иерархии. Кроме этого, в эту группу показателей обязательно должны войти показатели, характеризующие удельный вес, долю стоимости наноизделий в общей стоимости продукции, которую выпускает данный хозяйствующий субъект. Следует также включить показатели, характеризующие социально-экономическую эффективность использования нанопродукции и nanoиндустрии в целом – как общие показатели эффективности, так и частные показатели (производительность труда, фондоотдачу, материалоемкость, капиталоемкость и пр.).

Весьма важный показатель – это показатель наукоёмкости, характеризующий технологию и отображающий степень ее связи с научными исследованиями и разработками. В данном случае под технологией следует понимать совокупность методов и приемов, применяемых на всех стадиях разработки и изготовления определенного вида изделия [4]. Под наукоёмкой же технологией понимается такая технология, которая включает в себя объемы опытных работ, превышающих средние значения этого показателя технологий в определенной сфере экономики и чаще всего наукоёмкость рассматривается в сфере обрабатывающей промышленности [5]. Для наноизделий оценивать их наукоёмкость крайне важно.

Наукоёмкость отрасли обычно измеряется как отношение общих расходов к расходам сбыта, а также как отношение объемов сбыта к численности ученых, инженеров и техников, занятых в данной отрасли. Наукоёмкая продукция – это изделие, в себестоимости которой расходы на НИОКР выше, чем в среднем по отраслям данной сферы хозяйства.

Динамику наноэкономики характеризуют такие показатели, как рост и прирост нанопродукции, темп роста и темп прироста ее. Структурные изменения характеризуются таким показателем, как изменение доли стоимости нанопродукции в общей стоимости выпускаемой продукции данным хозяйствующим субъектом (предприятием, отраслью, регионом, народнохозяйственным комплексом в целом).

Любое промышленное изделие характеризуется определенным уровнем качества, которое в настоящее время является одной из важнейших характеристик степени конкурентоспособности продукции. Повышение качества особенно актуально для отечественных товаров в настоящее время, когда российская экономика пытается осуществить переход от экономики сырьевого типа к развитой современной инновационной экономике. Формирование и развитие nanoиндустрии является одним из ключевых направлений реализации такого рода перехода, в связи с

чем вопрос об оценке уровня качества наноизделий стоит особенно остро. Важнейшим аспектом качества продукции является ее надежность, т.е. свойство изделия сохранять во времени в определенных границах значения всех показателей, характеризующих способность осуществлять определенные функции в конкретных режимах и в условиях использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и перевозки.

Надежность является важным свойством нанопродукции и поэтому показатели надежности относятся к основным показателям, характеризующим качество продукции. Они отображают способность нанопродукта с течением времени реализовать требуемые функции в заданной системе. Эти показатели характеризуют особенности безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Безотказность представляет собой способность нанопродукта постоянно сохранять работоспособность в течение определенного периода времени или отдельной наработки, которая проявляется в возможности безотказной деятельности. Ремонтпригодность – это свойство нанопродукции, которое состоит в приспособленности его к предупреждению и выявлению причин появления отказов, повреждений и ликвидации их последствий в результате проведения ремонтов и технического обслуживания. Восстановление нанопродукции обуславливается средним временем восстановления до определенной величины показателя качества и степенью возобновления. Под сохраняемостью понимается способность наноизделия сохранять исправное и работоспособное, годное к использованию и эксплуатации состояние в течение времени после хранения и перевозки. Средний срок сохраняемости и назначенный срок хранения являются показателями сохраняемости. Долговечность – способность нанопродукции сберечь работоспособность до наступления предельного состояния при установленном сроке технического обслуживания и ремонта. Средний ресурс и средний срок службы являются показателями долговечности, причем понятие «ресурс» используется при характеристике долговечности по наработке изделия, а «срок службы» - при характеристике долговечности по календарному периоду времени. При этом выделяют единственный показатель надежности, который характеризует одно из качеств наноизделия и комплексный показатель, характеризующий несколько качеств, составляющих надежность нанопродукции.

Важно определять также показатели технологичности нанопродукции. К наиболее важным показателям из этой группы относятся такие, как удельная материалоемкость наноизделия, его удельная трудоемкость изготовления, удельная энергоемкость

изготовления и эксплуатации наноизделия, а также средняя оперативная длительность технического обслуживания данного наноизделия. В целом показатели технологичности выражают обобщенную характеристику рациональности примененных в продукции конструкторских и технологических решений и наилучшее распределение расходов на всех стадиях жизненного цикла нанопродукции.

Актуальна проблема статистической оценки технологичности не только наноизделия в целом, но и составных наноэлементов в сложной конструкции. Технологичность конструкции – это свойство, отражающее, насколько четко учитываются требования имеющейся технологии и системы освоения производства, транспортировки и технического обслуживания изделия. Технологичная конструкция обеспечивает минимизацию длительности производственной деятельности и расходов материалов на всех фазах жизненного цикла продукта. К основным показателям технологичности конструкции, в которой имеются наноэлементы, можно отнести следующие: удельный вес нанодеталей в их общем количестве в данном изделии, коэффициент межпроектной унификации (т.е. заимствования) наноэлементов устройства, коэффициент унификации технологичности нанопроцессов и ряд других.

Учитывая, что в развитии наноиндустрии в России в настоящее время одним из наименее эффективных звеньев является серийное, массовое производство наноизделий, большое значение имеет разработка показателей стандартизации и унификации нанопродукции, отражающих степень применения стандартных, унифицированных и неповторимых компонентов в составе продукта. Напомним, что стандартизация – это система разработки и определения требований, норм, правил, характеристик, выраженных в стандартах как обязательных, так и рекомендуемых для выполнения при производстве продукции. Стандартизация является очень значительным фактором повышения качества продукции и ускорения НТП на разных уровнях общественной иерархии. Унификация является одним из методов стандартизации и под унификацией понимается приведение объектов одинакового конструктивного назначения к единой форме по определенным качествам и рациональное снижение количества этих объектов на основе сведений об их эффективном использовании. При унификации определяют наименьшее необходимое, но достаточное количество типов, разновидностей, типоразмеров, компонентов, деталей, имеющих высокие показатели качества и взаимозаменяемости. Вследствие стандартизации и унификации

появляются единые требования к качеству наноизделий, охране и условиям труда работников на предприятиях.

К показателям стандартизации и унификации относятся коэффициенты применяемости, повторяемости составных частей наноизделия, унификации изделий, нового оригинального конструирования, серийности, экономической эффективности стандартизации нанообъекта. Помимо данных показателей также рассчитываются коэффициенты повторяемости и унификации по конструктивным компонентам. Таким образом, показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность товара обыкновенными, унифицированными компонентами, которыми являются входящие в него конструкции, приборы, агрегаты, комплекты и пр. Одним из важнейших направлений и методов стандартизации является агрегатирование, под которым понимается способ создания машин, установок, конструкций, узлов, аппаратов и других изделий из унифицированных агрегатов, устанавливаемых в изделия в различном количестве и в разных комбинациях.

Большое значение имеет разработка показателей, характеризующих инновационную активность социально-экономических систем на разных уровнях управленческой иерархии. Так, уровень инновационной активности отражает показатель удельного веса предприятий и организаций (в регионе, в отрасли, в национальной экономике в целом), осуществляющих технологические, организационные и маркетинговые инновации в сфере нанопромышленности в общем числе предприятий и организаций. Для отдельного предприятия аналогичный показатель выражается в определении доли цехов и иных структурных подразделений предприятия, осуществляющих нанопромышленные инновации, в общем числе (как в общем числе инновационно активных подразделений, так и удельный вес в целом). Кроме этого показателя уровень инновационной активности и насыщенности рынка нанопромышленностью также характеризует показатель удельного веса нанотоваров, работ и услуг в общем объеме инновационных товаров, работ и услуг, а также в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ и услуг организаций.

Целесообразно рассчитывать и интенсивность затрат на технологические нанопромышленные инновации в виде отношения затрат на технологические нанопромышленные инновации к объему отгруженных товаров и выполненных работ. Для более детального анализа важно определить удельный вес малых, средних и крупных предприятий, осуществляющих нанопромышленные инновации, в общем числе соответственно малых, средних и крупных предприятий. Следует также рассчитывать показатели удельного веса экспорта и импорта

нанотоваров и нанотехнологий в общем объеме соответственно экспорта и импорта.

Еще одной важной группой показателей являются показатели, характеризующие результативность и эффективность наноиндустрии в отрасли, в регионе и в национальной экономике в целом. К ним относятся показатели окупаемости затрат на наноинновации (под этим показателем понимается отношение объема нанотоваров, работ и услуг к сумме затрат на исследования, разработки и приобретение наноинноваций), выпуска нанопродукции в среднем на душу населения, отношения числа передовых использованных нанотехнологий к числу созданных нанотехнологий, а также показатель отношения нанотоваров, работ и услуг к числу инновационно-активных предприятий. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что в большинстве регионов России, например, связь между инновационным развитием и эффективностью территориального воспроизводства весьма слабо выражена [6].

Обострение экологических проблем обуславливает необходимость статистического учета степени вредного влияния на окружающую среду, возникающего при производстве, применении и эксплуатации наноизделия. Для количественной оценки используют показатели экологичности продукции, являющиеся одним из основных свойств, обуславливающих уровень ее качества. К основным показателям экологичности нанопродукции относятся такие показатели, как содержание вредных примесей в нанопродуктах, выбросы вредных веществ в окружающую среду вследствие нанопроизводства, оценка уровня шума, вибрации, радиоактивного загрязнения окружающей среды (научное направление, в рамках которого исследуются вопросы влияния развития наноиндустрии на состояние окружающей среды, можно назвать нанозкологией).

Кроме экологических показателей при разработке системы показателей, характеризующих формирование и развитие нанозкономики, следует рассмотреть вопрос о целесообразности создания других групп показателей, таких, как, например, эргономические, эстетические и иные группы показателей. Эргономические показатели отображают удобство и комфорт использования нанопродукции. Так, психологические показатели применяются при установлении соответствия наноизделия возможностям восприятия и переработки информации, а также психологическим качествам человека. Другая разновидность эргономических показателей – антропометрические показатели применяются при установлении соответствия конструкции изделия величине, форме и массе человеческого тела и его отдельных

составляющих, входящих в контакт с наноизделием. К этой категории относятся также гигиенические, физиологические и психофизиологические показатели.

Так, гигиенические показатели используются при установлении соответствия наноизделия гигиеническим заявкам жизнедеятельности и работоспособности человека при реакции его с изделием. Иначе говоря, гигиенические показатели определяют соответствие изделия санитарно-гигиеническим нормам. Физиологические показатели применяются при установлении соответствия наноизделия физиологическим особенностям человека и функционированию его органов чувств (например, соответствие устройства наноизделия силовым и скоростным особенностям человека или соответствие конструкции наноизделия зрительным и психофизиологическим особенностям человека).

Эстетические показатели нанопродукции характеризуют ее эстетическое воздействие на человека. Показатели этой группы связаны с комплексным качеством – эстетичностью, воздействующим на восприятие человеком нанопродукции с точки зрения ее внешнего вида. Это качество определяется такими простыми признаками, как форма, гармония, композиция, стиль и т.д. В соответствии с этим эстетические показатели характеризуют соответствие наноизделия окружающей среде, стилю, информационно-художественное оформление нанопродукции, ее гармоничность и выразительность, оригинальность дизайна упаковки и пр.

Перечисленные группы системы показателей отображают, на наш взгляд, основные аспекты процесса формирования и развития наноэкономики (в этой связи эту систему можно назвать системой нанопоказателей). В систему нанопоказателей, таким образом, следует включить следующие разделы: общий раздел, раздел динамики нанопоказателей, раздел, характеризующий качество, уровень стандартизации и унификации нанопродукции, раздел эффективности и инновационной активности nanoиндустрии, а также разделы, характеризующие экологичность, эргономические и эстетические свойства нанопродукции. Однако сказанное совсем не означает, что со временем система показателей, характеризующих nanoиндустрию, не претерпит существенных изменений и в нее не будут добавлены новые разделы показателей. В заключении также следует добавить, что показатели всех перечисленных групп следует рассматривать на разных уровнях управленческой иерархии: мега-, макро-, мезо-, микро- и миниуровне. Данная система показателей может стать элементом формирующихся в настоящее время в России национальной и региональных инновационных систем. Предложенная система показателей может быть использована для

осуществления анализа современного состояния и определения перспектив развития наноэкономики не только в России, но и в других странах, в том числе в Украине.

#### Список источников

1. Флерова А. О государственном регулировании инновационного развития в области наноматериалов и нанотехнологий в России // Инвестиции в России. – 2006. - № 8 – С. 41-47.

2. Ляшенко В.И., Павлов К.В., Шишкин М.И. Наноэкономика в славянских странах СНГ (Серия: Экономическое славяноведение). Ижевск: КнигоГрад, 2011. – 348 с.

3. Клейнер Г. Наноэкономика // Вопросы экономики. – 2004.- № 12.- С.70-93.

4. Первалов Ю.В. Инновационное предпринимательство и проблемы технологического развития // Общество и экономика. – 1997. - №7.- С.18-84.

5. Федулова Л.И. Экономическая природа технологий и технологического развития // Экономическая теория. – 2006 - №3.- С.3-19.

6. Иванова М.В. Региональное инновационное пространство: особенности развития экономики знаний в регионах России. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2012. – 173 с.

#### **4.2. Моделювання системи класифікації регіональних інвестиційних проєктів**

Для класифікації регіональних проєктів як економічних об'єктів пропонуємо оцінювати їх у двовимірному просторі регіональних інтересів – соціальних і економічних. Для об'єктивного відображення цільової функції регіону і виявлення важелів впливу на динамізм його розвитку необхідно визначити специфіку регіону як об'єкту управління. Перш за все регіону властива повнота і замкненість у соціальному відношенні, що не скажеш про економічні і виробничо-технологічні відносини. Тому важелі зростання ефективності регіонального суспільного виробництва знаходяться у площині забезпечення соціальних умов життя і діяльності населення. Регіональні фактори, через які можна впливати безпосередньо на ефективність виробництва, можна об'єднати у дві групи: організаційно-економічні і соціальні [6].

До організаційно-економічних відносяться фактори, що відображають стан господарської діяльності у регіоні і, перш за все, показники науково-технічного розвитку, якості продукції, що впливають на рівень прибутковості діяльності регіональних



суб'єктів господарювання і, таким чином, збільшують надходження до бюджетів різних рівнів.

До соціальних відносимо фактори, що впливають на ступінь соціальної захищеності населення регіону, а саме: створення нових робочих місць та збереження робочих місць, на яких оплата перевищує середній рівень у регіоні. У цьому напрямку доцільно також виділити фактор оцінки впливу проекту на оточуюче середовище.

Тому відповідь на запитання відносно критеріїв і показників розвитку регіону слід шукати в особливостях функціонування регіону як об'єкта і системи управління. Критерії і інтегральний показник повинні відобразити двоїстий характер регіону за цілями його діяльності: виконання функцій спеціалізації у господарському комплексі держави і забезпечення соціального розвитку регіону. Визначення інтегрального критерію соціального і економічного розвитку регіону можливо лише в умовах деякого конкретного процесу управління регіоном, у нашому випадку – це управління проектами регіонального розвитку.

Визначення критеріїв діагностики проектів – це одна із складних проблем. Критерій – це кількісний показник або деяке правило, у відповідності до якого варіанти досягнення господарських цілей розташовуються у порядку їх вагомості і значущості. Більшість задач управління складними економічними системами, наприклад такими як регіон, являються багатоцільовими або векторними. Для таких задач оцінка якості управлінських рішень здійснюється одночасно за декількома взаємопов'язаними критеріями. Векторна оптимізація потребує рішення наступних основних проблем:

1. Визначення принципу оптимальності, тобто правила, що характеризує властивості оптимального рішення і відповідає на питання, у якому сенсі оптимальне рішення краще за всі інші допустимі варіанти рішень.

2. Нормалізація простору локальних критеріїв, приведення їх до єдиного масштабу вимірювань. Необхідність нормалізації пов'язана з тим, що локальні критерії мають, як правило, різні одиниці виміру, що унеможливує їх безпосереднє порівняння.

3. Урахування різного ступеня важливості (пріоритетності) локальних критеріїв.

Узагальнена оцінка ефективності кожного проекту на рівні інтересів регіону визначається у вигляді його інтегрального рейтингу з урахуванням виділених локальних критеріїв. Вона необхідна для формування ефективної інноваційної політики у регіоні.

Визначимося із рішенням проблем векторної оптимізації для класифікації регіональних інноваційних проєктів.

Основними критеріями добору проєктів для включення до реєстру пріоритетних частіше використовують такі:

- вартість та продуктивність проєкту;
- науково-технічний рівень та ступінь (стадія) розробки;
- відповідність узгодженій концепції Державної науково-технічної програми;
- стислий час реалізації науково-технічного проєкту та впровадження результатів розробок;
- ефективність;
- можливість масштабного впровадження та комерційна цінність проєкту;
- спрямованість на забезпечення необхідної економічної незалежності України, в т. ч. виробництво продукції, що призначена замішувати імпорту та давати додаткові можливості для експорту;
- орієнтація на створення власних підприємств наукомісткої продукції,
- створення нових робочих місць,
- використання промислового та науково-технічного потенціалу регіону;
- документальне підтвердження наявності та обсягу інших джерел фінансування розробки, матеріальна та адміністративна підтримка роботи виробниками та споживачами продукції;
- ресурсозбереження, у т. ч. покращання умов і підвищення продуктивності праці та стану навколишнього середовища.

При прийнятті рішень необхідно також враховувати: матеріально-технічне, кадрове та організаційне забезпечення проєкту; відповідність затрат, обчислених авторами, обсягам робіт; достатність наукового потенціалу та рівня освіти заявників проєкту.

Проаналізуємо перелік критеріїв і спробуємо обґрунтувати доцільність їх використання у поставленій задачі. Визначимо критерії, що мають однакове (уніфіковане) значення для всіх, оформлених у вигляді проєкту, інноваційних ідей, бо за такими критеріями неможливо поділяти проєкти на різні класи. У нашому прикладі до таких критеріїв можна віднести наступні: документальне підтвердження наявності та обсягу інших джерел фінансування розробки, матеріальна та адміністративна підтримка роботи виробниками та споживачами продукції (документальне оформлення уніфіковане); використання промислового та науково-технічного потенціалу регіону (розглядаються саме такі проєкти).

Визначимо також критерії, що пов'язані із процесом організації впровадження проєкту, а не з оцінкою його інноваційного потенціалу. До таких можна віднести вартість та ефективність

проекту. Вони, перш за все залежать від макроекономічної стабільності на регіональному або державному рівні і від кваліфікації менеджменту з впровадження проекту.

Такі критерії як відповідність узгодженій концепції Державної науково-технічної програми та спрямованість на забезпечення необхідної економічної незалежності України, у т. ч. виробництво продукції, що призначена заміщувати імпорту та давати додаткові можливості для експорту відповідають державному рівню управління інноваційним розвитком. У нашій класифікації їм відповідають стратегічні державні проекти, оцінювати по цих критеріях регіональні проекти не доцільно.

Ті критерії, що залишилися після нашого аналізу поділяються на дві групи за характером впливу на регіональні процеси розвитку, а саме на соціальні і організаційно-економічні. Так до соціальних критеріїв оцінки проектів на регіональному рівні віднесемо наступні: - створення нових робочих місць за рахунок реалізації проекту; - збереження робочих місць, на яких оплата праці перевищує середній по регіону рівень; - покращання умов праці та стану навколишнього середовища.

Критерій збереження робочих місць, на яких оплата праці перевищує середній по регіону рівень, балансує дію критерію створення робочих місць, тому що є інноваційні проекти, які, за рахунок впровадження автоматизації технологічних процесів, можуть скорочувати кількість робочих місць, але рівень оплати праці при цьому підвищується.

До групи організаційно-економічних факторів, що відображають регіональні інтереси, доцільно віднести наступні критерії:

- збільшення податків та інших обов'язкових платежів до державних бюджетів різних рівнів і цільових фондів за рахунок виробництва продукції за проектом;

- термін реалізації проекту та впровадження результатів розробок.

Запропонована система критеріїв класифікації регіональних інноваційних проектів відповідає вимогам до критеріїв у теорії багатокритеріальної оптимізації [3], а саме: повноті визначення усіх якісних властивостей регіональних проектів; незалежності (або незначного рівня залежності) між критеріями; значущості для отримання необхідної точності класифікації проектів; інформативності, тобто чутливому реагуванню на якісні відмінності інноваційних проектів; відносності – усі критерії адекватно реагують на зміни відповідної якості проекту і змінюються в інтервалі від 0 до 1.

Після обґрунтування переліку критеріїв і поділу їх на соціальні і організаційно-економічні необхідно визначитися з правилами їх отримання або обчислення. Розглянемо послідовно порядок отримання значень спочатку соціальних критеріїв, а потім організаційно-соціальних.

Так значення першого і третього критеріїв, а саме: кількість новостворених робочих місць (НРМ) і покращання умов праці та стану навколишнього середовища (УПНС), визначаються на етапі оформлення проекту, і залежать від специфіки інновації, підтверджуються стандартними проектними розрахунками і висновками експертів. При реєстрації проекту на регіональному рівні у координаційному центрі ці показники вже визначені. Для цілей класифікації регіональних проектів важливим є не сама кількість новостворених робочих місць, а той факт, що той чи інший проектом їх створює. Так само і для критерію покращання умов праці та стану навколишнього середовища, або за проектом це покращення відбувається, або ні. Тобто ці критерії можна віднести до логічних по значенню, що обчислюються за наступними формулами:

$$\text{НРМ} = \begin{cases} 1, \text{ якщо проект передбачає створення нових} \\ \text{робочих місць;} \\ 0, \text{ якщо проект не передбачає створення нових} \\ \text{робочих місць.} \end{cases}$$

$$\text{УПНС} = \begin{cases} 1, \text{ при позитивному впливі проекту;} \\ 0, \text{ при негативному впливі проекту.} \end{cases}$$

Для критерію збереження робочих місць, на яких оплата праці перевищує середній по регіону рівень, пропонується наступний порядок обрахування. Визначається середньомісячна заробітна плата робітників, задіяних у виробництві після впровадження проекту, за наступною формулою:

$$ЗП_{\text{проект}} = \frac{\text{ФОП}}{\text{ЧП}},$$

де *ФОП* - загальний фонд оплати праці, грн.;

*ЧП* – чисельність працюючих, чол.

Потім обчислюється коефіцієнт відповідності середньої заробітної плати за проектом середньому рівню у регіоні.

$$K_{\text{збереження}} = \frac{ЗП_{\text{проект}}}{ЗП_{\text{регіон}}},$$

де  $ЗП_{\text{регіон}}$  – середня заробітна плата по регіону, грн.

Саме значення критерію збереження робочих місць (ЗРМ), на яких оплата праці перевищує середній по регіону рівень, отримується за наступним правилом:

$$\text{ЗРМ} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{\text{збереження}} \geq 1; \\ 0, & \text{якщо } K_{\text{збереження}} < 1. \end{cases}$$

У групі організаційно-економічних є два критерії: збільшення податків та інших обов'язкових платежів до державних бюджетів різних рівнів і цільових фондів за рахунок виробництва продукції за проектом (ПП) та термін реалізації проекту та впровадження результатів розробок. Відносно терміну до реалізації проекту (ТРП), то він визначається на етапі оформлення проекту за стандартними схемами розрахунків і припущень. Відносно першого критерію пропонується наступна формула його розрахунку:

$$\text{ПП} = \begin{cases} (\text{ПП}_{\text{проект}} - \text{ПП}_{\text{до проекту}}) * \text{Норма} - \text{для існуючих виробництв}; \\ \text{ПП}_{\text{проект}} * \text{Норма} - \text{для новостворених виробництв}. \end{cases}$$

де  $\text{ПП}_{\text{проект}}$  – прибуток податок на прибуток після впровадження проекту, грн.;

$\text{ПП}_{\text{до проекту}}$  – податок на прибуток до впровадження проекту, грн.;

Норма – існуюча норма відрахування від прибутку.

Таким чином для класифікації інноваційних проектів на регіональному рівні пропонується двовимірна система критеріїв, що відповідає соціальним і організаційно-економічним інтересам регіону, а саме:

1. Соціальний вимір

- $f_{c1}$  – НРМ → max – створення нових робочих місць, 1/0;
- $f_{c2}$  – ЗРМ → max – збереження робочих місць за рівнем оплати, 1/0;
- $f_{c3}$  – УПНС → max – покращення умов праці і екології, 1/0.

2. Організаційно-економічний вимір

- fe1 – ТРП → min – термін реалізації проекту, років;

- fe2 – ПП → max – зростання податку на прибуток, грн.

Для визначення загального рівня задоволення соціальних інтересів регіону по кожному проекту пропонується застосування адитивної згортки критеріїв за наступною формулою:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n \lambda_i f c_i,$$

де  $\lambda_i$  – відносний коефіцієнт значущості  $i$ -го критерію,

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1;$$

$f c_i$  – значення  $i$ -го соціального критерію;

$n$  – загальна кількість соціальних критеріїв.

Для визначення загального рівня задоволення організаційно-економічних інтересів по кожному проекту в адитивній згортці критеріїв необхідно використовувати нормовані значення локальних критеріїв, так як на відміну від соціальних локальних критеріїв, локальні організаційно-економічні критерії мають різні одиниці виміру.

$$F_2 = \sum_{i=1}^m \lambda_i \hat{f} e_i,$$

де  $\hat{f} e_i$  – значення  $i$ -го економічного критерію у нормованому вигляді.

Операція нормування виконується за наступним правилом:

$$\hat{f} e_i = \begin{cases} \frac{f e_i - f e_i^-}{f e_i^+ - f e_i^-}, & \text{якщо } f e_i \rightarrow \max, \\ \frac{f e_i^+ - f e_i}{f e_i^+ - f e_i^-}, & \text{якщо } f e_i \rightarrow \min. \end{cases}$$

де  $f e_i^+$ ,  $f e_i^-$  - область допустимих значень  $i$ -го критерію.

Відносні коефіцієнти значущості  $\{\lambda_i\}_{n+m}$  визначаються експертним шляхом у регіональному відділі координації інноваційної діяльності.

Отримані таким чином інтегральні оцінки  $F_1$  і  $F_2$  визначають рівень (відсоток) досягнення відповідно соціальних і організаційно-економічних інтересів регіону у разі реалізації інноваційного проекту.

Для формування моделі кластерного аналізу інноваційних проектів на регіональному рівні за двома складовими – соціальною і організаційно-економічною – доцільно використати метод дискримінантних функцій [1].

Задачею моделі є визначення (розпізнавання) класу, до якого слід віднести інноваційний проект. Кластеризація проводиться у просторі із двох складових (інтегральних критеріїв)  $F_1$  і  $F_2$ .

Спочатку за результатами експертного опитування отримуємо кількість можливих класів, що відрізняються один від одного рішеннями відносно управління проектами на рівні регіону. Потім для кожного отриманого класу визначаються еталонні значення оцінок соціального і організаційно-економічного впливу проектів на регіональний розвиток. Ці дані зводимо у таблицю 1.

Таблиця 1

Еталонні значення оцінок інноваційних проектів

Ідентифікатор класу, $j$	Назва класу	Критерій	
		$F_1$ – соціальний вплив	$F_2$ – організаційно-економічний вплив
$K_1$	Пріоритетний	$b_{11}$	$b_{21}$
$K_2$	Соціальний	$b_{12}$	$b_{22}$
$K_3$	Подальшої доробки	$b_{13}$	$b_{23}$
$K_4$	Комерційний	$b_{14}$	$b_{24}$

Формування моделі кластеризації інноваційних проектів проводиться у такій послідовності:

1. Визначення дискримінантної функції для кожного класу проектів у просторі інтегральних критеріїв  $F_1, F_2$ :

$$\rho_j(F_1(X), F_2(X)) = \alpha_{1j}F_1 + \alpha_{2j}F_2 + \alpha_{3j} \geq 0, \text{ if } X \in K_j, j = 1, \dots, 4$$

де  $\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \alpha_{3j}$  - коефіцієнти, що визначаються відповідно до еталонних оцінок  $\|b_{kj}\|_{2,4}$ .

2. Визначення множини класів  $\{K_j\}_4$  регіональних проектів за правилом: «проект  $X \Rightarrow \langle \hat{f}_1(X), \hat{f}_2(X) \rangle$  відноситься до класу  $K_j$ , якщо дискримінантна функція для цього класу по проекту  $\rho_j(\bar{F}(X))$  більше нуля та усі дискримінантні функції інших класів менше або дорівнюють нулю»:

$$\bar{F}(X) \in K_j, \text{ if } (\rho_j(\bar{F}) > 0) \& \left( \forall_{l \neq j} \rho_l(\bar{F}) \leq 0 \right)$$

Таким чином, границі, що відокремлюють кожний  $j$ -тий клас від інших класів описуються рівняннями розділяючих прямих  $\rho(\bar{F}) = 0, j = 1, \dots, 4$ .

3. Деталізація та змістовна інтерпретація класів (визначення проміжних класів та зони невизначеності) оцінки:

1) Клас пріоритетних проектів  $K_1$  - високий рівень задоволення як соціальних так і організаційно-економічних інтересів регіону:

$$\{\rho_1(\bar{F}) > 0; \rho_4(\bar{F}) < 0; \rho_2(\bar{F}) < 0; \bar{F} \leq 1\}$$

2) Клас соціальних проектів  $K_2$  - значний соціальний ефект при зниженні організаційно-економічних важелей:

$$\{\rho_2(\bar{F}) > 0; \rho_1(\bar{F}) < 0; \rho_3(\bar{F}) < 0; F_1 \leq 1; F_2 \geq 0\}$$

3) клас проектів, що потребують подальшої доробки  $K_3$  - низький рівень задоволення як соціальних так і економічних інтересів регіону:

$$\{\rho_3(\bar{F}) > 0; \rho_2(\bar{F}) < 0; \rho_4(\bar{F}) < 0; \bar{F} \geq 0\}$$

4) клас комерційних проектів  $K_4$  - значний рівень задоволення економічних інтересів регіону при незначній відповідності соціальним вимогам:

$$\{\rho_4(\bar{F}) > 0; \rho_1(\bar{F}) < 0; \rho_3(\bar{F}) < 0; F_1 \geq 0; F_2 \leq 1\}$$

Для оцінки та визначення напрямів подальшої доробки проектів, що за результатами діагностики опинились у третьому класі, нами зроблено такі емпіричні, тобто підтвержені практикою управління проектами, припущення:

1) можливі два шляхи переходу проекту із третього класу до першого пріоритетного. Ці переходи утворюють ланцюжки доцільних перетворень проектів і потребують додаткового аналізу і корегування проектної документації.



2) перший шлях пов'язується із посиленням соціальної складової проекту, так званий "соціальний шлях". Його проходження повинно супроводжуватись організаційною і фінансовою підтримкою проекту з боку регіональної влади. Він здійснюється за наступною схемою:

$$K_3 \Rightarrow K_{32} \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_{21} \Rightarrow K_1$$

3) другий шлях передбачає пошук можливостей збільшення впливу проекту на задоволення економічних інтересів регіону, так званий «комерційний шлях». Його проходження передбачає посилення відповідальності бізнесу за фінансові результати реалізації проекту. Цей перехід здійснюється за наступною схемою:

$$K_3 \Rightarrow K_{34} \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_{41} \Rightarrow K_1$$

Після таких припущень крім визначення основних класів проектів, є можливість визначити важливі для регіонального управління проміжні етапи (класи) процесу кластеризації проектів: перехідний соціальний –  $K_{32}$ ; перехідний соціально-економічний –  $K_{21}$ ; перехідний економічний –  $K_{34}$ ; перехідний економічно-соціальний –  $K_{41}$ ; зона невизначеності –  $Z_N$ .

5) перехідний соціальний клас  $K_{32}$ - при наявності впливу на соціальні регіональні важелі незначний вплив на економічні інтереси:

$$\{\rho_1(\bar{F}) > 0; \rho_2(\bar{F}) > 0; F_1 \leq 1\}$$

6) перехідний соціально-економічний клас  $K_{21}$  –при високому рівні соціального впливу проекту середній рівень задоволення економічних інтересів:

$$\{\rho_2(\bar{F}) > 0; \rho_3(\bar{F}) > 0; F_2 \geq 0\}$$

7) перехідний економічний клас  $K_{34}$  – при наявності впливу на економічні інтереси дуже низький рівень задоволення соціальних регіональних інтересів:

$$\{\rho_3(\bar{F}) > 0; \rho_4(\bar{F}) > 0; F_2 \geq 0\}$$

8) перехідний економічно-соціальний  $K_{41}$  – при високому рівні задоволення економічних інтересів регіону середній рівень впливу на соціальні важелі:

$$\{\rho_1(\bar{F}) > 0; \rho_4(\bar{F}) > 0; F_1 \leq 1\}$$

9) зона невизначеності  $Z_N$ , для якої усі дискримінантні функції мають від'ємне значення:

$$\{\rho_j(\bar{F}) \leq 0; \text{for } \forall j = 1, \dots, 4\}$$

Постановка задачі класифікації інноваційних проектів на регіональному рівні зроблена нами таким чином, щоб критерії

$\vec{F} = (F_1, F_2)'$  були достатньо незалежні, а головні класи  $\{K_j\}_4$  проектів були одно якісні, тобто відповідали умові однорідності внутрішнього розподілу варіантів, та визначались центрами у вигляді еталонних значень  $\vec{b}_j = (b_{1j}, b_{2j})'$ . Таким чином виконано усі умови для визначення дискримінантних функцій основних класів  $\{K_j\}_4$  методом розпізнавання образів за критерієм мінімуму відстані [18]. Відповідно до цього методу дискримінантна функція  $\rho_j(\vec{F})$  інтерпретується як геометричне місце точок у просторі критеріїв  $\vec{F} = (F_1, F_2)'$  рівновіддалених, з одного боку від еталонної точки  $j$ -го класу  $\vec{b}_j = (b_{1j}, b_{2j})'$  (див. табл. 2.3), а з другого - від середньої з еталонних точок інших класів :

$$\beta_{ij} = \frac{\sum_{k \neq j} b_{ik}}{3}, \quad i = \overline{1,2}$$

Формально умова визначення дискримінантної функції записується як рівняння відстані між будь-якою точкою  $\vec{F} = (F_1, F_2)'$ , яка лежить на лінії  $\rho_j(\vec{F}) = 0$ , та, з одного боку, еталонної точки відповідного класу  $\vec{b}_j = (b_{1j}, b_{2j})'$ , а з іншого - середньої точки еталонів інших класів  $\vec{\beta}_j = (\beta_{1j}, \beta_{2j})'$  :

$$D(\vec{F}, \vec{b}_j) = D(\vec{F}, \vec{\beta}_j), \quad j = 1, \dots, 4$$

де  $D(\vec{F}, \vec{b}_j)$  - відстань між будь-якою точкою  $\vec{F}$  дискримінантної лінії та еталоном  $j$ -го класу;  $D(\vec{F}, \vec{\beta}_j)$  - відстань між будь-якою точкою  $\vec{F}$  дискримінантної лінії та середньою точкою еталонів інших класів  $\vec{\beta}_j$ .

У векторній формі ці відстані мають вигляд:

$$D(\vec{F}, \vec{b}_j) = [(\vec{F} - \vec{b}_j)'(\vec{F} - \vec{b}_j)]^{1/2}, \quad j = 1, \dots, 4$$

$$D(\vec{F}, \vec{\beta}_j) = [(\vec{F} - \vec{\beta}_j)'(\vec{F} - \vec{\beta}_j)]^{1/2}, \quad j = 1, \dots, 4$$

Підставимо значення відстаней у рівняння і для спрощення розрахунків возведемо обидві частини рівняння у квадрат:

$$(\vec{F} - \vec{b}_j)'(\vec{F} - \vec{b}_j) = (\vec{F} - \vec{\beta}_j)'(\vec{F} - \vec{\beta}_j), \quad j = 1, \dots, 4$$

Після наступних перетворень отримуємо формули дискримінантних функцій класів з визначеними коефіцієнтами  $\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \alpha_{3j}$ :

$$\begin{aligned} \bar{F}'\bar{F} - 2\left(\bar{F}\bar{b}_j - \frac{1}{2}\bar{b}_j'\bar{b}_j\right) &= \bar{F}'\bar{F} - 2\left(\bar{F}\bar{\beta}_j - \frac{1}{2}\bar{\beta}_j'\bar{\beta}_j\right) \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho_j(\bar{F}) &= \bar{F}(\bar{b}_j - \bar{\beta}_j) - \frac{1}{2}(\bar{b}_j'\bar{b}_j - \bar{\beta}_j'\bar{\beta}_j) = 0; \quad j = 1, \dots, 4 \end{aligned}$$

Для розрахунків використовуємо попередні формули у скалярному вигляді:

$$\begin{aligned} \rho_j(Z_1, Z_2) &= (b_{1j} - \beta_{1j})Z_1 + (b_{2j} - \beta_{2j})Z_2 - 0,5(b_{1j}^2 + b_{2j}^2 - \beta_{1j}^2 - \beta_{2j}^2) \Rightarrow \\ \Rightarrow \begin{cases} \alpha_{1j} = b_{1j} - \beta_{1j}; \\ \alpha_{2j} = b_{2j} - \beta_{2j}; \\ \alpha_{3j} = -0,5[(b_{1j}^2 - \beta_{1j}^2) + (b_{2j}^2 - \beta_{2j}^2)] \end{cases}, \quad j = \overline{1,4} \end{aligned}$$

Таким чином, менеджер регіонального відділу координації інноваційної діяльності за допомогою запропонованої кластеризації інноваційних проектів має можливість сформулювати системну уяву про ефективність і доцільність реалізації інноваційних проектів, що формально описуються певною кількістю показників, і, об'єднавши їх в інтегральні критерії соціального і економічного впливу, уникнути головного недоліку аналізу проектів – суб'єктивності і суперечливості їх оцінок. Технологія побудови моделі кластеризації проектів дає можливість, систематизувавши всі показники, отримати цілісну систему, яка сприяє підвищенню якості процесів прийняття рішень на регіональному рівні управління інноваційним розвитком.

*За допомогою запропонованої моделі кластеризації проекти, що аналізуються, відносяться до одного з класів. Кожному класу відповідає певний опис за двома інтегральними та відповідними частковими критеріями, що включає позитивні аспекти впливу проекту на регіональний розвиток, а також найбільш вразливі і негативні його сторони.* Такий опис представлений нижче.

**Клас 1 (К<sub>1</sub>).** Пріоритетні інноваційні проекти з високим рівнем відповідності регіональним соціальним і економічним інтересам.

*Позитивні сторони:* проекти даного класу відносяться до найкращих, що забезпечують отримання значних прибутків і надходжень до бюджету у придатний термін, утворюють нові робочі

місяця або забезпечують на старих заробітну плату на рівні середньої по регіону і не мають шкідливих впливів на оточуюче середовище.

*Негативні сторони:* їх практично не існує. Необхідно тільки пам'ятати про те, що інноваційна діяльність бурхлива і динамічна. Ці проекти потребують швидкого впровадження, затримки негативно впливають на їх інноваційний потенціал.

**Клас 2 (K<sub>11</sub>).** Проекти даного класу, перш за все, економічно доцільні, забезпечують значний вплив на економічні інтереси регіону при одночасному зниженні впливу на соціальні складові.

*Позитивні сторони:* досить ефективні для впровадження проекти із значним комерційним потенціалом.

*Негативні сторони:* агресивне відношення до соціальних важелів розвитку, хоча високий рівень комерціалізації може фінансово підтримати соціальну складову розвитку.

**Клас 3 (K<sub>1</sub>).** Суто комерційні проекти.

*Позитивні сторони:* проекти даного класу дозволяють збільшити надходження до бюджету і тільки так, опосередковано, впливають на соціальний рівень розвитку регіону.

*Негативні сторони:* не задіяні важелі безпосереднього соціального впливу при наявності можливостей, при наймі фінансових, для їх реалізації.

**Клас 4 (K<sub>21</sub>).** Проекти цього перехідного класу зберігають свою соціальну значимість на рівні пріоритетних, але втрачають до середнього рівня вплив на економічні інтереси регіону.

*Позитивні сторони:* висока соціальна значимість проектів.

*Негативні сторони:* існує ризик втрати економічної значимості проекту.

**Клас 5 (K<sub>2</sub>).** Суто соціальні проекти.

*Позитивні сторони:* проекти цього класу дозволяють збільшити кількість робочих місць, що позитивно впливає на рівень безробіття, і не мають шкідливих впливів на оточуюче середовище.

*Негативні сторони:* комерційна складова майже відсутня, що може викликати проблеми інвестування у проект.

**Клас 6 (K<sub>32</sub>).** Перехідний клас все ще соціальних проектів.

*Позитивні сторони:* наявність впливу на соціальні інтереси регіону.

*Негативні сторони:* майже відсутність комерційної складової при низькому рівні задоволення соціальних інтересів робить ці проекти не цікавими як для влади так і для бізнесу.

**Клас 7 (K<sub>34</sub>).** Перехідний клас все ще комерційних проектів.

*Позитивні сторони:* наявність впливу на економічні інтереси регіону.

*Негативні сторони:* майже відсутність соціальної складової при низькому рівні задоволення економічних інтересів регіону робить ці проекти не цікавими як для влади так і для бізнесу.

**Клас 8 (К<sub>3</sub>).** Клас проектів, що потребують додаткового доопрацювання.

*Позитивні сторони:* позитивним є те, що інноваційна ідея знайшла своє відображення у проекті. Інших позитивів немає.

*Негативні сторони:* проект потребує додаткового доопрацювання і удосконалення для подальшого переходу до інших класів. Два можливих шляхи такого переходу визначені нами раніше.

Таблиця 2  
Рекомендації щодо управлінських рішень для описаних класів проектів

№ Класу	Загальні рекомендації щодо прийняття управлінських рішень
К <sub>1</sub>	Найкращі проекти готові для реалізації. Організація впровадження проектів найближчим часом.
К <sub>2</sub>	Суто соціальні проекти, що потребують організаційної і фінансової підтримки з боку регіональної влади.
К <sub>3</sub>	Проекти потребують додаткового доопрацювання для визначення можливостей впливу або на соціальні, або на економічні інтереси регіону.
К <sub>4</sub>	Суто комерційні проекти. За рахунок економічної складової знайти можливість поліпшення соціальних показників.
К <sub>21</sub>	Проекти несуть значне соціальне навантаження тому для їх переходу до пріоритетних можлива фінансова або організаційна підтримка регіональної влади.
К <sub>41</sub>	Проекти несуть значне комерційне навантаження. Для їх переходу до пріоритетних за рахунок бізнес результатів знайти можливість впливати на соціальний розвиток регіону.
К <sub>32</sub>	Проекти потребують значної підтримки з боку регіональної влади для посилення соціального впливу і подальшого переходу до другого класу. Не заважатиме також додаткове доопрацювання проекту з метою пошуку впливу на економічні важелі.
К <sub>34</sub>	Проект потребує значної підтримки інвесторів для підвищення комерційної складової, а для цього його необхідно доопрацювати.

Спираючись на надані характеристики класів можна виділити наступні рекомендації відносно прийняття рішень по кожному з них (див. табл. 2).

Таким чином, після віднесення до відповідного класу за допомогою запропонованої моделі, кожний проект регіонального розвитку отримує додаткову характеристику і рекомендації відносно управління його подальшим розвитком.

#### Список джерел

1. Дамодаран А. Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов. / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 1342 с. ISBN 5-9614-0024-7.
2. Ковалев В. В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 144с.: ил. ISBN 5-279-01871-6.
3. Ковальчук К. Ф., Бандоріна Л. М., Савчук Л. М. Оцінка ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій: Монографія. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2007. – 132 с. ISBN 978-966-331-127-2.
4. Савчук В.П. Практическая энциклопедия. Финансовый менеджмент. – К.: Издательский дом «Максимум», 2005. – 884 с. ISBN 966-96426-1-2. Раздел «Основные критерии эффективности инвестиционного проекта и методы их оценки» на стр. 738 – 760.
5. Чучман Ю. Оцінка доцільності державних і приватних інвестиційних проектів /Пер. с англ. С. Соколик. – К.: Вид-во УАДУ, 1998. – 104 с.
6. Шаров Ю. П. Стратегічне планування в муніципальному менеджменті: концептуальні аспекти. – К.: Вид-во УАДУ, 2001. – 302 с. ISBN 966-7800-01-6.

### **4.3. Прогнозування розвитку сегментів фінансового та реального секторів як основа прийняття управлінських рішень їх суб'єктами**

В сучасних умовах поступового переходу до фінансової економіки ринок являє собою «природну» складну систему, достатньо хаотичну з дією стійких механізмів, що визначаються колективною поведінкою його учасників.

Окремі аспекти прогнозування фінансово-економічних процесів на сучасних ринках досліджувались відомими зарубіжними і вітчизняними науковцями, серед яких були: Ю. Бондаренко, Т.Васильєва, Л. Волохова, В.Вітлінський, О. Давидов, А.Єжов, Ф.Журавка, Я. Зінченко, С.Козьменко, С.Леонов, Ю.Кравченко, Є.Равікович, В.Овсянніков, І. Бурденко, С.Курбатський, Г.Присенко, А. Чупайленко, І.Школьник, С.Шумський, М. Канн та інші.

При прогнозуванні параметрів розвитку сегментів фінансового та реального секторів економіки за допомогою окремих економетричних методів (виділення ковзного середнього з подальшою екстраполяцією, прогнозування на основі ARIMA-моделі, прогнозування на основі GARCH-моделі) початковою інформацією виступає часовий ряд таких параметрів [3;8;10;12].

При прогнозуванні фінансово-економічних процесів часто використовують метод визначення ковзної середньої. Така середня дозволяє усунути високочастотні складові часового ряду, тобто виділити тренд ряду для подальшого довгострокового прогнозування. При виділенні тренду втрачається частина корисної інформації про часовий ряд, яка містилася у його високочастотних компонентах. Таким чином, достовірне прогнозування за допомогою ковзного середнього стає неможливим. З іншого боку, виділення тренду часового ряду приводить до підвищення стаціонарності ряду за рахунок переважання низькочастотних компонент. Цей факт дає підставу для екстраполювання побудованої моделі часового ряду [10;12].

В якості початкових даних, для прикладу, оберемо сукупність окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору. При використанні ковзного середнього на кожному відліку використаємо сім попередніх значень часового ряду. Результат апроксимації представлено на рисунку 1.

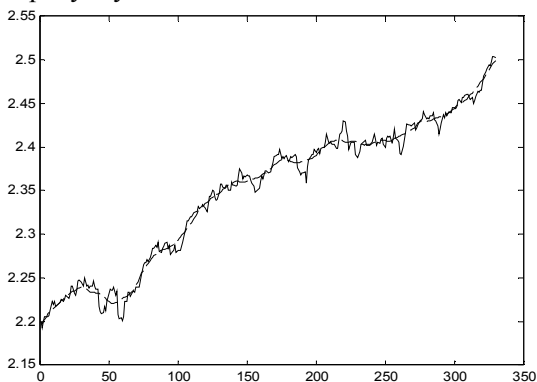


Рис. 1. Графік динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу (суцільна лінія) та його апроксимація за допомогою ковзного середнього (штрихована лінія)

Проведемо екстраполяцію отриманої апроксимуючої моделі на двадцять значень уперед, тобто отримаємо прогноз на двадцять відліків. Варто відзначити, що екстраполяція є лінійною операцією, і цей метод використовують за відносно стабільної динаміки

параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору або за наявності сезонних чи циклічних коливань з чітко вираженим трендом. Якщо розвиток динаміки досліджуваних параметрів характеризується нестабільністю, значними коливаннями, то їх екстраполяція на майбутнє буде недоцільною.

На рисунку 2 зображено результат прогнозування за допомогою екстраполяції ковзного середнього.

Введемо критерій перевірки якості моделі. Цей критерій буде складатися із двох складових: середня квадратична помилка прогнозу та незалежність залишків моделі.

В ідеальному випадку графік помилки (залишок) прогнозу має бути білим шумом, тобто, вся корисна інформація вже міститься апроксимованій моделі початкових даних (рисунку 2).

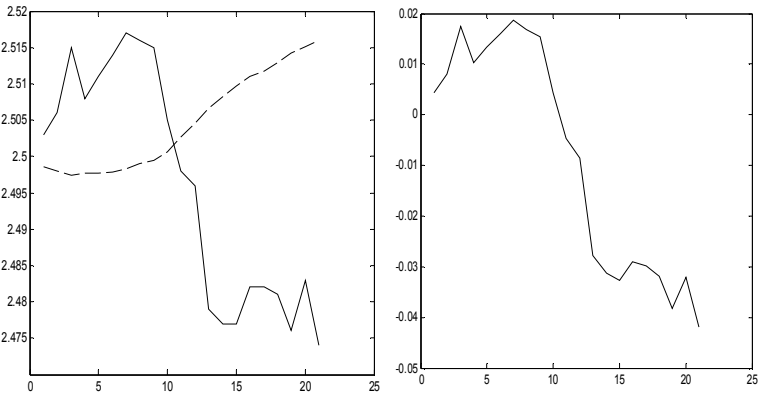


Рис. 2. Результат прогнозування динаміки параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору (суцільна лінія – фактичні значення параметрів) за допомогою екстраполяції ковзного середнього (штрихована лінія) та графік залишку моделі

Для перевірки отриманого залишку на відповідність білому шуму використаємо Q-статистику Бокса-Пірса – статистичний критерій, призначений для знаходження автокореляції часових рядів. Цей тест перевіряє одразу декілька коефіцієнтів автокореляції (якщо всі вони рівні нулю, то досліджуваний сигнал являє собою білий шум). Значення Q-статистики Бокса-Пірса лежить у межах  $[0; 1]$ , тобто значення 0 позначає абсолютно детермінований сигнал, а значення 1 – абсолютно випадковий сигнал (тобто, білий шум). В якісній апроксимуючій моделі значення Q-статистики Бокса-Пірса має бути як можна ближче до 1. У нашому випадку (для даних заданих у прикладі) екстраполяції ковзного середнього значення середньоквадратичної помилки прогнозу становить  $SSE = 0,117$ , а



значення Q-статистики Бокса-Пірса становить 0,22, тобто можна зробити висновок, що ця модель не є ефективною при застосуванні її для прогнозування часового ряду динаміки.

Авторегресійне інтегроване ковзне середнє (autoregressive integrated moving average, ARIMA) є узагальненням моделі авторегресійного ковзаючого середнього. Ці моделі використовуються при роботі з часовими рядами для більш глибокого розуміння даних або пророкування майбутніх точок ряду. Зазвичай модель згадується, як ARIMA (p, d, q), де p, d і q – цілі невід'ємні числа, що характеризують порядок для частин моделі (відповідно авторегресійної, інтегрованої та ковзаючого середнього). У моделі ARIMA рівень ряду динаміки визначається як зважена сума попередніх його значень і значень поточних і попередніх залишків. Вид моделі ARIMA, адекватність її досліджуваному реальному процесу, прогнозні властивості залежать від порядку авторегресії p і порядку ковзної середньої q. Тому ключовим моментом моделювання є обґрунтування виду моделі. У методиці ARIMA ідентифікація, як правило, візуальна та ґрунтується на принципі, за яким  $(p + q) \leq 2$ .

Для використання моделі ARIMA для апроксимації та прогнозування використаємо динаміку фінансових параметрів сегмента реального сектору за обраний проміжок часу. За основу цього дослідження нами була обрана модель з параметрами ARIMA(1, 1, 1), яка з певним ступенем враховує нестационарність початкових даних. Також ця модель припускає наявність лінійного тренду в досліджуваних даних. Початкові дані та результат їх апроксимації за допомогою моделі ARIMA наведено на рисунку 3.

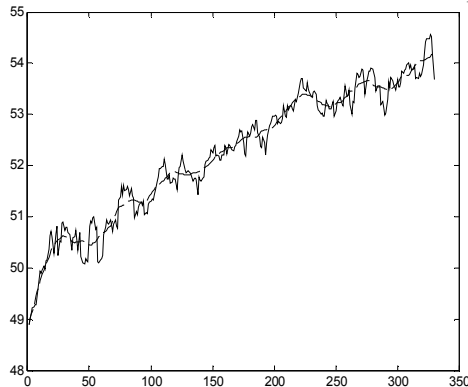


Рис. 3. Графік динаміки окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору за певний період часу (суцільна лінія) та його апроксимація за допомогою моделі ARIMA (штрихована лінія)

Використовуючи отриману модель часового ряду, здійснимо прогнозування на двадцять значень. Варто відзначити, що похибка прогнозування буде збільшуватися зі збільшенням глибини прогнозу, оскільки нова інформація, що надходить, вже не враховується в апроксимуючій моделі.

На рисунку 4 представлені результати прогнозування за допомогою моделі ARIMA. Відповідно до обраного критерію перевірки якості моделі побудуємо графік залишку моделі та розрахуємо середньоквадратичну помилку прогнозу та значення Q-статистики Бокса-Пірса (рисунок 4).

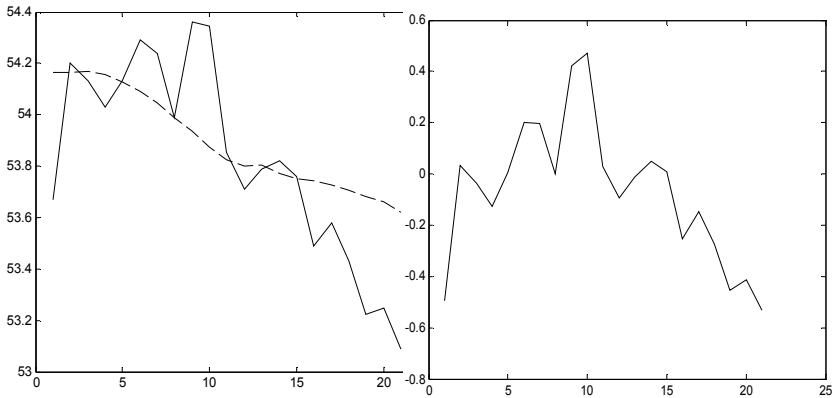


Рис. 4. Результат прогнозування динаміки окремих фінансових параметрів розвитку сегмента реального сектору (суцільна лінія – фактичні значення параметрів) за допомогою моделі ARIMA (штрихована лінія) та графік залишку моделі

У випадку прогнозування за допомогою ARIMA-моделі (для прикладу, що розглядається) значення середньоквадратичної помилки прогнозу становить  $SSE = 0,097$ , а значення Q-статистики Бокса-Пірса становить  $0,43$ , тобто можна зробити висновок, що ця модель не є ефективною при застосуванні її для прогнозування часового ряду динаміки за рахунок відсутності в останньому сезонних та циклічних компонент.

Недолік моделі ARIMA полягає у відсутності компоненти, яка враховує нестационарну природу тренда ряду, а також відсутності компоненти, яка враховує дисперсії високочастотних складових ряду (тобто тих, які не увійшли до тренду).

Коли ситуація на ринках нестабільна та характеризується високою мінливістю значень різних показників (курсів валют, акцій, біржових індексів, ставок за кредитами тощо), має місце мінливість дисперсії на різних інтервалах спостереження, тобто гетероскедастичність. У таких умовах звичайні лінійні регресійні моделі виявляються надто грубими.

Одним з можливих рішень даної проблеми є введення в розгляд деякої випадкової величини, від якої залежить дисперсія. В таких випадках можна використати узагальнену авторегресійну модель умовної гетероскедастичності (GARCH) для відшукування залежності дисперсії поточної помилки від квадратів помилок моделі для попередніх спостережень. Згідно цієї моделі (GARCH (p, q)) розрахунок дисперсії проводиться за наступною формулою:

$$\sigma^2(t) = \alpha + \sum_{i=1}^q b_i r_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p c_i \sigma_{t-1}^2 \quad (1)$$

де q (порядок моделі) – кількість попередніх оцінок (змін досліджуваних параметрів), що впливають на поточне значення; b – вагові коефіцієнти, що відображають ступінь впливу попередніх змін досліджуваних параметрів на поточне значення волатильності; r – попередні зміни досліджуваних параметрів; p – кількість попередніх оцінок волатильності, що впливають на поточну; c – вагові коефіцієнти, що відображають ступінь впливу попередніх оцінок волатильності на поточне значення [3;8;10;12].

Для прикладу використання моделі GARCH для апроксимації та прогнозування використаємо динаміку окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору за певний період часу.

При цьому нами обрано параметри моделі p = 5, q = 5, тобто була використана модель GARCH(5, 5).

Початкові дані та результат їх апроксимації за допомогою моделі GARCH наведено на рисунку 5.

Використовуючи отриману модель часового ряду, здійснимо прогнозування на двадцять значень. Варто відзначити, що похибка прогнозування буде збільшуватися зі збільшенням глибини прогнозу, оскільки нова інформація, що надходить, вже не враховується в апроксимуючій моделі.

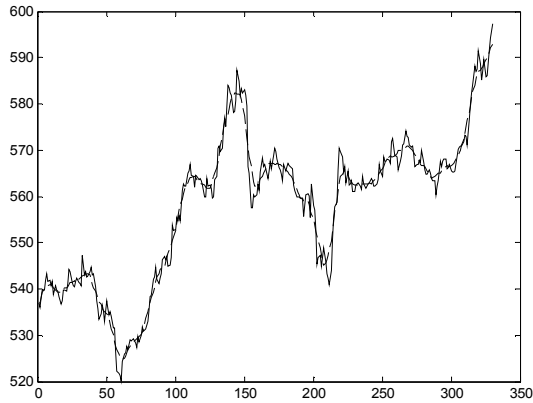


Рис. 5. Графік динаміки окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору за певний період часу (суцільна лінія) та його апроксимація за допомогою моделі GARCH (штрихована лінія)

На рисунку 6 представлені результати прогнозування за допомогою моделі GARCH та графік залишку моделі (відповідно до обраного критерію перевірки якості моделі було побудовано графік залишку моделі та розраховано середньоквадратичну помилку прогнозу та значення Q-статистики Бокса-Пірса).

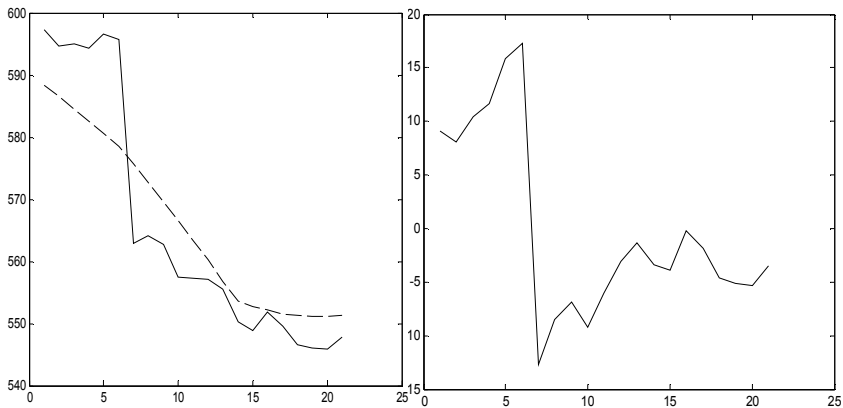


Рис. 6. Результат прогнозування динаміки окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору (суцільна лінія – фактичні значення параметрів) за допомогою моделі GARCH (штрихована лінія) та графік залишку моделі

У випадку прогнозування за допомогою GARCH-моделі (для прикладу, що розглядається) значення середньоквадратичної помилки прогнозу становить  $SSE = 0,112$ , а значення Q-статистики Бокса-Пірса становить 0,62, тобто можна зробити висновок, що ця модель є достатньо ефективною, але не використовує у повній мірі всю інформацію, яка міститься у початкових даних.

В звичайних моделях часового ряду з незмінними умовними дисперсіями (наприклад, ARIMA) невизначеність помилки прогнозу – це деяка зростаюча функція глибини прогнозу, яка не залежить від моменту прогнозу. Але в присутності GARCH-помилки точність прогнозу буде нетривіально залежати від поточної інформації, і отже, від моменту прогнозу. Тому для коректної побудови інтервалів помилки прогнозу потрібно мати оцінки майбутніх умовних дисперсій помилки, які визначається волатильністю початкових даних. Крім того, в деяких випадках корисно мати прогнози не тільки умовного математичного сподівання досліджуваного ряду, але і його дисперсії. В цьому випадку дисперсію (волатильність) природно розглядати як міру ризикованості щодо окремих досліджуваних процесів. Таким чином, самі прогнози умовної дисперсії можуть мати практичне використання [8;10;12].

Використаємо GARCH модель на даних, які мають меншу волатильність, наприклад, використовуючи параметри розвитку окремого сегмента фінансового сектору. На основі цих параметрів, на рисунку 7 зображено початкові дані та результат їх апроксимації за допомогою моделі GARCH.

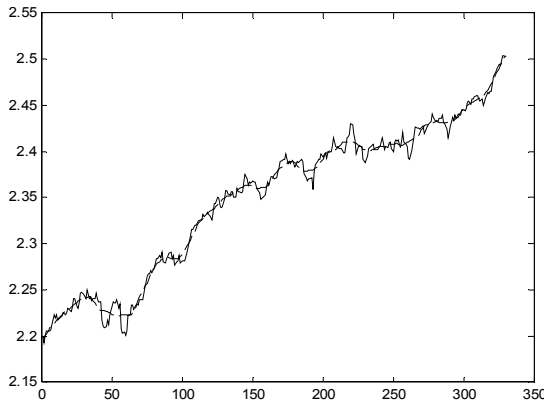


Рис.7. Графік динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу (суцільна лінія) та його апроксимація за допомогою моделі GARCH (штрихована лінія)

Використовуючи отриману модель часового ряду, здійснимо прогнозування на двадцять значень.

Результати прогнозування представлено на рисунку 8. Оскільки досліджувані дані мають меншу волатильність, тобто, низькочастотні компоненти ряду, які складають його тренд, є більш стаціонарними, то це дає підставу очікувати більш точний прогноз за допомогою GARCH моделі за рахунок збільшення точності описання низькочастотних компонент досліджуваного ряду.

Відповідно до обраного критерію перевірки якості моделі побудуємо графік залишку моделі та розрахуємо середньоквадратичну помилку прогнозу та значення Q-статистики Бокса-Пірса. Графік залишку моделі зображений на рисунку 8.

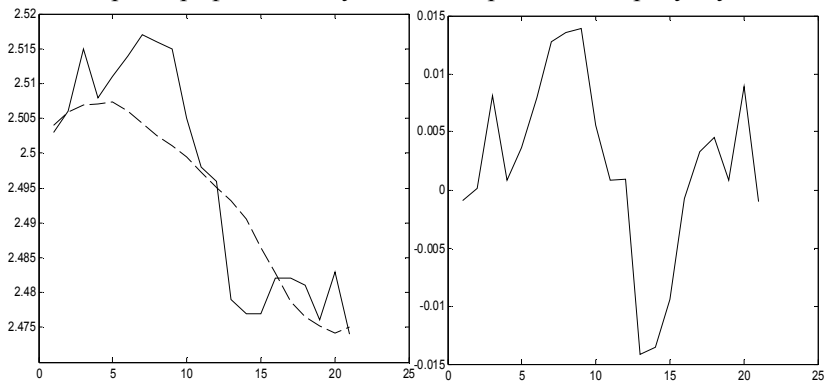


Рис.8. Результат прогнозування динаміки параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору (суцільна лінія – фактичні значення параметрів) за допомогою моделі GARCH (штрихована лінія)

У випадку прогнозування за допомогою GARCH-моделі (для прикладу, що розглядається, стосовно параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору) значення середньоквадратичної помилки прогнозу становить  $SSE = 0,102$ , а значення Q-статистики Бокса-Пірса становить  $0,66$ , тобто можна зробити висновок, що ця модель є достатньо ефективною, але не використовує у повній мірі всю інформацію, яка міститься в початкових даних.

Аналізуючи результати, отримані за допомогою економетричних, статистичних методів, можна зробити загальний висновок, що ці методи не дають ефективної моделі початкових даних, що ускладнює отримання достовірного прогнозу у майбутньому. Головними недоліками цих методів є те, що вони не

враховують впливу усіх компонент часового ряду, а також не враховують вплив «далекого минулого» на майбутні значення.

Розглянемо особливості прогнозування динаміки параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору за допомогою нейромережових методів. При такому прогнозуванні вхідною інформацією може виступати, наприклад, цінова динаміка чи її похідні (значення індикаторів) та ринкові (частіше макроекономічні) показники.

При прогнозуванні за допомогою нейромереж (НМ) необхідно вирішити такі основні питання: передобробка даних з метою підвищення їх стаціонарності та збільшення ймовірності достовірного прогнозу, вибір архітектури нейронної мережі, формування даних, що подаються на вхід мережі, перевірка отриманих результатів за обраними критеріями. Початкова інформація представляє собою набір значень досліджуваних параметрів у вигляді японських свічок [8;9;10].

На рисунку 9 представлений графік динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу у вигляді японських свічок.

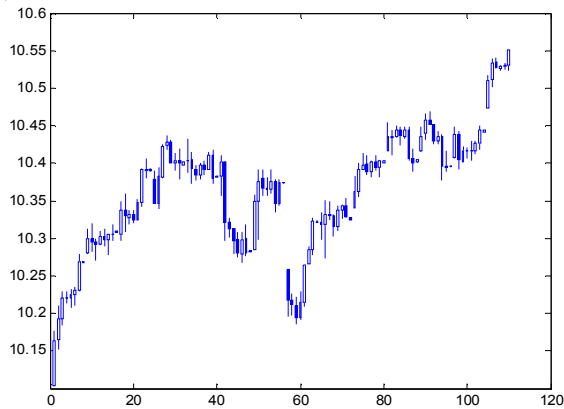


Рис.9. Графік динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу у вигляді японських свічок

Перед тим як почати тренувати штучну нейронну мережу, вхідну інформацію необхідно підготувати. В якості входів і виходів нейромережі не слід вибирати самі значення досліджуваних параметрів  $C_t$ . Дійсно значущими для прогнозування є зміни цих параметрів в періоді  $t$  ( $\Delta C_t$ ). Ці зміни, як правило, менше по амплітуді, ніж самі параметри, тому між послідовними їх значеннями є велика кореляція:  $\langle C_{t+1} \rangle = C_t + \langle \Delta C_t \rangle = C_t$ . Для

підвищення якості навчання мережі слід прагнути до відсутності подібних кореляцій.

Розглянемо формування образів навчальної множини на прикладі динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу. Побудуємо гістограму розподілу первинних даних (рисунк 10).

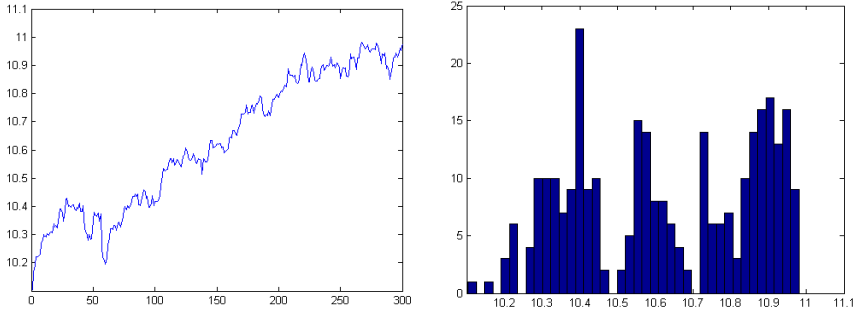


Рис.10. Динаміка окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу та її гістограма

Отримані результати в умовах даного прикладу говорять про полімодальний закон розподілу первинних даних, що ускладнює процес прогнозування за рахунок великої дисперсії даних. Тому в якості вхідних змінних логічно вибирати найбільш статистично незалежні величини, наприклад, зміни досліджуваних параметрів розвитку сегмента фінансового сектору  $\Delta C_t$  або логарифм відносного приросту  $\log(C_t / C_{t-1}) \approx \Delta C_t / C_{t-1}$ .

Якісну інформацію про зміни параметрів дають наступні різниці:  $\Delta C_t = C_t - C_{t-1}$ . Легко помітити, що: якщо  $C_t > C_{t-1}$ , то  $\Delta C_t > 0$ , якщо  $C_t < C_{t-1}$ , то  $\Delta C_t < 0$ . Наочне уявлення про характер інформаційної насиченості різниць досліджуваних параметрів розвитку сегмента фінансового сектору дає графік, зображений на рисунку 11.

Ряд приростів досліджуваних параметрів характеризують гостровершинним нормальним розподілом, що забезпечує більш точне прогнозування. Проте вхідні дані, сформовані подібним методом, ще поки не придатні для подачі на входи штучної нейронної мережі, тому що мають занадто малу амплітуду коливань, що пов'язано з незначними часовими змінами досліджуваних параметрів.

Крім того, вхідна інформація для нейронної мережі повинна лежати в інтервалі активаційних функцій нейронів. Тому вхідні дані треба нормувати в інтервалі  $[0; 1]$ .



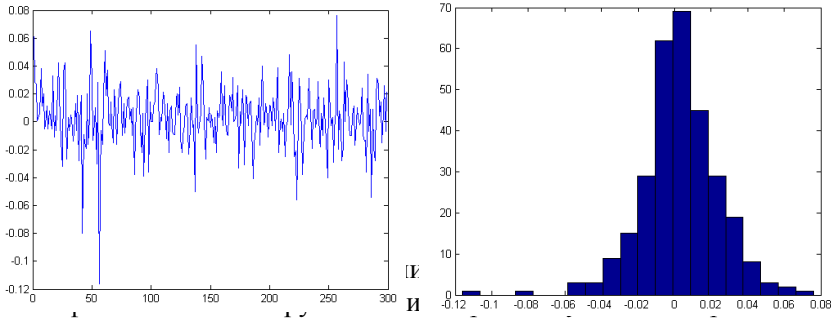


Рис.11. Динаміка різниць окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу та її гістограма

При прогнозуванні використовувалася радіально-базисна нейронна мережа (Radial Basis Neural Network) з вісьмома нейронами у вхідному шарі (для кожного з одномірних вхідних рядів та їх усереднень за визначений проміжок часу) та одним схованим шаром (рисунок 12).

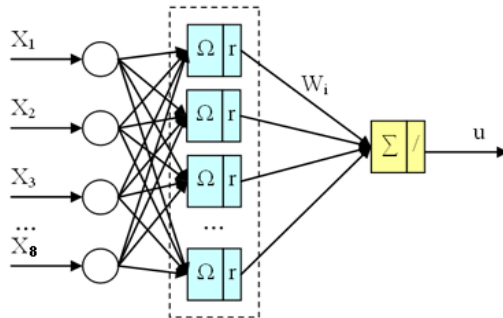


Рис.12. Архітектура радіально-базисної нейронної мережі, яка використовувалася для прогнозування досліджуваних параметрів

Запропонована мережа має проміжний шар з радіальних елементів, кожен із яких відтворює гаусову поверхню відгуку  $f(s) = \exp(-s^2/2\sigma^2)$ , де параметр  $\sigma$  визначає радіус впливу кожної базисної функції та прагнення до нуля при віддаленні від центру (рисунок 13).

Оскільки радіальні базисні функції не є лінійними, то буде достатньо одного проміжного шару, необхідно лише взяти потрібне число радіальних елементів. Залишається вирішити питання про те,

яким чином треба скомбінувати виходи прихованих радіальних елементів, щоб отримати з них вихід всієї мережі. Виявляється, що достатньо взяти їх лінійну комбінацію (тобто, зважену суму гаусових функцій). Мережа, що розглядається, має вихідний шар, який складається з елементів з лінійними функціями активації.

Вихідна інформація, яка подавалась на входи нейронної мережі, мала такий вигляд. На перші чотири входи мережі подавалися значення нормованих збільшень параметрів розвитку сегмента фінансового сектору, а на інші – збільшення таких параметрів, усереднені за певний проміжок часу, тобто їх тренд.

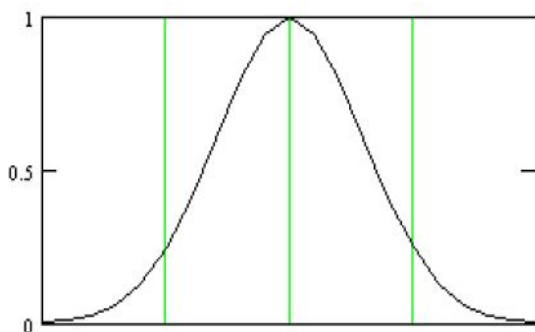


Рис.13. Радіальна базисна функція активації нейронів проміжного шару нейронної мережі

Використання згладжуючого усереднюючого фільтра було необхідно для усунення високочастотних компонент у вихідних даних. На вихід мережі при її навчанні подавалися зміщені вперед на один період значення ковзного середнього [8;9;10].

Таким чином, навчена мережа могла давати прогноз ковзного середнього на один період уперед, тобто за один крок мережа робить короткостроковий прогноз на один період. Після цього вже отримане прогнозне значення додається в кінець навчальної множини та знов подається на вхід мережі. Цей цикл повторюється доки не буде досягнута максимально допустима помилка прогнозу. Варто відзначити, що при довгостроковому прогнозуванні має значення саме прогноз тренда, оскільки це є необхідним для отримання більш реального результату прогнозування.

Процес навчання досліджуваної мережі складається з двох частин: процес настройки центрів базисних функцій та навчання нейронів у прихованому шарі.

В результаті моделювання радіальної базисної мережі були отримані апроксимуючі функції у вигляді приростів параметрів розвитку сегмента фінансового сектору, які після реконструкції мають вид, наведений на рисунку 14.

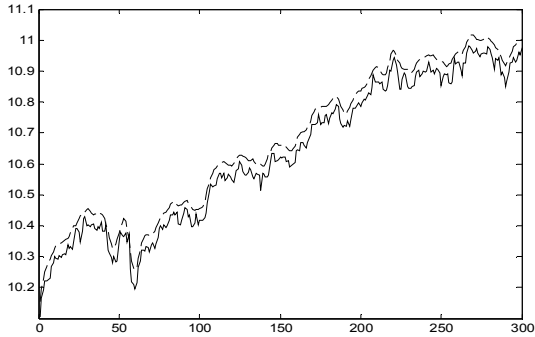


Рис.14. Графік динаміки окремих параметрів розвитку сегмента фінансового сектору за певний період часу (суцільна лінія) та її апроксимація радіально-базисною нейронною мережею (штрихована лінія)

Апроксимація вхідних даних є їх математичною моделлю, яку необхідно отримати для подальшого прогнозування. Результати прогнозування представлено на рисунку 15.

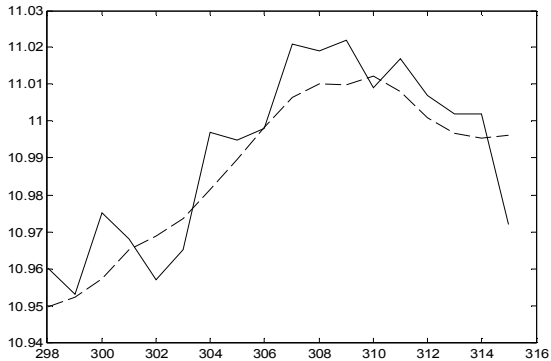


Рис.15. Результат прогнозування динаміки параметрів розвитку окремого сегмента фінансового сектору за допомогою радіально-базисної нейронної мережі (починаючи з 300-го відліку)

Також використовуємо радіально-базисну нейронну мережу для прогнозування часового ряду окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору за певний період часу, представленого у динаміці. Результати прогнозування наведено на рисунку 16.

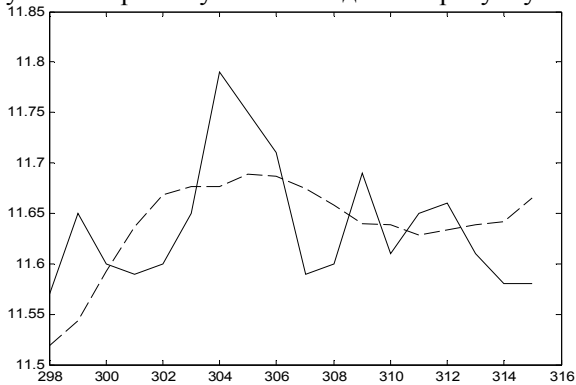


Рис. 16. Результат прогнозування окремих фінансових параметрів сегмента реального сектору за певний період часу за допомогою радіально-базисної нейронної мережі (починаючи з 300-го відліку)

Введемо, як і у попередніх прикладах, критерій перевірки якості моделі. Цей критерій буде складатися із двох складових: середня квадратична помилка прогнозу та незалежність залишків моделі. В ідеальному випадку графік помилки (залишок) прогнозу має бути білим шумом, тобто, вся корисна інформація повинна бути витягнута з початкових даних нейронною мережею і вже міститься апроксимованій моделі початкових даних.

Після навчання нейромережі може бути проведено контрольне відтворення даних, що складала навчальну множини. Задовільна точність відтворення, допустимі межі відхилень є ознакою задовільно побудованої моделі з високою якістю відображення.

На рисунку 17 зображено графік залишку моделі.

Середньоквадратична помилка прогнозу становить  $SSE = 0.085$ , Q-статистики Бокса-Пірса становить 0,68 (для прикладу, що розглядається).

Таким чином, модель, створена нейронною мережею, не є ідеальною через відсутність незалежного залишку, але є достатньо точною для проведення довгострокових прогнозів.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що модель початкових даних, отримана за допомогою штучної нейронної мережі, є більш точною, ніж моделі, отримані за допомогою економетричних, статистичних методів. Але, ця модель все ще не враховує всю корисну інформацію з початкових даних, оскільки не

має незалежного залишку. Оптимальна складність моделі нейромережі встановлюється за сукупністю зовнішніх (регулярності, незалежності залишків, мінімального зміщення, фізичної достовірності) та внутрішніх критеріїв.

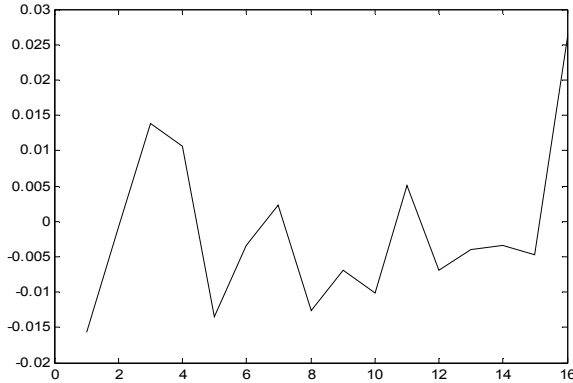


Рис. 17. Залишок апроксимуючої моделі, отриманої за допомогою нейронної мережі

Таким чином, у ході прогнозування динаміки окремих фінансових параметрів розвитку сегментів фінансового, реального секторів вирішувалися такі задачі: передобробка даних, вибір моделі або архітектури нейронної мережі, застосування моделі або навчання нейронної мережі, перевірка побудованої моделі та прогнозу за критеріями обраними якості.

Запропонуємо модифікований підхід до прогнозування параметрів розвитку окремих сегментів фінансового та реального секторів економіки. У даному випадку вхідні дані також можуть представляти собою динаміку окремих параметрів розвитку сегментів фінансового чи реального секторів, виражену у вигляді часового ряду. Оскільки кожен із спостережуваних часових рядів не є стохастичним, тобто можна зробити припущення, що він є однією з реалізацій якоїсь хаотичної динамічної системи. Такий підхід дозволяє пояснити нестационарну поведінку спостережуваних часових рядів.

Для прикладу, вихідними даними по фінансовому сектору для аналізу може виступати часовий ряд, що представляє собою значення цін окремих фінансових інструментів за певний період часу.

З метою збільшення стаціонарності ряду і зниження кількості зайвої вхідної інформації, при аналізі використовуються не самі

значення ряду в послідовні моменти часу, а зміни цін котирувань за кожен із проміжків часу (рисунок 18).

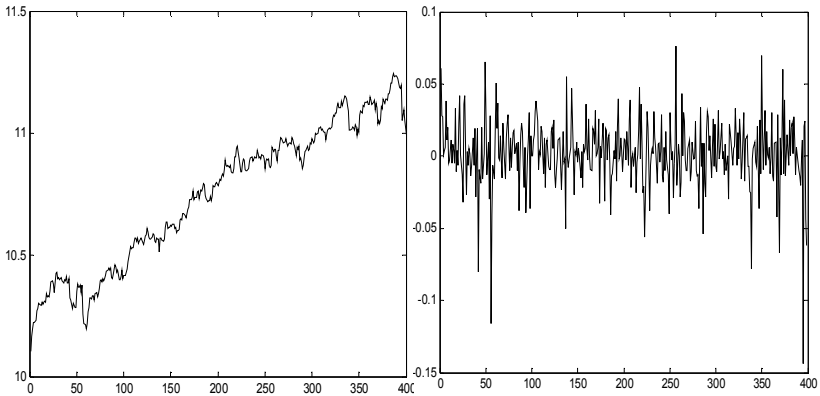


Рис.18. Динаміка цін окремих фінансових інструментів за певний період та графік годинних приростів котирувань

За допомогою показника Херста можна відрізнити випадковий ряд від хаотичного, навіть якщо випадковий ряд не нормально розподілений. Таким чином, показник Херста є основою для обчислення ринкових та економічних рядів даних з метою з'ясувати – хаотичні або не випадкові вони, а також отримання додаткової важливої практичної інформації про досліджувані явища [2;10].

Показник Херста представляє собою міру персистентності – схильності процесу до трендів (на відміну від випадкового процесу). Якщо  $H > \frac{1}{2}$ , то спрямована в певний бік динаміка процесу в минулому, найімовірніше, спричинить продовження руху в тому ж напрямку. Якщо  $H < \frac{1}{2}$ , то прогнозується, що процес змінить спрямованість.  $H = \frac{1}{2}$  означає невизначеність – випадковий процес з незалежними залишками.

Показник Херста розраховується за допомогою метода нормованого розмаху, або R/S аналізу.

Графік динаміки показника Херста зображений на рисунку 19. З рисунку 19 можна побачити, що починаючи приблизно з 200-го відліку часовий ряд стає персистентним, тобто в ньому починає просліджуватися наявність хаосу. Отже, для проведення подальшого дослідження треба мати як мінімум 200 відліків даних.

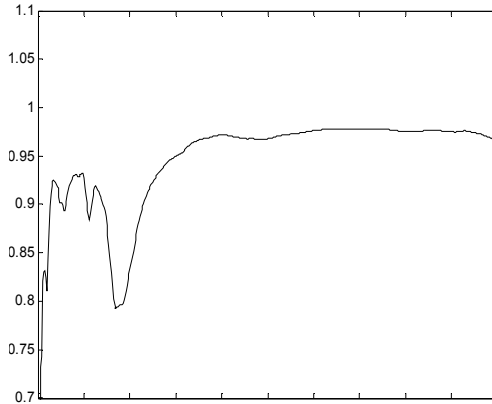


Рис.19. Динаміка коефіцієнта Херста в залежності від довжини початкового ряду динаміки

Використання властивості персистентності (антиперсистентності) дозволяє порівняно просто та надійно прогнозувати подальший розвиток досліджуваного процесу на основі даних про його історію.

Будь-яка хаотична система повністю описується атрактором цієї системи, тобто безліччю точок фазового простору (що представляють собою стан системи), до яких динамічна система прагне з плином часу. За характеристиками атрактора системи можна судити про властивості динамічної системи, а значить, і властивості окремої її реалізації. Корисним є факт, що атрактор динамічної системи може бути відновлений навіть за однією з її спостережуваних реалізацій, тобто з наявного часового ряду. Таким чином, важливим кроком при аналізі часових рядів з точки зору теорії детермінованого хаосу є відновлення атрактора системи, однією з реалізацій якої в часі є спостережуваний часовий ряд. Оскільки досліджуваний часовий ряд є однією з реалізацій динамічної системи, то ця система знаходиться у стаціонарному стані, тобто фазова траєкторія проходить всередині атрактора. Для відновлення атрактора можна використати метод часової затримки. Атрактор буде відновлено у фазовому двовірному просторі. Часову затримку можна розрахувати наступним чином: оскільки для малої затримки два послідовних значення графіку приростів досліджуваних параметрів будуть майже рівні, то оберемо велике значення затримки, при цьому затримка повинна бути обрана так, щоб кореляція між двома реалізаціями часового ряду була мінімальною.

На рисунку 20 зображений відновлений аттрактор динамічної системи у двовірному фазовому просторі.

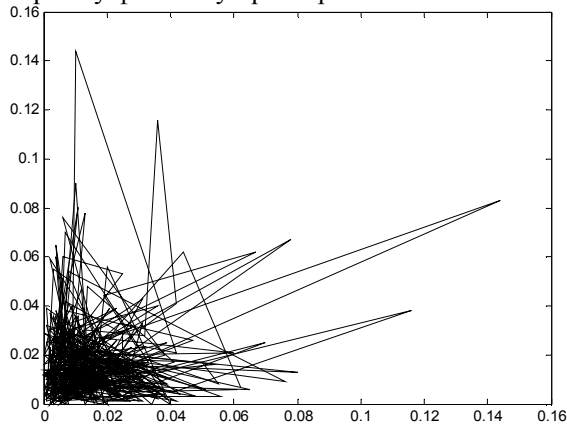


Рис.20. Відновлений аттрактор динамічної системи в двовірному фазовому просторі

Одними з характеристик відновленого аттрактора є показники Ляпунова (експоненти Ляпунова). Позитивне значення старшої експоненти Ляпунова підтверджує гіпотезу про наявність хаосу в динамічній системі. Показники Ляпунова визначають міру розбіжності найближчих реалізацій системи в фазовому просторі, тому значення цих показників безпосередньо визначають горизонт прогнозування хаотичної системи, а, отже, горизонти прогнозування кожної з її окремих реалізацій.

Горизонт прогнозування ( $M$ ) хаотичної системи може бути розрахований як величина, обернено пропорційна старшому показнику Ляпунова, оскільки за цей час система повністю «забуває» інформацію про свій початковий стан, тобто наявні значення часового ряду перестануть впливати на значення часового ряду, що перебувають за межею горизонту прогнозування. Отже, достовірний прогноз за межами горизонту прогнозування неможливий.

Використання описаного підходу до розрахунку горизонту прогнозу нестационарних часових рядів підтверджує теорему Такенса, застосовну до хаотичних систем: якщо часовий ряд породжується динамічною системою, тобто спостережувані значення  $(x(t_i))$  є довільною функцією станів цієї системи, то існує таке число (глибина занурення)  $d$  (приблизно рівне ефективному



числу ступенів свободи даної динамічної системи), яке забезпечує однозначний прогноз наступного значення часового ряду.

Таким чином, запропонований алгоритм прогнозування розвитку окремих сегментів фінансового та реального секторів за рахунок комбінування методів теорії детермінованого хаосу та нейромережних (НМ) технологій наведено на рисунку 21.

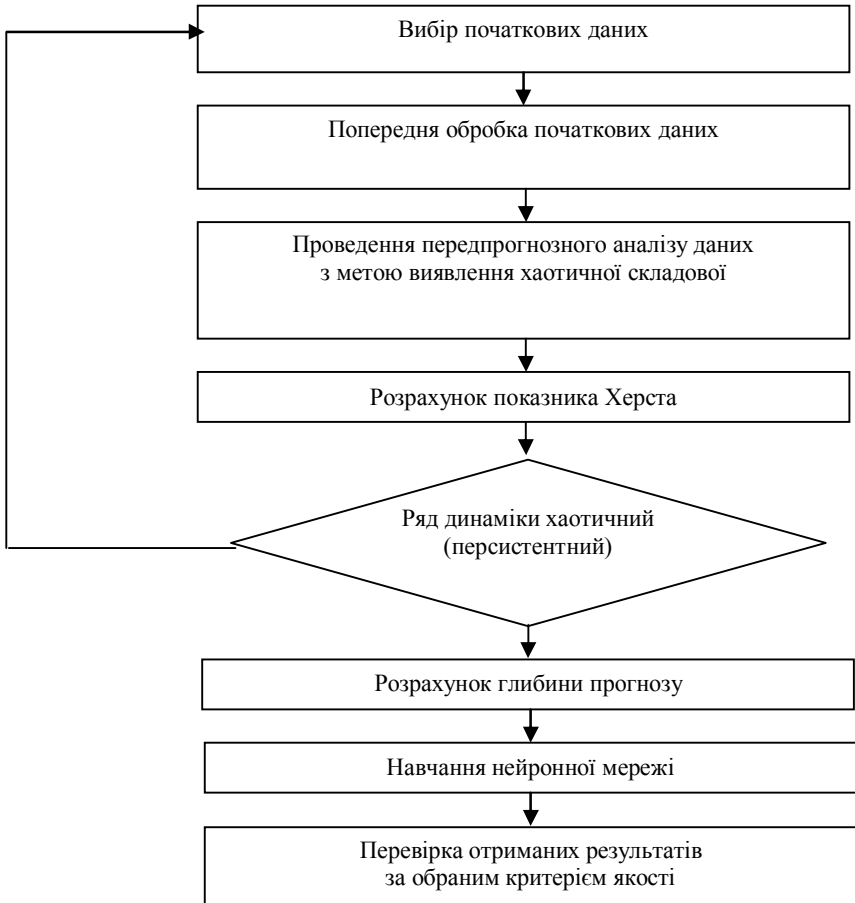


Рис.21. Алгоритм модифікованого підходу до прогнозування параметрів розвитку окремих сегментів фінансового та реального секторів економіки

Горизонт прогнозування розраховувався через показники Ляпунова. Обчислення старшої експоненти Ляпунова проводилося з допомогою методу Вольфа. Для вихідних даних значення цього показника склало 0,1174. Це означає, що глибина довгострокового прогнозу для вихідних даних складає  $1 / 0,1174 \approx 8$ , тобто після 8-го спрогнозованого відліку дані, на яких навчалася нейронна мережа, перестануть впливати на майбутнє, і для подальшого прогнозування мережу доведеться «перенавчати» з урахуванням вже спрогнозованих даних.

При прогнозуванні використовувалася радіально-базисна нейронна мережа (Radial Basis Neural Network) з двома нейронами у вхідному шарі. На один із входів мережі подавалися значення нормованих збільшень досліджуваних параметрів розвитку фінансового сектору, а на іншій – прирости цих параметрів, усереднені за наперед визначений проміжок часу, тобто тренд вихідних даних. Використання згладжуючого усереднює фільтра було необхідно для усунення високочастотних компонент у вихідних даних.

На рисунку 22 зображено послідовність використання методу.

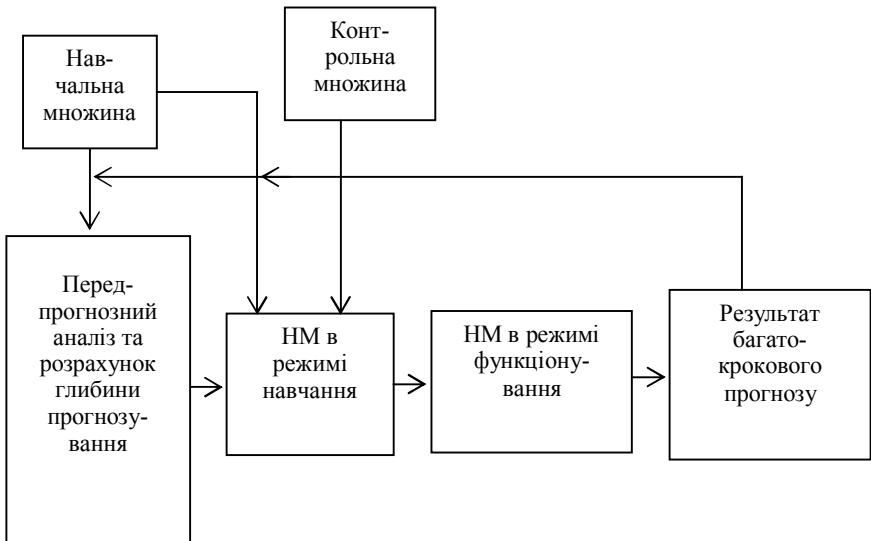


Рис.22. Послідовність використання нейронної мережі для задач багатокрокового прогнозування параметрів розвитку фінансового (реального) сектору з використанням передпроцесного аналізу на основі методів теорії детермінованого хаосу

На вихід мережі при її навчанні подавалися зрушені вперед на величину горизонту прогнозу (або менше) значення ковзного середнього. Таким чином, навчена мережа могла давати прогноз ковзного середнього на величину горизонту прогнозування.

Варто відзначити, що при довгостроковому прогнозуванні має значення саме прогноз тренда, оскільки це є необхідним для отримання реального результату від прогнозування.

На рисунку 23 зображено початкові дані та отриману апроксимуючу модель.

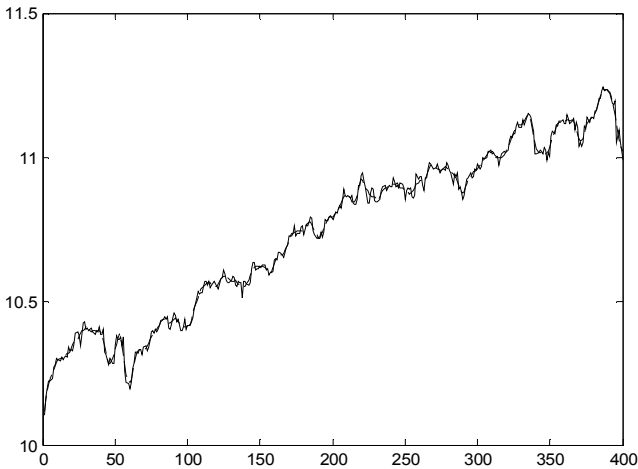


Рис.23. Динаміка цін окремих фінансових інструментів (суцільна лінія) та її апроксимуюча модель (штрихована лінія)

При навчанні нейронної мережі та прогнозі вихідні дані ділилися на дві підмножини. Перша підмножина була навчальною для нейронної мережі (перші 400 значень).

Друге підмножина (наступні 50 значень) були невідомими для навченої нейронної мережі та являли собою вихідні значення для проведення прогнозу.

Результати прогнозування представлено на рисунку 24.

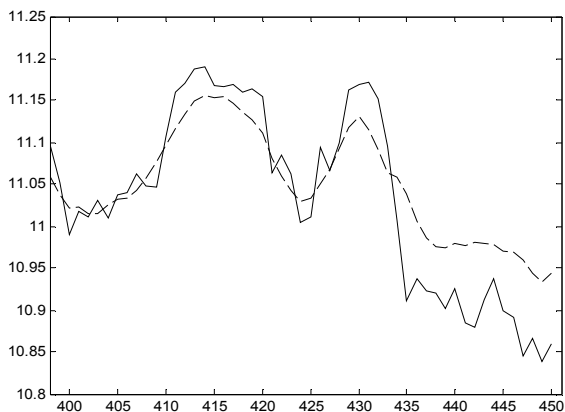


Рис.24. Результат прогнозування (штрихована лінія) динаміки цін окремих фінансових інструментів (суцільна лінія – фактичні дані)

Введемо критерій перевірки якості моделі. Цей критерій буде складатися із двох складових: середня квадратична помилка прогнозу та незалежність залишків моделі.

На рисунку 25 зображено графік залишку моделі.

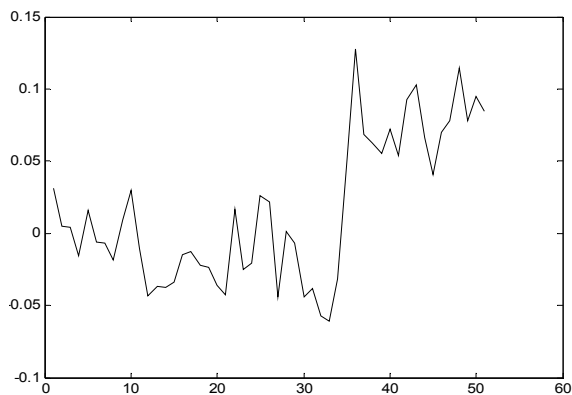


Рис.25. Залишок моделі

В ідеальному випадку графік помилки (залишок) прогнозу має бути білим шумом, тобто, вся корисна інформація повинна бути витягнута з початкових даних нейронною мережею і вже міститися у апроксимованій моделі початкових даних. Середньоквадратична

помилка прогнозу, для нашого прикладу, становить  $SSE = 0.038$ , Q-статистика Бокса-Пірса становить 0,86. Таким чином, створена модель є найточнішою з проаналізованих економетричних, статистичних та нейромережевих моделей.

Приведемо графік відносної похибки прогнозу. Цей графік відображує залежність відносної похибки від глибини прогнозування (рисунок 26).

Збільшення середнього рівня відносної помилки відбувається за рахунок використання прогнозних значень в якості навчальної множини, тобто точність прогнозу на кожному кроці буде меншою ніж на попередньому. Наявність середнього рівня шумового залишку, що збільшується, обумовлене зростанням помилки прогнозування, яка, у свою чергу, збільшується через використання самих прогнозованих значень в якості частини навчальної вибірки.

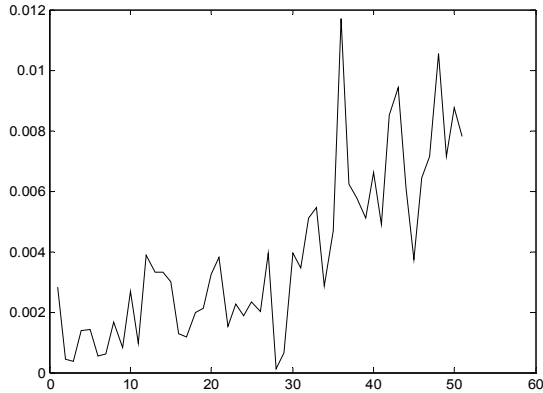


Рис.26. Відносна похибка прогнозу

Використаємо запропонований підхід на більш волатильних початкових даних конкретно до суб'єктів реального сектору. На рисунку 27 зображено початковий часовий ряд, що представляє собою значення окремої сукупності фінансових параметрів розвитку суб'єктів реального сектору економіки; з метою збільшення стаціонарності ряду і зниження кількості зайвої вхідної інформації, при аналізі використовуються не самі значення ряду в послідовні моменти часу, а зміни досліджуваних параметрів за кожен із проміжків часу.

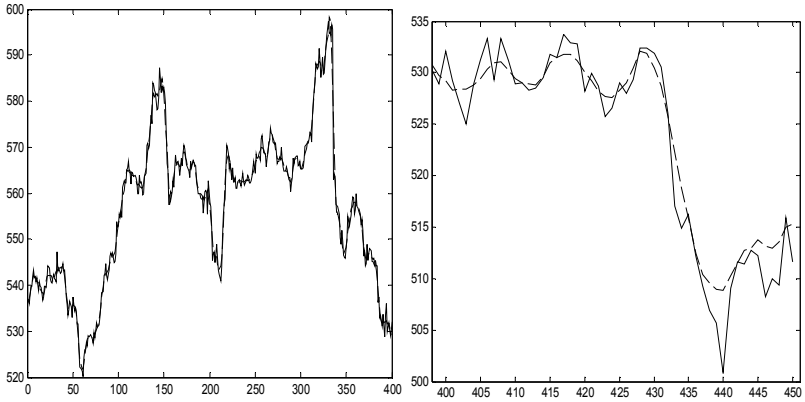


Рис.27. Апроксимація та прогнозування (штриховані лінії) окремих фінансових параметрів розвитку суб'єктів реального сектора економіки (суцільна лінія – фактичні значення) пропонуваним підходом

На рисунку 28 зображено графік залишку моделі. Середньоквадратична помилка прогнозу становить  $SSE = 0.025$ , Q-статистика Бокса-Пірса становить 0,89.

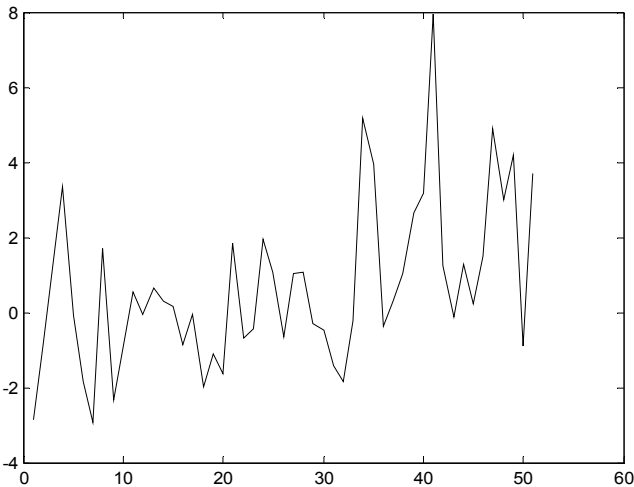


Рис.28. Залишок моделі

Динамічна система, реалізацією якої є часовий ряд зміни окремих фінансових параметрів досліджуваного сектору, не є повністю хаотичною, оскільки має також і випадкову компоненту. Тому однозначне визначення майбутніх значень ряду є неможливим, і помилка прогнозу буде збільшуватися зі збільшенням частки випадкової компоненти часового ряду.

В таблиці 1 наведено порівняння класичних методів прогнозування (економетричних, статистичних та нейромережевих) та запропонованого підходу.

Таблиця 1

Результати прогнозування окремих параметрів розвитку сегментів фінансового та реального секторів за певний період часу

Метод	Середньоквадратична помилка прогнозування	Q-статистика Бокса-Пірса
Екстраполяція ковзного середнього	0,117 (фінансовий сектор)	0,22 (фінансовий сектор)
Модель ARIMA	0,097 (реальний сектор)	0,43 (реальний сектор)
Модель GARCH	0,112 (реальний сектор) 0,102 (фінансовий сектор)	0,62 (реальний сектор) 0,66 (фінансовий сектор)
Штучна нейронна мережа	0,085	0,68
Пропонований модифікований (комбінований) підхід до прогнозування	0,038 (фінансовий сектор) 0,025 (реальний сектор)	0,86 (фінансовий сектор) 0,89 (реальний сектор)

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що модель початкових даних, отримана за допомогою комбінування методів теорії детермінованого хаосу та нейромережевих технологій, є більш точною, ніж моделі, отримані за допомогою економетричних, статистичних чи тільки нейромережевих методів. Ця модель враховує практично всю корисну інформацію з початкових даних, оскільки має майже незалежний залишок. Досліджувані нами сегменти секторів є, як правило, складними відкритими динамічними системами, що характеризуються нестійкістю, нерівноваженістю, незворотністю, збудженням. Зміни ентропії у часі викликають різні стани цих сегментів секторів від стаціонарного до

великих флуктуацій. Основою розвитку досліджуваних сегментів секторів є суперечності, що виникають у процесі їх функціонування, розв'язання яких призводить до процесів з нелінійними трендами.

Результати застосування окремо методів економетричних, статистичних та нейронних мереж для вирішення завдань прогнозування розвитку сегментів досліджуваних секторів показали, що статична нелінійна система може бути навчена так, щоб успішно прогнозувати окремі параметри розвитку цих секторів. Також доведено, що робота по впровадженню власної автоматизованої системи прогнозування має перспективи та може бути продовжена в сучасних умовах переходу до фінансової економіки. Запропонований комбінований підхід до прогнозування параметрів розвитку окремих сегментів фінансового та реального секторів дозволить економічним суб'єктам підвищити ефективність такого розвитку та поступово знизити можливі економічні ризики. Порівняльний аналіз застосування класичних методів прогнозування фінансово-економічних процесів та модифікованого методу прогнозування дає підстави наголошувати на доцільності подальшого розвитку й впровадження методів теорії детермінованого хаосу в практику досліджень тенденцій змін окремих сегментів фінансового та реального секторів. Якісні результати такого прогнозування будуть виступати основою для прийняття ефективних управлінських рішень суб'єктами реального та фінансового секторів.

#### Список джерел

1. Бондаренко Ю.В. Финансовые инвестиции (фондовый рынок): учеб. пособие / Ю.В. Бондаренко, В.П. Овсянников, А.А. Чупайленко; Донецкий национальный технический ун-т – Донецк : РВА ДонНТУ, 2008. – 394 с.
2. Бурденко І. М. Інструментарій оцінювання ринку похідних фінансових інструментів / І. М. Бурденко, М. В. Корнєєв, І. О. Макаренко // Бізнес-інформ. – 2011. – № 6. – С. 111–115.
3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 407 с.
4. Волохова Л.А. Основні індикатори фондового ринку та їх економіко-статистичне моделювання / Л.А. Волохова // Ринок цінних паперів України. – 2005. – №5-6. – С. 3-8.
5. Давидов О.І. Фондові кризи у ринковій економіці / О.І. Давидов, Я.В. Зінченко // Фінанси України. – 2000. – №3. – С. 115.
6. Журавка Ф.О. Валютна політика в умовах трансформаційних змін економіки України : монографія / Ф.О. Журавка. – Суми : ДП; ДВНЗ «УАБС НБУ», 2008. – 334 с.
7. Інтеграційні процеси на фінансовому ринку України : монографія / за заг. редакцією д-ра екон. наук А.О. Спіфанова, д-ра



економ. наук І.О. Школьник, д-ра економ. наук Ф.Павелки ; [А.О. Єпіфанов, І.О. Школьник, Ф. Павелка та ін.]. Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2012. – 258 с.

8. Курбатський С.Н. Прогнозування часових рядів / С.Н. Курбатський // Штучний інтелект. – 2005. – №3. – С. 12-18.

9. Нейрокомпютерінг та його застосування в економіці та бізнесі : підручник / [Єжов А.А., Шумський С.О.] ; за заг. ред. А. Єжова. – М.: МФТІ, 1998. – 254 с.

10. Присенко Г. В., Равікович Є. І. Прогнозування соціально-економічних процесів: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2005. – 378 с.

11. Ринок цінних паперів : підручник / [Кравченко Ю.Я.] ; за заг. ред. Ю. Кравченко – К.: Дакор, 2009. – 672 с.

12. Технічний аналіз : підручник / [Канн М.] ; за заг. ред. М. Канна. – СПб.: Питер, 2004. – 282 с.

13. Фінансова безпека підприємств і банківських установ : монографія / за заг. редакцією д-ра економ. наук, проф. А. О. Єпіфанова, [А. О. Єпіфанов, О. Л. Пластун, В. С. Домбровський та ін]. – Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2009. – 295 с.

#### **4.4. Побудова та використання систем видобутку знань для прогнозування фінансових ринків**

Формування фінансового ринку як економічне явище, пов'язано з об'єктивним процесом розвитку суспільства в умовах глобалізації світової економіки. Це зумовлює зростання внутрішнього фінансового ринку України, що є найважливішим інститутом економіки. Діяльність з управління фінансовими інструментами на ринку піддається суттєвому ризику. Саме тому вибір адекватних методів прогнозування є актуальним для інвесторів. В економічній сфері останнім часом ефективно використовуються методи інтелектуального аналізу. У вітчизняній і зарубіжній літературі досить широко розглядаються питання застосування технологій видобутку знань, для вирішення економічних завдань. Питання застосування методів обробки знань в економіці розглянуто в працях вітчизняних науковців: В. В. Вітлінського [5], К. Ф. Ковальчука [10], Ю. Г. Лисенка [17], А. В. Матвійчука [18], С. К. Рамазанова [23], О. І. Черняка [24] та ін. Теоретичні та методологічні основи видобутку даних і знань досліджували такі вчені як: В. А. Дюк [6, 7], Р. Міхальські [2], Д. О. Поспелов [16], Г. П'ятецький-Шапіро [1, 4], У. Файад [1].

Проте, питання застосування методів видобутку знань для прогнозування фінансових ринків розкрито недостатньо.

Серед робіт, в яких розглядалося дане питання можна виділити роботу А. В. Матвійчука [18], в якій розкрито методологію прогнозування фінансових показників на фондовому ринку з використанням інструментарію нечіткої логіки та нейронних мереж.

Метою роботи є проведення експериментів та аналіз отриманих результатів використання моделей видобутку знань для прогнозування фінансових ринків.

В роботах [9, 11-14] представлено моделі, що використовують технологію Knowledge Mining [15, 20] для послідовного довизначення інформації про рух ринку до знань шляхом розподіленого включення їх формальних ознак. Слід провести експерименти щодо ефективності їх використання.

*Хвильовий аналіз Елліотта.* Для порведення експериментів побудовано систему на основі вдосконаленої моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта [9, 11-13] у середовищі розробки Embarcadero RAD Studio 2010 за допомогою мови програмування C++. Для зберігання інформації в системі використано бази даних типу Microsoft Access Database (.mdb) для подання у систему даних про рух ринку. Розроблене програмне забезпечення розраховано на використання у операційній системі Windows XP/Vista/7. Головне діалогове вікно побудованої системи має наступний вигляд (рис. 1).



Рис. 1. Головне діалогове вікно системи хвильового аналізу

Для роботи системи необхідно завантажити фінансовий часовий ряд визначеного фінансового інструменту, виконавши команду головного меню «Файл/Завантажити часовий ряд», а потім за допомогою діалогового вікна переглядача файлів комп'ютера

необхідно обрати потрібний. Система працює із файлами типу Microsoft Access Database (.mdb) із строгою структурою даних зі значеннями навчальної та тестової вибірки. Спочатку з загальнодоступного джерела даних у мережі Internet завантажуються файли типу Comma-Separated Values (.csv), що містять інформацію про максимум, мінімум, ціну відкриття та закриття аналізованого фінансового інструменту на визначеному таймфреймі для навчальної та тестової вибірок. Після цього проводиться операція експортування завантажених csv-файлів для створення та формування відповідних таблиць («Навчальна вибірка», «Тестова вибірка») у СУБД Microsoft Access.

Для проведення експериментів необхідно визначитися з формою функцій належності щодо опису запропонованих термів у роботі [13]. Автором [18] у аналогічній ситуації було запропоновано побудувати модель прогнозування змін фінансових показників із використанням трапецієподібних функцій належності, оскільки вони дають можливість задати точні межі, за якими значення змінної однозначно не буде належати тому чи іншому терму. Це дозволило одразу розділити терми, які в принципі не можуть мати однакоове значення (зростаючі та спадаючі величини).

За значення, на яких навчалася модель, було взято ціну закриття. Оскільки планується проводити тестові торги та розрахунок прибутку для використання моделі на п'ятихвилинному графіку, то необхідно виставити початкові налаштування на приблизно припустимому рівні. Для лінгвістичного терму ДВЗ мінімальна величина була прийнята за 1,6%; для ВЗ – мінімальна 1,2% та максимальна 1,4%; для ПЗ – 0,8 та 1,0 відповідно; для МЗ – 0,4 та 0,6; для ДМЗ – максимум 0,2. Мінімальне коливання, що обробляється моделлю становить 0,03%. Опис лінгвістичних термів у системі відбувається за допомогою введення значень параметрів функцій належності до відповідних полів у вікні «Опис функцій належності» (рис. 2), що можна визвати за допомогою команд головного меню «Моделювання/Опис функцій належності».

Для оптимізації моделі необхідно натиснути на кнопку «Навчити систему». Трапецієподібна форма функцій належності нечітких множин, за допомогою яких були описані правила розвитку хвиль Елліотта, виключає можливість застосування для оптимізації алгоритм зворотного поширення помилки, адже має кусково-лінійну природу. Таким чином, використаємо алгоритм Extended-Delta-Bar-Delta [3] для налаштування параметрів моделі, як це описано у монографії [18].

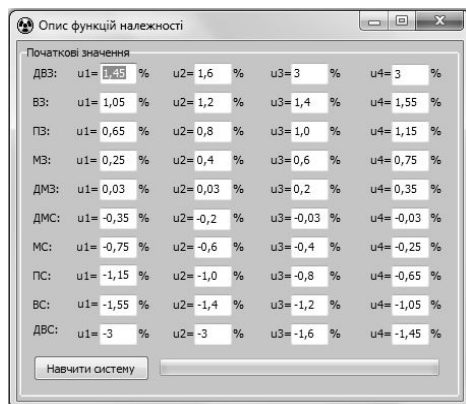


Рис. 2. Опис функцій належності нечітких множин

Оптимізація параметрів нечіткої моделі відбувається за допомогою наступних співвідношень:

$$\Delta x_i^{jp}(t+1) = r_x(t) \cdot \eta \cdot x_i^{jp}(t) - (1 - r_x(t)) \cdot \Delta x_i^{jp}(t), \quad (1)$$

$$x_i^{jp}(t+1) = x_i^{jp}(t) + \Delta x_i^{jp}(t+1), \quad p = \overline{1, k_j}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де  $x$  – параметри, що оптимізуються: ваги правил  $w$  та параметри функцій належності;

$r_x$  – момент зв'язку – ступінь навчання параметра  $x$ ,  $r_x \in (1, 0)$   
 $\forall x$ :

$$r_x(t) = \begin{cases} r_x(t-1) + \Delta r_x, & (R_x(t) > 0) \text{ ма } (R_x(t-1) > 0), \\ r_x(t-1) - \Delta r_x, & (R_x(t) < 0) \text{ ма } (R_x(t-1) < 0), \end{cases} \quad (3)$$

де  $\Delta r_x$  – величина зміни моменту зв'язку параметра  $x$ . Для проведення розрахунків параметр  $\Delta r_x$  був прирівняний до 0,0005;

$R_x(t)$  – допоміжний коефіцієнт, що визначається за співвідношенням:

$$R_x(t) = -x(t) \frac{\Delta x(t)}{r_x(t)}.$$

Провівши оптимізацію, система подає на перегляд користувачеві скориговані значення функцій належності у правій

частині діалогового вікна «Опис функцій належності», як це наведено на рис. 3.

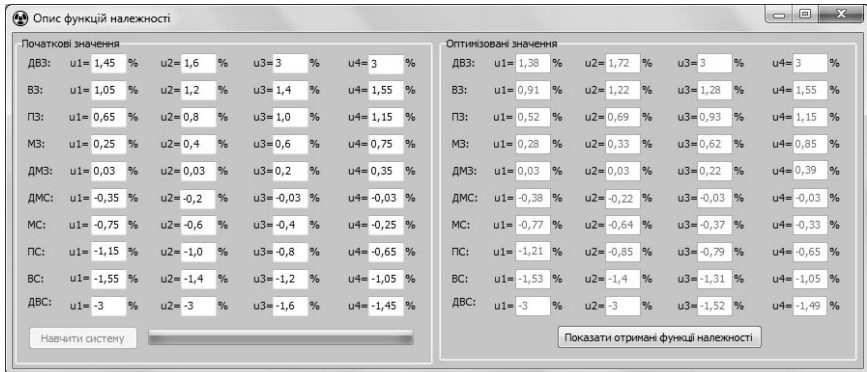


Рис. 3. Оптимізовані значення функцій належності

За необхідності системою передбачено перегляд скоригованих функцій належності нечітких множин. Для цього необхідно натиснути кнопку «Показати отримані функції належності». На екрані з'являється діалогове вікно, на якому можна побачити скориговані функції належності та їх підпис у правій частині вікна, як це продемонстровано на рис. 4.

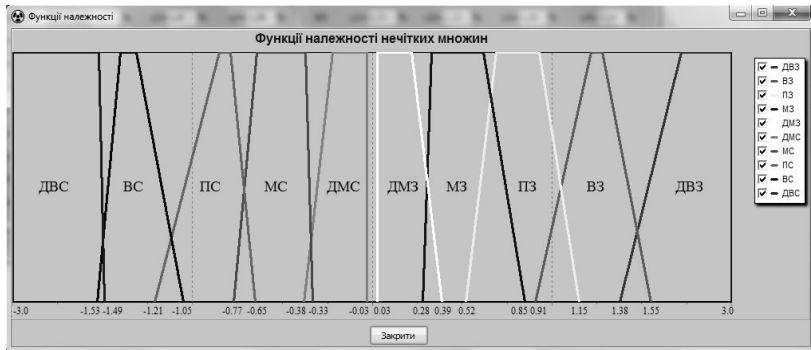


Рис. 4. Скориговані функції належності

Також, за необхідністю користувач може прибрати деякі функції належності за допомогою зняття «прапорців» з панелі у правій частині вікна (див. рис. 4). Це необхідно, наприклад, для того,

щоб побачити функції належності нечітких множин, які використовуються для здійснення угоди (тільки ДВЗ, ВЗ, ДВС, ВС).

Виконавши налаштування моделі, можна приступити безпосередньо до моделювання процесу торгів. Для цього треба натиснути кнопку «Моделювати процес торгів» у головному вікні (див. рис. 1). Після цього користувач отримує доступ до загальних результатів моделювання (загальна кількість операцій, кількість прибуткових операцій та прибуток/збиток), а також до детальних результатів, наведених у таблиці, як це показано на рис. 5.

У таблиці містяться наступні дані: номер кожної операції; початкова позиція класифікованого образу; номер правила з бази знань, до якого класифіковано образ з використанням різних  $t$ -норм та середніх [9]; образ значень змін фінансового показника; поточний прибуток/збиток.

№ р/л	№ образу	T2	0,52	T3	0,52	T4	0,52	T5	0,55	G=T2	0,58	G=T3	0,58	G=T4	0,58	G=T5	0,58	G=T14	0,57	G=T15	0,57	G=T16	0,57	G=T17	0,58	AM	0,57
1	117	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	143	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	566	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	585	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	835	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	895	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	997	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	1085	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Рис. 5. Результати моделювання процесу торгів

Поруч із нечітким оператором або середньою у процесі моделювання визначається відповідний коефіцієнт  $K_i$ , що відображає ступінь правильності класифікації поданих на вхід моделі образів оператором та розрахована, як частка правильних відповідей, продемонстрованих на тестовій вибірці. Наприклад, правильність класифікації образів операторів  $t_5$  та  $s_5$  становить приблизно 55%. Вищезазначені процедури слід виконувати для проведення експериментів з кожним фінансовим часовим рядом, що підлягає перевірці.

За основу щодо динаміки ринку прийнято гіпотезу фрактального ринку [21, 22], що дає можливість використання

методів технічного аналізу для прогнозування фінансових ринків виключно на короткострокові періоди з попереднім проведенням R/S-аналізу часового ряду. Отже, пропонується проведення експериментів на підтвердження даної ідеї.

Є припущення, що існують деякі значення показника Херста для фінансового часового ряду, при яких використання хвильових моделей Елліотта для прогнозування майбутнього значення є найбільш ефективним. Такі значення теоретично можуть бути знайдені тільки у діапазоні  $0.5 < H < 1$ :

- при  $H = 1$ , на ринку присутня дуже сильна (повна) тенденція, тобто тренд, який не має корекцій – відповідно, ефективне використання хвильових моделей не є можливим;

- при  $H \leq 0.5$ , на ринку немає тренду взагалі, тобто хвильовий аналіз Елліотта неможливо ефективно використовувати для прогнозування часових рядів, оскільки базова модель Елліотта представляє собою все ж таки направлений рух вгору чи вниз;

- при  $0.5 < H < 1$ , теоретично можливо знайти значення, яке відповідатиме ефективному використанню хвильових моделей – на ринку присутній тренд та шум (корекції рівнем нижче).

Таким чином, досліджено по 20 п'ятихвилинних графіків часових рядів цін акцій, що формують Індекс Української біржі [8], а також Індекс біржі США BATS та Індекс російської біржі ММВБ [19].

Не випадково був обраний саме фондовий ринок, адже він забезпечує акумуляцію та ефективне розміщення заощаджень, а також інвестування пріоритетних галузей економіки країн. Українська біржа не є найбільшою фондовою біржою в Україні, проте дві найбільші – «Перспектива» та ПФТС за останній рік притерпіли великих змін і було прийнято рішення обрати третю найбільшу за обсягами торгів та обсягами капіталізації біржу. Її можна віднести до класу маленьких бірж, американську фондову біржу BATS – до класу середніх за обсягами капіталізації.

Щодо ММВБ – це найбільша російська фондова біржа, а також вона відноситься до класу найбільших світових бірж. Таким чином, досліджуються фондові біржі трьох класів за обсягами капіталізації.

Отже, кожен фінансовий часовий ряд підлягав перевірці на персистентність шляхом проведення R/S-аналізу та обчислення показника Херста. Після цього для кожного ряду проведено експерименти з використанням вдосконаленої моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль

Елліотта.

Під час проведення модельних експериментів здійснювались угоди з купівлі-продажу фінансового інструменту за кожної появи на виході моделі термів ДВЗ, ВЗ, ДВС, ВС без урахування транзакційних витрат та левериджу. Після отримання наступного значення модель видавала відповідь про те, чи треба здійснювати наступну угоду, а також її напрямок та розмір у відповідності з проведеним хвильовим аналізом.

За отримання прогнозу щодо ДВЗ або ВЗ модель здійснювала угоду (у максимально можливому обсязі) з купівлі, а за отримання прогнозу щодо ДВС чи ВС здійснювались угоди з продажу (закриття довгої позиції). Розрахунки здійснювались для початкової суми депозиту у (еквівалент) 100 000 грн.

Отримані результати по кожному фінансовому інструменту, разом із розрахованими показниками Херста занесені до таблиці. Відсортувавши їх у напрямку зростання показника Херста, побудовано графіки залежності прибутковості системи від цього показника, що наведені на рис. 6-8.

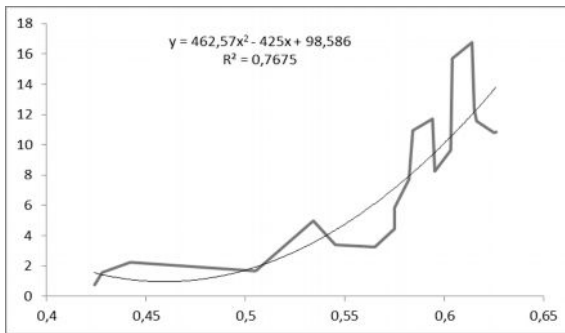


Рис. 6. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на хвильовому аналізі, % (УБ)

Проаналізувавши результати моделювання процесу торгів на Українській біржі, російській фондовій біржі ММВБ, та американській біржі ВАТS, можна відзначити, що форма апроксимуючої говорить про те, що оптимальні значення показника Херста, при яких використання хвильового аналізу Елліотта є найбільш ефективним виходять за рамки графіків.



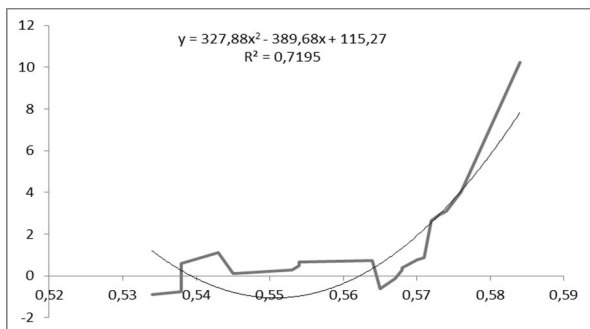


Рис. 7. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на хвильовому аналізі, % (BATS)

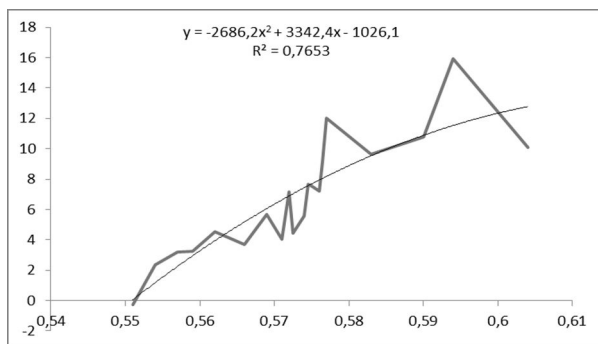


Рис. 8. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на хвильовому аналізі, % (ММВБ)

Також можна відмітити, що використання хвильових моделей Елліотта для прогнозування фінансових часових рядів зі значенням показника Херста  $H \geq 0,58$  є достатньо ефективним для даних ринків.

Таким чином, можна зробити висновки, що: використання хвильових моделей Елліотта для прогнозування фінансових часових рядів зі значенням показника Херста нижчого за 0,58 є неефективним; існують значення показника Херста, при яких використання хвильового аналізу Елліотта є найбільш ефективним.

Так, для проведення роботи на фінансовому ринку та здійсненні торгових операцій за допомогою моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта необхідно спочатку оцінити показник Херста і застосовувати модель тільки при  $H \geq 0,58$ .

Результати, продемонстровані системою, розробленою на основі вдосконаленої моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта з одночасним використанням R/S-аналізу для прийняття рішень щодо доцільності використання моделі свідчать про її ефективність. Проте існують певні недоліки використання такої моделі. Система, розроблена на основі моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта дуже часто при проведенні моделювання процесу торгів повертає значення «нуль», тобто модель не може класифікувати поданий на її вхід образ і віднести його до жодного правила з описаних у базі. Таким чином, у процесі торгів здійснюється одна з десяти можливих (умовних) угод і, тому, виникла необхідність підвищення продуктивності системи торгів.

Так, пропонується здійснити побудову системи видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду [14] (на відміну від правил розвитку хвиль Елліотта, що внесено до бази знань моделі на етапі її побудови) для збільшення кількості угод та підвищення, таким чином, продуктивності й ефективності роботи на ринку.

*Виділення типових тенденцій.* Для проведення модельних експериментів побудовано систему на основі моделі видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду за аналогією з попередньою системою.

Отже, головне діалогове вікно побудованої системи має наступний вигляд (рис. 9).

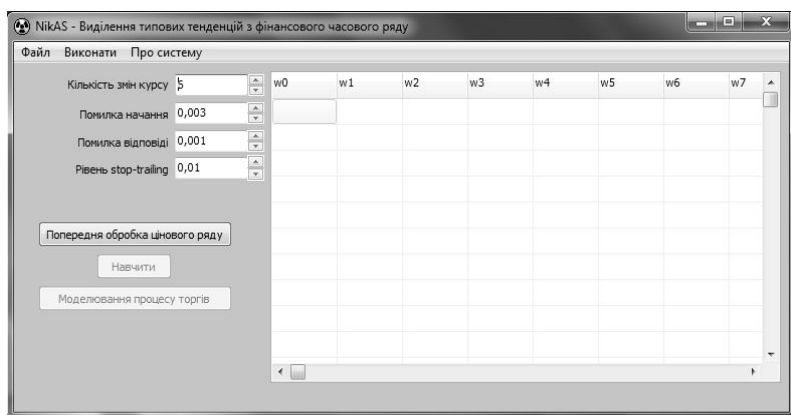


Рис. 9. Головне діалогове вікно системи «Виділення типових тенденцій»

Для проведення експериментів у систему необхідно завантажити часовий ряд значень цін аналізованого фінансового інструменту за аналогією з попередньою системою. Для цього у головному діалоговому вікні необхідно обрати пункт головного меню «Файл» та виконати команду «Завантажити фінансовий часовий ряд».

Після завантаження навчальної та тестової вибірок необхідно визначитися із початковими налаштуваннями моделі та ввести їх у відповідні поля (див. рис. 9). Згідно з [14], значення помилки навчання  $S$  та помилки відповіді  $e$  повинні бути не дуже великими, щоб модель мала змогу виділити з навчальної вибірки певну кількість шаблонів і записати їх до бази типових тенденцій, а також – не надто низькими, щоб не спостерігався, так званий, ефект перенавчання. Відповідно до результатів модельних експериментів (на п'ятихвилинному графіку валютної пари EUR/USD) оптимальна кількість послідовних аналізованих значень фінансового інструменту, а саме вхідного параметру  $C$ , становить від 4 до 9,  $S$  та  $e$  – 0.01 та 0.003 відповідно. Проте, оскільки при  $c = 8$  моделлю отримано найкращі результати, тоді використаємо ці налаштування. Перш за все, для навчання системи слід перетворити вектор значень цін  $\vec{P} = (P_1, \dots, P_C)$  у вектор відносних змін  $\vec{V} = (V_1, \dots, V_{C-1})$ , тобто провести нормалізацію та попередню обробку ряду. Для цього необхідно натиснути на кнопку «Попередня обробка цінового ряду». Після цього у нижній частині головного діалогового вікна з'явиться індикатор виконання даної процедури (рис. 10).

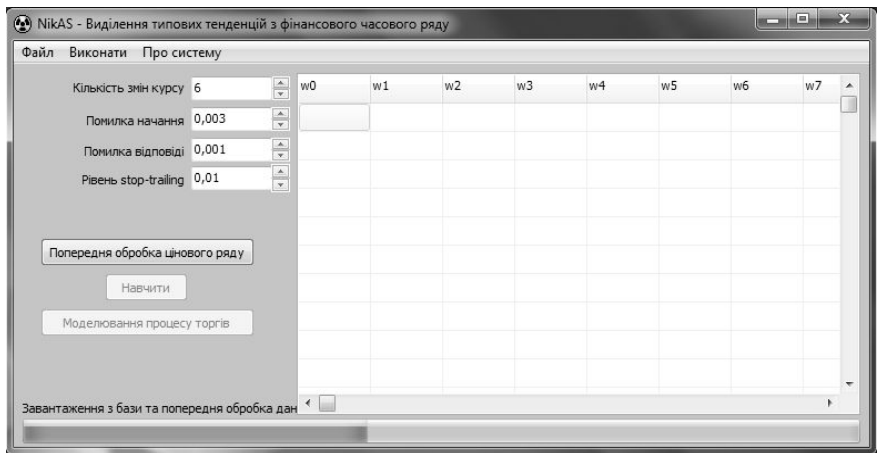


Рис. 10. Попередня обробка цінового ряду

Після цього, користувач отримує доступ до функції навчання системи. Отже, для проведення навчання та виділення типових тенденцій з часового ряду необхідно натиснути кнопку «Навчити». За аналогією з попереднім етапом, у нижній частині головного вікна індикатор процедури навчання вказує на ступінь її виконання. За досягнення індикатора 100% виконання навчання системи, вона сповіщає про її результати. Таким чином, за допомогою процесу навчання системою побудовано таблицю – базу типових тенденцій *TB* (знання), що наведена у правій частині головного діалогового вікна (рис. 11).

Отже, виділивши знання і сформувавши базу типових тенденцій, система автоматично знімає невизначеність за безпечення ознаки активності фінансових знань [14]: оцінюється та знімається неповнота та суперечливість знань.

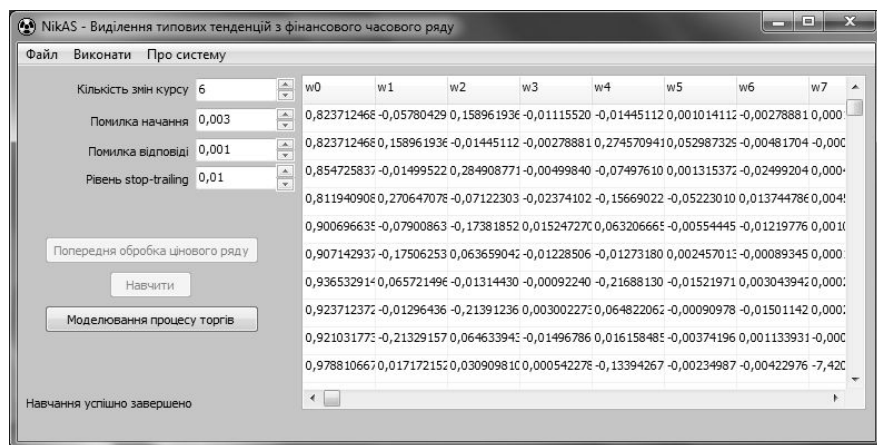


Рис. 11. Результати навчання

Після зняття невизначеності користувач отримує доступ до функції моделювання процесу торгів. Для цього необхідно натиснути на кнопку «Моделювання процесу торгів». Після цих дій у головне вікно виводяться результати модельних торгів, що проводяться на тестовій вибірці, як це продемонстровано на рис. 12.

Проведено експерименти щодо ефективності використання моделі видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду за аналогією з попередньою системою. Припускалося існування деяких значень показника Херста, при яких використання типових тенденцій, виділених з часового ряду за допомогою моделі, описаної у [14], є

найбільш ефективним. Оскільки типові тенденції, на відміну від моделей Елліотта, не обов'язково повинні бути моделями тренду (типова тенденція може мати не тільки направлений рух вгору чи вниз, але й флетову модель), то з'являється теоретична можливість їх використання як на персистентному  $0.5 < H < 1$ , так і на антиперсистентному  $0 < H < 0.5$  ринках.

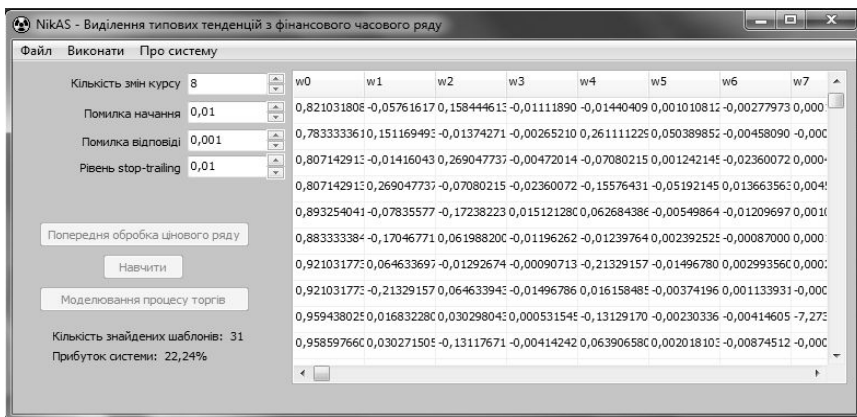


Рис. 12. Результати моделювання процесу торгів

Результати моделювання з використанням вищезазначених початкових параметрів моделі  $s$ ,  $e$  та  $s$  наведені на рис. 13-15.

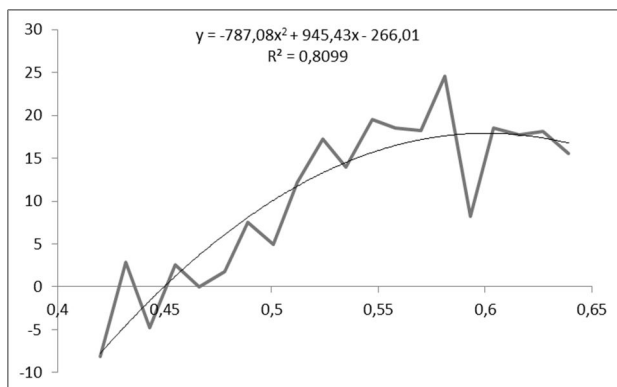


Рис. 13. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на відшуванні типових тенденцій, % (УБ)

Результати моделювання процесу торгів на Українській Біржі свідчать про те, що оптимальні значення показника Херста, при яких використання типових тенденцій є найбільш ефективним, знайдено при  $H \approx 0.60$ .

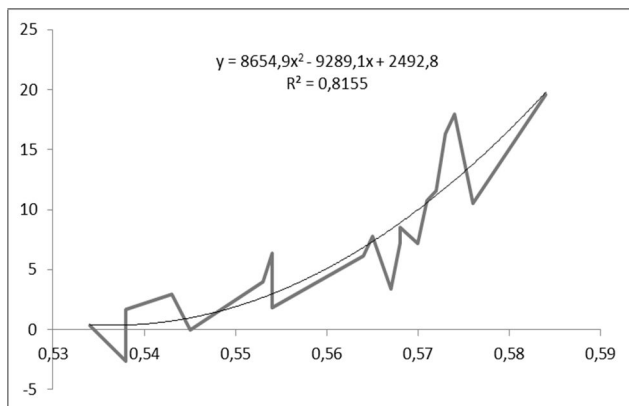


Рис. 14. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на відшуванні типових тенденцій, % (BATS)

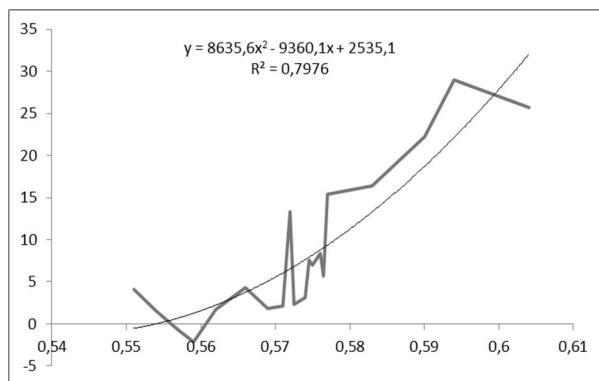


Рис. 15. Відповідність показників Херста показникам прибутковості системи, заснованої на відшуванні типових тенденцій, % (ММВБ)

Результати моделювання процесу торгів на американській фондовій біржі BATS, свідчать про те, що для використання моделі видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду оптимальне значення показника

Херста виходить за рамки графіку.

Результати моделювання процесу торгів на російській фондовій біржі ММВБ свідчать про досить велику ефективність використання моделі видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часових рядів із значеннями показника Херста  $H > 0.58$  для фінансового часового ряду, проте оптимальні значення виходять за границі графіку.

Слід також відмітити, що коефіцієнти детермінації побудованих моделей (див. рис. 13-15) є достатньо великими, що свідчить про їх високий рівень відповідності реальним даним. Таким чином, трендові моделі досить добре відображають нелінійну залежність.

Проаналізувавши результати, можна зробити висновки, що: 1) використання типових тенденцій для прогнозування фінансових часових рядів зі значенням показника Херста нижчого за 0.58 є неефективним; 2) існують значення показника Херста, при яких використання типових тенденцій є найбільш ефективним.

Таким чином, для використання системи видобутку знань щодо прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта необхідно спочатку оцінити показник Херста і застосовувати модель тільки при  $H \geq 0.58$ . Середня річна прибутковість операцій при такому значенні показника Херста склала: УБ – 17,14%; ВАТS – 19,58%; ММВБ – 23,33%.

Слід відмітити, що на рис. 13 добре видно, як при значеннях  $H \ll 0.50$ , використання системи з відшукуванням типових тенденцій дає негативний результат, тобто антиперсистентний ринок є все ж таки несприятливим для використання системи, а отже знайдені шаблони (типові тенденції) можна класифікувати як рушійні моделі. Проте, при зменшенні параметра кількості значень  $c$  вхідного образу до системи спостерігається поступове зростання ефективності роботи системи на антиперсистентному ринку за результатами моделювання для акцій УБ.

На рис. 16 наведено результати моделювання процесу торгів при  $c=4$ .

Так, падіння середньої прибутковості моделі при  $H > 0,5$  та  $c = 4$  можна пояснити збільшенням помилок при класифікації поданих на вхід моделі образів до типових тенденцій, а отже і помилок прогнозування при здійсненні торгових операцій, а також тим, що не всі отримані при навчанні шаблони є трендовими моделями.

Отже, результати використання системи видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду свідчать про можливість ефективного

використання моделі на антиперсистентному ринку при  $H < 0.44$  зі значеннями параметрів моделі  $e = 0.003$ ,  $s = 0.01$  та  $c = 4$ .

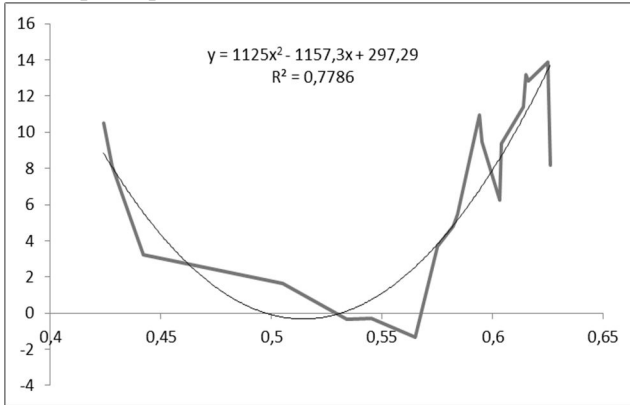


Рис. 16. Відповідність показників Херста прибутковості системи, заснованої на відшуканні типових тенденцій при  $c=4$ , % (УБ)

Таким чином, висунуто гіпотезу про існування значень показника Херста, при яких використання хвильового аналізу Елліотта є найбільш ефективним. Проведено модельні експерименти щодо дослідження відповідності показника Херста хвильовим моделям. Виявлено, що існують певні значення показника Херста, при яких використання хвильового аналізу за допомогою моделі прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта є найбільш ефективним. Так модель можна ефективно використовувати на персистентному ринку при  $H \geq 0.58$ .

Виявлено, що оскільки модель прогнозування фінансових показників з урахуванням правил розвитку хвиль Елліотта має низьку продуктивність за рахунок появи на виході моделі значення «нуль», необхідно програмно реалізувати модель видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій для збільшення продуктивності та ефективності роботи на фінансовому ринку. Так, висунуто гіпотезу про існування значень показника Херста, при яких використання типових тенденцій є найбільш ефективним, а також проведено модельні експерименти щодо дослідження відповідності показника Херста хвильовим моделям. Виявлено, що існують певні значення показника Херста, при яких використання типових тенденцій за допомогою моделі



видобутку знань для прогнозування фінансових ринків з виділенням типових тенденцій з часового ряду є найбільш ефективним. Так, модель можна ефективно використовувати як на персистентному ( $H \geq 0.58$ , зі значеннями параметрів моделі  $e = 0.003$ ,  $s = 0.01$  та  $c = 8$ ), так і на антиперсистентному ( $H < 0.44$ , зі значеннями параметрів моделі  $e = 0.003$ ,  $s = 0.01$  та  $c = 4$ ) ринках.

#### Список джерел

1. Fayyad U. M. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases / U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth // *AI Magazine*. — 1996. — №17(3). — P. 37—54.
2. Michalski R. S. Knowledge Mining : A Proposed New Direction. Invited talk at the Sanken Symposium on Data Mining and Semantic Web / Michalski R. S. — Japan : Osaka University, 2003. — P. 10—11.
3. Minai A. A. Acceleration of Back-Propagation through Learning Rate and Momentum Adaptation / A. A. Minai, R. D. Williams // *International Joint Conference on Neural Networks*. — 1990. — Vol. I. — P. 676—680.
4. Piatetsky-Shapiro G. Discovery, Analysis, and Presentation of Strong Rules / Piatetsky-Shapiro G // *Knowledge Discovery in Databases*. — AAAI/MIT Press, 1991. — P. 229—248.
5. Вітлінський В. В. Штучний інтелект у системи прийняття управлінських рішень / В. В. Вітлінський // *Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці : наук.-аналіт. журн.* — 2012. — № 1.1. — С.97—118.
6. Дюк В. А. Data mining – интеллектуальный анализ данных / В. А. Дюк // *ВУТЕ (Россия)*. — 1999. — № 9. — С. 18—24.
7. Дюк В. А. Осколки знаний / В. А. Дюк // *Экспресс-Электроника*. — 2002. — № 6. — С. 60—65.
8. Итоги торгов [Электронный ресурс] : Информация о торгах / Офіційний сайт «Української Біржі». — Режим доступу: <http://www.ux.ua/ru/marketdata/marketresults.aspx>. — Назва з екрану.
9. Ковальчук К. Ф. Застосування нечітких операторів для прогнозування фінансових ринків / К. Ф. Ковальчук, О. К. Никитенко // *Сучасні проблеми прогнозування соціально-економічних процесів: концепція, моделі, прикладні аспекти*. — Бердянськ. : Видавець Ткачук О. В., 2012. — С. 73—86.
10. Ковальчук К. Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений / Ковальчук К. Ф. ; [отв. ред. О. П. Суслов]. — Донецк : ИЭП НАНУ, 1996. — 224 с.
11. Ковальчук К. Ф. Нечітка модель прогнозування фінансових показників на строковому ринку / К. Ф. Ковальчук, О. К. Никитенко // *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем"*. — Х.: ФОП Александрова К.М., ВД "ІНЖЕК". 2012. — С. 30—34.
12. Ковальчук К. Ф. Нечеткое моделирование финансовых

інструментов на міжнародному валютному ринку / К. Ф. Ковальчук, А. К. Никитенко, Н. П. Козенкова, В. Вашкелевич // Management under conditions of social-economic crisis – selected problems of development of management process in the World, country, industry and enterprise : Monograph. — Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej, 2012. — P. 37—56. — ISBN 978-83-62292-83-7

13. Ковальчук К. Ф. Нечітке моделювання фінансових інструментів на строковому ринку / К. Ф. Ковальчук, О. К. Никитенко // Моделирование социально-экономических систем: теория и практика : монография. — Х. : ФЛП Александрова К. М. ; ИД «ИНЖЭК», 2012. — С. 328—342.

14. Ковальчук К. Ф. Розробка моделі управління фінансовими інструментами на ринку з використанням методу нечіткої апроксимації / К. Ф. Ковальчук, О. К. Никитенко // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці : наук.-аналіт. журн. — 2012. — № 1. — С. 161—170.

15. Ковальчук К. Ф. Технология Knowledge Mining для интеллектуальной поддержки принятия экономических решений / К. Ф. Ковальчук, А. К. Никитенко // Матеріали XVII Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми економічної кібернетики», Том 3. — Одеса, 2012. — С. 97—98.

16. Кондрашина Е. Ю. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Кондрашина Е. Ю., Литвинцева Л. В., Поспелов Д. А. ; под ред. Д. А. Поспелова. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. — 1989. — 328 с. — (Пробл. искусств. интеллекта).

17. Лысенко Ю. Г. Нейросетевые и нечеткие модели бюджетирования промышленных предприятий / Ю. Г. Лысенко, Е. Е. Бизянов, А. Г. Хмелев // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці : наук.-аналіт. журн.— 2012. — № 1.1. — С. 171—188.

18. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці:нейронні мережі, нечітка логіка: монографія / Матвійчук А. В. — К. : КНЕУ, 2011. — 439 с.

19. Мировые рынки. Акции [Электронный ресурс] : Экспорт котировок / Финам. — Режим доступа: <http://www.finam.ru/analysis/profile041CA00007/default.asp>. — Название с экрана.

20. Никитенко О.К. Статистична обробка економічної інформації з використанням концепції видобутку знань / О.К. Никитенко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми розвитку методології в статистиці, обліку та аналізі економічних процесів», Том 3. — Дн-вськ, 2013. — С. 43—46.

21. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории хаоса в инвестициях и экономике / Петерс Э. — М. : Интернет-трейдинг, 2004. — 304 с.

22. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Петерс

Э. ; [пер. с англ.]. — М.: Мир, 2000. — 333 с.

23. Рамазанов С. К. Модель управління конкурентоспроможністю підприємства / С. К. Рамазанов, Л. Ф. Істомін, О. С. Дюбанов ; под. ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизима // Моделирование социально-экономических систем: теория и практика : Монография. — Х. : ФЛП Александрова К. М. ; ИД «ИНЖЭК», 2012. — С. 522—537.

24. Черняк О. І. Кластеризація українських банків в залежності від фінансового стану та схильності до ризику / О. І. Черняк, К. Л. Юрченко ; под. ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизима // Моделирование социально-экономических систем : теория и практика : Монография. — Х. : ФЛП Александрова К. М. ; ИД «ИНЖЭК», 2012. — С. 375—386.

#### **4.5. Моделювання системи інтегральних показників та оцінка регіонального розвитку галузі охорони здоров'я України**

Важливою задачею функціонування сфери охорони здоров'я є соціально-економічний розвиток регіонів, як складової ефективного функціонування галузі в цілому. Тому необхідно перенести акценти впровадження політики у галузі охорони здоров'я на регіональний рівень.

Проблемам регіонального розвитку системи охорони здоров'я як складової соціальної сфери присвячені наукові праці багатьох вчених-економістів і практиків. Зокрема, значний внесок у розробку даної тематики внесено у роботах [1-6]. Також, соціально-економічні аспекти розвитку сфери охорони здоров'я на регіональному рівні розглянуті у працях [7-10].

Не зважаючи на досить широкий діапазон висвітлених проблем у галузі охорони здоров'я існує необхідність проведення державного комплексу заходів на базі сформованих стратегічних цілей, які б враховували регіональні відмінності соціально-демографічних, фінансово-економічних, екологічних та інших показників.

Отже, необхідним є виділення кластерів регіонів з максимально близькими значеннями показників функціонування галузі охорони здоров'я та оцінка стану регіонального розвитку даної сфери.

Для загальної оцінки регіонального розвитку галузі охорони здоров'я, необхідно виділити певні показники, які більш точно характеризуватимуть діяльність галузі.

Важливими індикаторами оцінки розвитку галузі охорони здоров'я є розподіл видатків на охорони здоров'я, валовий регіональний продукт із розрахунку на один медичний заклад та сума коштів, що виділяються на одну особу, забезпеченість населення вільним доступом до медичних послуг, що оцінюється показниками рівня забезпечення медичними закладами, лікарями,

середнім медичним персоналом, рівнем забезпечення ліжками в лікарнях та ін. Не менш важливими показниками розвитку галузі є стан здоров'я населення, що виражається у кількості захворювань різними нозологічними формами хвороб, показниках смертності та ін. Якість надання медичних послуг характеризується показниками середньої тривалості перебування у стаціонарі. Також, одним із важливіших показників ефективної діяльності галузі охорони здоров'я є очікувана тривалість життя, на яку впливає і екологічний стан регіону.

Значення основних показників функціонування галузі по регіонам суттєво відрізняються одне від одного, що вказує на достатньо сильну територіальну диспропорцію рівня розвитку галузі охорони здоров'я. Більш того, певні регіони мають схожі значення одних показників та розбіжні інших, що ускладнює проведення аналізу. Тому, доцільним буде використання кластерного аналізу, який дозволяє об'єднати певні регіони у кластери з максимально близькими значеннями показників одночасно. Для проведення кластерного аналізу, використовувався статистичний пакет SPSS.

У дослідженні використовувались статистичні показники функціонування галузі охорони здоров'я за 2011 рік Центру медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України [11], а також дані Державної статистики України [12, 13].

Кластерний аналіз включає себе наступні етапи:

1. Вибір основних показників комплексної оцінки регіональної системи охорони здоров'я.

Для оцінки функціонування та моделювання стратегічного розвитку галузі охорони здоров'я ми виділили наступні основні вихідні показники: кількість лікарів всіх спеціальностей на 100 тис. населення ( $X_1$ ), кількість середнього медичного персоналу на 100 тис. населення ( $X_2$ ), частка лікарів з вищою кваліфікаційною категорією серед усіх лікарів області ( $X_3$ ), частка випущених спеціалістів у вищих медичних навчальних закладів III – IV рівнів акредитації з підготовки лікарів та провізорів ( $X_4$ ), сума коштів, що виділяються на одного мешканця області ( $X_5$ ), розподіл видатків на централізовані заходи і програми з охорони здоров'я, що приходяться на один заклад ( $X_6$ ), сума валового регіонального продукту, що приходиться на один медичний заклад ( $X_7$ ), кількість стаціонарів на 100 тис. населення ( $X_8$ ), кількість лікарняних ліжок на 100 тис. населення ( $X_9$ ), кількість лікарських амбулаторно-поліклінічних закладів на 100 тис. населення ( $X_{10}$ ), частка фельдшерсько-акушерських пунктів ( $X_{11}$ ), середня тривалість перебування в стаціонарі ( $X_{12}$ ), середня тривалість перебування в дитячих лікарнях ( $X_{13}$ ), захворюваність на активний туберкульозом на 100 тис. населення ( $X_{14}$ ), захворюваність на вірусний гепатит на

100 тис. населення ( $X_{15}$ ), злякисні новоутворення на 100 тис. населення ( $X_{16}$ ), поширеність ВІЛ інфекцій на 100 тис. населення ( $X_{17}$ ), поширеність алкоголізму на 100 тис. населення ( $X_{18}$ ), поширеність наркотичної залежності на 100 тис. населення ( $X_{19}$ ), всі причини смерті на 100 тис. населення ( $X_{20}$ ), очікувана тривалість життя при народженні ( $X_{21}$ ), очікувана тривалість життя віком після 65 років ( $X_{22}$ ), частка викидів шкідливих в атмосферне повітря ( $X_{23}$ ), частка викидів діоксиду вуглецю в атмосферне повітря ( $X_{24}$ ).

2. Вибір способу вимірювання відстані між об'єктами.

Для визначення близькості між об'єктами використовувалась Евклідова метрика, що є геометричною відстанню в багатовимірному просторі. Для надання більших ваг більш віддаленим один від одного об'єктам, використовувався квадрат Евклідової відстані, який розраховується за формулою:

$$d^2 = \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 \quad (1)$$

де  $d^2$  – відстань між об'єктами  $x$  та  $y$ ;

$x_i$  – значення  $i$ -ї властивості об'єкта  $x$ ;

$y_i$  – значення  $i$ -ї властивості об'єкта  $y$ .

Для вирішення проблеми розмірності, в пакеті SPSS використовується нормування первинних даних методом стандартизованих відхилень.

3. Формування кластерів.

Для формування кластерів використовувався метод найближчого сусіда, за яким відстань між кластерами дорівнює відстані між найближчими об'єктами кластерів та має наступний вигляд:

$$p_{min}(K_i, K_j) = \min_{x \in K_i, y \in K_j} p(x, y) \quad (2)$$

де  $p_{min}(K_i, K_j)$  – мінімальна відстань від  $K_i$ -го до  $K_j$ -го кластеру.

Отже, після проведення кластерізації, регіони розподілилися по трьом кластерам, відстань між якими достатньо значна (у даному аналізі розглядаються всі регіони України крім м. Києва та м. Сімферополя): до першого кластеру потрапили АР Крим, Вінницька, Волинська, Житомирська, Закарпатська, Рівненська, Тернопільська, Херсонська, Хмельницька, Чернівецька області; до другого кластеру увійшли Дніпропетровська, Донецька, Київська, Полтавська, Харківська області та до третього кластеру включені відповідно Запорізька, Івано-Франківська, Кіровоградська, Луганська, Львівська, Миколаївська, Одеська, Сумська, Черкаська та Чернігівська області.

#### 4. Інтерпретація результатів.

Для інтерпретації отриманих результатів, виявлення спільних характеристик та оцінки специфіки функціонування галузі охорони здоров'я кожного кластеру окремо, а також аналізу диспропорцій, була побудована група інтегральних показників, кожна з яких включає суму нормованих значень відповідних за змістом та напрямом основних показників. Це дозволяє дати кількісну оцінку розвитку галузі.

Отже, для оцінки функціонування галузі охорони здоров'я по регіонах, було виділено сім інтегральних показників, табл. 1:

Таблиця 1

Інтегральні показники		
Позначення	Назва інтегральних показників	Основні показники
$Y_1$	Медично-кадровий потенціал	$X_1, X_2, X_3, X_4$
$Y_2$	Фінансовий потенціал	$X_5, X_6, X_7$
$Y_3$	Медичні ресурси	$X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$
$Y_4$	Якість надання медичної допомоги	$X_{12}, X_{13}$
$Y_5$	Стан здоров'я	$X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}$
$Y_6$	Демографічні очікування	$X_{21}, X_{22}$
$Y_7$	Екологічний стан	$X_{23}, X_{24}$

Оскільки показники, що аналізуються, суттєво відрізняються між собою як кількісно, так і якісно, доцільно використовувати не абсолютні їх значення, а нормовані (від 0 до 1), враховуючи напрям оптимізації, тобто, необхідним є уніфікація відібраних даних: при напрямі на максимум (для показників-стимуляторів), максимальному  $i$ -му значенню  $j$ -ї сукупності присвоюється одиниця, найменшому – нуль (3); при напрямі на мінімум (для показників-дестимуляторів) – найменшому  $i$ -му значенню  $j$ -ї сукупності присвоюється одиниця, найбільшому – нуль (4).

Нормування показників за напрямом на максимум (для показників-стимуляторів, зростання яких сприяє збільшенню

показника розвитку галузі охорони здоров'я) розраховується за формулою (3) [14]:

$$S_{ij} = (X_{ij} - \min X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij}), \quad (3)$$

де  $S_{ij}$  – нормований  $i$ -й показник в  $j$ -й сукупності;

$X_{ij}$  – значення  $i$ -го показника в  $j$ -й сукупності;

$X_{ij \min}$  – мінімальне значення  $i$ -го показника в  $j$ -й сукупності;

$X_{ij \max}$  – максимальне значення  $i$ -го показника в  $j$ -й сукупності.

Нормування показників за напрямом на мінімум (для показників-дестимуляторів, зростання яких негативно впливає на розвиток галузі охорони здоров'я) розраховується за формулою (4) [14]:

$$S_{ij} = (\max X_{ij} - X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij}). \quad (4)$$

Показники  $X_1 - X_7$  є показниками-стимуляторами та розраховуються за формулою 3, оскільки дуже важливим є повна забезпеченість медичними кадрами та фінансовими ресурсами. Так як в Україні існує тенденція надлишкової кількості медичних закладів (частина з яких, є малопотужними), ліжок та ФАПів (які перепрофілюються в амбулаторії), тому показники  $X_8, X_9$  та  $X_{11}$  є показниками-дестимуляторами та розраховувались формулою 4, а показник  $X_{10}$  – на максимум (3), так як наразі діє реформування щодо посилення первинної допомоги, тобто збільшення мережі амбулаторно-поліклінічних закладів. Оскільки якість надання медичної допомоги виражається у показниках тривалості лікування, то показники  $X_{12} - X_{13}$  є показниками-дестимуляторами та розраховувались за формулою 4. Загальний стан здоров'я тим вище, чим нижче показники захворюваності, отже показники  $X_{14} - X_{20}$  є показниками-дестимуляторами та розраховувались за формулою 4. Демографічні очікування орієнтуються на максимізацію тривалості життя, тому показники  $X_{21} - X_{22}$  є показниками-стимуляторами та розраховувались за формулою (3).

Екологічний стан оцінюється ступенем шкідливих викидів в атмосферне повітря, а отже показники  $X_{23} - X_{24}$  є показниками-дестимуляторами та розраховуються за формулою (4), тобто, екологічний стан регіону краще при меншому забрудненні.

У таблицях 2-4 наведені значення інтегральних показників по регіонам відповідних кластерів.

Дані інтегральні показники обчислювались як сума нормованих значень відповідних основних показників, що входять до їх складу згідно з табл. 1 та розраховуються за формулою (5).

Таблиця 2

Значення інтегральних показників регіонів першого кластеру

Область	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
А Р Крим	0,96	1,55	2,80	0,69	3,60	0,90	1,92
Вінницька	2,42	1,27	2,83	1,10	5,03	1,28	1,85
Волинська	1,36	0,78	2,11	1,20	4,29	0,82	1,99
Житомирська	1,30	0,63	2,56	2,00	4,11	0,44	1,96
Закарпатська	1,32	0,61	3,57	0,80	4,09	0,47	1,97
Рівненська	1,58	0,57	2,19	0,97	5,00	1,03	1,97
Тернопільська	1,80	0,39	1,97	0,55	6,09	1,93	1,98
Херсонська	0,49	0,49	1,80	0,65	2,15	0,42	1,98
Хмельницька	0,56	0,54	1,97	1,04	3,98	1,21	1,94
Чернівецька	1,70	0,05	2,90	0,53	5,67	1,70	2,00

Таблиця 3

Значення інтегральних показників регіонів другого кластеру

Область	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
Дніпропетровська	1,21	2,99	2,86	0,57	2,26	0,34	0,79
Донецька	1,44	2,23	2,40	0,45	2,94	0,50	0,00
Київська	1,26	1,69	2,64	1,23	3,62	0,38	1,72
Полтавська	1,37	1,41	2,32	1,40	3,71	0,75	1,87
Харківська	2,47	1,47	2,97	1,48	4,44	1,06	1,64

Таблиця 4

Значення інтегральних показників регіонів третього кластеру

Область	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
Запорізька	1,47	1,44	2,33	0,62	2,94	0,92	1,60
Івано-Франківська	1,60	0,58	2,33	1,08	5,12	2,00	1,71
Кіровоградська	0,69	0,44	1,87	0,59	2,07	0,41	1,97
Луганська	0,98	0,95	2,15	0,36	3,45	0,45	1,37
Львівська	2,19	1,03	1,72	0,54	4,99	1,94	1,81
Миколаївська	0,87	1,20	2,73	0,97	2,08	0,34	1,94
Одеська	1,82	1,35	2,43	0,26	2,81	0,44	1,85
Сумська	0,76	0,56	2,34	0,92	3,65	0,83	1,95
Черкаська	0,53	0,54	2,48	1,70	3,67	0,97	1,89
Ченівська	0,68	0,28	0,83	0,20	3,38	0,71	1,94

$$Y_{ij} = \sum_{n=1}^k S_{ij} \quad (5)$$



де  $Y_{ij}$  – значення  $i$ -го інтегрального показника  $j$ -го об'єкту;

$S_{ij}$  – нормований  $i$ -й показник  $j$ -го об'єкту;

$k$  – кількість нормованих показників, що входять до складу відповідного інтегрального показника.

Значення інтегральних показників першого, другого та третього кластерів представлені у таблиці 5 та на рис. 1.

Таблиця 5

Значення інтегральних показників ( $Y_1 - Y_7$ ) першого, другого та третього кластерів

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
Кластер 1	1,35	0,69	2,47	0,95	4,40	1,02	1,96
Кластер 2	1,96	1,96	2,64	1,03	3,39	0,60	1,20
Кластер 3	1,16	0,84	2,12	0,72	3,42	0,90	1,80

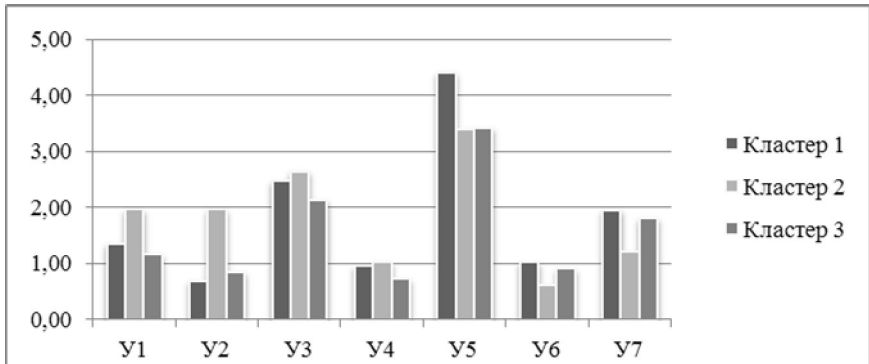


Рис. 1. Значення інтегральних показників ( $Y_1 - Y_7$ ) першого, другого та третього кластерів

Для кожного окремого кластеру, значення інтегральних показників  $Y_1 - Y_7$  розраховувалось як середнє значення інтегральних показників тих областей, що входять до цього кластеру.

Отже, найбільш високий медично-кадровий потенціал ( $Y_1$ ) відповідає другому кластеру, оскільки, рівень забезпеченості лікарями та середнім медперсоналом, а також спеціалістами з вищою кваліфікаційною категорією та частка випускників медичних ВНЗ є в середньому найвищими у регіонах даного кластеру, про що говорить достатньо високі нормовані значення кожного регіону окремо та значення інтегрального показника  $Y_1$ , що дорівнює 1,96. Слід додати, що на Дніпропетровську, Донецьку, Київську, Полтавську та Харківську області припадає майже половина усіх

випущених спеціалістів медичних ВНЗ країни, що каже про достатньо великий кадровий потенціал вище зазначених регіонів.

Регіони першого та третього кластерів мають нижчий кадровий потенціал аніж другий, відповідно  $Y_1$  дорівнює 1,35 та 1,16. Це пояснюється також й тим, що, деякі з областей взагалі не випускають медичних спеціалістів (Волинська, Житомирська, Закарпатська, Рівненська, Херсонська, Хмельницька – області першого кластеру та Кіровоградська, Миколаївська, Сумська, Черкаська, Чернігівська – області третього кластеру). Також, слід зазначити, що деякі регіони першого (Вінницька, Тернопільська, Чернівецька, Рівненська) та третього (Запорізька, Львівська, Одеська) кластерів мають достатньо високі індивідуальні значення показника медично-кадрового потенціалу, що пояснюється достатньо великою кількістю лікарів або середнього медичного персоналу на 100 тисяч населення, або високими показниками частки лікарів з вищою кваліфікаційною категорією.

Значимо, що у кластерах, значення деяких інтегральних показників можуть суттєво відрізнятись від середнього значення по групі, що пояснюється достатньо великою варіативністю вхідних показників, яка пов'язана із різною динамікою та специфікою розвитку регіонів.

Очевидним є більш висока фінансова забезпеченість регіонів другого кластеру ( $Y_2=1,96$ ), що більш ніж вдвічі перевищує дані значення третього кластеру ( $Y_2=0,84$ ) та майже втричі – першого кластеру ( $Y_2=0,69$ ). Відповідним чином ведуть себе і нормовані вхідні показники, що входять до групи  $Y_2$ . У першому кластері, їх середнє значення складає 0,23, третьому – 0,28, а у другому, цей показник дорівнює 0,65. Отже, можемо зробити висновок, що оскільки сума коштів, що виділяються на одного мешканця області, розподіл видатків на централізовані заходи і програми з охорони здоров'я, що приходяться на один заклад, сума валового регіонального продукту, що приходить на один медичний заклад є в середньому вищі по регіонам другого кластеру, він має найбільший фінансовий потенціал.

Навідміну від фінансових ресурсів, значення показника забезпеченості медичними ресурсами у всіх трьох кластерах є майже однаковим (у першому кластері  $Y_3=2,47$ , у другому  $Y_3=2,64$  та у третьому  $Y_3=2,12$ ). Але, слід зазначити, що такі області, як Харківська та Дніпропетровська (другий кластер), Чернівецька область та АР Крим (перший кластер) мають найкращі значення показників за встановленим напрямом (*min* або *max*) оптимальності мережі медичних закладів по Україні.

Як вже було зазначено, важливим індикатором того, наскільки ефективною та раціональною є система надання медичної

допомоги являється показники тривалості лікування у дорослих та дитячих стаціонарах. Отже, виходячи з цього найбільш ефективним є медичне обслуговування населення у Житомирській, Черкаській, Харківській та Полтавській областях.

Не зважаючи на те, що, всі перелічені вище регіони входять до складу різних кластерів, слід зазначити, що, в середньому, найбільш ефективною є медична допомога у регіонах другого кластеру, де показник якості надання медичної допомоги найвищий і дорівнює  $Y_4=1,03$ . Регіони першого кластеру, мають значення даного показника  $Y_4=0,95$ , що є середнім поміж трьох кластерів. Найменш ефективним медичне обслуговування населення є у Луганській, Одеській та Чернівецькій областях, які входять до третього кластеру, окрім цього, третій кластер має найвищі показники тривалості лікування, а отже, найнижчий показник якості надання медичної допомоги, що дорівнює  $Y_4=0,72$ .

Оцінюючи показники загального стану здоров'я населення, можна виділити регіони першого кластеру, що мають найнижчі показники захворюваності ( $Y_5=4,72$ ). Серед регіонів даного кластеру найвищі індивідуальні значення показника стану здоров'я населення мають Тернопільська,  $Y_5=6,09$  та Чернівецька,  $Y_5=5,67$  області. Значення показника стану здоров'я населення третього кластеру на 22,4% нижче першого та відповідно складає 3,42. Найгірші значення показника стану здоров'я є у регіонах другого кластеру, що на 22,9% нижче значення даного показника у першому кластері та дорівнює 3,39.

Показником ефективного функціонування галузі охорони здоров'я є очікувана тривалість життя населення при народженні та після 65 років. Тут існують певні розбіжності між значеннями показників, що впливають на якість та ефективне функціонування галузі охорони здоров'я (показники медично-кадрового та фінансового потенціалу, медичних ресурсів, показник якості надання медичної допомоги) та значеннями показників, що є результатами її діяльності, тобто стан здоров'я та демографічні очікування.

Регіони другого кластеру мають в середньому найвищі значення показників медично-кадрового та фінансового потенціалу, медичних ресурсів, показник якості надання медичної допомоги, але найнижчі значення показників стану здоров'я та демографічних очікувань. Це пояснюється достатньо великим впливом екологічного забруднення регіонів на здоров'є населення. Враховуючи те, що екологічний стан Дніпропетровської та Донецької областей є найгіршим (0,79 та 0,00 відповідно), загальний стан здоров'я та демографічні очікування є відповідно одними з найнижчих у країні. Для порівняння, Тернопільська та Чернівецька області, мають одні з

самих низьких показників шкідливих викидів у повітря та, як наслідок, достатньо високі значення показників стану здоров'я та демографічних очікувань. Отже, враховуючи великий вплив екологічного забруднення регіонів на здоров'я населення, загальний стан здоров'я та демографічні очікування другого кластеру є відповідно одними з найнижчих.

Аналізуючи значення інтегральних показників оцінки стану галузі охорони здоров'я по кластерам, можна зазначити, що жоден з них не відповідає високому або достатньо високому рівню розвитку галузі.

Отже, необхідно розробити комплекс заходів для підвищення ефективного функціонування галузі охорони здоров'я, акцентуючи увагу на рівні розвитку кожного інтегрального показника відповідного кластеру. Для оцінки інтегральних показників рівня розвитку галузі охорони здоров'я, використовувалась наступна градація, табл. 6:

Таблиця 6

Шкала рівня інтегральних показників розвитку галузі охорони здоров'я

Значення інтегрального показника від максимально можливого, %	Рівень інтегрального показника
до 20%	критичний
21-45%	низький
46-58%	прийнятний
59-70%	достатній
71-90%	високий
91-100%	еталонний

Значення інтегральних показників рівня розвитку галузі охорони здоров'я по кластерах розподілились наступним чином, табл. 7:

Таблиця 7

Оцінка інтегральних показників рівня розвитку галузі охорони здоров'я, %

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
Кластер 1	34%	23%	62%	48%	63%	51%	98%
Кластер 2	49%	65%	66%	51%	48%	30%	60%
Кластер 3	31%	29%	54%	37%	51%	48%	89%

Відповідно до цієї таблиці, проаналізуємо рівень розвитку інтегральних показників по кожному кластеру та визначимо

комплекс заходів та рекомендацій, застосування яких сприятиме більш ефективному функціонуванню галузі охорони здоров'я.

Перший кластер (перший тип регіонів)

Відмінності:

1. Низький рівень медично-кадрового потенціалу.
2. Низький рівень фінансового потенціалу.
3. Достатній рівень медичних ресурсів.
4. Прийнятний рівень якості надання медичної допомоги.
5. Достатній рівень стану здоров'я.
6. Прийнятний рівень показників демографічних очікувань.
7. Еталонний рівень екологічного стану.

Заходи та практичні рекомендації:

1. Збільшення кількості випускників медичних закладів.
2. Підвищення кваліфікаційної категорії лікарів.
3. Покращення умов праці медичного персоналу.
4. Удосконалення фінансових механізмів, залучення додаткових коштів фінансування галузі.
5. Запровадження медичного страхування.
6. Збільшення видатків на централізовані заходи.
7. Підвищення оплати праці медичних працівників, впровадження бонусної системи.
8. Проведення оптимізації мережі медичних закладів.
9. Покращення наявних показників діяльності закладів охорони здоров'я.
10. Збереження стабільного рівня стану здоров'я.
11. Соціальний захист низьких верств населення.
12. Підвищення рівня доступності медичної допомоги та медичних послуг.
13. Проведення профілактичних медичних заходів.
14. Моніторинг здоров'я населення.
15. Покращення демографічних показників.
16. Підтримка позитивної динаміки екологічної ситуації.
17. Проведення реструктуризації галузі, створення чіткого розмежування надання медичної допомоги на три рівні (первинного, другого та третього).
18. Розробка методологічних рекомендацій щодо здійснення державної політики у галузі охорони здоров'я.
19. Удосконалення існуючої нормативно-правової бази, проведення ряду медичних реформ.

Другий кластер (другий тип регіонів)

Відмінності:

1. Прийнятний рівень медично-кадрового потенціалу.
2. Достатній рівень фінансового потенціалу.
3. Достатній рівень медичних ресурсів.

4. Прийнятний рівень якості надання медичної допомоги.
5. Прийнятний рівень стану здоров'я.
6. Низькі показники демографічних очікувань.
7. Достатній рівень екологічного стану.

Заходи та практичні рекомендації:

1. Збереження кількості випускників медичних закладів.
2. Збереження та збільшення кваліфікаційної категорії лікарів.
3. Покращення умов праці медичного персоналу.
4. Продовження використання фінансових механізмів для покращення ефективного функціонування галузі.
5. Збереження позитивної динаміки залучення додаткових коштів фінансування галузі.
6. Запровадження медичного страхування.
7. Збереження позитивної динаміки збільшення видатків на централізовані заходи.
8. Підвищення оплати праці медичних працівників, впровадження бонусної системи.
9. Продовження проведення оптимізації мережі медичних закладів. Посилення фінансування реформування, що проводиться у пілотних регіонах.
10. Покращення наявних показників діяльності закладів охорони здоров'я.
11. Підвищення медичних стандартів.
12. Соціальний захист низьких верств населення.
13. Підвищення рівня доступності медичної допомоги та медичних послуг.
14. Проведення профілактичних медичних заходів.
15. Моніторинг здоров'я населення.
16. Проведення підсиленої політики покращення демографічних показників.
17. Покращення екологічної ситуації.
18. Розробка методологічних рекомендацій щодо здійснення державної політики у галузі охорони здоров'я.
19. Удосконалення існуючої нормативно-правової бази, проведення ряду медичних реформ.

Третій кластер (третій тип регіонів)

Відмінності:

1. Низький рівень медично-кадрового потенціалу.
2. Низький рівень фінансового потенціалу.
3. Прийнятний рівень медичних ресурсів.
4. Низький рівень якості надання медичної допомоги.
5. Прийнятний рівень стану здоров'я.

6. Прийнятний рівень показників демографічних очікувань.
  7. Високий рівень екологічного стану.
- Заходи та практичні рекомендації:
1. Збільшення кількості випускників медичних закладів.
  2. Підвищення кваліфікаційної категорії лікарів.
  3. Покращення умов праці медичного персоналу.
  4. Удосконалення фінансових механізмів, залучення додаткових коштів фінансування галузі.
  5. Запровадження медичного страхування.
  6. Збільшення видатків на централізовані заходи.
  7. Підвищення оплати праці медичних працівників, впровадження бонусної системи.
  8. Проведення оптимізації мережі медичних закладів.
  9. Застосування ряду заходів для покращення наявних показників діяльності закладів охорони здоров'я.
  10. Підвищення матеріально-технічного забезпечення, сприяння виробництву медичного обладнання та апаратури, ліків.
  11. Сприяння розвитку наукових досліджень та підтримка реалізації результатів у діяльність галузі.
  12. Збереження стабільного рівня стану здоров'я.
  13. Соціальний захист низьких верств населення.
  14. Підвищення рівня доступності медичної допомоги та медичних послуг.
  15. Проведення профілактичних медичних заходів.
  16. Моніторинг здоров'я населення.
  17. Покращення демографічних показників.
  18. Підтримка позитивної динаміки екологічної ситуації.
  19. Проведення реструктуризації галузі, створення чіткого розмежування надання медичної допомоги на три рівні (первинного, другого та третього).
  20. Розробка методологічних рекомендацій щодо здійснення державної політики у галузі охорони здоров'я.
  21. Удосконалення існуючої нормативно-правової бази, проведення ряду медичних реформ.

В процесі вивчення та структуризації специфічних проблем виділених груп, запропонований комплекс заходів та практичних рекомендацій щодо реалізації стратегічних цілей може уточнюватися та адаптуватися до умов конкретної території.

Таким чином, проведення комплексного аналізу рівня розвитку галузі охорони здоров'я у регіонах, з відповідною оцінкою її стану, дає змогу застосувати раціональний підхід щодо удосконалення функціонування системи в цілому.

Реалізація на практиці запропонованих заходів та рекомендацій, що враховують територіальні особливості та

диспропорції розвитку галузі, забезпечить формування раціональної організації структур системи охорони здоров'я. Запропонована модель покращення функціонування системи охорони здоров'я у регіонах сприятиме створенню рівних умов доступу населення до медичної допомоги належної якості, підвищенню медичних стандартів, збалансуванню розвитку галузі на всій території України, покращенню стану здоров'я населення та соціально-демографічних показників.

#### Список джерел

1. Жаліло Л. І., Солоненко І. М., Кунгурцев О. В., Мартинюк О. І., Солоненко Н. Д. Ефективність регіональної стратегії в державній політиці збереження здоров'я населення України // *Главный врач*. – 2003. – № 11. – С. 79–82.

2. Сердюк А. И. Пути реформирования здравоохранения на региональном уровне // *Международный медицинский журнал*. – 2004. – №4. – С. 119–121.

3. Трілленберг Г. І. Організаційно-економічний механізм формування і використання ресурсного потенціалу системи охорони здоров'я регіону. Автореферат на здобуття наукового ступеню кандидата економічних наук. – Львів, 2004. – 23 с.

4. Куценко В. І., Трілленберг Г. І. Сфера охорони здоров'я: соціально-економічні та регіональні аспекти. – К., 2005. – 366 с.

5. Ивашкевич М. З., Манулик А. В. Идеология управления здравоохранением региона и факторы ее формирования // *Здравоохранение*. – 2002. - № 2. – С. 14–17.

6. Иванов С.О. Региональные особенности организационно-экономического механизма здравоохранения // *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2011. №3. С. 45 - 49.

7. Ковжарова Е.В. Економічна оцінка медико-демографічної ситуації в Україні // *Стратегія економічного розвитку України: Наук.зб. Вип.2(9) / Гол.ред. О.П. Степанов. К.:КНЕУ, 2002. С.163-167.*

8. Пахомова Т. І. Проблеми стратегічного планування регіонального розвитку в контексті охорони здоров'я // *Главный врач*. – 2003. – № 9. – С. 61–63.

9. Арзянцева Д.А. Теоретичні основи розробки стратегії розвитку регіональної системи охорони здоров'я // *Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету. Економічні науки. Серія: Регіональна економіка*. - 2008. -№ 5 (17). - Ч.1. - С. 52-60.

10. Куценко, В. І. Сфера охорони здоров'я: соціально-економічні та регіональні аспекти [Текст] / В. І. Куценко, Г. І. Трілленберг. – Монографія. – К. : НАНУ, 2005. – 366с.

11. Українська База Медико-Статистичної Інформації «Здоров'я для всіх» [Електронний ресурс]: за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я / Центр медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України. – Режим доступу: <http://medstat.gov.ua/ukr/normdoc/vooz.html>



12. Викиди окремих забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря у 2011 році [Електронний ресурс]: за даними Державної служби статистики України 2011 р. / статистична інформація / навколишнє середовище / Викиди окремих забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

13. Державна служба статистики України: Заклади охорони здоров'я та захворюваність населення України у 2011 році / Статистичний бюлетень. – м. Київ – 2012. – Вих. № 05/4-8/95 від 05.06.2012

14. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решения в условиях неопределенности [Текст] / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова; – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – с. 138.

#### **4.6. Ефективність моделювання бізнес-процесів підприємств інформаційного бізнесу**

Сучасні українські підприємства інформаційного бізнесу постійно шукають шляхів підвищення ефективності діяльності та досягнення стратегічних цілей, що вимагає підвищення якості кінцевих результатів діяльності, впровадження нових, більш ефективних методів управління та організації діяльності, а також використання провідних інформаційних технологій. З цією метою господарюючим суб'єктам необхідно реорганізувати систему управління на основі процесного підходу, приділяючи особливу увагу моделюванню бізнес-процесів.

Аналіз наукових та практичних джерел, що присвячені дослідженню моделювання бізнес-процесів, показав, що в основному автори приділяють увагу таким аспектам, як виділення й ідентифікація бізнес-процесів, переваги і недоліки використання моделей, організація процесу моделювання на підприємстві. Також, значного відображення в працях авторів знайшли питання вивчення керівних принципів обґрунтованого вибору методів та інструментів моделювання бізнес-процесів.

Проблемам ефективності та успішності моделювання бізнес-процесів підприємств присвятили дослідження закордонні вчені та науковці W. Bandara (Sedera), G. Gable, M. Rosemann, R. Smyth [5-7]; J. Iden, A.L. Opdahl, T.R. Eikebrokk, D.H. Olsen [1;2].

Окремі аспекти дослідження проблем та якості моделювання знайшли свого відображення в працях В.В. Ільїна [9]; В.В. Репіна, В.Г. Еліферова [12]; Є.І. Всяких та співавторів [10].

Незважаючи на значну теоретичну розробленість даної тематики, слід відмітити, що існує брак емпіричних досліджень практики процесу моделювання та недостатність вивчення факторів, які впливають на ефективність процесу моделювання.

В силу зазначених обставин існує певна необхідність комплексного вивчення й уточнення теоретичних аспектів ефективності моделювання бізнес-процесів із врахуванням специфіки господарювання сучасних українських підприємств інформаційного бізнесу.

У практичній діяльності моделювання бізнес-процесів розглядається як їх графічне подання у вигляді діаграм, які утворюють моделі бізнес-процесів. Метою моделювання є систематизація знань про підприємство та його бізнес-процеси в наочній графічній формі, більш зручній для аналітичної обробки отриманої інформації. Моделювання забезпечує опис бізнес-процесів, їх вивчення й аналіз з метою оптимізації, раціоналізації способів їх побудови, прогнозування та є складовим елементом життєвого циклу процесного управління підприємством.

Підприємства, які мають на меті підвищити рівень зрілості управління та знайти шляхи зростання ефективності діяльності, моделюють бізнес-процеси. Опис бізнес-процесів забезпечує прозорість усіх операцій підприємства, дозволяє аналізувати можливі наслідки дефектів на тому чи іншому етапі виконання робіт, вчасно знайти і виправити помилку.

Моделювання бізнес-процесів сприяє не тільки визначенню того, як підприємство працює в цілому, як взаємодіє із зовнішнім середовищем, але і як організована діяльність на кожному робочому місці. Це дозволяє керівникам визначати й управляти наскрізними процесами і результатами діяльності підприємства, а також інтегрувати розрізнені дії функціональних підрозділів і направляти їх зусилля на єдиний результат.

Важливим моментом опису бізнес-процесів підприємств інформаційного бізнесу є отримання якісної моделі та досягнення ефективності процесу моделювання. Ефективність слід розглядати як здатність моделі бізнес-процесів забезпечувати зазначену результативність з мінімальним використанням ресурсів. Також ефективність характеризується такими параметрами, як досягнення мети, адаптивність і розвиток та відображає успішність моделювання, акцентуючи увагу не лише на кількісних, а й на якісних характеристиках моделювання бізнес-процесів. Зазначимо, що згідно з рекомендаціями ISO щодо процесного підходу до управління, ефективність визначається шляхом аналізу внутрішніх і зовнішніх факторів та оцінюватися за шкалою розвитку [11, с. 35].

Обґрунтований вибір методології, методів, нотацій та інструментів моделювання бізнес-процесів відповідно до визначених цілей проекту – не єдина необхідна умова отримання якісної моделі бізнес-процесів. Необхідно також оцінювати ефективність та якість самого процесу моделювання. Оскільки моделювання бізнес-процесів розглядається як ІТ-проект, то ефективність моделювання слід оцінювати за ступенем відповідності загальноприйнятим стандартам управління проектами.

Відповідно до думки аналітиків компанії Gartner [8], виділяють сім ключових факторів, які повинні бути враховані підприємством при виборі проекту з управління бізнес-процесами, а саме: (1) обмежене коло завдань; (2) висока віддача; (3) чітка відповідність цілям і стратегії підприємства; (4) узгоджені одиниці виміру, відомі та зрозумілі всім зацікавленим сторонам для порівняння досягнутих показників проекту з їх попередніми значеннями; (5) узгодження мети учасниками проекту; (6) наявність зацікавлених осіб, які отримують максимум від нового, підвищеного рівня ефективності; (7) участь користувачів (залучення персоналу, робота якого пов'язана з запроваджуваним процесом). Дотримання цих рекомендацій гарантує високу ймовірність успіху проекту моделювання та підвищення інтересу до програми впровадження управління бізнес-процесами на підприємствах.

Особливої уваги заслуговує модель успішності процесу моделювання [5], яка складається з двох основних частин: критичні фактори успіху та виміри успішності (рис. 1).

В свою чергу, критичні фактори успіху поділяються на специфічні проектні та модельні фактори. Детальний опис складових елементів моделі наведено в табл. 1.

Зазначимо, що модель, зображена на рис. 1, може бути деталізована шляхом розроблення комплексу субфакторів із врахуванням специфіки реалізації проекту на підприємствах інформаційного бізнесу.

Визначені фактори успіху можуть бути застосовані в практиці планування та реалізації проектів моделювання [5, с. 496].

Основним недоліком моделі успіху процесу моделювання є відсутність відображення причинно-наслідкових зв'язків між факторами, що формують ефективність моделі бізнес-процесів.

Дослідження показало, що проектні фактори (зокрема, підтримка управління, участь зацікавлених сторін) мають більший вплив на забезпечення високого рівня ефективності моделювання ніж модельні фактори [3].

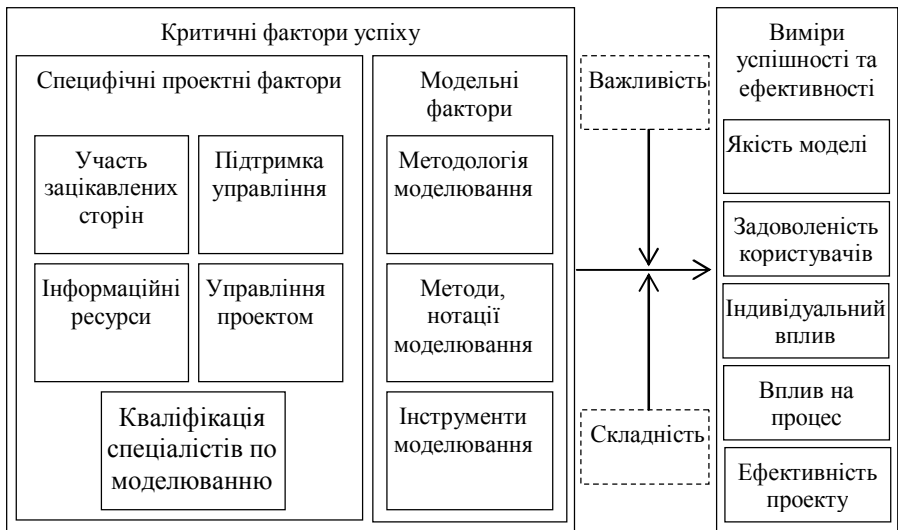


Рис. 1. Модель успішності процесу моделювання

Таблиця 1  
Характеристика елементів моделі успішності моделювання бізнес-процесів\*

Елемент	Опис
1	2
Участь зацікавлених сторін	Участь зацікавлених сторін (користувачів, розробників моделі бізнес-процесів) на всіх етапах проєкту моделювання (розроблення, впровадження та супровід).
Підтримка управління	Активна участь вищого керівництва підприємства в процесі моделювання та їх готовність залучати необхідні ресурси (трудові, фінансові, інформаційні тощо).
Інформаційні ресурси	Достатність інформаційних ресурсів для обґрунтування та реалізації проєкту моделювання.
Управління проєктом	Управління діяльністю і ресурсами на всіх етапах проєкту моделювання, в т.ч. визначення масштабу, цілей, комплексу робіт проєкту, з метою отримання певних результатів.
Кваліфікація спеціалістів по моделюванню	Досвід та компетентність персоналу, що моделює бізнес-процеси з точки зору концептуального моделювання в цілому і моделювання окремих операцій зокрема.

Продовж. табл. 1

1	2
Методологія моделювання	Сукупність способів, за допомогою яких об'єкти реального світу й зв'язки між ними відображаються у вигляді моделі; детальний набір інструкцій який описує процес моделювання.
Методи, нотації моделювання	Мова опису та спеціально розроблений синтаксис, який використовує ряд графічних символів, що відображають бізнес-процеси та зв'язки між ними.
Інструменти моделювання	Програмні додатки, що підтримують та спрощують створення, впровадження, зберігання та впровадження моделей бізнес-процесів.
Важливість	Критичність проекту моделювання процесів на підприємстві.
Складність	Характеристики бізнес-процесів (кількість входів, виходів, варіанти реалізації, учасники – зацікавлені сторони тощо), що відображають їх складність.
Якість моделі	Ступінь в якій всі істотні характеристики моделі процесу присутні.
Задоволеність користувачів	Ясність і зрозумілість замовнику (модель повинна забезпечувати зрозумілість не тільки власникам системи, але і її виконавцям).
Індивідуальний вплив	Ступінь впливу моделювання процесу на зацікавлені сторони (наприклад, на участь кінцевих користувачів).
Вплив на процес	Вплив загального ефекту від моделювання процесів на процеси, що моделюються (наприклад, поліпшення, досягнуті).
Ефективність проекту	Співвідношення отриманих результатів проекту та інвестованих в нього коштів.

*\*Джерело: Розроблено автором на основі [3-7]*

Також модель позбавлена інформативності щодо ступеню впливу окремих факторів на загальну ефективність моделювання бізнес-процесів. Визначити ступінь впливу факторів та субфакторів на ефективність моделювання можна використовуючи коефіцієнт кореляції, який показує тісноту зв'язку між змінними. Пряме порівняння коефіцієнтів регресії в рівнянні множинної регресії дає уявлення про ступінь впливу факторних ознак на результативний показник. Для зменшення ступеня залежності між субфакторами пропонується проведення їх поетапного виключення з моделі.

Багатофакторна лінійна регресійна модель описується рівнянням виду:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + \varepsilon, \quad (1)$$

де  $Y$  – ефективність моделі бізнес-процесів;  $x_i, \quad i = \overline{1, n}$  – субфактори, які впливають на результативний показник  $Y$ ;  $a_j, j = \overline{0, m}$  – коефіцієнти регресії;  $\varepsilon$  – випадкові відхилення.

Моделювання пропонується проводити шляхом анкетування на основі методу експертного оцінювання із врахуванням досвіду реалізованих проектів моделювання підприємств інформаційного бізнесу. Для оцінки випадкових помилок або відхилень в результатах аналізу слід використовувати спеціальні методи оцінювання похибки розрахунків.

Побудована модель множинної регресії (1) дозволяє оцінити ступінь впливу різних субфакторів на кінцеву оцінку ефективності моделювання бізнес-процесів підприємств інформаційного бізнесу.

Визначення загальної ефективності процесу моделювання передбачає покрокове оцінювання його окремих складових успіху. Особливу увагу слід приділяти дослідженню якості моделі бізнес-процесів. Більшість консалтингових організацій орієнтуються на відповідність побудованих моделей документам, що регламентують вимоги до них (наприклад, «Угода про моделювання», «Регламент опису бізнес-процесів») [3]. Слід зазначити, що всі відомі методики моделювання бізнес-процесів не акцентують уваги на їх якості, в деяких випадках передбачається лише ідентифікація загальних властивостей успішного процесу, таких як порядок виконання операцій, наявність декількох сценаріїв тощо, без застосування формальних критеріїв і метрик.

Оцінювати модель бізнес-процесів необхідно системно, розглядаючи не тільки адекватність предметної області, а й інші властивості, наприклад, несуперечність, повнота, зрозумілість тощо.

Вважаємо, що до основних критеріїв якості моделювання слід віднести такі:

- відповідність обраній методології та угоді в цілому (модель повинна відповідати архітектурі, наведеній в методиці);
- відповідність нотаціям інструментального середовища (синтаксична та семантична коректність моделі);
- несуперечливість окремих елементів моделі (модель повинна бути узгоджена з іншими об'єктами: документами, подіями, працівниками, системами тощо);
- повнота або варіативність (модель повинна охоплювати як основні, так і допоміжні бізнес-процеси);

– достатність для формування вимог до системи (модель повинна мати у своєму складі всі необхідні об'єкти для функціонування інформаційної системи, що функціонує, розроблюється або впроваджується).

Запропонована методика оцінювання якості моделей бізнес-процесів моделей бізнес-процесів дозволяє: (1) оцінити якість моделей бізнес-процесів шляхом оцінки ступеня відповідності зазначеним критеріям; (2) будувати можливі варіанти виконання бізнес-процесів з урахуванням можливостей для їх поліпшення; (3) при моделюванні бізнес-процесів виключити з розгляду варіанти із недостатньою якістю.

Досягнення ефективності моделювання бізнес-процесів забезпечується, перш за все, шляхом уникнення та подолання проблемних моментів, які виникають в практиці реалізації проекту. Аналіз наукової та спеціальної літератури [10;12] дозволив виділити основні проблеми та поставити їх у відповідність до факторів.

Участь зацікавлених сторін характеризується такими проблемами: (1) непорозуміння між аналітиками та фахівцями відповідної бізнес-області; (2) відсутність або неправильність розподілу відповідальності у межах проекту.

Підтримка управління характеризується такими проблемами: (1) відсутність лідерства керівників та менеджерів, яке регламентоване принципами управління якістю відповідно до ISO 9000:2005; (2) відсутність команди управлінців верхнього рівня, зацікавленості та участі менеджерів; (3) спроби вирішення проблем управління силами робочої групи без участі керівництва і менеджерів підприємства.

Інформаційні ресурси характеризуються такими проблемами: (1) забезпечення повноти, якості та коректної інтерпретації вихідних даних, необхідних для побудови відповідної складової моделі; (2) повна відсутність будь-яких нормативних документів, які могли б використовуватися хоча б у рамках попереднього ознайомлення бізнес-аналітика зі станом досліджуваного питання.

Управління проектом характеризується такими проблемами: (1) некоректна постановка цілей проекту, нерозуміння сутності та реальних можливостей процесного підходу; (2) недостатнє висвітлення цілей та результатів проекту на підприємстві; (3) неправильний розподіл часових і трудових ресурсів по етапам створення моделі.

Кваліфікація спеціалістів по моделюванню характеризується такими проблемами: (1) неправильне відображення логіки бізнес-процесу; (2) неповний опис бізнес-процесів; (3) недостатній рівень деталізації бізнес-процесів; (4) помилки через незнання основ теорії

ефективності; (5) помилки через незнання вимог діючих корпоративних, державних і міжнародних стандартів з формалізації бізнес-процесів підприємства, в тому числі стандартів системи менеджменту якості (ISO 9000).

Методологія моделювання характеризується проблемою відсутності внутрішніх стандартів на опис та регламентацію бізнес-процесів.

Методи, нотації моделювання характеризується такими проблемами: (1) неадекватність вибору методу моделювання; (2) невідповідність обраній нотації.

Інструменти моделювання характеризується проблемою неефективного застосування інструментів моделювання бізнес-процесів.

З метою забезпечення ефективності моделювання бізнес-процесів підприємств інформаційного бізнесу особливу увагу слід звертати на фактори, що впливають на нього. Крім класичних модельних факторів, таких як, методологія, методи та нотації, інструментальні засоби моделювання, значну роль відіграють фактори, що впливають на ефективність проекту.

Необхідність дослідження окремих факторів і субфакторів, зумовлена різним ступенем впливу на загальну успішність моделювання. Побудова множинних регресійних моделей дозволить проаналізувати внесок окремих факторів. Моделювання впливу субфакторів повинно здійснюватися на основі експертного оцінювання характеристик вже реалізованих проектів моделювання. Виявлення найбільш вагомих факторів дозволить підприємствам акцентувати увагу та вирішувати саме ті проблеми, які можуть виникнути з їх сторони та контролювати ефективність моделювання бізнес-процесів.

#### Список джерел

1. Eikebrokk T.R., Iden J., Olsen D.H., Opdahl A.L. Understanding the determinants of business process modelling in organisations [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.academia.edu/993968/Understanding\\_the\\_determinants\\_to\\_business\\_process\\_modelling\\_in\\_organizations](http://www.academia.edu/993968/Understanding_the_determinants_to_business_process_modelling_in_organizations)

2. Eikebrokk T.R., Iden J., Olsen D.H., Opdahl A.L. Validating the Process-Modelling Practice Model [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.academia.edu/348854/Validating\\_the\\_process-modelling\\_practice\\_model](http://www.academia.edu/348854/Validating_the_process-modelling_practice_model)

3. Iden J., Opdahl A.L., Eikebrokk T.R., Olsen D.H. What Makes Process Modelling Effective – Modelling or Project Factors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings116/gi-proc-116-010.pdf>



4. Naif Hassan Alzubidi, Jan Recker, Eike Bernhard, A Study of the Use of Business Process Modelling at Suncorp. Business Process. – Australia, Brisbane: Management Research Group, Queensland University of Technology, 2011. – 20 p.
5. Sedera W., Gable G., Rosemann M., Smyth R. A success model for Business process modeling: Findings from A multiple case study [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://is2.lse.ac.uk/asp/aspecis/20030137.pdf>
6. Sedera W., Rosemann M., Gable G. Measuring process modelling success [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://is2.lse.ac.uk/asp/aspecis/20020150.pdf>
7. Wasana Bandara. Process Modelling Success Factors and Measures. PhD Thesis, 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://eprints.qut.edu.au/16397/1/Wasanda\\_Bandara\\_Thesis.pdf](http://eprints.qut.edu.au/16397/1/Wasanda_Bandara_Thesis.pdf)
8. Зельцер А. Новый BPM // IT-world.– 2010. – № 07 (147). – С. 12-15
9. Ильин В.В. Моделирование бизнес-процессов. Практический опыт разработчика. – М.: Издательство «Вильямс», Серия: Практика реального бизнеса, 2006. – 176 с. – ISBN 5-8459-1063-3
10. Практика и проблематика моделирования бизнес-процессов. – М.: ДМК Пресс; М.:Компания АйТи, 2008.–246 с. – ISBN: 5-94074-393-5
11. Процессный подход в управлении качеством: учебное пособие / Л.Е. Скрипко. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 105 с. – ББК 65.290-80
12. Репин В., Елиферов В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М: Издательство «Манн, Иванов и Фербер», 2013. – 544 с. – ISBN: 978-5-91657-554-5

#### **4.7. Моделирование воздействия количественных факторов на систему формирования персонала предприятий информационного бизнеса**

Внедрение информационных технологий существенно влияет на всю экономику, придает ей черты экономики, нацеленной на повышение эффективности производства, распределения и потребления товаров и услуг.

Информатизация нашей страны приведет к удовлетворению информационных потребностей общества во всех сферах деятельности, улучшению условий жизни населения, повышению эффективности общественного производства, содействию стабилизации социально-политических отношений в государстве на основе внедрения средств вычислительной техники и телекоммуникаций.

Информационный бизнес является самостоятельной сферой потому, что он имеет свои специфические продукты, уникальные

средства производства этих продуктов и четко обозначенного потребителя.

Итак, информационный бизнес (ИБ) – это коммерческая деятельность в сфере информационного обслуживания с целью получения дохода; это бизнес, осуществляемый в информационной сфере экономики; сфера индустриальной деятельности по сбору, обработке, хранению, передаче информации и осуществлении управленческих процессов, то есть в сфере информационно-управленческой деятельности на правах информационных технологий [1].

В Украине становление информационного бизнеса началось намного позже, чем в развитых странах, - в 90-х годах XX в., когда Украина стала самостоятельным государством и начала перестройку своей экономики в соответствии с принципами рыночной системы хозяйствования. Поначалу информационный бизнес воспринимался как предпринимательская деятельность, связанная только с продажей технического и программного обеспечения, поскольку он развивался только в сфере сбыта. Это можно объяснить следующим:

- огромной потребностью в современной вычислительной технике;
- отсутствием мобильного программного обеспечения, ориентированного на конечного потребителя;
- возможностью быстрого оборота средств в сфере посреднических услуг;
- пассивной ролью государства в процессе формирования информационного рынка.

На развитие предпринимательской деятельности в сфере информационных и коммуникационных технологий - информационного бизнеса в Украине объективно влияют следующие факторы:

- практически полное отсутствие теоретических исследований и практических разработок по вопросам формирования информационного рынка;
- общее отставание от мирового уровня в развитии технической базы средств вычислительной техники и передачи информации, а также создание программных продуктов;
- недостаточное развитие элементов рыночной информационной инфраструктуры;
- недостаточное развитие методического, организационного и функционального обеспечения процессов усовершенствования компонентов информационных и коммуникационных технологий;
- фрагментарное решение проблем информационного бизнеса за пределами единой организационной и социально-экономической модели развития.

В последние годы уровень развития информационного бизнеса имеет огромное влияние на экономику и политику. Потому, что информационный бизнес представляет собой наибольший многоотраслевой комплекс со своей инфраструктурой.

Персонал является одним из основных ресурсов любого предприятия, обуславливающий его рыночную устойчивость, эффективность функционирования и перспективы стратегического развития. Поэтому применение на практике передовых достижений и разработок в области управления персоналом играет определяющую роль в жизни и развитии предприятия в целом.

Формирование персонала предприятия является основным направлением деятельности в процессе управления персоналом, так как привлечение на предприятие новых сотрудников в нужном качестве и количестве предполагает в будущем повышение эффективности труда, определяет конкурентный потенциал и конкурентные преимущества предприятия в рыночных условиях хозяйствования. Постоянные изменения внешних факторов приводят к необходимости применения предприятием новых методов, способов и инструментов формирования персонала. Соответственно, проблема совершенствования процесса управления персоналом является *актуальной*.

Вопросом изучения управления и формирования персонала занимается большое количество ученых-экономистов, психологов-бихевиористов, множество специалистов из смежных отраслей науки, а также руководители, HR-менеджеры, сотрудники рекрутинговых агентств и др. Большой вклад в изучение проблем управления и, в частности, формирования персонала внесли ученые: А.П. Егоршин, В.В. Музыченко, Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина, В.Р. Веснин [2, с. 149], А.Г. Поршневу, З.П. Румянцеву, Н.А. Саломатин, А.Я. Кибанов [3, с. 150], Л.Э. Довгань [4, с. 217] Е.Ф. Коханов, Е.В. Маслов, М.Д. Виноградский, А.М. Виноградская, О.М. Шкапова [5, с. 97], М.И. Мурашко [6, с. 211], К.П. Трошина [7, с. 54], Ф.И. Хмель [8, с. 66], Н.В. Костромина [9, с.130, А.Д. Новикова [10, с.45], Р.Б. Дуров, Б.М. Генкин. Вопросом занимались такие иностранные ученые: А. Хоскинг, Д. Трейси, И.Т. Робертсон, Г. Тинлайн, П.А. Купер [11, с. 233] и многие другие.

Следует обозначить, что в последние годы предприятия столкнулись с трудностями в сфере политики персонала (в том числе и набором и отбором новых работников). Виной тому частые изменения в организационной структуре, смена собственников, изменения стратегии развития, внедрение новых управленческих концепций. Остро стоит проблема ранней текучести кадров. Ведь при окончательном найме работника на предприятие не исключено отторжение новыми сотрудниками новых норм, правил, условий

труда, коллектива, что нередко заканчивается увольнением по собственному желанию. После таких инцидентов предприятие несет ощутимые экономические потери. При этом страдает и имидж предприятия на рынке труда, как не заботящегося о своем персонале.

Присутствует ряд проблем в сфере управления персоналом, обусловленных спецификой самих организаций. Предприятиям большого мегаполиса приходится бороться за внимание потенциальных кандидатов. Присутствует острая нехватка узко квалифицированных кадров.

Таким образом, набор, отбор и наем новых работников на предприятия затруднен из-за отсутствия у них по разным причинам соответствующих процедур, методического и документального обеспечения. Кроме того, одной из серьезнейших проблем является недостаток квалифицированных специалистов, способных организовать работу по набору и отбору персонала.

Исходя из всего вышеуказанного, необходимо комплексно подходить к процессу управления формированием персонала на предприятии.

Предполагаемыми путями решения проблем в области формирования персонала являются:

- проведение реструктуризации отделов по персоналу с перераспределением должностных обязанностей;
- пересмотр системы коммуникаций отделов по персоналу с подразделениями предприятия;
- разработка мероприятий по уменьшению затрат на формирование персонала на предприятии;
- определение мотивационных рычагов, способных стимулировать сотрудников отделов по персоналу к более эффективному и результативному участию в процессе формирования персонала на предприятии;
- создание инструмента для стратегического и операционного расчетов необходимых затрат на формирование персонала на предприятии.

Для эффективного управления процессом формирования персонала необходимо исследовать зависимости изменения количества нанятого на предприятие персонала от таких независимых переменных как предлагаемая заработная плата кандидату и затраты на формирование персонала. Эконометрические модели выступают инструментом для данного исследования. Под эконометрической моделью понимаем уравнения регрессии, которое устанавливает количественное соотношение между количеством нанятого персонала на предприятие и уровнем заработных плат и затрат на формирование персонала предприятия (на рекламу,

объявления, брошюры, проведения адаптации вновь поступивших сотрудников). Анализ процесса найма персонала с помощью эконометрических методов включает:

- выяснения факторов, которые могут влиять на наем на различные вакансии;
- формирование массива статистической информации;
- нахождение регрессионных зависимостей (построение регрессионных моделей);
- оценка адекватности моделей, их экономическая интерпретация и практическое использование.

Статистическими данными для исследования воздействия факторов посредством эконометрических моделей могут быть данные, которые предоставляются отделом кадров предприятия.

На основе данных строится линейная регрессионная модель (1), которая устанавливает зависимость найма работников на предприятие  $d_i$  от размера заработной платы в организации  $p_i$ , ( $i = 1, n$ ),  $n$  - количество рассматриваемых периодов:

$$d_i = a_0 + a_1 p_i + l_i, \quad (1)$$

где  $a_0$  – постоянный коэффициент уравнения регрессии, отображающий количество работников, нанимающихся на предприятие;

$a_1$  - коэффициент регрессии;

$l_i$  - отклонение фактических значений количества работников, которые нанимаются на предприятие  $d_i$  от оценки (математического ожидания)  $y_i$  размера заработной платы в организации  $i$ -го года.

Существуют различные способы оценки параметров регрессии. Простейшим и самым универсальным является метод наименьших квадратов.

По этому методу параметры определяются исходя из условия, что наилучшее приближение, которое должны обеспечивать параметры регрессии, достигается, когда сумма квадратов разностей  $l_i$  между фактическими значениями расходов и их оценкам является минимальной, что можно записать формулой (2):

$$\sum_{i=1}^n l_i^2 \Rightarrow \min. \quad (2)$$

Остаточная вариация (2) является функционалом  $Q(a_0, a_1)$  от параметров регрессионного уравнения (3):

$$Q(a_0, a_1) = \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n (d_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (d_i - a_1 p_i - a_0)^2, \quad (3)$$

По методу наименьших квадратов параметры регрессии  $\mathbf{a}_0$  и  $\mathbf{a}_1$  является решением системы двух нормальных уравнений (4,5):

$$\frac{\partial Q(a_0, a_1)}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (d_i - a_1 p_i - a_0) p_i = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q(a_0, a_1)}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (d_i - a_1 p_i - a_0) = 0. \quad (5)$$

Решение этой системы имеет вид (6):

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n p_i d_i - \sum_{i=1}^n p_i \sum_{i=1}^n d_i}{n \sum_{i=1}^n p_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n p_i \right)^2}, \quad (6)$$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i - a_1 \sum_{i=1}^n p_i}{n}.$$

Качество оценки средней величины показателя D характеризует среднеквадратическая (стандартная) ошибка регрессии  $s$ , которая является критерием разброса фактических значений  $y_i$  показателя регрессии. Стандартная ошибка регрессии  $s$  является размерной величиной и представляет абсолютное стандартное отклонение фактических значений показателя относительно регрессии.

Среднеквадратичная ошибка регрессии находится по формуле (7):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - y_i)^2}{n-2}}, \quad (7)$$

где  $d$  среднее выборочное значение количества наемных работников определяется по формуле (8):

$$a = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n d_i \quad (8)$$

Коэффициент детерминации (9) для данной модели имеет вид:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}. \quad (9)$$

К факторам, лежащим за пределами модели, можно отнести неблагоприятные условия работы для некоторых работников, высокие умственные и физические нагрузки, неудобный график работы, ухудшение отношений в коллективе и другие.

Значимость коэффициентов регрессии  $a_0$  и  $a_1$  проверяется с помощью анализа их отношения к их стандартным отклонениям  $S_{a_0}$  и  $S_{a_1}$  (10):

$$t_n = \frac{a_n}{S_{an}}, \quad (10)$$

Стандартное отклонение  $S_{a_n}$  находится по формуле (11):

$$S_{an} = \sqrt{\frac{s^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (11)$$

Случайные величины  $t_0$  и  $t_1$  имеют t-распределение Стьюдента с  $n-2$  степенями свободы.

Критическое значение t-статистики находим по статистическим таблицам t-распределения Стьюдента при уровне значимости и степеням свободы  $n$ .

Адекватность линейной модели проверяется по F-критерию Фишера. Для этого по статистическим таблицам F-распределения Фишера для 5-го уровня значимости и при определенных степенях свободы находится критическое значение F-критерия Фишера.

Для оценки влияния количества работников, которые нанимаются  $d_i$  от размера заработной платы  $p_i$ , без учета единиц измерения вычисляем коэффициенты эластичности по формуле (12):

$$K_{p_i}^e = \frac{(a_0 + a_1 p_i) p_i}{v_i}, \quad (12)$$

По результатам определяется зависимость между размером заработной платы и количеством работников, которые увольняются по собственному желанию.

Коэффициент эластичности  $K_{p_i}^e$  показывает, на сколько процентов изменится количество работников, которые нанимаются  $d_i$  в  $i$ -м периоде, если размер заработной платы  $p_i$  изменится на один процент. Аналогично можно проанализировать зависимость количества нанимаемого персонала от расходов на рекламу, объявления, брошюры и адаптацию вновь принятых сотрудников.

Применяя (6), получаем регрессионное уравнение зависимости количества нанятого персонала  $d_i$  от затрат на формирование персонала  $c_i$ . По результатам анализа регрессионных моделей определяется адекватность эконометрических моделей  $D_i(P_i)$  и  $D_i(C_i)$ .

Результаты сравнительного анализа моделей позволяют определить: значимость уравнений регрессии моделей; сравнить коэффициенты детерминации и эластичности уравнений. Установленные эконометрические модели можно использовать как инструмент для планирования затрат на формирование персонала в реальных условиях.

С помощью эконометрических моделей возможен расчет необходимых средств на формирование персонала, а также коррекция заработной платы вновь поступающих кандидатов, согласно кадровой политики предприятия. Дифференцируя заработную плату и затраты на формирование персонала можно оперативно управлять количеством нанимаемого персонала и, соответственно, фактической численностью персонала предприятия. Второстепенными факторами предположительно являются условия труда, отношения с коллективом, состояние здоровья, имидж компании на рынке труда.

#### Список джерел

1. Лазарева С.Ф. Економіка та організація інформаційного бізнесу: Навч. посібник. – К.: Кнеу, 2002. – 667 с.
2. Веснин В.Р. Управление персоналом. Теория и практика: учеб. - М.: ТК Велби, издательство Проспект, 2008. - 203 с.
3. Управление организацией / Под ред. А.Г. Поршнева, З.П. Румянцевой, Н.А. Саломатина, А.Я. Кибанова. - М., 1999. - 266 с.
4. Довгань Л.Є. Праця керівника, або практичний менеджмент: Навч. посібник. – К.: ЕксОб, 2002. – 384 с.
5. Виноградський М.Д., Виноградськ А.М., Шкапова О.М. Організація праці менеджера: Навч. посіб. для студ. екон. вузів. – К.: Кондор – 2003. – 414 с.
6. Мурашко М.І. Менеджмент персоналу: Навч. – практ. посіб. – К.: Знання, КОО, 2002. – 311 с.
7. Трошина К.П. Кар'єра і мотивація. Управління персоналом. - 2000. - № 8. - с. 32-33
8. Хміль Ф.І. Менеджмент: підручник. К.: Вища школа, 1995. - 351с.
9. Костромина Н.В. Секреты рекрут-мастерства // Управление персоналом. 2008 - № 9(180) – 156 с.
10. Новикова А.Д. Подбор персонала//Менеджер по персоналу. 2007 - №6 – 243с.
11. Купер П.А. Отбор и найм персонала: технология тестирования и оценки /П.А.Купер,И.Т.Робертсон,Г.Тинлайн.–М.:Вершина,2005.–332 с.



#### 4.8. Методический инструментарий контроллинга производительности факторов производства

Концепция контроллинга обеспечивает правильный выбор и оценку внешних и внутренних факторов для обеспечения повышения производительности с малыми потерями и расходами.

Структура контроллинга государственного предприятия, ориентированная на рост производительности факторов и эффективности бизнес-процессов, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура контроллинга предприятия, ориентированная на рост производительности факторов и эффективности бизнес-процессов (авторская разработка.)

Анализ зарубежных литературных источников показал, что экономическая теория измерения производительности была разработана сначала Яном Тинбергенем [1] и независимо Робертом Солоу [2, 3, 4], Д. Йоргенсоном и Ц. Грилишесом [5], а также Е.

Дивертом [6,7]. Они обосновали измерение производительности в контексте производственной функции и связали его с анализом экономического прироста. Сегодня теоретико-методический подход к измерению производительности объединяет теорию фирмы, индексную теорию и национальные счета.

В Украине разработка данной теории была представлена в работах Лужи В.В. [8, 9], Стативки Н.В. [10], в России — в работах Покровского В.Н. [11, 12].

Обобщение методов измерения производительности представлено в табл. 1.

Таблица 1

Короткий обзор основных измерителей производительности [18]

Вид измерения выхода	Вид измерения входа			
	Труд	Капитал	Капитал и труд	Капитал, труд и промежуточные входы (энергия, материалы, услуги)
Валовой выпуск	Производительность труда (основана на валовом выпуске)	Производительность капитала (основана на валовом выпуске)	Мультифакторная производительность MFP (основана на валовом выпуске)	Мультифакторная производительность KLEMS
Добавленная стоимость	Производительность труда (основана на добавленной стоимости)	Производительность капитала (основана на добавленной стоимости)	Мультифакторная производительность MFP (основана на добавленной стоимости)	
	Измерение производительности единичного фактора		Измерение мультифакторной производительности (MFP)	

Заметим, что в последнее время метод мультифакторной производительности (метод KLEMS) стал объектом исследования многих украинских авторов [13, 14, 15, 16].

Рассмотрим теоретические принципы измерения мультифакторной производительности, с тем, чтобы обосновать практическую методiku оценивания производительности на

промышленном предприятии.

Допустим, что есть  $n$  численно выраженных факторов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Их действие может быть оценено в некоторых однородных единицах измерения в виде *частных факторных результатов*  $X_1 = p_1 x_1$ ,  $X_2 = p_2 x_2$ ,  $X_n = p_n x_n$ ,

где  $p_i$  — производительность  $i$ -го фактора ( $p_i = x_i / X_i$ ).

В периоде наблюдения  $t$  *общий факторный результат* определяется в виде суммы

$$W_t = X_{1t} + X_{2t} + \dots + X_{nt}. \quad (1)$$

В следующем периоде наблюдения  $t + 1$  *общий факторный результат* определяется соответственно в виде суммы

$$W_{t+1} = X_{1t+1} + X_{2t+1} + \dots + X_{nt+1}.$$

При *экстенсивном* действии фактора его производительность  $p_i$  в динамике не изменяется. При *интенсивном действии* производительность фактора изменяется, как правило, повышается. Абсолютный прирост частного факторного результата равняется разнице

$$\Delta X_{it+1} = X_{it+1} - X_{it}. \quad (2)$$

Процентный взнос фактора в абсолютном приросте общего факторного результата  $\Delta W_{t+1} = W_{t+1} - W_t$  определяется по соответствующему удельному весу, а именно

$$D_{it+1} = \Delta X_{it+1} / \Delta W_{t+1} \times 100\%. \quad (3)$$

Таким образом, имеем тождество

$$D_{1t+1} + D_{2t+1} + \dots + D_{nt+1} = 100.$$

Если известен удельный вес частных факторных результатов в общем факторном результате  $d_{it} = X_{it} / W_t$  при  $i = 1, 2, \dots, n$ , а также темпы роста частных факторных результатов  $J_{1t+1} = X_{1t+1} / X_{1t}$ , то экстенсивный процентный вклад отдельного фактора в годовой прирост общего факторного результата определяется по формуле:

$$D_{it+1} = \frac{d_{it}(J_{it+1} - 1)}{J_{W_{t+1}} - 1} \times 100\%, \quad (4)$$

где  $J_{W_{t+1}} = W_{t+1} / W_t$ .

Действительно, умножив числитель и знаменатель формулы (4) на величину  $W_t$  и упростив полученное выражение с учетом того, что  $J_{it+1} = X_{it+1} / X_{it}$  но  $J_{W_{t+1}} = W_{t+1} / W_t$ , получим

$$D_{it+1} = \frac{X_{it+1} - X_{it}}{W_{t+1} - W_t} \times 100\% = \Delta X_{it+1} / \Delta W_{t+1} \times 100\% \quad (5)$$

Сравнение выражений (5) и (3) показывает их полное совпадение. Результаты влияния факторов могут быть выражены в однородных единицах измерения, если известные показатели их производительности  $p_i$ .

На практике бывают случаи, когда величины факторов выражены лишь в натуральных (первичных) единицах измерения. Поэтому рассмотрим возможность оценки процентного вклада факторов в прирост общего факторного результата *при неизвестных показателях производительности*. Допустим, что в периоде  $t$  зависимость общего факторного результата  $W_t$  от основных факторов представлена в следующей мультипликативной форме

$$W_t = A_t (x_{1t} p_1)^\alpha (x_{2t} p_2)^\beta \dots (x_{nt} p_n)^\eta \quad (6)$$

при  $\alpha + \beta + \dots + \eta = 1$

где  $A_t$  — масштабирующий коэффициент;  $\alpha, \beta, \eta$  — показатели степени.

При экстенсивном влиянии факторов  $p_i = const$ , потому для периода  $t + 1$  запишем  $W_{t+1} = A_{t+1} (x_{1t+1} p_1)^\alpha (x_{2t+1} p_2)^\beta \dots (x_{nt+1} p_n)^\eta$ .

После перехода к темпу роста  $J_{W_{t+1}} = W_{t+1} / W_t$  получим

$$J_{W_{t+1}} = \frac{A_{t+1}}{A_t} \left( \frac{x_{1t+1}}{x_{1t}} \right)^\alpha \cdot \left( \frac{x_{2t+1}}{x_{2t}} \right)^\beta \dots \left( \frac{x_{nt+1}}{x_{nt}} \right)^\eta \quad (7)$$

Логарифмирование выражения (7) дает следующую формулу

$$\ln J_{W_{t+1}} = \ln(A_{t+1} / A_t) + \alpha \ln J_{1t+1} + \beta \ln J_{2t+1} + \dots + \eta \ln J_{nt+1} \quad (8)$$

где  $J_{it+1}$  — темп роста (индекс) фактора  $i$  в году  $t + 1$ .

Индексы в выражении (8) можно представить следующим образом:

$$\ln(1 + \Delta J_{W_{t+1}}) = \ln(A_{t+1} / A_t) + \alpha \ln(1 + \Delta J_{1t+1}) + \beta \ln(1 + \Delta J_{2t+1}) + \dots + \eta \ln(1 + \Delta J_{nt+1}) \quad (9)$$

где  $\Delta J_{it+1} = (J_{it+1} - 1)$  — темп прироста фактора  $x_i$  (в частях единицы).

Как известно, при  $b < 0,1$  выполняется приближительное равенство  $\ln(1 + b) \cong b$ . Например, при  $b = 0,05$   $\ln 1,05 = 0,04879$ . Кроме того, при небольших темпах прироста  $\Delta J_{it}$  имеет место приближительное равенство  $A_{t+1} \cong A_t$  то есть  $A_{t+1} / A_t \cong 1$ . Поэтому на

основании логарифмического выражения (9) можно записать

$$\Delta J_{W_{t+1}} \cong \alpha \Delta J_{1t+1} + \beta \Delta J_{2t+1} + \dots + \eta \Delta J_{nt+1} \quad (10)$$

Функциональная взаимосвязь между индексом роста общего факторного результата и индексами роста факторов, которые предопределяют этот результат, в виде зависимости

$$J_{W_{t+1}} = A J_{1t+1}^\alpha J_{2t+1}^\beta \dots J_{nt+1}^\eta, \quad (11)$$

можно использовать для приблизительного определения экстенсивного процентного вклада факторов в прирост общего факторного результата только в том случае, когда показатели степени  $\alpha, \beta, \dots, \eta$  равняются соответствующему удельному весу частного факторного результата в общем факторном результате предыдущего периода, то есть когда  $\alpha = d_{1t}, \beta = d_{2t}, \dots, \eta = d_{nt}$ .

Так, представив (11) в виде (10) при  $A = 1$ , получим

$$\alpha \frac{\Delta J_{1t+1}}{\Delta J_{W_{t+1}}} + \beta \frac{\Delta J_{2t+1}}{\Delta J_{W_{t+1}}} + \dots + \eta \frac{\Delta J_{nt+1}}{\Delta J_{W_{t+1}}} \cong 1 \quad (12)$$

После подстановки в левую часть выражения (12)  $\alpha = d_{1t}, \beta = d_{2t}, \dots, \eta = d_{nt}$  на основании формулы (4) имеем:

$$D_{1t+1} / 100 + D_{2t+1} / 100 + \dots + D_{nt+1} / 100 \cong 1.$$

Таким образом, при  $\alpha = d_{1t}, \beta = d_{2t}, \dots, \eta = d_{nt}$  показатель  $\alpha \Delta J_{1t+1} / \Delta J_{W_{t+1}}$  приблизительно равняется взносу фактора  $X_1$  в прирост общего факторного результата  $W$  (в долях единицы), а показатель  $\beta \Delta J_{2t+1} / \Delta J_{W_{t+1}}$  — взносу фактора  $X_2$  и т. д. Основным условием достижения полученных приблизительных равенств является наличие строгой тождественности  $\alpha + \beta + \dots + \eta = 1$  в (6).

Рассмотрим пример на основании исходных данных, которые представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что за год количество фактора  $K$  увеличилось с 20 ед. до 22 ед. (на 10%), количество фактора  $L$  — с 25 до 26 ед. (на 4%) и так далее. Если эти приросты факторов нормировать по удельному весу фактора в общем факторном

результате и взять их сумму, то получим:

$$0,1 \times 0,13333 + 0,04 \times 0,25 - 0,05 \times 0,26667 + 0,08 \times 0,25 + 0,3 \times 0,10 = 0,06.$$

Как видим, полученная сумма совпадает с темпом прироста общего факторного результата  $1590/1500 - 1 = 0,06$  или 6%. Такой результат будет наблюдаться в любом случае, если производительность факторов остается неизменной, а сумма их весовых долей равняется 100% или 1.

Таблица 2.

Основные показатели, которые характеризуют влияние факторов на общий факторный результат при условии постоянной производительности факторов

Факторы	Период $t$				Период $t + 1$			Годовой прирост факторного результата, %
	Количество фактора	Производительность фактора	Факторный результат	Удельный вес фактора, %	Количество фактора	Производительность фактора	Факторный результат	
$K$	20	10	200	13,33 3	22	10	220	10
$L$	25	15	375	25	26	15	390	4
$E$	20	20	400	26,66 7	19	20	380	-5
$M$	25	15	375	25	27	15	405	8
$S$	10	15	150	10	13	15	195	30
Сумма	100		1500	100	107		1590	6

Теперь усложним условия нашего примера и допустим, что производительность каждого из факторов увеличивается за год на одну и ту же величину, например, на 10%. С учетом этого предположения и при неизменных других условиях получим результат расчетов, представленный в табл. 3.

Сравнение данных табл. 2 и 3 показывает, что рост

производительности факторов привел в  $(t + 1)$  году к увеличению общего факторного результата с 1590 до 1749 ед., или на 159 ед. (на 10%). Это значит, что из годового прироста общего факторного результата, который равняется  $1749 - 1500 = 249$  ед., за счет повышения общей производительности факторов обеспечено 159 ед. этого прироста, или  $KLEMS = 159 / 249 = 63,3\%$ .

Понятно, что вычислить этот результат можно без препятствий тогда, когда осуществляется измерение производительности каждого из факторов  $K$ ,  $L$ ,  $E$ ,  $M$  и  $S$ . Однако на практике производительность отдельных факторов оценить практически невозможно. Потому западные ученые и предложили измерять влияние на прирост лишь общей производительности факторов MFP (для двухфакторной модели) или  $KLEMS$  (для пятифакторной модели).

Таблица 3

Основные показатели, характеризующие влияние факторов на общий факторный результат при условии роста производительности всех факторов на 10%

Факторы	Период $t$				Период $t + 1$			Годовой прирост факторного результата, %
	Количество фактора	Производительность фактора	Факторный результат	Удельный вес фактора, %	Количество фактора	Производительность фактора	Факторный результат	
$K$	20	10	200	13,333	22	11,0	242	21
$L$	25	15	375	25	26	16,5	429	14,4
$E$	20	20	400	26,667	19	22,0	418	4,5
$M$	25	15	375	25	27	16,5	445,5	18,8
$S$	10	15	150	10	13	16,5	214,5	43
Сумма	100		1500	100	107		1749	16,6

Необходимо заметить, что измерение многофакторной производительности в форме «капитал - труд - энергия - материалы - услуги» ( $KLEMS$ ) фактически опирается на выражение, которое получаем после логарифмирования формулы (11), на основании которой вычисляется остаток [17]:

$$\text{Ln}(J_{Mt+1}) = \text{Ln}(J_{Wt+1}) - d_1 \text{Ln}(J_{1t+1}) - \dots - d_n \text{Ln}(J_{nt+1}) \quad (13)$$

где  $d_i$  — удельный вес фактора в общем выпуске продукции, который рассчитывается, как правило, как среднегодовой показатель относительно лет  $t$  но  $t + 1$ .

Применяется приближенное выражение (13), а именно:

$$J_{Mt+1} - 1 = (J_{Wt+1} - 1) - d_1(J_{1t+1} - 1) - \dots - d_n(J_{nt+1} - 1) \quad (14)$$

Из (14 3.21) следует, что для определения годового прироста многофакторной производительности  $(J_{Mt+1} - 1)$  достаточно вычислить темпы прироста факторов производства «капитал - труд - энергия - материалы - услуги» (*KLEMS*), а также темп прироста общего выпуска продукции в неизменных ценах и соответственно среднегодовой удельный вес факторов в общем объеме продукции, а потом применить формулу (14).

Проведенный анализ позволяет утверждать, что:

1) метод *KLEMS* можно применять лишь для тех видов ресурсов, которые отображаются в составе валового выпуска продукции. В Украине валовой выпуск продукции на уровне предприятия — это чистый доход (выручка) от реализации продукции (работ, услуг), который находится в строке 035 ф. №2;

2) в данное время в структуре чистого дохода (выручки) от реализации продукции (работ, услуг) можно выделить, как элементы операционных расходов, лишь факторы  $L$  (сумма строк 240 и 250 формы №2) — сумма расходов на оплату труда и отчислений на социальные мероприятия, материальные затраты (строка 230) и другие операционные расходы (строка 270). Расходы капитала должны определяться суммой амортизации;

3) выпуск продукции  $Q$ , а также величины факторов  $K$ ,  $L$ ,  $E$ ,  $M$  и  $S$  должны быть выражены в неизменных ценах некоторого года, что позволяет рассчитать частичную производительность отдельного фактора  $Q/X$ , и исходные показатели части фактора в общем валовом выпуске  $X/Q$ .

Методология Евростата различает два показателя:

1) Частная производительность, которая соотносит совокупный показатель выпуска  $Q$  с одним из видов ресурсов, который вводится.

2) Совокупная производительность факторов производства, которая соотносит совокупный показатель выпуска с набором ресурсов, которые вводятся.

В соответствии с методическими подходами, которые используются в странах ОЕСР, термин «мультифакторная производительность» применяется как синоним «совокупной производительности всех факторов производства» для того, чтобы



подчеркнуть отсутствие претензий относительно способности регистрировать взнос каждого из факторов в рост выпуска. Синонимом термина «частичная производительность» является «производительность индивидуального фактора».

Обе эти широкие категории показателей производительности имеют свои преимущества и недостатки. Преимущества метода частной производительности заключаются в легкости ее измерения и трактовки. Его недостаток заключается в том, что на практике выпуск зависит от изменений в расходах производственных факторов, которые являются взаимосвязанными и взаимодополняющими. С другой стороны, показатель «мультифакторная производительность» обеспечивает объединение разных необходимых факторов и соотносит их с динамикой выпуска, однако его недостаток заключается в повышенных требованиях к наличию данных. Невзирая на это, Евростатом было принято решение о том, что преимущество и главное внимание будут отданы измерению мультифакторной производительности, которое позволяет сопоставлять результаты деятельности одних и тех же отраслей всех государств-членов ЕС.

Заметим, что в США измерения производительности методом *KLEMS* применяется практически во всех отраслях экономики. Рассчитанная нами динамика основных показателей частной и мультифакторной производительности в промышленности США в 1987-2010 гг. показала, что за этот период в наибольшей мере выросла производительность труда (в 2,17 раза), производительность материалов (в 1,60 раза), производительность энергии (на 18,6%), производительность сторонних услуг — на 19,6%. Производительность капитала за 1987-2010 гг. снизилась на 5,2%. В отдельные периоды наблюдалась тенденция к росту процентного годового прироста валового выпуска в промышленности страны за счет мультифакторной производительности *KLEMS*, которая свидетельствует об усилении эффективности влияния совокупности факторов научно-технического прогресса на темпы экономического развития промышленной отрасли. В частности, часть годового прироста валового выпуска за счет мультифакторной производительности выросла из 14,3% в 1987-1990 гг. к 36,4% в 1990-1995 гг. и к 39,1% в 1995-2000 гг.

#### Список джерел

1. Tinbergen, Jan (1942), «Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung», *Weltwirtschaftliches Archiv*, Band 55:1.
2. Solow, Robert (1957), «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320.
3. Jorgenson, Dale (1989), «Productivity and Economic Growth», in

Ernst R. Berndt and Jack E. Triplett (eds.), Fifty Years of Economic Measurement, University of Chicago Press.

4. Jorgenson, Dale (1996), «Empirical Studies of Depreciation», Economic Inquiry, Vol. 34, pp. 24-42.

5. Jorgenson, Dale and Zvi Griliches (1967), «The Explanation of Productivity Change», Review of Economic Studies 34.

6. Diewert, Erwin W. (1992)«Fisher Ideal Output, Input, and Productivity Indices Revisited», The Journal of Productivity Analysis, Vol. 3.

7. Diewert, Erwin W. (2000)The Challenge of Total Factor Productivity Measurement, International Productivity Monitor.

8. Калужный В.В. Теория и методы факторного анализа экономического роста /В.В. Калужный // Экономическая кибернетика. Междунар. научн. журнал. Донецк: .-2003. -№3-4 (21-22). -С.26-35.

9. Лужа В. Усовершенствовании и новые методы измерения влияния капитала, труда и производительности на рост ВВП / В. Лужа // Экономика Украины. - 2003. -№6. -С.42-48.

10. Стативка Н.В. Методологические основы оценки многофакторной производительности в сфере аграрной /Н.В. Стативка // Теория и практика государственного управления, 2009. - № 4 (27). Режим доступа <http://ifs.kbuapa.kharkov.ua/e-book/tpdu/2009-4/doc/3/11.pdf>

11. Pokrovskii, V.N. Energy in the theory of production / V.N. Pokrovskii // Energy, Jun 2003, Vol. 28 (8), pp. 769-788.

12. Pokrovskii, V.N. (2007) Productive energy in the US economy / V.N. Pokrovskii // Energy, Vol. 32 (5), May 2007, Pages 816-822. Режим доступа <http://ecodynamics.narod.ru/production/Energy2007.pdf>

13. Богомазова В.Н. Исследование влияния производительности факторов на экономическое развитие /В.Н. Богомазова // Бизнес Информ. - 2010.- №12. -С.11-14.

14. Шевчук, Н. В. Методы оценки показателей многофакторной производительности / Н. В. Шевчук // Формирование рыночных отношений в Украине. - 2011. - № 7/8. - С. 23-28 /8.

15. Манцуров Д.І. Использование концепции многофакторной производительности для прогнозирования развития экономики и разработки антикризисных мероприятий / Д.І. Манцуров //Моделирование и информационные системы в экономике: Сборник научных трудов. - 2011. - Вып.83. - С.119-135.

16. Прилипко Ю.И. Оценка факторной производительности в отраслях экономики Украины /Ю.И. Прилипко // Статистика Украины. - 2012. -№3. -С.30-34.

17. United States Bureau of Labor Statistics, 1987-2006 Aggregate Manufacturing and Manufacturing Industries KLEMS Multifactor Productivity Tables, (excel file klems mfp 1987 to 2006.xls from web page) Режим доступа <http://www.bls.gov/mfp/mprdownload.htm>

18. Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and industry - level productivity growth. OECD Manual.- Paris OECD Publications, 2001. - в 156 г.

## **РАЗДЕЛ 5. ТЕОРИЯ І ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ В ТЕХНІЦІ**

### **5.1. Информационная система поддержки принятия решений при внепечной обработке стали**

Металлургическая промышленность – одна из самых энергоемких и ресурсоемких промышленных отраслей. В современных условиях одним из важнейших вопросов производства является получение ликвидной продукции при минимальных энергетических и материальных затратах.

Согласно стандартам ISO 9000 по управлению качеством для решения этой задачи необходимо обеспечить полный контроль параметров технологических процессов за счет внедрения автоматических систем управления.

Для получения качественной стали на металлургических предприятиях сегодня широкое применение нашли комплексы внепечной обработки. В состав таких комплексов, как правило, входят установки ковш-печь (УКП), на которых проводится доводка стали по химсоставу и нагрев ее до заданной температуры, и вакууматоры разных типов, предназначенные для снижения концентрации растворенных газов и неметаллических включений в расплаве.

На сегодня в Украине наибольшее распространение получили ковшовые вакууматоры с продувкой инертным газом, которые обеспечивают требуемые показатели удаления неметаллических включений при относительно более низких энергозатратах [1].

Создание предпосылок для применения информационной системы поддержки принятия решений при внепечной обработке стали требует обеспечения прогнозирования изменения температуры стали и ее химсостава во время внепечной обработки, концентрации растворенного водорода в расплаве в ходе вакуумирования на основе создания адекватных математических моделей процесса, а также обеспечения непрерывного контроля уровня металла в ковше с целью предотвращения выплесков.

С целью экономии энергетических ресурсов необходимо провести подготовку стали к вакуумированию за минимально возможное время с минимальными тепловыми потерями и закончить сам процесс вакуумирования до достижения заданной температуры. Таким образом, температура расплава является фактором, ограничивающим длительность вакуумирования. Минимальная длительность вакуумной обработки определяется требуемым

содержанием в стали растворенных неметаллических включений и газов (в частности, водорода, концентрация которого в расплаве после вакуумирования не должна превышать  $2 \cdot 10^{-4} \%$  [2]). Сократить необходимое для получения заданной концентрации водорода время вакуумной обработки можно только интенсифицировав продувку стали инертным газом, одновременно гарантируя отсутствие выплесков расплава из ковша.

Основное ограничение технологии внепечной обработки стали в ковшах – обеспечение температуры стали перед разливкой в заданном диапазоне. Определение теплосодержания (степени разогрева футеровки) сталеразливочного ковша перед подачей его под выпуск – важная технологическая задача, поскольку позволяет прогнозировать температуру стали в ковше после выпуска. Это, в свою очередь, зачастую оказывается решающим фактором для обеспечения стабильности технологии внепечной обработки и разливки стали и, в конечном итоге, ее качества.

К основным, определяющим решение этой задачи факторам, могут быть отнесены: температура стали на выпуске, количество стали в ковше, время, прошедшее от выпуска, и температурное поле в футеровке перед подачей сталеразливочного ковша под выпуск.

Для комплексной оценки длительности различных операций и теплового баланса при их выполнении авторами разработана событийно–имитационная модель функционирования всего участка, реализованная в пакете STATEFLOW [3]. Для адаптации модели к конкретным производственным условиям использованы результаты измерения температуры расплава в ковше по окончании выпуска, перед началом и по окончании обработки на установке «ковш–печь», перед началом и по окончании вакуумирования, которые проводятся в соответствии с принятой технологией внепечной обработки.

В результате анализа и обработки данных натурных исследований авторами получена математическая модель для прогноза изменения температуры расплава при подготовке к вакуумированию ковшей в зависимости от массы и начальной температуры налитой в них стали, а также от температуры футеровки ковшей перед выпуском [4, 5]. Модель учитывает на входе измеренное теплосодержание ковша и температуру стали на выпуске. Результатом расчета является изменение температуры металла в процессе внепечной обработки. При этом модель учитывает и использует такие данные, как время нахождения металла в ковше, режимы внепечной обработки, а также необходимые характеристики процесса из АСУ цеха.

*Прогноз изменения температуры стали в ковше осуществляется на основании фактических и расчетных данных и используется для оперативной корректировки температурного режима производства стали. Определение теплосодержания ковша, подаваемого под плавку, позволяет:*

- оценить динамику снижения температуры расплава в процессе дальнейшей его обработки;*
- определить технологическую цепочку до начала выпуска стали и начала внепечной обработки;*
- упростить процедуру принятия решения о выборе ковша под выпуск;*
- исключить необоснованные операции нагрева и охлаждения стали;*
- повысить качество заготовки благодаря стабилизации температуры металла в ковше перед разливкой.*

С использованием созданной авторами математической модели [6] разработана система мониторинга теплосодержания сталеразливочного ковша, подаваемого под выпуск, которая обладает следующими технологическими возможностями [7]:

- измерение температуры внутренней поверхности футеровки и наружной поверхности кожуха ковша;*
- мониторинг текущего теплосодержания и температурных полей ковша;*
- прогнозирование температуры металла после выпуска;*
- автоматическое создание базы данных измеренных параметров ковшей, доступной для технологического персонала через АСУ цеха.*

Наиболее энергоемким агрегатом участка внепечной обработки (УВОС) является УКП. Для рационального расхода электрической энергии необходимо обеспечить оптимальный перегрев расплава по сравнению с температурным коридором разливки. Существует также ограничение по времени - нагрев не должен закончиться раньше, чем освободится вакуумная установка после обработки предыдущего ковша.

Изменение температуры расплава во время обработки на УКП обусловлено поступлением энергии от электродов установки и потерей теплоты расплавом, а также за счет ввода добавок для доводки стали по химсоставу. Работа УКП характеризуется зависимостью скорости нагрева и КПД установки от выбранной ступени мощности трансформатора. Чем выше используемая ступень мощности, тем быстрее происходит нагрев расплава и выше КПД установки.

Выполненные расчеты и проведенные промышленные эксперименты показали, что для минимизации энергозатрат нужно выбирать такой момент начала нагрева расплава, чтобы при работе на максимальной ступени мощности закончить обработку на УКП к моменту окончания обработки предыдущего ковша на вакууматоре [8].

Прогнозирование температуры в ходе внепечной обработки позволит сократить технологические паузы, связанные с проведением замеров температуры расплава, что снизит затраты энергоресурсов и расход блоков термоэлектрических преобразователей.

*В процессе ковшового вакуумирования можно выделить следующие основные стадии.*

1. Набор вакуума. Скорость набора вакуума ограничена сверху интенсивным выделением растворенных газов даже при незначительном перемешивании. При высокой скорости набора вакуума уровень ванны резко поднимается, это инициирует выплески расплава на защитный экран вакуумной камеры, что может привести к его свариванию с обечайкой ковша. Как показало моделирование [9, 10], избежать чрезмерно активного удаления газов можно при наборе рабочего значения вакуума за более длительное время, что особенно важно для ковшей с малым запасом высоты ковша. Резерв сокращения времени набора вакуума, который важен для снижения общего времени выдержки ковша в вакуум-камере и связанных с этим тепловых потерь, может быть использован при организации автоматического контроля за уровнем ванны. Эту задачу, как показал положительный опыт реализации нашей разработки [11], целесообразно решать с помощью радиолокационных измерительных систем уровня. При этом можно сократить длительность набора вакуума для ковшей с большим запасом высоты ковша.

2. Рабочий режим вакуумирования. Основным режимным параметром является расход аргона на продувку ванны. Минимальная величина расхода определяется необходимостью организации полного перемешивания в ковше. Увеличивать расход аргона необходимо при достижении рабочего разрежения в вакуум-камере, после уменьшения колебаний поверхности, вызванных выделением растворенных в расплаве газов. Иначе на поверхности ванны возникнут волны, дополнительно возбуждаемые выходящими пузырями инертного газа, что может привести к выплескам расплава. В принципе, можно оптимизировать переключение ступеней расхода аргона как во времени, так и по величине программным путем. Однако в реальных условиях, когда ковши

имеют различное наполнение и, кроме того, невозможно лимитировать количество вводимых добавок, программное управление процессом нерационально. На этом этапе задача автоматизации управления расходом аргона может быть решена только с использованием информации о текущем уровне ванны. При этом целесообразно не стабилизировать уровень ванны на какой-то заданной величине запаса высоты ковша, а совместно использовать информацию как о средней величине уровня, так и о его высокочастотных колебаниях, вызванных барботажом и волнением поверхности.

3. Остановка процесса. Для определения момента остановки процесса вакуумирования следует использовать модель прогноза изменения концентрации водорода по ходу вакуумной обработки стали [12]. Входной величиной данной модели является начальная концентрация растворенного водорода, которая измеряется непосредственно перед вакуумированием с помощью системы Hydris.

*С использованием полученных математических моделей разработана автоматизированная информационно-советующая система участка внепечной обработки стали «АИС УВОС» [13]. Эта система позволяет прогнозировать изменение температуры расплава во время внепечной ковшовой обработки, изменение уровня металла в ковше во время вакуумирования, изменение концентрации растворенного в стали водорода в зависимости от продолжительности и режимов вакуумной обработки.*

АИС внепечной обработкой стали, структурная схема которой представлена на рисунке, состоит из следующих подсистем:

- прогнозирования изменения температуры расплава в ходе внепечной обработки,
- прогнозирования изменения химического состава по ходу внепечной обработки,
- прогнозирования удаления растворенных газов и неметаллических включений во время вакуумирования,
- контроля уровня расплава в ходе вакуумирования.

Подсистема прогнозирования изменения температуры расплава в ходе внепечной обработки, в свою очередь, включает модели прогноза изменения температуры при выполнении следующих операций:

- транспортировании сталеразливочного ковша между технологическими агрегатами, нагреве и доводке металла на УКП,
- обработке расплава в вакууматоре.

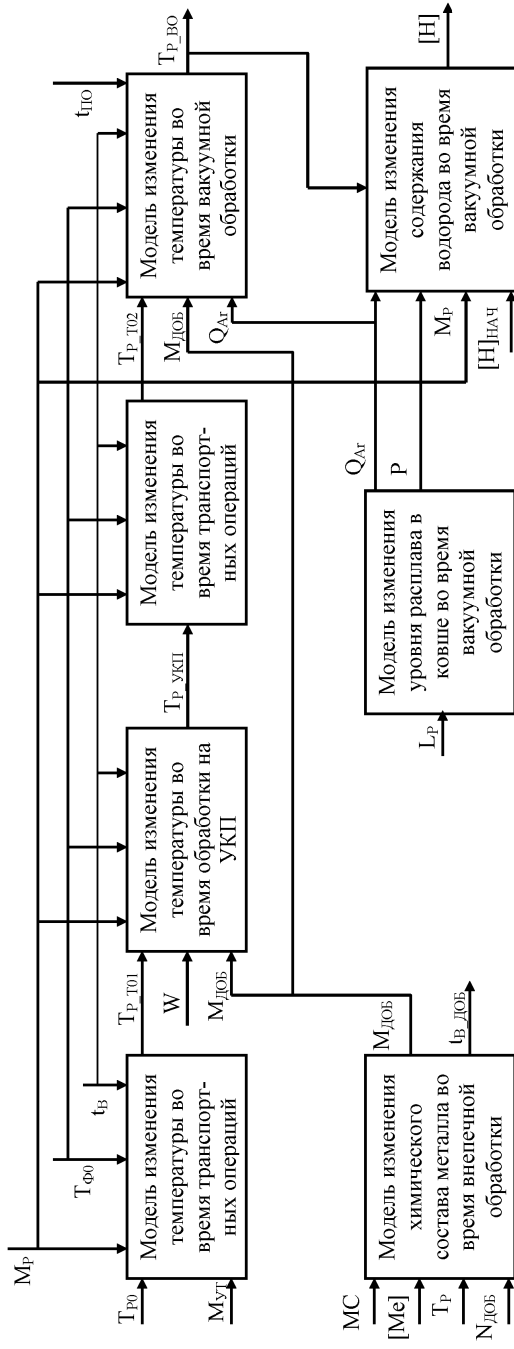


Рис.1. Структурная схема АИС внепечной обработки стали



Входными параметрами этих моделей являются: распределение температуры слоев футеровки ковша перед выпуском в него расплава  $T_{\Phi 0}$ , температура металла в ковше по окончании выпуска  $T_{P0}$ , момент времени окончания выпуска  $t_B$ , масса расплава в ковше  $M_P$ . На основании этой информации рассчитывается рациональный режим нагрева металла на У КП до такого уровня, который, с учетом тепловых потерь во время транспортных операций и во время вакуумной обработки (длительность которой определяется подсистемой прогноза удаления растворенных в металле газов), позволит по окончании обработки получить значение температуры в требуемом диапазоне (кроме того, в модели учитывается влияние массы вводимых добавок  $M_{ДОБ}$  на изменение температуры расплава).

Входными параметрами подсистемы прогнозирования изменения химического состава по ходу внепечной обработки являются: марка стали МС, масса металла в ковше  $M_P$ , химический состав стали перед внепечной обработкой  $[Me]$  и имеющиеся в бункерах добавки  $N_{ДОБ}$ . На основании этой информации рассчитывается масса вводимых добавок  $M_{ДОБ}$  и определяется момент их ввода  $t_{B\_ДОБ}$ . При этом вид и масса необходимых добавок рассчитываются исходя из минимума, который обеспечит попадание концентрации определенного химического элемента в диапазон, требуемый стандартом конкретной марки стали.

Подсистема прогнозирования удаления растворенных газов и неметаллических включений. Одной из главных задач вакуумной обработки является удаление водорода. Повышенное содержание водорода в стали приводит к образованию трещин и флокенов. Общеизвестно, что при концентрации водорода в стали менее  $2 \cdot 10^{-4} \%$  флокены не образуются. Но также следует учитывать значение равновесной концентрации водорода в металле при определенных условиях окружающей среды, которая составляет  $1,3 \dots 1,6 \cdot 10^{-4} \%$ . В случае, если концентрация водорода после вакуумной обработки будет ниже равновесной концентрации водорода в металле, то во время разлива будет происходить адсорбция водорода металлом. То есть снижение концентрации водорода ниже равновесной нецелесообразно и ведет к дополнительным энергозатратам.

Для определения момента остановки процесса вакуумирования используется модель прогноза изменения концентрации водорода по ходу вакуумной обработки стали, по которой в зависимости от марки стали рассчитывается количество удаленного по ходу вакуумирования водорода через открытую поверхность, пузырями аргона и пузырями СО. Входными

параметрами данной модели являются: температура  $T_{p\_во}$  и масса расплава в ковше  $M_p$ , марка стали  $MC$ , расход аргона  $Q_{Ar}$  и создаваемое в вакуум-камере разрежение  $P$ . Входной величиной данной модели также является начальная концентрация растворенного водорода  $[H]_{нач}$ , которая должна измеряться перед внепечной обработкой. Если такая информация отсутствует, то время процесса вакуумной обработки ковша выбирается с некоторым запасом, исходя из максимально возможной в данных условиях концентрации водорода в расплаве, а время обработки остальных ковшей корректируется по результатам химического анализа стали в первом ковше.

Подсистема радиолокационного контроля уровня предназначена для слежения за уровнем металла в ковше  $L_p$  по ходу внепечной обработки. Эта система используется для корректировки расхода аргона при наборе вакуума и рабочем режиме вакуумирования.

Экономический эффект от внедрения автоматизированной информационной системы внепечной обработки достигается за счет снижения затрат электроэнергии на обработку каждого ковша, экономии сыпучих материалов, аргона, пара, технической воды, сменных блоков измерителей. Кроме того, сокращение времени на обработку каждого ковша позволит увеличить пропускную способность участка внепечной обработки.

#### Список источников

1. Новик, Л.М. Внепечная вакуумная металлургия стали. – М. Наука. 1986. – 192 с.
2. Кирсанов, В.М., Дерюгин, А.А., Смоктий, В.В. и др. Динамика поведения концентрации водорода при вакуумировании колесной стали // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – № 4. – С.15-17.
3. Кукушкин, О.Н., Бейцун, С.В., Жаданос, А.В. Моделирование работы производственного участка средствами STATEFLOW // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, 2002. – Вип. 12. – С.172-181.
4. Бейцун, С.В., Михайловский, Н.В., Сапов, В.Ф. Математическая модель процесса охлаждения расплава в сталеразливочном ковше // Металургія: Збірник наукових праць. – Запоріжжя: ЗДІА, 2006. – Вип. 13. – С. 16-21.
5. Михайловский, Н.В., Бейцун, С.В. Влияние толщины футеровки сталеразливочного ковша на тепловые потери расплава: Сб. научн. трудов НМетАУ «Металлургическая теплотехника». – Днепропетровск: НМетАУ, 2010. – С. 135-142.
6. Бейцун, С.В., Михайловский, Н.В. Моделирование и прогнозирование температуры расплава в сталеразливочном ковше //

Научно-технический прогресс в черной металлургии: Материалы I Международной научно-технической конференции (2 – 4 октября 2013 г.) – Череповец: ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», 2013. – С. 17-22.

7. Агеев, С.В., Чернопольский, А.Д., Петушков, И.А. и др. Технология автоматического определения теплосодержания сталеразливочного ковша // Металлург. – 2011. – № 5. – С. 48–52.

8. Кукушкин, О.Н., Бейцун, С.В., Жаданос, А.В. Выбор оптимального режима нагрева расплава на установке «печь-ковш» во время внепечной обработки // Теория и практика металлургии. – 2005. – №4-5. – С. 14-20;

9. Бейцун, С.В., Михайловский, Н.В. Оценка параметров барботажной зоны при донной продувке стали в ковше // Металургія (збірник наукових праць). – Запоріжжя: ЗДІА, 2007.– Вип.16.– С. 8-12.

10. Бейцун, С.В., Михайловский, Н.В., Седляров, А.С., Тригуб, И.Г. Вейвлет-анализ колебаний поверхности расплава при ковшовом вакуумировании // Металургія (збірник наукових праць). – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – Вип. 2 (27). – С. 34-37.

11. Кукушкин, О.Н., Головкин, В.И., Смоктий, В.В. и др. Микроволновые методы контроля технологических параметров // Современные проблемы металлургии: Научные труды ГМетАУ. – Днепропетровск: ГМетАУ, 1999. – Вып. 1. – С.279-298.

12. Бейцун, С.В., Кукушкин, О.Н., Михайловский, Н.В. Математическая модель удаления водорода из стали при ковшовом вакуумировании // Теория и практика металлургии. – Днепропетровск: НМетАУ. – № 6, 2006. – С. 96-100.

13. Бейцун, С.В., Михайловский, Н.В. АСУ внепечной обработкой стали // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4(87). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 11-15.

## **5.2. Информационное обеспечение системы принятия решений о качестве настройки режима прокатки в черновой группе клетей мелкосортного стана**

Качественная настройка скоростного режима прокатки является одним из наиболее важных и сложных вопросов при производстве мелкосортного проката на непрерывных станах. Установленные скорости вращения прокатных валков в клетях непрерывной группы определяют величину возникающего в прокатываемом металле натяжения, которое может, превысив допустимый уровень, привести к выходу размеров поперечного сечения готового профиля за пределы поля допуска и образованию брака.

До настоящего времени усилия ряда отечественных и зарубежных исследователей концентрировались в основном на

проблемах управления скоростным режимом одониточных чистовых групп клетей. Полученные в этой области результаты достаточно известны [1, 2]. Значительно меньше изучены вопросы настройки двухниточной черновой группы клетей. Их особая сложность связана с наличием взаимного влияния заготовок, прокатываемых в соседних нитках. Резкие изменения натяжения при заполнении и освобождении смежных калибров приводят к существенным изменениям размеров сечения подката, поступающего из черновой группы в чистовые клетки. Эти изменения значительно усложняют управление процессом в чистовой группе.

Сказанное определяет актуальность разработки оперативных и достоверных методов оценки уровня натяжений в черновой группе клетей с целью последующей корректировки скоростного режима. Следует признать, что наиболее приемлемой для осуществления такой оценки является информация о фактических размерах раската, выходящего из черновой группы. Однако из-за отсутствия соответствующих автоматических измерителей получение указанной информации связано сегодня с трудоемкой и отсроченной во времени операцией отбора и обмера проб проката. Другим методом оценки качества настройки скоростного режима мог бы стать непосредственный анализ межклетевых усилий. Однако прямых измерителей натяжения на сортовых станах не существует, а косвенные способы измерения разработаны только для одониточных станов.

В настоящей работе предпринята попытка обосновать новый критерий качества настройки черновой группы мелкосортного стана, основанный на информации о суммарной вытяжке проката.

Как известно, суммарный коэффициент вытяжки в черновой группе представляет собой отношение площади поперечного сечения заготовки  $F_3$  к площади сечения проката  $F_7$  на выходе из 7-ой клетки

$$\lambda = \frac{F_3}{F_7}.$$

На практике вытяжка является случайной функцией времени

$$\lambda(t) = \frac{F_3(t - \tau)}{F_7(t)},$$

где  $\tau$  - временной интервал перемещения проката от первой до последней клетки непрерывной группы.

В приведенном выражении  $F_3(t)$  представляет собой не имеющую тренда стационарную функцию [3]. Такой же характер в

отсутствие значительных натяженийдолжна иметь и функция  $F_7(t)$ . В противном случае кривая изменения  $F_7(t)$  по длине раската приобретет характерный «лыжеобразный» вид, так как передний и задний концевые участки раската из-за действия натяжений будут иметь большее сечение, чем его середина. Таким образом, кривые изменения вытяжки  $\lambda(t)$  при наличии и в отсутствие натяжений должны существенно отличаться.

Как уже говорилось, непосредственное измерение коэффициента вытяжки на практике неосуществимо. Можно, однако, предположить, что в случае организации в промежутке между черновой и чистовой группами клетей свободной петли проката, как это имеет место на проволочных станах, изменения вытяжки будут проявляться в изменениях величины этой петли  $\Delta l_n$ . Если указанное предположение справедливо, то применение в промежутке между группами клетей типовой автоматизированной системы регулирования петли (рис. 1) позволит использовать для оценки вытяжки сигнал  $u_p$  с выхода регулятора.

Гипотеза о соответствии сигнала на выходе регулятора петли суммарному коэффициенту вытяжки черновой группы требует подтверждения. Вследствие невозможности осуществить аналитическую проверку из-за чрезвычайной сложности и громоздкости математического описания процесса, а экспериментальную – из-за отсутствия необходимых измерителей, задачу решали путем компьютерного моделирования.

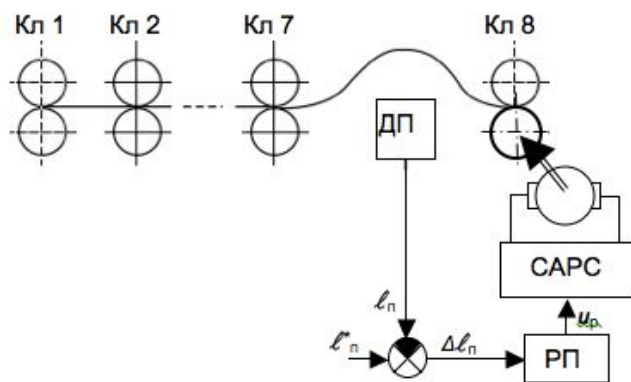


Рис.1. Схема контура автоматического регулирования петли в промежутке между группами клетей

В качестве базовой использовалась разработанная авторами динамическая модель процесса прокатки в черновой группе непрерывного мелкосортного стана [4-6], реализованная в среде MATLAB Simulink.

На рис. 2 приведен фрагмент модели, содержащий блоки моделирования процесса деформации металла в последней черновой и первой чистовой клетях, блок моделирования петли металла в межклетевом промежутке, блок моделирования электропривода чистовой клетки с системой подчиненного регулирования частоты, а также модель системы регулирования петли.

При моделировании использовали методику работ [5,6] применительно к прокатке круглого профиля Ø10 мм в черновой, чистовой группе клеток мелкосортного стана 250-1 ОАО «АрселорМиттал. Кривой Рог». При этом качестве технологических возмущений использовали линейное изменение температуры по длине заготовки (от 1100°C до 1060°C) и гармонические изменения ее вертикального и горизонтального размеров с амплитудой 0,5 мм и частотой 5с<sup>-1</sup>.

Проверка адекватности модели осуществлялась путем сопоставления качественных эффектов, возникающих в процессе моделирования, при изменении параметров оборудования (межвалковый зазор, диаметр, частота вращения валков) и заготовки (размеры, температура), с известными из практики эффектами, которые наблюдаются при аналогичных воздействиях.

Полученные при моделировании значения геометрических (ширина, обжатие, вытяжка), кинематических (опережение, скорость прокатки) и энергосиловых (момент прокатки) параметров соответствовали значениям, наблюдаемым на практике.

Полученные в результате моделирования осциллограммы изменения суммарной вытяжки и сигнала на выходе регулятора петли приведены на рис. 3.

Для обеспечения возможности сопоставления двух параметров, имеющих различную размерность и значения, отличающиеся на порядок, на рисунке изменен масштаб осциллограммы выходного напряжения регулятора петли.

Для большей наглядности приведены осциллограммы, полученные в условиях прокатки с натяжениями, существенно превышающими минимально допустимый уровень 10 Н/мм<sup>2</sup>.

Как видно, сигнал регулятора имеет меньшую продолжительность по сравнению с вытяжкой, что объясняется прекращением регулирования после выхода заднего конца заготовки из черновой клетки.

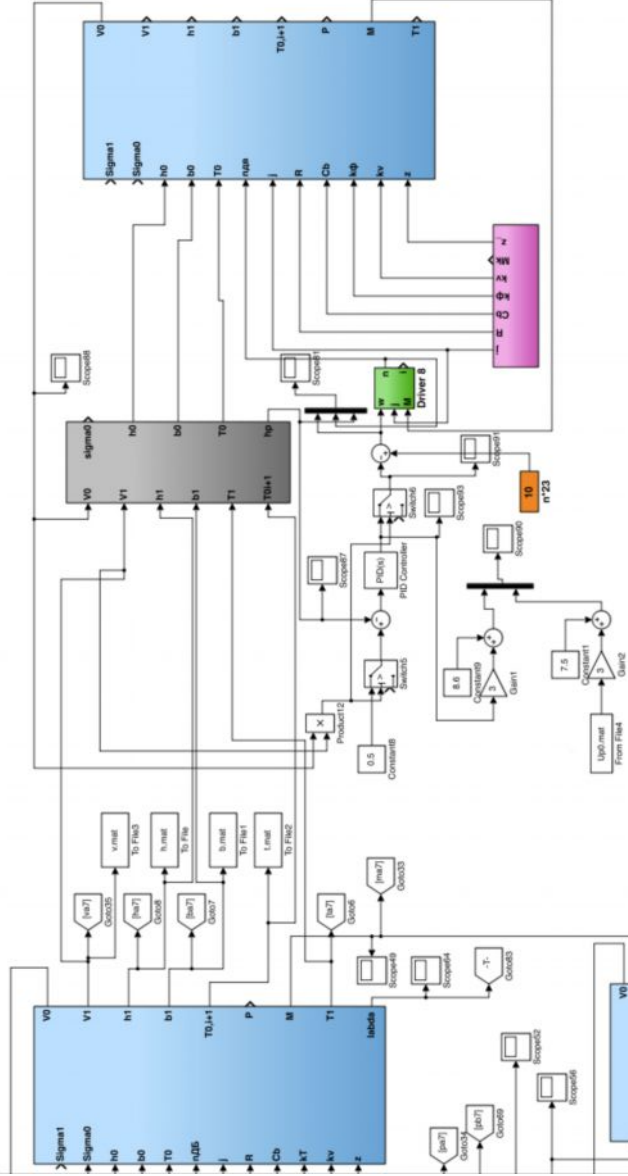


Рис. 2. Фрагмент схемы модели в пакете MATLAB Simulink

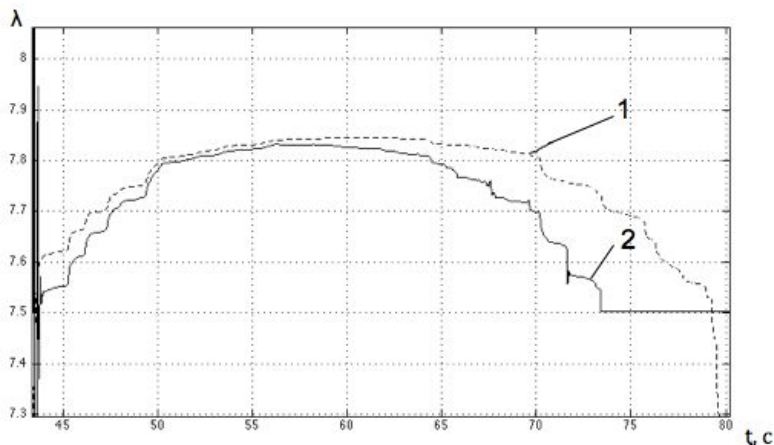


Рис. 3. Графики изменения коэффициента суммарной вытяжки проката (1) и выходного сигнала регулятора петли (2)

Если принять во внимание указанное обстоятельство, можно говорить о практически полном совпадении анализируемых графиков. Таким образом, гипотезу о соответствии сигнала на выходе регулятора петли изменению суммарной вытяжки в непрерывной группе клеток можно считать доказанной. Принимая в качестве идеальной такую настройку скоростного режима прокатки, при которой обеспечивается «нулевой» уровень натяжения во всех межклетевых промежутках, следует считать идеальным соответствующий ей график изменения вытяжки. Очевидно, что этот «идеальный» график, должен представлять собой горизонтальную прямую, соединяющую начальную и конечную точки реальной кривой изменения вытяжки.

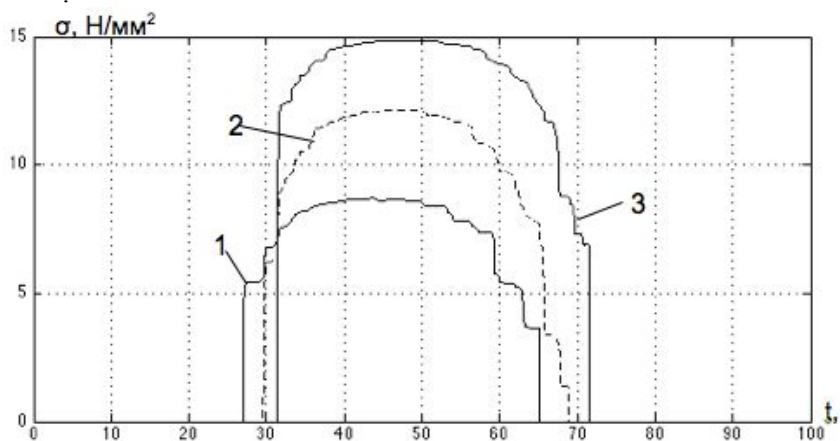
Для практического применения можно предложить следующий интегральный квадратичный критерий качества настройки черновой группы

$$J = \frac{1}{T} \int_0^T [u_p(t) - u_p(t_0)]^2 dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

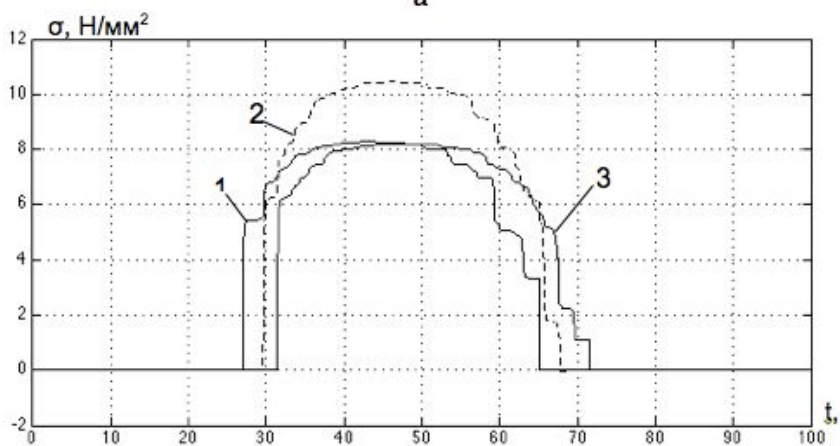
где  $u_p(t_0)$  - выходной сигнал регулятора в момент окончания процесса первичного формирования заданной петли,  
 $T$  - общая продолжительность существования петли между группами клеток.



В качестве цели управления следует рассматривать его минимизацию. В то же время практический интерес должно представлять не столько достижение абсолютного минимума предложенного критерия, сколько правильное направление его изменения в сторону уменьшения при корректировке скоростного режима от заготовки к заготовке.



а



б

Рис. 4. Удельные натяжения в промежутках между 4-той и 5-той (1), 5-той и 6-той (2), 6-той и 7-ой (3) клетями при низком (а) и высоком (б) качестве настройки скоростного режима

Экспериментальная проверка работоспособности критерия качества настройки  $J$  была проведена в ходе имитационного моделирования.

Первоначально значение критерия определили при некачественно настроенном режиме, в котором удельные натяжения превышали допустимый уровень, достигая  $15 \text{ Н/мм}^2$  (рис. 4,а), а затем – при улучшенном (рис. 4,б).

Соответствующие кривые изменения напряжения на выходе регулятора петли приведены на рис. 5.

Численное значение критерия для прокатки с повышенным натяжением составило  $J = 0,0136$ , а для прокатки с малым натяжением –  $J = 0,0051$ .

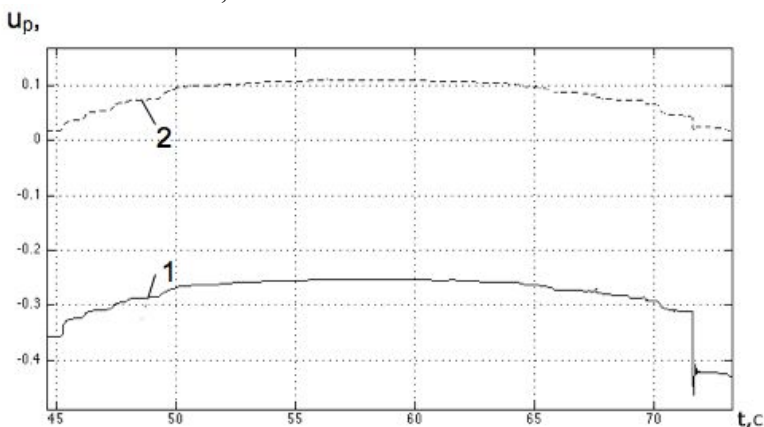


Рис.5.Сигнал на выходе регулятора петли при повышенном (1) и низком (2) уровне натяжений в черновой группе

Таким образом, результатами компьютерного имитационного моделирования доказана возможность использования выходного сигнала регулятора петли проката в промежутке между непрерывными группами клетей в качестве информации о коэффициенте вытяжки. Предложен новый квадратичный интегральный критерий качества настройки скоростного режима черновой группы клетей и доказана эффективность его практического применения.

#### Список источников

1. Системы регулирования межклетевых усилий на одноклеточных сортовых прокатных станах/ М.П. Пустыльник, В.Н. Куваев, А.П.

Егоров // В кн.: АСУТП и средства автоматизации черной металлургии на базе микропроцессорной техники. – М.: Металлургия, 1986. – С.74-79.

2. Системы управления скоростным режимом непрерывной прокатки сортовых станов / В.А. Шеремет, М.А. Бабенко, А.В. Скляр и др. // Системні технології. – 2005. – Вип. 2. – С. 52-62.

3. Кузьменко А.Г. Производство мерного проката на мелкосортных станах. М.: Металлургия, 1997. – 310 с.

4. Потап О.Е., Егоров А.П., Кузьменко М.Ю. Моделирование автоматизированной системы регулирования натяжения проката на непрерывном сортовом стане // Научный вестник ДГМА. – 2012. – №2(10Е).- С.107-112.

5. Егоров В.С., Потап О.Е. Модель передачи межклетевых усилий по стану при непрерывной сортовой прокатке // Теоретический проблемы прокатного производства: Тез. докл. IV Всесоюз. н.-т. конф., ч.1. – Днепропетровск, 1988. С.203-205.

6. Егоров В.С., Потап О.Е. Упрощенные уравнения для моделирования процесса прокатки на сортовых станах. – Днепропетровск, 1985. – 19 с. – Деп. в ин-те «Черметинформация», №2947 чм-85.

### **5.3. Адаптивные методы в системах управления геометрическими размерами профилей на сортовых станах**

Необходимость применения адаптивных систем в технике возникла раньше возможности их практической реализации. Термин «адаптация» (от латинского *adaptio* – приспособление) заимствован из биологии, где обозначает способность организма приспосабливаться к изменениям внешней среды. В технике же таким свойством могут обладать лишь системы, специальным образом организованные, приспособляющиеся к влиянию внешних воздействий посредством изменения параметров (самоадаптирующиеся системы) или структуры (самоорганизующиеся системы). Анализ литературных источников показал, что и сегодня нет единства даже в определении и классификации адаптивных систем [1]. В качестве альтернативной классификации адаптивных систем автоматического управления (САУ) может быть предложена такая структура (рис.1).

Такие технологические объекты, как прокатные станы, являются многокомпонентными, и взаимосвязь параметров и физических процессов, протекающих в них, не имеет точного математического описания. В этом случае обычные методы управления, основанные на априорной информации об объекте, не позволяют получить требуемое качество управления. Именно нестационарность технологического объекта управления (ТОУ) не

позволяет применять управляющее устройство с неизменными алгоритмами функционирования и обуславливает применение адаптивных систем. В процессе прокатки профилей на сортовых станах параметры прокатываемых заготовок могут изменяться, что повлияет на характеристики производимых профилей. Задачей системы управления геометрией профилей на сортовых станах является обеспечение минимума разнотолщинности профилей при изменяющихся температуре и геометрических размерах заготовок.

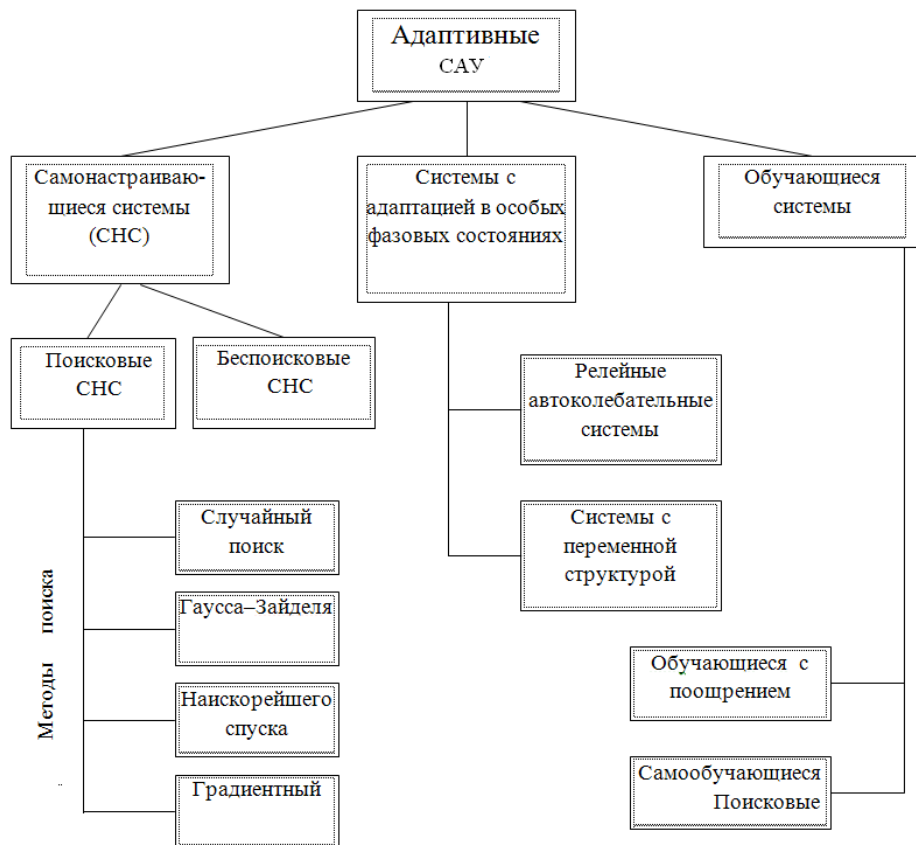


Рис. 1. Классификация адаптивных САУ

Решением этой задачи может служить применение адаптивных алгоритмов в САУ, когда информация о параметрах ее эксплуатации

обрабатывается и используется в процессе управления (апостериорная информация).

Наибольших практических перспектив, по мнению авторов [1], можно ожидать от адаптивных систем с уточняемой моделью объекта или с идентификатором. Известны адаптивные системы, в которых осуществляется изменение параметров управляющего устройства с целью обеспечения оптимальной работы системы (самонастраивающиеся системы) с применением адаптивных моделей. В таких системах (рис. 2) для эффективной работы управляющего устройства (УУ) необходима информация об изменяющихся параметрах объекта управления (ОУ). Адаптивная модель (АМ) должна быть способна с течением времени изменять свою структуру и параметры, или только параметры так, чтобы по своим свойствам приблизиться к изучаемому объекту. В такой системе входной сигнал  $U$  (см. рис.2), действующий на ОУ, поступает одновременно и на АМ, которая представляет собой динамическую систему с несколькими регулируемыми параметрами  $\alpha_i$ . Реакция модели  $X_M$  сравнивается с выходным сигналом объекта  $X$  и на основании сигнала рассогласования  $\varepsilon$  формируется критерий качества  $I(\varepsilon)$ , служащий мерой приближения параметров модели и объекта. Выбор критерия качества зависит от решаемой технической задачи.

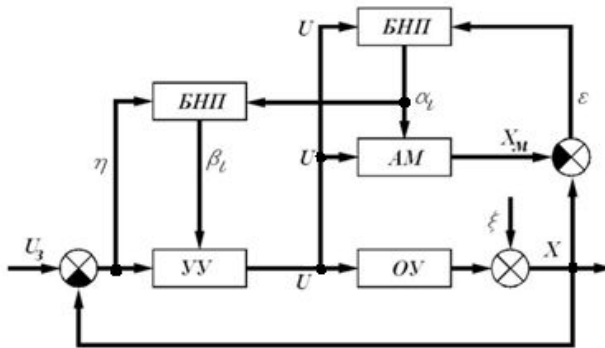


Рис.2. Структурная схема адаптивной самонастраивающейся системы: БНП – блок настройки параметров; УУ – устройство управления; АМ – адаптивная модель; ОУ – объект управления

Среднесортные прокатные станы с точки зрения управления могут рассматриваться, как нестационарные дискретные объекты. В этом случае простейшая задача адаптивного управления объектом сводится к стабилизации его выходных параметров. Такой объект

может быть представлен в виде, показанном на рис.3, где  $X[N]$  – вектор контролируемых возмущений,  $Z[N]$  – вектор неконтролируемых возмущений,  $U[N]$  – вектор управляющих воздействий,  $Y[N]$  – выход объекта, величину которого необходимо стабилизировать,  $N$  – номер прокатываемой полосы (шаг) ( $N = 1, 2, \dots, n$ ).

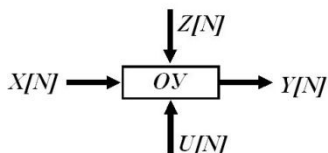


Рис.3. Объект управления

Управление такими объектами основано на принципе управления по возмущению, для которых измерение выходного параметра возможно только после окончания процесса. Применение фиксированной адаптивной модели при управлении нестационарным объектом вызывает ошибку предсказания и приводит к ухудшению качества управления. В таких случаях применяют схему адаптивного управления с идентификатором (АСИ). Схема системы управления с идентификатором представлена на рис.4.

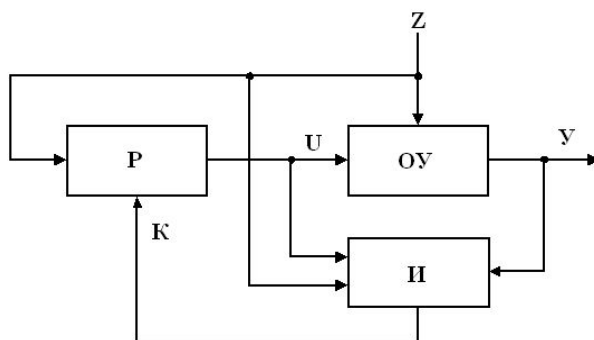


Рис.4. Схема адаптивной САУ с идентификатором:  $P$  – регулятор;  $OY$  – объект управления;  $И$  – идентификатор;  $Y$  – выход системы;  $K$  – параметр, постоянно уточняемый идентификатором;  $Z$  – возмущения;  $U$  – управление

Такие системы могут применяться для управления нестационарными объектами в системах стабилизации при

медленном изменении параметров объекта. Задача идентификатора состоит в непрерывном уточнении коэффициента передачи  $K$  регулятора  $P$  с целью получения таких управляющих воздействий  $U$ , которые обеспечат минимизацию величины дисперсии выходного параметра  $Y$ . Возмущения  $Z$ , действующие на объект управления ОУ, зачастую могут быть оценены только после того, как процесс произошел, что и вызывает необходимость применения управления по возмущению. При этом условием применимости подобных систем должно быть достаточно медленное изменение параметров объекта по сравнению со скоростью вычисления вариантов управления идентификатором.

В недавнем времени применение таких систем было ограничено технической возможностью реализации идентификаторов, назначением которых является непрерывное слежение за параметрами процесса и постоянное вычисление и уточнение коэффициента передачи регулятора. При настоящем уровне развития цифровой техники возможна реализация алгоритмов управления практически любой сложности за счет применения цифровых регуляторов на основе микропроцессоров. Это позволяет выполнять одну из основных функций идентификатора – непрерывно следить за изменяющимися параметрами объекта и, просчитывая множество возможных вариантов управления, выбирать оптимальный. Схема, приведенная на рис.4, имеет модификации, отличающиеся математическим аппаратом, лежащим в основе работы идентификатора и обеспечивающим оптимизацию настройки параметров системы (параметрическая адаптация) [2,3].

В прокатном производстве САУ с адаптивным управлением находят свое применение. Так, автором работы [4] предложен «ассоциативный алгоритм интеллектуализированной идентификации» для адаптивной автоматизированной системы управления процессом прокатки рулонной медной полосы, позволяющий своевременно воздействовать на процесс прокатки и таким образом снижать объем обрезки. При прокатке сложных профилей на среднесортных станах адаптивные системы управления также найдут свое применение [5], так как задачей прокатки любого, в том числе и сложного профиля, является стабилизация геометрических размеров. Для периодической прокатки автоосей и для прокатки автоободьев минимизация разнотолщинности должна осуществляться с целью уменьшения объема обрезки и экономии энергоресурсов

Эффективное решение задачи стабилизации геометрических размеров было предложено автором [6], применившим в качестве

системы управления АСИ, хотя попытки решения задачи уменьшения разнотолщинности при прокатке сложных профилей осуществлялись, начиная с 70-х годов 20-го века [7]. Особенностью алгоритма работы этого идентификатора было совмещение процесса обучения с процессом управления, что является необходимостью на производстве, где недопустимо производство брака, пока система функционирует в режиме обучения. Этот подход в решении задачи стабилизации геометрических размеров сложных профилей целесообразно принять за основу, но, исходя из причин, вызывающих разнотолщинность, разделить САУ на локальные системы. Каждая из этих систем должна решать свою задачу, а именно:

- минимизация разнотолщинности, вызванной изменением средней температуры между раскатами (средней разнотолщинности);

- минимизация разнотолщинности, вызванной изменением температуры по длине одного раската (разнотолщинности по длине);

- минимизация разнотолщинности, вызванной изменением состояния прокатных клетей (разнотолщинности из-за износа валков).

Таким образом, адаптивная система автоматического управления геометрическими размерами профилей, содержащая идентификатор, является наиболее перспективной для сортовых станов. При этом для алгоритма работы идентификатора целесообразно применять рекуррентную процедуру [3], которая с использованием современных средств обработки информации обеспечит быструю сходимость параметров объекта управления и его модели.

#### Список источников

1. Жмудь В.А. Адаптивные системы автоматического управления / В.А. Жмудь, Д.О. Терешкин, О.В. Прыткова // Сборник научн. тр. НГТУ. – 2011. – № 1(63). – С. 23–40.

2. А. Л. Бунич, “Системы управления с идентификатором. Ч. Г”, Проблемы управления, 2005, № 5, С. 83–91.

3. Радченко В.П. Применение рекуррентных процедур в алгоритмах стабилизации толщины сортовых профилей / В.П. Радченко, Г.С. Щербина, И.Г. Тригуб // Коллективная монография №31 XIV Международной научной конференции "Новые технологии и достижения в металлургии и инженерии материалов и процессов" Т1. Польша, Ченстохов. – 2013. С.409-412.

4. Газимов Р.Т. Разработка адаптивной автоматизированной системы управления процессом прокатки рулонной медной полосы [Текст]: автореферат дис. ... канд.техн.наук: 05.13.06 / Газимов Руслан Тахирович; ГТУ (Моск. ин-т стали и сплавов).– М., 2007. – 24 с.



1. Щербина Г.С. Повышение эффективности управления точностью прокатки профилей на среднесортных станах / Щербина Г.С., Радченко В.П., Тригуб И.Г. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2013. – №1. – С.91-94.

2. Щербина Г.С. Исследование и разработка систем автоматической стабилизации геометрических размеров специальных профилей проката для автомобильной промышленности: дисс. ... кандидата техн.наук: 05.13.07. / Щербина Геннадий Семенович – Днепропетровск, – 1979. – 189 с.

3. Чернышев А.Н. Экспериментальное исследование влияния температурного режима на размеры фасонных профилей проката / Чернышев А.Н., Беда Н.И., Щербина Г.С. и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1977.–№4.–С.16-19.

## **5.4. Квалиметрическое обеспечение эффективности управляющих решений при совершенствовании объектов**

### **5.4.1. Теоретические основы усовершенствованного метода оптимизации управляющих воздействий на объекты**

Качество продукции и услуг, в которых заинтересованы стейкхолдеры, напрямую зависит от качества управления процессами [1].

Их результативность оценивается единичными показателями качества  $y_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ), которые совместно формируют комплексный показатель  $Q$  качества объекта. Существенную роль играют также значимости  $k_i$  каждого из  $y_i$  и неопределенность  $c$  при таком моделировании качества объекта. Значения  $k_i$  определяются обычно экспертной оценкой, причем [2]:

$$\sum_1^n k_i + c \equiv 1. \quad (1)$$

Значения комплексного показателя качества дают возможность сопоставлять результаты прошлой, текущей и будущей деятельности, прогнозировать и реализовывать процедуры бенчмаркинга [1].

Часто такая оценка основывается на результативности уже выполненных действий, поэтому корректирующее управление производят по определенному алгоритму. Обычно формальной основой такого алгоритма является решение системы уравнений [1]:

$$\frac{dQ}{dy_1} = 0; \quad \frac{dQ}{dy_2} = 0; \quad \dots \dots \dots \frac{dQ}{dy_n} = 0, \quad (2)$$

откуда находят значения  $y_{i \max}$ , обеспечивающие максимизацию  $Q$ . Соответствующие управляющие воздействия в рамках обратной связи процессов контроля качества с процессами изготовления продукции (предоставления услуг) реализуются техническими и (или) технологическими, и (или) организационными влияниями.

На практике последние указанные факторы  $x_j$  ( $1 \leq j \leq m$ ) формируют связи:  $y_i = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$ . Тогда комплексный показатель качества становится функционалом вида  $Q = f(y_1, y_2 \dots y_i; k_1, k_2 \dots k_i)$ , а его оптимизация реализуется системой [2]:

$$\left. \frac{dQ}{dx_1} = 0, \dots \dots \dots \frac{dQ}{dx_m} = 0. \right\} \quad (3)$$

В зависимости от особенностей процесса, которые оцениваются, величину  $Q$  рассчитывают как одно из средних взвешенных: арифметическое, геометрическое, гармоническое и квадратическое [1]. Для каждой из этих сверток необходим конкретный вид зависимости  $y_i$  от  $x_j$ . В рамках такой модели при использовании для этого полиномиальной зависимости  $z$ -й степени ( $0 \leq h \leq z$ ), указанные свертки представляются формулами [2]:

- для среднего арифметического взвешенного:

$$Q_{ар.} = \sum_{i=1}^m (k_i \cdot (\sum_{j=1}^n (\sum_{h=0}^z (a_{hji} \cdot x_{ji}^h))))); \quad (4)$$

- для среднего геометрического взвешенного:

$$Q_{геом.} = \prod_{i=1}^m (\sum_{j=1}^n (\sum_{h=0}^z a_{hji} \cdot x_{ji}^h))^{k_i}; \quad (5)$$

- для среднего гармонического взвешенного:

$$Q_{гарм.} = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{\sum_{i=1}^m (k_i / \sum_{j=1}^n (\sum_{h=0}^z (a_{hji} \cdot x_{ji}^h))}); \quad (6)$$

- для среднего квадратичного взвешенного:

$$Q_{кв.} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (k_i \cdot (\sum_{j=1}^n (\sum_{h=0}^z (a_{hji} \cdot x_{ji}^h)^2)))}; \quad (7)$$

где -  $a_{ji}$  - коэффициенты при соответствующих членах разложения.

С учетом представленных данных может быть поставлена задача оптимизации управляющих технических и (или) технологических, и (или) организационных параметров, которые в совокупности позволяют добиться при прочих равных условиях максимума уровня комплексного показателя качества  $Q$ .

Важно отметить, что при нелинейной зависимости  $y_i$  от  $x_j$  максимизация  $y_i$  не всегда обеспечивает максимум  $Q$ . Например, при параболической зависимости  $y_1$  от  $x_1$  и  $y_2$  от  $x_1$  (рис.1) максимум  $y_1$ ,  $y_2$  при  $k_1 = k_2$  в общем случае не совпадает с наибольшим значением  $Q$  (см. рис. 1, а) [2].

Аналогичная обратная ситуация может наблюдаться при наличии минимумов  $y_i$  (см. рис. 1, б).

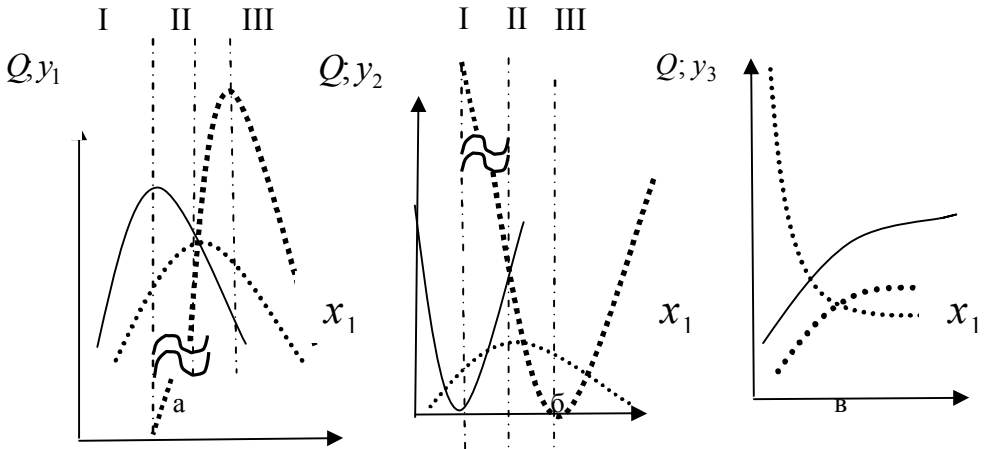


Рис. 1. Некоторые сочетания функций единичных показателей качества, формирующих комплексный показатель качества (обозначения – в тексте)

При зависимости  $y_i$  от  $x_j$  другого вида (см. рис. 1, в) наличие и расположение максимума  $Q$  зависит от вида соответствующих кривых. Не исключен вариант, когда математический экстремум  $Q$  отсутствует.

Изложенные положения можно продемонстрировать и аналитически.

Так, в работе [2] при анализе формирования комплексного показателя качества  $Q$  двумя единичными показателями  $y_1$  и  $y_2$ , каждый из которых выражался параболоидом в функции произвольных параметров  $x_1$  и  $x_2$ , высказанные выше положения подтверждены количественно. Кроме того, показано, что *увеличение* количества  $y_i$  и  $x_j$ , существенно влияя на формирование уровня  $Q$ , значительно усложняет поиск решения задач.

Очевидно, что конкретный вид зависимости  $y_i = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$  может быть получен:

- по данным независимых исследований из соответствующих источников;

- на основе собственных исследований.

Эти варианты рассмотрены ниже.

#### 5.4.2. Применение метода в сфере металлургии с использованием известных данных

В качестве относительно простого примера реализации метода, представленного выше, рассмотрена максимизация комплексного показателя качества при волочении стальной проволоки. При этом единичными показателями качества приняли: предел прочности металла  $\sigma_B$ , относительное удлинение  $\delta$  проволоки и энергозатраты  $E$  на деформацию стали, которые зависели от технологического параметра – степени  $\varepsilon$  обжатия металла и технического фактора – полуугла  $\alpha$  конусности волоки.

Аналитические выражения  $\sigma_B = \varphi_1(\varepsilon, \alpha)$ ,  $\delta = \varphi_2(\varepsilon, \alpha)$ ,  $E = \varphi_3(\varepsilon, \alpha)$ , необходимые для расчетов и принятые по данным работ [3] и [4], представлены в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} S = 0,508 + 0,514 \cdot \varepsilon^{0,643} + 0,14 \cdot \alpha^{1,237}; \\ \Delta = \frac{1}{-2,786 + 9,53 \cdot \varepsilon^{0,542} + 5,01^{0,4827}}; \\ U = \frac{0,667 \cdot \alpha}{(1 + \frac{0,08}{\alpha}) \cdot \varepsilon + 0,667 \cdot \alpha}, \end{array} \right. \quad (8)$$

где  $S$  - отображает величину  $\sigma_B$  в безразмерном виде;

$\Delta$  - отображает величину  $\delta$  в безразмерном виде;

$U$  -  $E^{-1}$  в безразмерном виде.

Приведение к безразмерному виду и нормирование к диапазону 0...1 обеспечено делением каждого из параметров на его максимальное значение в диапазоне существования. Также выполнено требование квалиметрии по обеспечению возрастающей зависимости  $Q$  от каждого из  $y_i$  [4].

При последующем анализе во всех случаях необходимо учитывать особенности реального процесса. Так, при волочении, разовая степень деформации в волокне  $\varepsilon$  не может быть больше 0,6, а полуугол  $\alpha$  волокна обычно выполняют в пределах 0,05...0,15.

Комплексный показатель качества в данном случае имеет вид:

$$Q = k_1 \cdot S + k_2 \cdot \Delta + (1 - k_1 - k_2 - c) \cdot U, \quad (9)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  - коэффициенты значимости единичных показателей качества  $S$  и  $\Delta$  соответственно, тогда согласно (1) коэффициент значимости при единичном показателе качества  $U$  определили следующим образом:  $k_3 = 1 - k_1 - k_2 - c$  [4].

В данном конкретном случае применение операций (3) и (9) к системе (8) не выявило математического максимума в диапазоне существования  $\varepsilon$  и  $\alpha$ .

В подобной ситуации поиск рациональных значений технических и (или) технологических, и (или) организационных факторов следует вести прямым расчетом.

Для уменьшения объема работы и облегчения анализа полученных результатов при сохранении их статистической достоверности целесообразно проводить виртуальные (расчетные) эксперименты с использованием методов их планирования, например, по ортогональным латинским квадратам [5]. Положительной стороной применения такого метода является возможность учета как качественных, так и количественных уровней независимых переменных. Порядок соответствующего квадрата при этом выбирается на единицу больше, чем количество начальных влияющих факторов (или равным ему). Таким же образом определяется количество уровней изменения этих факторов.

В рассматриваемом примере выделили 5 независимых переменных ( $\varepsilon, \alpha, k_1, k_2, c$ ).

Поэтому выбрали ортогональный латинский квадрат 5-го порядка (рис.2).

12345	23451	34512	45123	51234
24153	41532	15324	53241	32415
45231	52314	23145	31452	14523
53412	34125	41253	12534	25341
31524	15243	52431	24315	43152

Рис.2. Ортогональный латинский квадрат 5-го порядка

Уровни указанных переменных, для которых проводили определение  $Q$  по формуле (9) системе (8), отображены в таблице 1.

Таблица 1

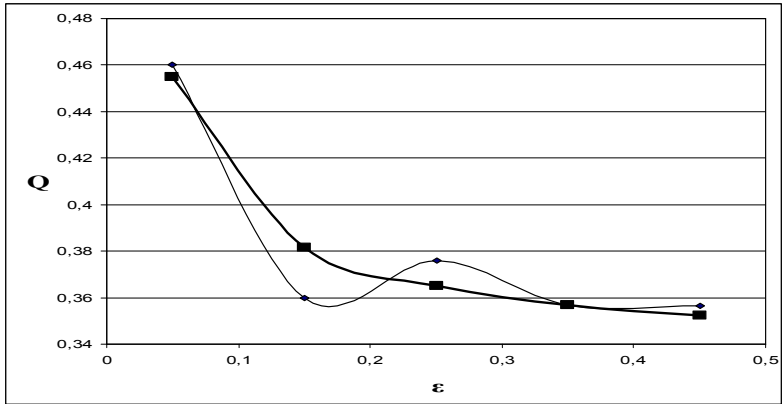
Уровни влияющих факторов (переменных)

№ переменной	Переменные	Уровни переменных				
		1	2	3	4	5
1	$\varepsilon$	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45
2	$k_1$	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4
3	$\alpha$	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45
4	$k_2$	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4
5	$c$	0	0,025	0,05	0,075	0,1

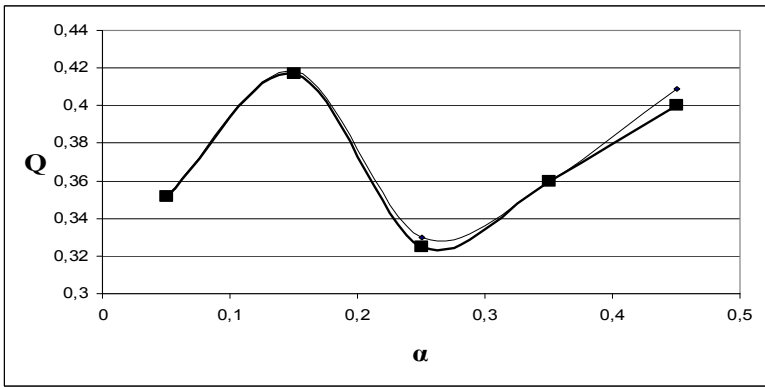
В каждой  $w$ -й ячейке плана расчетного эксперимента (см. рис. 2) представлена группа цифр. Место цифры означает номер переменной, а ее значение – уровень каждой переменной согласно данным таблицы 1.

Так, например, группе цифр «45231» в 11-й ячейке соответствует значение  $Q = 0,4312$  (рассчитано отдельно), которое получено при  $\varepsilon = 0,35; \alpha = 0,45; k_1 = 0,25; k_2 = 0,3; c = 0$ .

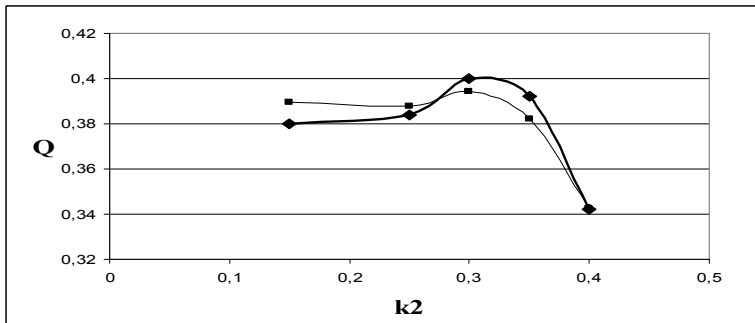
После расчета значений комплексного показателя качества для всех ячеек матрицы, их логарифмирования, усреднения данных для каждого уровня каждой переменной и потенцирования (согласно известным процедурам обработки [5]) получили частные зависимости  $Q$  от каждой переменной (рис.3).



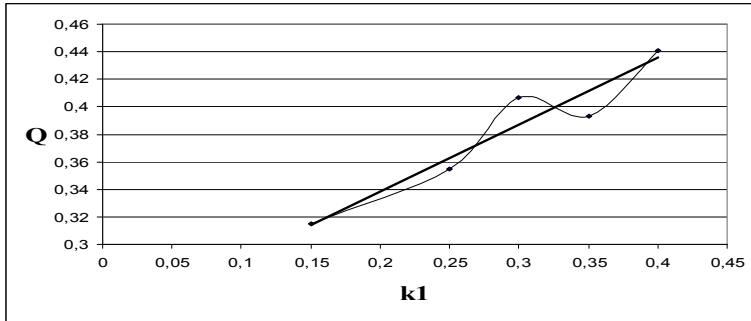
a



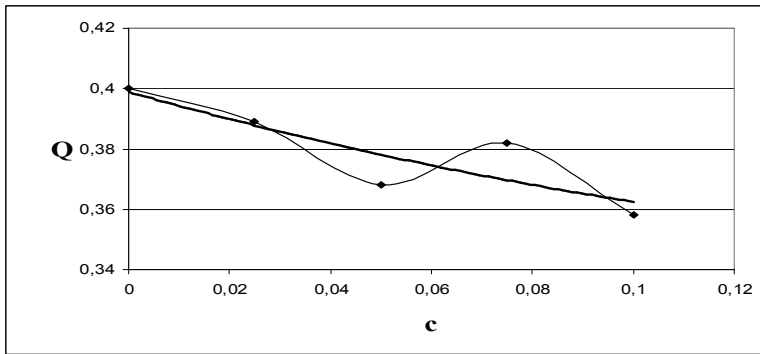
б



B



Г



Д

Рис. 3. Частные зависимости комплексного показателя качества  $Q$  от степени деформации ( $a$ ), полуугла волокна ( $b$ ), коэффициентов значимости ( $\beta$ ,  $\varepsilon$ ), и неопределенности ( $d$ )

Согласно использованному методу планирования, величина  $Q$  определяется формулой [5]:

$$Q = N \cdot Q_1(\varepsilon) \cdot Q_2(\alpha) \cdot Q_3(k_1) \cdot Q_4(k_2) \cdot Q_5(c) \quad (10),$$

где  $Q_1, \dots, Q_5$  - ординаты на графиках для выбранных значений аргументов.

Аппроксимация полученных данных представлена трендами на графиках и аналитическими зависимостями, приведенными ниже:

- для степени деформации металла (см. рис. 3,  $a$ ):

$$Q_1(\varepsilon) = \frac{1}{3,08 - 0,15 \cdot \varepsilon^{-0,591}}; \quad (11)$$

- для угла волокна при  $\alpha \geq 0,05 \dots 0,21$  (см. рис. 3,  $b$ ):



$$Q_2(\alpha) = -7,88 \cdot \alpha^2 + 2,23 \cdot \alpha + 0,26; \quad (12)$$

при  $\alpha \geq 0,21$ ;

$$Q_2(\alpha) = 4,79 \cdot \alpha^2 - 2,88 \cdot \alpha + 0,77; \quad (13)$$

- для коэффициента значимости  $k_i$  при характеристике  $S$  предела прочности металла (см. рис. 3, в):

$$Q_3(k_1) = 0,485 \cdot k_1 + 0,2416; \quad (14)$$

- для коэффициента значимости при характеристике относительного удлинения металла для  $k_2 \geq 0,15 \dots 0,275$  (см. рис. 3, з):

$$Q_4(k_2) = 0,392 - 0,001626 \cdot k_2; \quad (15)$$

для  $k_2 \geq 0,275$ :

$$Q_4(k_2) = -5,58 \cdot k_2^2 + 3,3875 \cdot k_2 - 0,1197; \quad (16)$$

- для характеристики неопределенности описания объекта (см. рис.3,д):

$$Q_5(c) = 1,04 \cdot c^2 - 0,4676 \cdot c + 0,3989. \quad (17)$$

При этом нормирующий коэффициент  $N$  находится по формуле:

$$N = \frac{\sum_1^w N(w)}{w}, \quad (18)$$

для которого значения  $N_w$  для каждой  $w$ -й ячейки квадрата определяются с учетом трендов на рис. 3 и вычисляются по выражению:

$$N_w = \frac{Q_w}{Q_1(\varepsilon) \cdot Q_2(\alpha) \cdot Q_3(k_1) \cdot Q_4(k_2) \cdot Q_5(c)}, \quad (19)$$

где  $Q_1 \dots Q_5$  - ординаты представленных частных зависимостей, которые соответствуют значениям переменных согласно числовому коду переменных в квадрате (см. рис. 2) и их значениям в таблице 1, а  $Q_w$ - найденные расчетом значения комплексного показателя качества для соответствующих ячеек квадрата.

Набор значений  $N_w$  позволил с учетом средней величины  $N$  определить точность обработки данных путем вычисления их среднего квадратического отклонения и соответствующего коэффициента вариации. Для рассмотренного примера  $N=47,71$  с коэффициентом вариации  $\sim 0,12$  при вероятности 95%.

Использование представленных данных позволяет при учете возможностей реализации выбранной совокупности технических и (или) технологических, и (или) организационных факторов выбрать такие их значения, которые соответствуют наибольшему возможному уровню комплексного показателя  $Q$  качества процесса. В рамках данного примера этому соответствуют следующие значения:

- степень разовой деформации в волоке  $\varepsilon \leq 0,15$  (см. рис. 3,а), что объясняется уменьшением энергетических затрат на ведение процесса волочения (при необходимости увеличения степени деформации можно рекомендовать значение  $\varepsilon \approx 0,25$ );

- полуугол волоки  $\alpha \approx 0,15$  (см. рис. 3,б), что соответствует минимуму энергозатрат на ведение процесса и практике волочения;

- следует предпринимать меры по повышению значимостей  $k_1$  (см. рис. 3, в) и  $k_2$  (см. рис. 3,г);

- естественно, что уменьшение неопределенности  $c$  описания процесса приводит к увеличению  $Q$  (см. рис. 3,д).

По мере увеличения единичных показателей качества и параметров процесса сложность задачи резко возрастает.

В качестве следующего примера рассмотрели оптимизацию процесса выплавки ферросиликомарганца при комбинации трех единичных показателей качества: производительность печи  $\Pi_n$  (в т/час), степень извлечения марганца  $\eta_{Mn}$  (в долях от 1,0), удельный расход электроэнергии  $G_{уд}$  (в кВт-час/т), зависящих от трех  $x_j$ : технического фактора - силы тока электрода  $I_e$  (в кА), технологического фактора - активного сопротивления электрода  $R_e$  (в миллиомах - мОм) и организационного фактора - времени  $t_{мет}$  проведения процесса (в мин) [6].

При учете особенностей обработки результатов производственных исследований [7] и требований к квалиметрии, изложенных выше, получили систему уравнений для расчета единичных показателей в функции от параметров процесса [6].

Соответственно, на основе математической обработки массива производственных данных были получены зависимости:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\eta}_{Mn} = 0,99 \cdot (\bar{I}_3)^{0,436} \cdot (\bar{R}_3)^{-0,005} \cdot (\bar{t}_{мет})^{0,453} ; \\ \bar{G}_{yд.} = 0,92 \cdot (\bar{I}_3)^{-0,019} \cdot (\bar{R}_3)^{0,132} \cdot (\bar{t}_{мет})^{-0,093} ; \\ \bar{\Pi}_n = 0,9 \cdot (\bar{I}_3)^{1,852} \cdot (\bar{R}_3)^{0,959} \cdot (\bar{t}_{мет})^{-0,049} , \end{array} \right. \quad (20)$$

где риска над идентификатором означает соответственную его величину, приведенную к диапазону 0...1.

На основании (1) для  $c \neq 0$ , с учетом предварительных данных о значимом влиянии факторов на  $Q$  и представлении комплексного показателя качества в виде среднего арифметического взвешенного получили:

$$Q = k_1 \cdot \bar{\eta}_{Mn} + k_2 \cdot \bar{G}_{yд.} + (1 - k_1 - k_2 - c) \cdot \bar{\Pi}_n. \quad (21)$$

Применение операции (3) к уравнению (21) с учетом системы (20) выявило наличие математического максимума лишь для одного фактора  $\bar{R}_3$ , значение которого оказалось вне реального диапазона существования этого параметра.

Поэтому для поиска приемлемых значений производственных факторов осуществили расчетный эксперимент по плану ортогонального латинского квадрата [5] 7-го порядка, который определился количеством следующих независимых переменных:  $(\bar{I}_3, \bar{R}_3, \bar{t}_{мет}, k_1, k_2, c)$  (рис. 4).

111111/1	222222/2	333333/3	444444/4	555555/5	666666/6	777777/7
234567/8	345671/9	456712/10	567123/11	671234/12	712345/13	123456/14
357246/15	461357/16	572461/17	613572/18	724613/19	135724/20	246135/21
473625/22	514736/23	625147/24	736251/25	147362/26	251473/27	362514/28
526374/29	637415/30	741526/31	152637/32	263741/33	374152/34	415263/35
642753/36	753164/37	164275/38	275316/39	316427/40	427531/41	531642/42
765432/43	176543/44	217654/45	321765/46	432176/47	543217/48	654321/49

Рис. 4. Ортогональный латинский квадрат 7-го порядка (в ячейках - «управляющее» число/номер ячейки)

Соответствующие уровни указанных переменных отображены в таблице 2.

После обработки данных по алгоритму, представленному выше, сформулировали следующие результаты анализа:

Таблица 2

## Уровни влияющих факторов (независимых переменных)

№ переменной, $d$	Идентификаторы переменных	Уровни переменных						
		1	2	3	4	5	6	7
1	$\bar{I}_3$	0,45	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91	1
2	$\bar{R}_3$	0,25	0,38	0,5	0,63	0,75	0,88	1
3	$\bar{t}_{мет}$	0,12	0,27	0,41	0,56	0,71	0,85	1
4	$k_1$	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35
5	$k_2$	0,35	0,375	0,4	0,425	0,45	0,47	0,5
6	$c$	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1

-  $Q$  увеличивается при росте  $\bar{I}_3, \bar{R}_3, k_1, k_2$  и уменьшении неопределенности  $c$  описания объекта;

- существенной является степень влияния на величину  $Q$  рассмотренных факторов в выделенных диапазонах их изменения;

- можно отметить повышение  $Q_1$  с 0,58 до 0,68, т.е на ~17% в реальном диапазоне изменения силы тока;  $Q_2$  - с 0,63 до 0,69, т.е на 9%;  $Q_3$  - с 0,62 до 0,63 (2%); для коэффициентов значимости: при извлечении марганца  $Q_4$  на ~6%, при энергозатратах  $Q_5$  - на ~11%. Эти данные свидетельствуют, что для максимизации комплексного показателя качества процесса следует стремиться к реализации наибольших возможных значений тока, сопротивления и времени;

- понятной является качественная зависимость  $Q$  от  $c$ , что повышает целесообразность разумного увеличения количества учитываемых факторов и точности описания ими объекта;

- рост  $Q$  при увеличении  $k_1, k_2$  и, как показывает анализ формулы (21), -  $k_3$  также делает важной адекватную оценку экспертами значимости управляемых факторов при учете конъюнктуры и надежности данных.

В результате, появляется возможность управления процессом при выбранной совокупности единичных показателей качества при

таких значениях технических и (или) технологических, и (или) организационных факторов, которые соответствуют наибольшему возможному уровню комплексного показателя  $Q$  качества.

Представленные данные согласуются с реалиями производственной практики. Таким образом, полученные данные отображают реализацию разработанного усовершенствованного метода для максимизации комплексного показателя качества при использовании известных данных.

### **5.4.3. Полный цикл применения метода в рамках организационной системы**

Часто складывается ситуация, когда конкретный вид зависимости  $y_i = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$  заранее неизвестен, а необходимые литературные данные отсутствуют. Тогда первым этапом задачи максимизации комплексного показателя качества становится определение номенклатуры единичных показателей качества с их коэффициентами значимости и вид зависимости  $y = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$ .

В технической сфере такие связи обычно можно выявить в ходе теоретических и (или) экспериментальных исследований и представить соответствующими формулами (см. выше).

Особенностью организационной сферы является её сильная зависимость от «человеческого фактора», что обуславливает целесообразность применения методов статистического анализа.

В качестве относительно простого примера такого подхода в рамках разработанного метода рассмотрели формирование рейтинга деятельности (по сути - ранжирования) гуманитарных кафедр (философии, политологии и социологии, истории и украиноведения, физического воспитания) НМетАУ за период 2009 ...2012 г.г., когда перечень показателей работы и их коэффициентов значимости были относительно стабильными. При этом учли, что количество гуманитарных кафедр и показателей их деятельности в несколько раз меньше, чем выпускающих кафедр.

При анализе статистического материала в ходе экспертной оценки был определен перечень параметров работы  $x_j$ , подлежащих управлению, и зависимые от них единичные показатели качества  $y_i$ . Для дальнейшего рассмотрения были отобраны следующие единичные показатели качества:  $y_1$  - «количество защищенных диссертаций» с коэффициентом

значимости  $k_1=0,045$ ;  $y_2$  - «качество обучения» ( $k_2=0,013$ );  $y_3$  - «количество опубликованных монографий и учебников» ( $k_3=0,03$ );  $y_4$  - «количество опубликованной учебной – методической литературы» ( $k_4=0,07$ );  $y_5$  - «количество опубликованных статей и полученных патентов» ( $k_5=0,33$ );  $y_6$  - «количество опубликованных тезисов» ( $k_6=0,25$ );  $y_7$  - «количество опубликованных статей, патентов, и тезисов со студентами» ( $k_7=0,24$ ), - а также - параметры, которыми можно управлять:  $x_1$  - «материальное обеспечение учебного процесса (МОУП)», который отображает данные о наличие учебных помещений на кафедре;  $x_2$  - «квалификационное обеспечение учебного процесса (КОУП)», который отображает количество преподавателей с научными степенями и званиями на кафедре, отнесенные к общему количеству преподавателей на кафедре.

Все указанные параметры представляли в безразмерном и нормированном (в диапазоне  $0 \dots 1$ ) виде. При этом неопределенность полноты описания составила  $c = 0,022$ . Полученные данные, которые считали эргодичными, представлены в таблице 3.

Конкретизация зависимостей  $y_i = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$  может быть реализована путем регрессионного анализа [8].

Но для этого нужен достаточный статистический материал, который соответствовал бы закону нормального распределения (ЗНР) [8].

Проверка данных таблицы 3 на соответствие ЗНР средствами стандартного компьютерного обеспечения не выявило такого необходимого соответствия, что не позволило применить к ним регрессионный анализ.

Одним из путей улучшения качества статистического материала является использование приемов бутстреп анализа, который представляет собой метод последовательного многократового компьютерного генерирования и тиражирования данных при помощи датчика случайных чисел [9].

Таблица3

## Показатели и параметры учебного процесса

$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	Місце у рейтингу	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,77	0,78	0	0,83	0,76	0,75	0,55	1	1	3	2008/09
0	0,62	1	1	1	0	0,94	0,216	0	1	
1	0,67	0,4	0	0	1	0,11	0,0236	0	5	
0,58	1	0	0,89	0	0	1	0,55	0,554	4	
0,84	0,58	0	1	0,21	0,93	0,32	1	1	3	2009/10
0,26	0,74	0,2	0,99	1	0	1	0	0,381	1	
1	0,76	1	0	0,13	0	0,11	0	0,027	2	
0,51	1	0	0,88	0	1	0,43	0,46	0,56	4	
0,84	0,48	0,64	1	1	1	0,45	1	0,88	1	2010/11
0,38	1	0	0,93	0,15	0	1	0	0,61	2	
1	0,79	0,43	0	0	0	0,2	0	0	3	
0,66	0,95	1	0,8	0	0,14	0,16	0,83	1	4	
0,84	0,67	0,5	0,95	0,54	1	0,61	0,746	1	2	2011/2012
0,34	1	0,61	0,95	0,53	0,72	1	0,534	0,28	3	
1	0,88	1	1	1	0,38	0,18	0,024	0	1	
0,77	1	0	0,78	0,35	0	0,69	1	0,89	4	

При этом, обеспечиваются статистические характеристики новой расширенной выборки на основе аналогичных параметров исходной выборки [9]. Успешность такой обработки существенно зависит от качества исходной, пусть - и малой выборки данных: характеристики распределения последней не должны сильно отличаться от генеральной совокупности.

При применении метода бутстреп анализа к данным таблицы 3 отмечен позитивный сдвиг в сторону НЗР характера распределения новой выборки. Однако, характеристики распределения расширенной выборки при 3...4 тысячах «бутстрепов» по-прежнему существенно отличались от НЗР.

В результате, в данном конкретном случае, прямое использование регрессионного анализа стало неприемлемым. Поэтому для обработки представленного статистического материала использовали факторный анализ как менее чувствительный к воздействию помех и отклонений исходной выборки от НЗР [10]. При этом учли, что факторный анализ выявляет «скрытые» связи между переменными, основываясь на всей совокупности статистических данных. Силу этих связей оценивают нормированной величиной, называемой факторной нагрузкой, а характер зависимости (возрастающая или убывающая) – соответствующим знаком. Особенностью факторного анализа, существенно усложняющей его применение, является необходимость интерпретации полученных данных в рамках исследуемой модели.

В данном случае факторную модель строили на основе метода главных компонент [10], а ее адекватность проверяли путем сравнения редуцированной матрицы факторного отображения с корреляционной матрицей. Такая модель допускает «вращение» рассчитанных факторных нагрузок (по методу варимакс)[10], что облегчает в ряде случаев интерпретацию данных и получение простой (понятной) структуры.

Результаты расчета для трех факторных нагрузок  $F_1, F_2, F_3$  представлены в таблице 4, а соответствующие доли объясняемой дисперсии - в таблице 5.

Увеличение количества факторов не дало дополнительной информации о существенных связях между переменными, но снизило факторные нагрузки и значимость факторов.

При последующей интерпретации полученных показателей сделали вывод, что фактор  $F_1$  отвечает материальной обеспеченности кафедры,  $F_2$  демонстрирует результаты их



инновационной деятельности, а  $F_3$  определяется квалификационным уровнем преподавательского состава.

Таблица 4  
Факторы с их факторными нагрузками для каждой переменной

$F_1$	$F_2$	$F_3$	Показатели
0,523363	-0,738988	0,068969	$x_1$
0,096786	0,512465	0,661272	$x_2$
0,439618	0,117244	- 0,636789	$y_1$
-0,885487	0,170552	-0,160704	$y_2$
- 0,414654	0,161267	- 0,834804	$y_3$
- 0,236377	- 0,705750	- 0,162724	$y_4$
- 0,656721	0,660683	0,086554	$y_5$
- 0,665630	- 0,602159	0,122242	$y_6$
- 0,718408	- 0,514686	0,290731	$y_7$

Таблица 5

Дисперсия факторов по таблице 4

Факторы	Дисперсия, %	
	для фактора	всех факторов
1	44,51	44,51
2	26,59	71,10
3	11,57	82,67

Как следует из таблицы 5,  $F_1$  «берет на себя» 44,5%, а все три фактора, которые были учтены, в сумме дают 82,7% общей дисперсии выборки, что представляется приемлемым.

Данные таблицы 4 позволяют определить перечень существенных (с факторными нагрузками  $\geq 0,5$ ) зависимостей  $y_i$  от  $x_j$ :

для фактора  $F_1$  -  $y_2 = \varphi_1(x_1)$ ;  $y_5 = \varphi_2(x_1)$ ;  $y_6 = \varphi_3(x_1)$ ;  
 $y_7 = \varphi_4(x_1)$ ;

- для  $F_2$  -  $y_4 = \varphi_5(x_1; x_2)$ ;  $y_5 = \varphi_6(x_1; x_2)$ ;

$y_6 = \varphi_7(x_1; x_2)$ ;  $y_7 = \varphi_8(x_1; x_2)$ ;

- для  $F_3$  -  $y_1 = \varphi_9(x_2)$ ;  $y_3 = \varphi_{10}(x_2)$ .

Вследствие этого появилась возможность представить зависимости  $y_i$  от  $x_j$  при использовании численных данных таблицы 3 с последующим выбором вида функциональных зависимостей и аппроксимацией данных по минимуму среднего квадратичного отклонения. В результате, получены соответствующие формулы:

$$y_1 = (-6,24x_2^2 + 9,34x_2 - 2,84); \quad (22)$$

$$y_2 = (1,23x_1^2 - 1,5x_1 + 1,3); \quad (23)$$

$$y_3 = (-1,02x_2 + 1,22); \quad (24)$$

$$y_4 = (-0,999 + 0,71x_2 + 4,31x_1 + 1,15x_2^2 - 5,32x_1 \cdot x_2 - 0,042x_1^2); \quad (25)$$

$$y_5 = \varphi_2(x_1) + \varphi_6(x_1; x_2) = (-1,11x_1 + 1,34) + (1,26 - 0,99x_2 - 0,024x_1 + 0,92x_2^2 - 0,57x_1 \cdot x_2 - 0,46x_1^2); \quad (26)$$

$$y_6 = \varphi_3(x_1) + \varphi_7(x_1; x_2) = (-8,05x_1 + 10,6x_1 - 2,5) + (6,52 - 14,6x_2 + 0,71x_1 + 6,8x_2^2 + 4,81x_1 \cdot x_2 - 3,66x_1^2); \quad (27)$$

$$y_7 = \varphi_4(x_1) + \varphi_8(x_1; x_2) = (0,69x_1 + 0,21) + (2,72 - 5,09x_2 + 3,23x_1 + 0,85x_2^2 + 3,92x_1 \cdot x_2 - 5,48x_1^2). \quad (28)$$

Представленная идентификация зависимостей  $y_i = \varphi(x_1, x_2 \dots x_j)$  также позволила определить в среде Statistical11 факторные нагрузки для каждой из указанных совокупности переменных по строкам табл.3.

В результате, стала возможной оценка средних соответствующих значений факторных нагрузок при учете воздействия всех трех факторов на формирования указанных зависимостей. Данные отражены в таблице 6.

Представленные результаты позволили также получить зависимость  $F_{cp}$  от  $x_1$  и  $x_2$  (рис. 5)

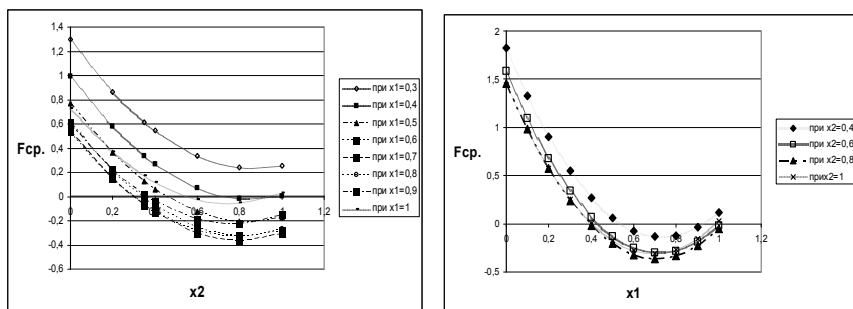


Рис. 5. Зависимость средних факторных нагрузок от управляемых факторов  $x_1$  та  $x_2$

Таблица 6  
Факторы с их факторными нагрузками для каждой совокупности переменных по таблице 3

$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_{ср.}$	Место в рейтинге
-0,21	-1,22	0,96	-0,16	3
1,48	1,24	1,21	1,31	1
-1,61	0,8	0,18	-0,33	5
0,82	-0,24	-1,49	-0,31	4
-0,5	-1,51	0,17	-0,61	3
1,35	0,67	0,57	0,86	1
-1,37	1,29	-0,16	-0,08	2
-0,03	-0,31	-0,82	-0,39	4
-0,19	-0,99	1,64	0,15	1
1,12	0,15	-1,37	-0,03	2
-1,3	1,12	-0,59	-0,25	3
-0,48	-0,59	-0,55	-0,54	4
-0,02	-1,07	0,3	-0,27	2
1,08	0,36	-0,26	0,39	3
-0,25	1,05	1,25	0,68	1
0,12	-0,74	-0,69	-0,44	4

Следующим шагом стало определение функционала  $Q$  по формуле (4) с учетом уравнений (22...28) и коэффициентов значимости  $k_i$ , представленных выше.

Как и в некоторых предыдущих случаях, применением операции (3) не удалось аналитически выявить стабильный максимум  $Q$ .

Также безуспешной оказалась попытка использования для этого методов линейного и нелинейного программирования, вероятно, из-за отсутствия явно выраженных экстремумов  $Q$ .

Поэтому значение  $Q$  в диапазоне существования  $x_1$  и  $x_2$  определили прямым расчетом (рис. 6), чему способствовало в данном случае наличие лишь - одно и двух - мерных зависимостей  $y_i$  от  $x_j$ . Наличие большего количества аргументов  $x_j$  потребовало бы реализации расчетных экспериментов с применением методов их планирования (см. 5.4.2).

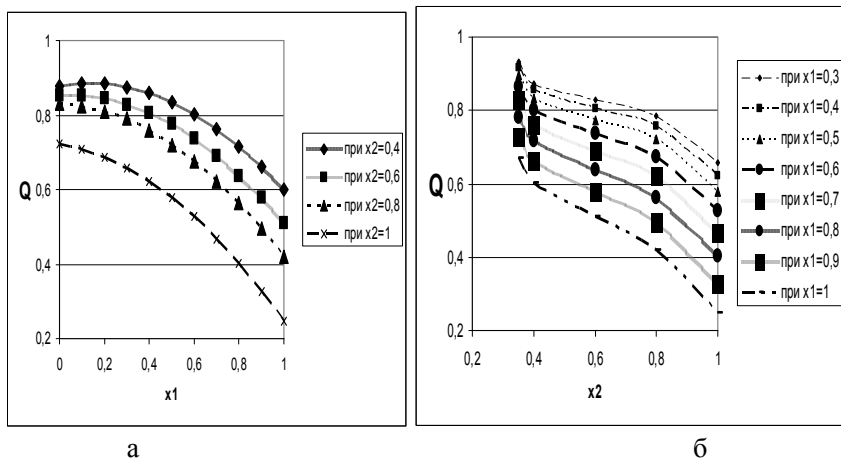


Рис.6. Зависимость комплексного показателя качества от факторов  $x_1$  и  $x_2$

Анализ полученных данных показал, что общей тенденцией является рост  $Q$  при уменьшении фактора «МОУП» (см. рис. 6, а), но при  $x_2 \sim 0,4$  в диапазоне  $x_1 = 0,1 \dots 0,3$  имеет место максимум  $Q$ . Следовательно, в этих условиях параметр «МОУП» целесообразно обеспечивать на указанном уровне. Это, в данном конкретном случае, может быть объяснено тем, что для гуманитарных кафедр отсутствие специализированных помещений не является критичным, а учебный процесс обеспечивается аудиторным фондом общего назначения.

Интересным является результат об общей тенденции снижения уровня  $Q$  при уменьшении параметра «КОУП» (рис. 6, б). Это может быть следствием того, что избыток преподавателей со степенями уменьшает уровень их мотивации и активности. При  $x_2 = 0,4 \dots 0,8$  в диапазоне  $x_1 = 0,3 \dots 0,4$  такая зависимость проявляется слабее, поскольку при  $x_2 < 0,4$  недостаток преподавателей с научными степенями может привести к дефициту идей и научных руководителей для аспирантов и соискателей. Это указывает на то, что необходимо обеспечивать рациональное соотношение между преподавателями, имеющими научные степени, и теми, которые их не имеют.

Последний результат представляется дискуссионным и требует дополнительной проверки с использованием расширенного статистического материала, например, на основе данных выпускающих кафедр.

Следует иметь в виду, что приведенные количественные данные по указанным рациональным уровням  $x_1$  и  $x_2$  представлены в относительном виде и отражают весь массив статистического материала (см. табл. 3).

Поэтому необходимо провести сравнение результативности фактических значений  $x_1$  и  $x_2$  с зафиксированными местами в рейтинге (см. таблицу 3).

Это дает возможность определить рациональные значения  $x_j$  обеспечивающие высокие места в рейтинге путем сопоставления с ними одной из двух величин:

- комплексного показателя качества  $Q$  (рис 6);
- средних значений факторных нагрузок  $F_{cp}$  (рис.5).

На рис. 7 представлены соответствующие зависимости.

Согласно данным рис. 7, а для получения высоких мест в рейтинге следует обеспечить  $Q$  на уровне  $0,65 \dots 0,85$ , что соответствует значениям  $x_1 = 0,1 \dots 0,3$ ;  $x_2 \sim 0,4$  и согласуется с результатами анализа рис. 6.

Можно отметить приемлемый уровень детерминации: примерно 0,7.

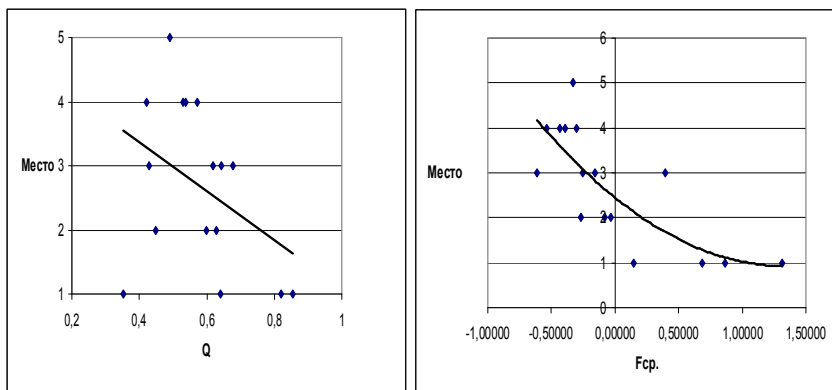


Рис. 7. Статистическая связь места в рейтинге с комплексным показателем качества (а) и средней факторной нагрузкой по строкам табл. 3 (б)

Согласно данным рис. 7,б для достижения высоких мест в рейтинге следует обеспечить уровень средних значений факторных нагрузок по всем показателям деятельности любой кафедры (из приведенного перечня) на уровне 0,5 ... 1,25, что соответствует  $x_1 < 0,2$  и близко к рекомендациям, приведенным выше.

Тестирование представленного метода осуществили путем прогнозирования рейтинговой оценки деятельности указанных гуманитарных кафедр и сопоставления полученных результатов с соответствующей фактической оценкой за 2012/13 уч. год (табл.7).

При этом, можно сделать вывод, что полученные при помощи усовершенствованного метода максимизации комплексного показателя качества, результаты очень близки к фактически полученным местам кафедр в рейтинге.

Также выявлена высокая степень корреляции между фактическими и прогнозными показателями, что говорит о адекватности и эффективности использования предложенного метода в организационной сфере для прогнозирования желаемого результата.

Обобщенный алгоритм реализации усовершенствованного метода отражен на рис. 8.

Таблица 7

Данные рейтинга за 2012/2013 гг.

Кафедра	Место в рейтинге	$x_1$	$x_2$	Оценивание по комплексному показателю качества		Оценивание по средней величине факторных нагрузок	
				$Q_{опп.}$	Место при анализе	$F_{ср.}$	Место при анализе
Философии	1	0,37	0,89	0,72	1	0,15	1
Физического воспитания	2	0,83	0,69	0,60	2...3	-0,25	3
Истории и украиноведения	3	0,91	0,55	0,62	2...3	-0,24	3
Социологии и политологии	4	1,0	1,0	0,26	4	-0,1	2

Таким образом, анализ методов менеджмента и существующей практики оценки эффективности принятия решений показал, что разработка метода квалиметрической оценки комплексного показателя качества эффективности управляющих решений является актуальной.

Представлен усовершенствованный метод квалиметрического обеспечения эффективности управляющих решений для любого объекта экономической деятельности с использованием специального математического аппарата (бутстреп анализа, факторного и регрессионного анализа, а также планирования виртуального эксперимента).

Метод квалиметрической оценки объектов управления был использован в технической и технологической сферах в условиях волочения стальной проволоки и выплавке ферросиликомарганца. Это позволило определить рациональные условия реализации указанных процессов, соответствующие производственной практике.

*Указанный метод апробирован в организационной сфере деятельности на примере рейтингового оценивания работы некоторых подразделений Национальной металлургической академии Украины.*

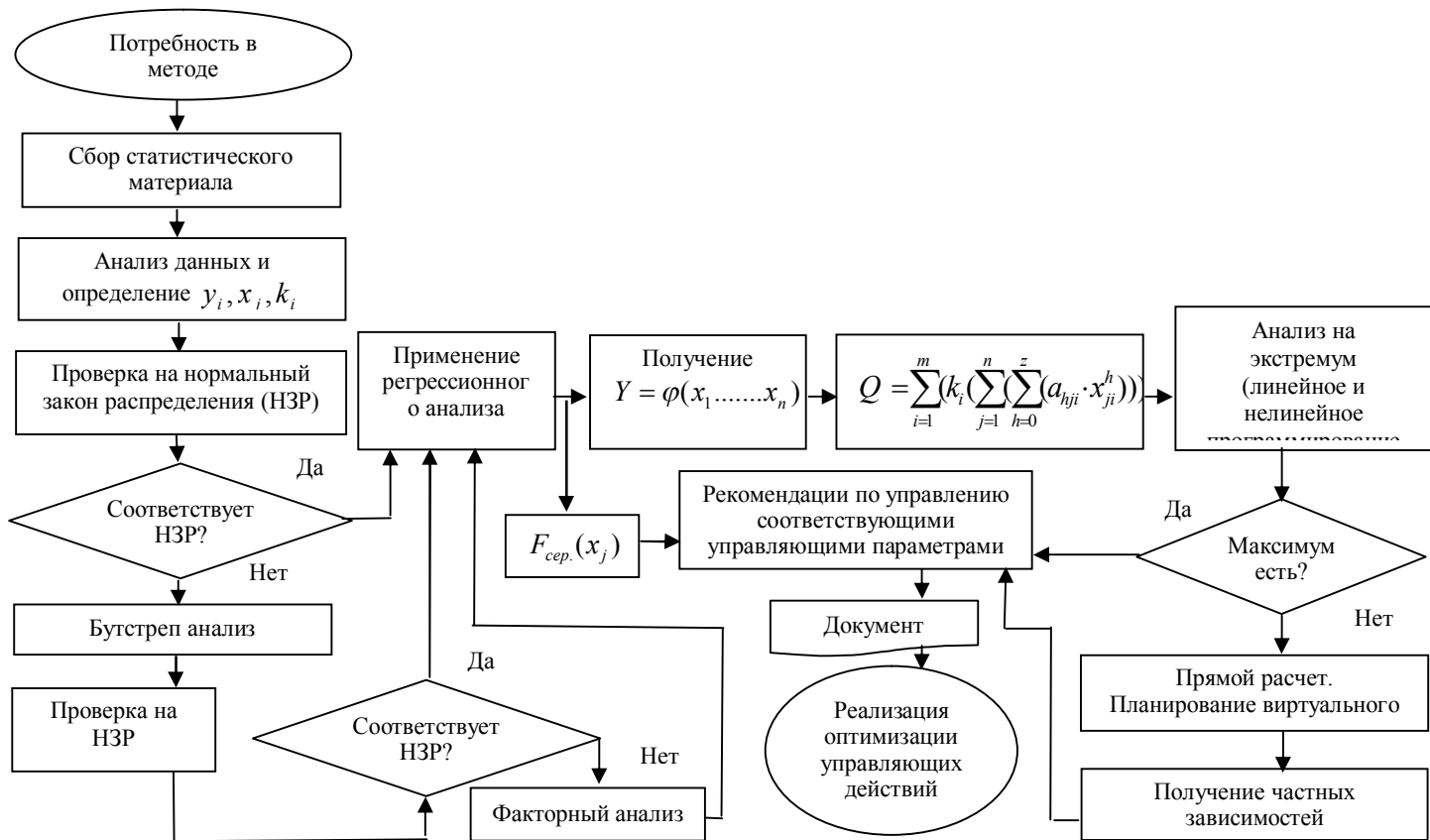


Рис. 8. Блок-схема алгоритма реализации усовершенствованного метода квалиметрического обеспечения эффективности управляющих решений



Сравнение показало высокую степень адекватности рекомендаций и фактического положения в последующий период.

Усовершенствованный метод представлен в виде целостного алгоритма, с учетом свойств исходного статистического материала и сформулированных ограничений.

#### Список источников

1. Должанський А.М., Очеретна Н.М., Ломов І.М. Менеджмент якості та системи управління якістю. – Дніпропетровськ: СВДЛЕР А.Л., 2011.-452с.
2. Должанський А.М., Бондаренко О.А., Метод максимізації комплексного показника якості об'єкту шляхом оптимізації керуючих дій// Стандартизація, сертифікація, якість.-2012.-№4.-С. 50-61.
3. Юхвец И.А.Волоочильное производство/ И. Юхвец.- М.: Металлургия, 1965.-374с.
4. Должанський А.М., Бондаренко О.А., Максимизация комплексного показателя качества процесса волочения с учетом квалиметрической оценки параметров производства// Металлургическая и горнорудная промышленность.-2013.-№1.-С. 43-47.
5. Засименко В.М. Основи теорії планування експерименту /В. Засименко – Львів: Вид. Національного університету «Львівська політехніка», 2000.- 205с.
6. Должанський А.М., Бондаренко О.А., Гладких В.А., Кузьменко С.Н., Максимизация комплексного показателя качества объекта путем его квалиметрической оценки// Методы менеджмента качества.-2013.-№7.-С.4-9.
7. Гладких В.А. Исследование основных функциональных связей между технологическими параметрами, электрическими характеристиками и технико-экономическими показателями выплавки ферросиликомарганца/ В. Гладких, С. Кузьменко // Металлургическая и горнорудная промышленность.-2012.-№3.-С.25-29.
8. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа.-М.: Статистика., 1980.-398 с.
9. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа.- М: «Финансы и кредит» , 1988.-263с.
10. Ибэрла К.Факторный анализ. –Москва: «Статистика»,1980.-398 с.

### **5.5. Компьютерное моделирование процесса газификации водоугольного топлива с использованием равновесной термодинамической модели**

Анализ ситуации, сложившейся в энергетической сфере, свидетельствует о том, что для решения энергетических проблем в Украине необходимо более широко использовать энергоресурсы, запасы которых имеются в стране в достаточном количестве. Украина располагает значительными запасами низкокалорийных углей [1, 2], широкое и эффективное применение которых позволит значительно расширить энергетическую базу страны. Сырьевая база низкокалорийного топлива также постоянно расширяется за счет отходов углеобогащения [3].

Перспективным направлением применения низкокалорийных углей как топлива, является получение на их основе высококонцентрированных суспензий, к которым относится водоугольное топливо [4, 5]. Водоугольное топливо имеет свойства, позволяющие заменить им твердое, жидкое или газообразное топливо в различных топливотребляющих агрегатах без существенной их реконструкции, а при необходимости, возможно совместное использование водоугольного топлива и других видов топлива – мазута, угля, газа.

Одним из рациональных направлений использования водоугольного топлива является газификация. К преимуществам применения водоугольного топлива для газификации относится следующее: возможность использования низкосортных углей и углеотходов при изготовлении водоугольного топлива; взрыво- и пожаробезопасность на всех технологических стадиях приготовления и транспортировки; снижение вредных выбросов и запыленности атмосферы при использовании; простота подачи водоугольного топлива; снижение расхода окислителя в процессе газификации; рациональные пропорции угля и воды в составе топлива создают оптимальные условия для получения газа.

Газификация потока водоугольного топлива представляет собой сложный физико-химический процесс, протекающий, в условиях резкой неизотермичности среды, особенно на начальной стадии. Взаимодействие воды с углеродом топлива в этом процессе протекает через адсорбцию пара на угольной поверхности с образованием сложного комплекса, который затем разлагается с выделением в газовую фазу  $H_2$ ,  $CO$ ,  $C_xH_y$  [6].

Основными отличиями процесса воспламенения и газификации капли водоугольного топлива от газификации пылевидного твердого и распыленного жидкого топлива являются: низкотемпературная

активизация реакционной поверхности топлива на стадии воспламенения [6], возрастание удельной реакционной поверхности в основной зоне процесса газификации [7, 8] и интенсификация процесса газификации за счет реакции углерода топлива с водяным паром, протекающей параллельно основной реакции газификации.

Для переработки водоугольного топлива предлагается использование технологии поточной автотермической газификации в закрученном потоке, что обеспечивает высокую интенсивность процесса и высокую степень конверсии углерода [2, 9]. Полнота проработки водоугольного топлива в процессе поточной газификации составляет 98,5-99,7 %, что значительно выше, чем при пылевидном сжигании угля (85-90 %). Реализацию процесса газификации водоугольного топлива предлагается осуществлять в двухкамерном циклонном газификаторе с горизонтальной осью цилиндрических камер [2, 9].

В настоящее время для моделирования процессов в энергетике и металлургии используются методы термодинамических расчетов равновесного состояния, позволяющие определить термодинамические характеристики процесса и состав продуктов реакций. Эти методы часто применяют в исследовании различных углехимических процессов и технологий (газификация, горение, гидрогенизация, экология и т. д.).

Для описания термодинамического равновесия в настоящее время используются три группы методов:

- методы, основанные на законе действующих масс (уравнениях констант равновесия);
- методы, использующие понятия химического сродства и степени завершенности химических реакций;
- методы минимизации термодинамических потенциалов.

Методы третьей группы непосредственно используют свойство минимума энергии Гиббса  $dG$  в условиях равновесия. Минимальность значения энергии Гиббса относительно давления  $p$  и температуры  $T$  следует из неравенства Клаузиуса

$$-dG + v \cdot dp - S \cdot dT \geq 0, \quad (1)$$

и, поскольку  $G = f(p, T, n_i)$ , то, решая задачу на условный экстремум, можно найти равновесные концентрации компонентов  $n_i$  и значения всех параметров системы.

Различие подходов к решению задач термодинамического равновесия не означает возможности получения отличающихся результатов. Все приведенные методы являются следствием второго закона термодинамики и закона сохранения энергии, распространёнными на изолированные многокомпонентные

системы, находящиеся в состоянии равновесия. Отличительными особенностями и преимуществами методов третьей группы являются: сокращение необходимой для расчета информации; возможность моделирования большого числа самых разнообразных состояний и процессов; высокая степень универсальности и единообразия получаемой системы уравнений, которая пригодна без всяких изменений к расчетам любых видов.

Принцип минимизации термодинамических потенциалов реализован в программном комплексе расчета равновесных состояний многофазных гетерогенных систем. В основу алгоритма программного комплекса, положен принцип максимума энтропии в предельно равновесном состоянии [10].

Установление фазового и химического равновесия в любой системе – реальный, необратимый процесс. Для него характерно возрастание энтропии, выражаемое в соответствии со вторым началом термодинамики соотношением

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}. \quad (2)$$

При установлении равновесия происходит выравнивание всех термодинамических параметров системы (температуры, давления, энтальпии и т. п.) по занимаемому объему.

Поскольку термодинамическое равновесие возможно только при отсутствии обмена массой и энергией между системой и окружающей средой, максимум энтропии должен быть обусловлен постоянством состава химических элементов и внутренней энергии в силу закона сохранения энергии

$$dU = \delta Q - \delta A = \delta Q - p \cdot dv. \quad (3)$$

Совмещая выражения (2) и (3), получим

$$T \cdot dS \geq dU + \delta A \text{ или } T \cdot dS - dU - p \cdot dv \geq 0. \quad (4)$$

В общем случае система состоит из нейтральных и электрически заряженных компонентов газовой фазы ( $i=1, 2, \dots, k$ ) и отдельных конденсированных (твердых или жидких) фаз ( $l=1, 2, \dots, L$ ), выраженных в молях на единицу массы  $n_i$  и  $n_l$ . Тогда энтропия такой системы равна

$$S = \sum_{i=1}^k S_i^{(p_i)} \cdot n_i + \sum_{l=1}^L S_l \cdot n_l = \sum_{i=1}^k (S_i^0 - R_0 \cdot \ln \frac{R_0 \cdot T \cdot n_i}{v}) \cdot n_i + \sum_{l=1}^L S_l^0 \cdot n_l \quad (5)$$

где  $S_i^{(p_i)}$  - энтропия  $i$ -го компонента газовой фазы при том парциальном давлении  $p_i = R_0 \cdot T \cdot n_i / v$ , которой он будет иметь в равновесном состоянии;  $S_l$  - энтропия конденсированной фазы  $l$ , зависящей только от температуры;  $v$  - удельный объем всей

системы;  $S_i^0$  - стандартная энтропия  $i$ -го компонента газовой фазы при температуре  $T$  и давлении, равном 1 физической атмосфере.

Определение параметров равновесного состояния заключается в нахождении значений всех зависимых переменных, включая числа молей компонентов и фаз, при которых величина  $S$  достигает максимума.

При отыскании экстремума на величины искомым неизвестных накладываются следующие дополнительные связи, отражающие условия существования системы:

1. условие постоянства полной внутренней энергии при всех возможных химических превращениях, происходящих в связи с установлением равновесия;

2. условие материальной изолированности системы от окружающей среды (количество молей любого  $j$ -го химического элемента в исходном и конечном равновесном состоянии должно быть одинаковым);

3. условие электронейтральности системы в целом;

4. условие справедливости уравнения состояния идеального газа, отражающего связи между параметрами состояния системы и ее составом в рассматриваемом интервале параметров.

С математической точки зрения, отыскание максимума величины  $S$  (энтропии системы) сводится к решению задачи на условный экстремум. Для отыскания этого условного экстремума используется метод Лагранжа, [11] в соответствии с которым составляется вспомогательная функция Лагранжа вида

$$\Lambda = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_S \lambda_s \cdot \varphi_s(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (6)$$

где  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - функция, для которой ищется условный экстремум (в данном случае это выражение для энтропии);  $\varphi_s$  - условия, ограничивающие область допустимых значений переменных;  $\lambda_s$  - неопределенные множители Лагранжа;  $s$  - число условий.

Произведя подстановки, получим выражения для функции  $\Lambda$

$$\begin{aligned} \Lambda(p, T, n_i, n_l, \lambda_j, \lambda_e, \lambda_u, \lambda_p) = & \sum_{i=1}^k (S_i^0 - R_0 \cdot \ln \frac{R_0 \cdot T \cdot n_i}{v}) \cdot n_i + \sum_{l=1}^L S_l^0 \cdot n_l + \\ & + (U - \sum_{i=1}^{k+L} U_i \cdot n_i) \cdot \lambda_u + \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^{k+L} a_{ji} \cdot n_i - b_j) \cdot \lambda_j + (\sum_{i=1}^k a_{ei} \cdot n_i) \cdot \lambda_e + \\ & + (p \cdot v - R_0 \cdot T \cdot \sum_{i=1}^k n_i) \cdot \lambda_p \end{aligned} \quad (7)$$

Для того, чтобы найти экстремум величины  $S$ , необходимо продифференцировать полученную функцию  $\Lambda$  по всем неизвестным переменным  $p$ ,  $T$ ,  $n_i$ ,  $n_1$ ,  $\lambda_j$ ,  $\lambda_e$ ,  $\lambda_u$ ,  $\lambda_p$  и найденные выражения приравнять нулю. Составленная таким образом система уравнений описывает связи, существующие в равновесии между параметрами состояния и составом рассматриваемой многокомпонентной системы.

Для определения искомым неизвестных используется метод последовательных приближений Ньютона, который заключается в линеаризации исходных уравнений и последующем решении полученной системы путем итераций. Для линеаризации нелинейные члены уравнений разлагаются в ряд Тейлора относительно начального приближения. При этом ограничиваются только членами первого порядка [11].

В результате расчетная система уравнений становится линейной и может быть решена методом Гаусса. Полученное решение не будет окончательным, поскольку оно найдено относительно какого-то произвольно выбранного начального приближения для неизвестных, входящих в нелинейные члены. Для уточнения расчет повторяется с новым начальным приближением, равным результатам предыдущего шага, до тех пор, пока разница между двумя идущими подряд итерациями не станет меньше наперед заданной величины.

Представленный метод математического моделирования равновесного состава и свойств многокомпонентных гетерогенных систем позволяет производить термодинамические расчеты разнообразных химических и термических процессов с участием угля и продуктов его переработки. Поскольку в любом процессе соблюдается закон сохранения энергии при всех возможных химических превращениях, происходящих в связи с установлением равновесия, величина термодинамического потенциала (т.е. полной внутренней энергии) должна оставаться неизменной:

$$U = \int_{T_0}^T C_v \cdot dT + \Delta_f H^0(T_0), \quad (8)$$

Под полной внутренней энергией вещества подразумевается общий ее запас, который включает в себя тепловую составляющую энергии  $\int_{T_0}^T C_v \cdot dT$  и химическую составляющую энергии

$\Delta_f H^0(T_0)$ . Для тепловой составляющей полной внутренней энергии

в качестве точки отсчета чаще всего принимается температура 0 К. Химической составляющей энергии является энтальпия образования вещества при стандартных условиях  $\Delta_f H^0(298,15)$  и составляющая, зависящая от температуры  $H(T) - H(298,15)$ .

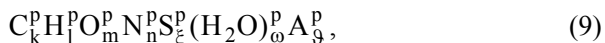
Существует два подхода к определению энтальпии образования угля и углесодержащих топлив:

- энтальпия образования определяется в виде суммы энтальпий образования элементов в стандартных состояниях [12, 13];

- энтальпия образования рассматривается как энергия, выделяющаяся или поглощающаяся при разложении органической массы угля [14].

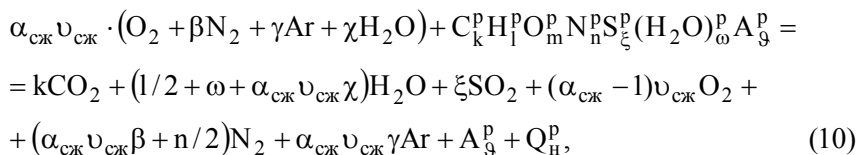
Известно, что угли состоят из горючей части и балласта (влаги и золы) [15, 16]. При термической переработке углей происходит нагрев минеральной массы до высоких температур, в результате чего вещества минеральной массы претерпевают превращения, включая процессы разложения и образования новых веществ при различных взаимодействиях. Характер процессов определяется свойствами среды, в которой реализуется процесс переработки, а также температурой.

Кроме того, уголь при переработке может использоваться как в рабочем состоянии, так и в подсушенном (т.е. с учетом только гигроскопической влаги), а также в виде водоугольной суспензии, что отражается на составе топлива и влияет на исходное состояние системы топливо-окислитель. Таким образом, состав угля и углесодержащих топлив при расчете представляют в виде химической брутто-формулы, например, в рабочем состоянии



где  $k, l, m, n, \xi, \omega, \nu$  - числа молей соответствующих компонентов углерода С, водорода Н, кислорода О, азота N, серы S, влаги  $H_2O$ , золы А в 1 кг угля в рабочем состоянии, моль/кг.

При этом, например, процесс сжигания в воздухе описывается следующим уравнением



где  $\nu_{\text{сж}}$  - число молей кислорода, необходимое для полного сжигания 1 кг угля с образованием основных компонентов, содержащих кислород  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ;

$\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\chi$  - число молей азота, аргона и паров воды во влажном воздухе на моль кислорода;  $\alpha_{\text{сж}}$  - коэффициент избытка окислителя;

$Q_{\text{H}}^{\text{p}}$  - низшая теплота сгорания угля, кДж/кг.

Аналогично можно описать процесс газификации. При этом коэффициент избытка окислителя будет меньше единицы и при нормальных условиях газ будет содержать  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

Уравнение можно записать в виде уравнения сохранения энтальпии

$$\begin{aligned} & \alpha_{\text{сж}} \nu_{\text{сж}} \cdot (I_{\text{O}_2} + \beta I_{\text{N}_2} + \gamma I_{\text{Ar}} + \chi I_{\text{H}_2\text{O}}) + \Delta_f H_{\text{угл}}^0 (298,15) = \\ & = k I_{\text{CO}_2} + (1/2 + \omega + \alpha_{\text{сж}} \nu_{\text{сж}} \chi) I_{\text{H}_2\text{O}} + \xi I_{\text{SO}_2} + (\alpha_{\text{сж}} - 1) I_{\text{O}_2} + , (11) \\ & + (\alpha_{\text{сж}} \nu_{\text{сж}} \beta + n/2) I_{\text{N}_2} + \alpha_{\text{сж}} \nu_{\text{сж}} \gamma I_{\text{Ar}} + g_{\text{A}_9}^{\text{p}} \Delta H_{\text{A}_9}^{\text{p}} + Q_{\text{H}}^{\text{p}} \end{aligned}$$

где  $I_i$  - энтальпия  $i$ -го вещества, кДж/моль, равная

$$I_i = H_i(T) - H_i(298,15) + \Delta_f H_i^0(298,15);$$

$\Delta_f H_{\text{угл}}^0(298,15)$  - энтальпия образования угля, кДж/кг;  $g_{\text{A}_9}^{\text{p}}$  -

массовая доля золы в 1 кг угля;

$\Delta H_{\text{fA}_9}^0(298,15)$  - суммарная энтальпия образования зольных компонентов угля, кДж/кг равная

$$\Delta H_{\text{fA}_9}^0(298,15) = \sum_{i=1}^n g_i \Delta H_{\text{f} 298.15 i}^0, \quad (12)$$

где  $g_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента в 1 кг золы;  $\Delta H_{\text{f} 298.15 i}^0$  - энтальпия образования  $i$ -го вещества золы, кДж/кг.

Для исследования основных закономерностей процесса газификации водоугольного топлива, полученного из низкосортных углей, проведены исследования с использованием программного комплекса для термодинамического расчета равновесного состава и свойств многокомпонентных гетерогенных систем, основанного на фундаментальных законах термодинамики [10,17].



Предполагается, что в рассматриваемом процессе образуется условно замкнутая система, в которой установилось локальное фазовое и химическое равновесие. Правомерность использования термодинамически равновесного моделирования объясняется высоким уровнем концентрации энергии в рассматриваемых объемах, высокими скоростями протекания процессов превращения, мгновенно приводящими среду в состояние локального равновесия.

Исходными данными являются состав и количество водоугольного топлива и окислителя, температура и давление процесса. В результате расчета определяется равновесный состав газа и твердой фазы и равновесные свойства системы ( $S$ ,  $I$ ,  $U$ ,  $C_p$  и т.д.). Быстрота расчета позволяет решать многовариантные технологические задачи с варьированием параметров процесса газификации.

Для оценки прогностической способности модели были использованы результаты, полученные при высокотемпературной газификации водоугольного топлива на опытных и опытно-промышленных установках [7-9]. Сопоставление расчетно-теоретических и экспериментальных данных при высокотемпературной газификации водоугольного топлива представлено на рис. 1.

Также проведено сравнение расчетно-теоретических и экспериментальных данных процесса низкотемпературной газификации водоугольного топлива на воздушном и кислородном дутье [18-20]. Сопоставление расчетно-теоретических и экспериментальных данных при низкотемпературной газификации представлено в таблице 1.

Сопоставление экспериментальных и расчетно-теоретических данных демонстрирует адекватность равновесной термодинамической модели. Расхождение данных с экспериментальными при расчетах высокотемпературной газификации в среднем составляет 5-6 %, в некоторых случаях до 9 %, при расчетах процесса низкотемпературной газификации расхождение теоретических данных с экспериментальными составляет 10-15 %.

Равновесная термодинамическая модель обеспечивает достаточную для практических целей точность расчета процесса газификации водоугольного топлива.

Таким образом, использование термодинамической равновесной модели делает возможным проведение исследований газификации водоугольного топлива при различных режимных

показателях процесса для разработки и выбора рациональных параметров.

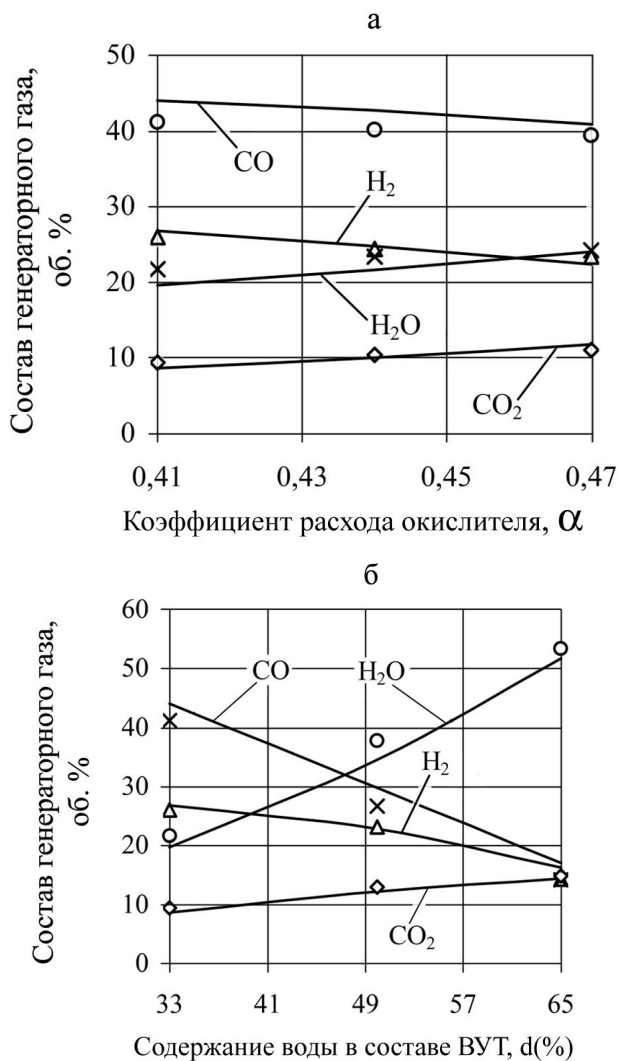


Рис.1. Зависимость состава генераторного газа при кислородной газификации водоугольного топлива

Таблица 1

Состав генераторного газа при низкотемпературной газификации  
водоугольного топлива

Параметр	Воздушная газификация		Кислородная газификация	
	расчетные данные	эксперимен- тальные данные	расчетные данные	эксперимен- тальные данные
Степень конверсии углерода	~ 83 %		~ 91,5 %	
Состав газа, об. %				
CO	21,5	19,5	45,2	42,4
H <sub>2</sub>	15,7	18,3	35,6	32,5
CO <sub>2</sub>	5,9	6,8	7,1	8,2
H <sub>2</sub> O	8,4	7,3	10,9	13,3
N <sub>2</sub>	48,1	46,6	0,67	1,15
Прочие	0,4	1,5	0,7	1,5

С целью определения основных параметров процесса газификации проведены расчетно-теоретические исследования газификации водоугольного топлива, полученного из газового угля Донецкого бассейна (уголь 70 %, вода 29 %, реагент-пластификатор 1 %), на воздушном и кислородном дутье. Результаты исследований представлены в виде графических зависимостей на рис.2 и рис. 3.

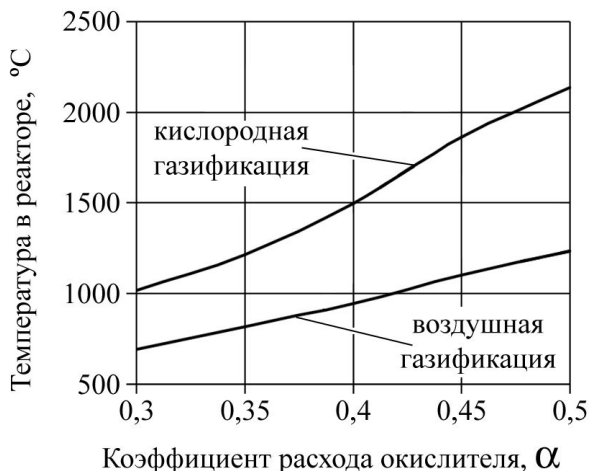


Рис.2. Равновесная температура в реакторе при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива

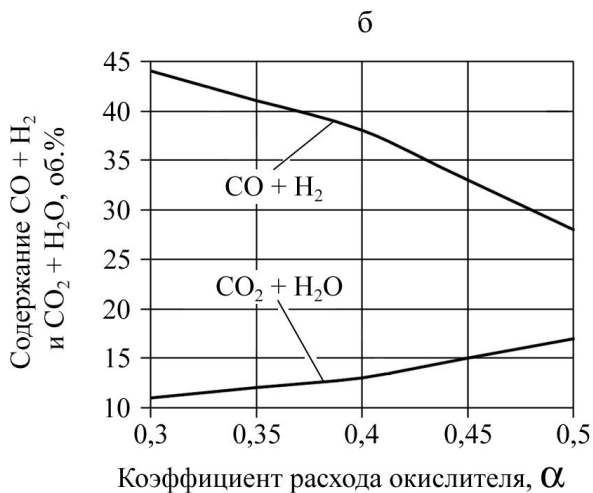
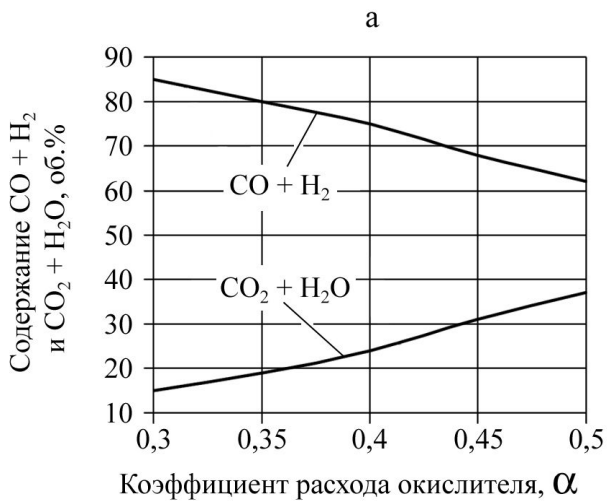


Рис.3. Содержание восстановительных и окислительных компонентов в генераторном газе при кислородной (а) и воздушной (б) газификации водоугольного топлива

При газификации угля основными объемными реакциями являются горение окиси углерода и водорода, а также конверсия окиси углерода водяным паром. Окись углерода и водород, участвующие в объемных реакциях, являются продуктами гетерогенных углеродных реакций. При увеличении температуры

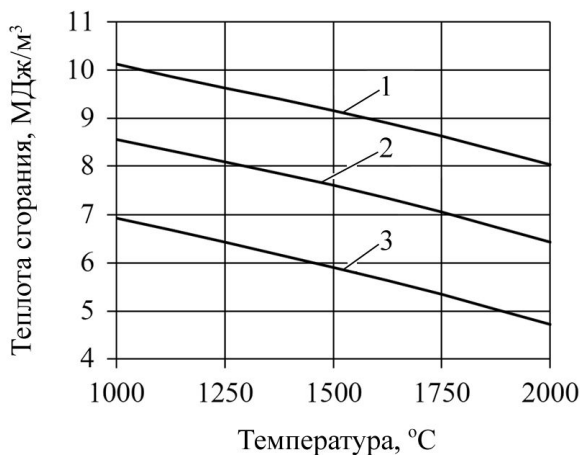
увеличивается константа скорости реакции, а, следовательно, и степень превращения реагентов. При хорошем перемешивании реагентов основным фактором интенсификации объемных реакций является температура.

При газификации предпочтительными режимами являются такие, при которых весь углерод прореагировал с окислителем и продукты газификации находятся в равновесии с твердым углеродом (его количество в равновесии стремится к нулю, т. е. в равновесных условиях весь углерод должен быть превращен в газообразные продукты).

При таких режимах газификации наблюдается максимальное содержание восстановительных компонентов в газе, и полученный газ окислен в минимальной степени.

Как видно из полученных данных, достижение необходимого температурного уровня связано с увеличением содержания окислительных компонентов в газе (до 30 %), что приводит к уменьшению теплотворной способности газа.

Важными параметрами при оценке полученного генераторного газа являются теплота сгорания и выход газа, которые определялись в указанном диапазоне температур процесса газификации и при различном содержании воды ( $d$ ) в водоугольном топливе. Результаты исследований для кислородной газификации представлены на рис.4.



1 -  $d = 30\%$ ; 2 -  $d = 40\%$ ; 3 -  $d = 50\%$

Рис.4. Зависимость теплоты сгорания газа от температуры процесса при кислородной газификации

Зависимость теплоты сгорания газа от температуры процесса при воздушной газификации имеет аналогичный характер и, в среднем, теплота сгорания генераторного газа при воздушной газификации составляет 4-5 МДж/м<sup>3</sup>. При этом с увеличением температурного режима на 100 °С происходит снижение теплоты сгорания газа на 6 %, а выход газа при этом практически не изменяется и составляет 1,5 – 1,7 м<sup>3</sup>/кг<sub>ввт</sub> в зависимости от влажности топлива. Таким образом, количественные и качественные различия в составе генераторного приводят к разной теплоте сгорания.

Исследованиями было установлено, что границы стабильного содержания восстановительных компонентов в генераторном газе определяются рациональным коэффициентом расхода окислителя при воздушной и кислородной газификации исследуемого водоугольного топлива, который составляет 0,3 – 0,32. Однако, для таких значений коэффициента расхода окислителя равновесная температура в реакторе составляет 700-720 °С для воздушной и 1000-1050 °С для кислородной газификации соответственно. Поэтому, для обеспечения стабильного температурного режима и технологических параметров процесса необходимо осуществлять дополнительный подвод энергии, например, предварительный подогрев воздуха и водоугольного топлива [2].

Предварительный подогрев водоугольного топлива обеспечивает не только дополнительный подвод энергии в топочное пространство, но является одним из управляющих параметров для достижения необходимых свойств водоугольного топлива. Кроме того, при предварительном подогреве водоугольного топлива происходит изменение структуры органического вещества топлива с образованием промежуточных горючих соединений, что благоприятно влияет на последующие процессы термической переработки [7].

Для определения влияния температуры подогрева водоугольного топлива на состав генераторного газа проведены расчетно - теоретические исследования процесса газификации. На рис. 5 представлена зависимость содержания восстановительных компонентов в генераторном газе при воздушной газификации от температуры подогрева топлива при коэффициенте расхода окислителя  $\alpha = 0,3$ . Зависимость содержания восстановительных компонентов в генераторном газе от температуры подогрева

водоугольного топлива при кислородной газификации имеет аналогичный вид.

Из полученных данных видно, что с увеличением температуры топлива выход восстановительных компонентов возрастает. Однако при температурах выше 200 °С эффект от подогрева топлива значительно снижается, например, при подогреве водоугольного топлива от 150 до 200°С каждые 10°С дают прирост выхода восстановительных компонентов равный 0,097 %, а при подогреве на следующие 50°С - 0,036 %, что в 2,7 раза меньше.

Также исследованиями установлено, что с увеличением коэффициента расхода окислителя влияние температуры подогрева водоугольного топлива на содержание восстановительных компонентов в генераторном газе уменьшается (рис. 6).

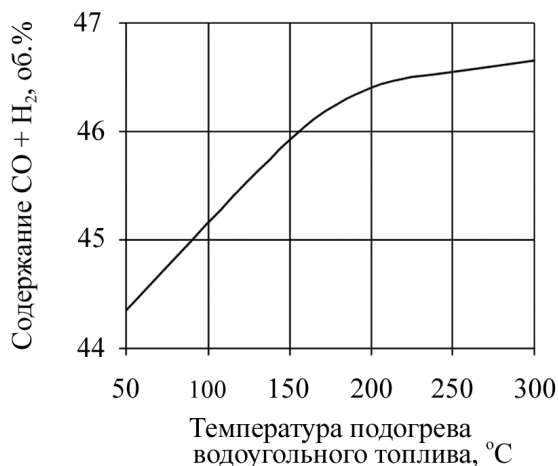


Рис.5. Зависимость содержания восстановительных компонентов в генераторном газе от температуры подогрева водоугольного топлива при воздушной газификации

Подогрев воздуха обеспечивает поддержание заданного температурного уровня в зоне воспламенения в районе расположения горелочных устройств и стабильность горения водоугольного топлива. При подогреве воздуха до 400 °С адиабатическая температура в топке увеличивается на 170 °С, а при подогреве воздуха до 600 °С адиабатическая температура в топке увеличивается на 260 °С.

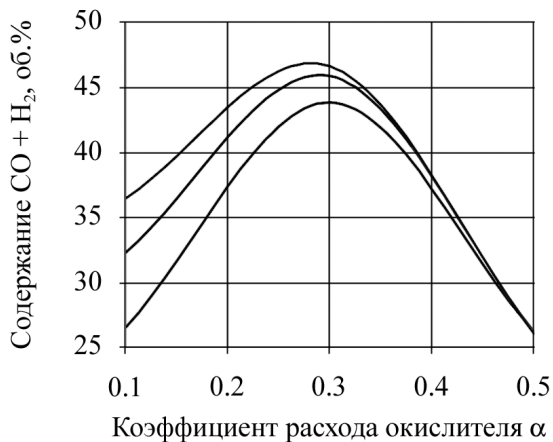


Рис.6. Влияние температуры подогрева водоугольного топлива на выход восстановительных компонентов генераторного газа при различных значениях коэффициента расхода окислителя

Анализ полученных расчетно-теоретических данных позволил определить рациональные показатели процесса газификации водоугольного топлива при различных видах окислителя. Результаты представлены в таблице 2.

Полученные результаты отражают основные показатели процесса автотермической газификации водоугольного топлива при различных видах окислителя.

Установлено, что процесс газификации целесообразно проводить при подогреве воздуха до  $400 - 600\text{ }^{\circ}\text{C}$  и подогреве водоугольного топлива до  $150 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При газификации водоугольного топлива получается газ с содержанием  $33 - 83\%$  восстановительных компонентов,  $14 - 15\%$  окислительных компонентов и теплотой сгорания  $4 - 10\text{ МДж/м}^3$  в зависимости от вида окислителя.

Таким образом, при газификации одного и того же водоугольного топлива в зависимости от параметров окислителя, количественного соотношения реагентов, параметров технологического режима возможно получение газов различного состава и тепловой ценности.



Таблица 2

Рациональные показатели процесса газификации  
водоугольного топлива

Показатели	окислитель-воздух		окислитель-кислород
	без подогрева	с подогревом	
Температура в реакторе, °С	1050-1100		
Состав газа, об. %			
CO+H <sub>2</sub>	32-34	42-43	82-83,6
CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	14-15	9-10,5	15-15,5
N <sub>2</sub>	50-51	46,5	0,4
Теплота сгорания газа, МДж/м <sup>3</sup>	4-4,2	5-5,1	9,9
Выход газа, м <sup>3</sup> /кг ВУТ	3,4	3,12	1,7
Расход ВУТ, кг			
на 1 м <sup>3</sup> газа	0,29	0,32	0,59
на 1 ГДж газа	7,17	6,36	5,91
Расход окислителя, м <sup>3</sup>			
на 1 кг ВУТ	2,19	1,83	0,35
на 1 м <sup>3</sup> газа	0,64	0,59	0,21
на 1 ГДж газа	15,7	11,6	2,08

Принимая в качестве основных управляющих параметров для достижения требуемого состава генераторного газа вид окислителя и температуру процесса, можно поддерживать такой коэффициент расхода окислителя, который устанавливает необходимое соотношение восстановительных и окислительных компонентов в газе, определяемое технологией его использования.

#### Список источников

1. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Проблемы и перспективы использования в металлургии углей и продуктов их переработки //Інтегровані технології та енергозбереження. -2006.- №2.- С. 122 – 125.
2. Пинчук В.А., Губинский М.В., Потапов Б.Б. Использование водоугольного топлива и продуктов его переработки в энергетике и металлургии// Металургійна техніка: Збірка наукових праць Національної металургійної академії України.-Дніпропетровськ: «Нова ідеологія».-2008.-с. 221 – 227.

3. Полулях О.Д. Технологічні регламенти вуглезбагачувальних фабрик: Довідково-інформаційний посібник // Дніпропетровськ. Національний гірничий університет. 2002. 856 с.

4. Н.Б.Урьев. Высококонцентрированные дисперсные системы // М. Химия. 1980. 360 с.

5. А.С.Макаров, А.И.Егурнов, С.Д.Борук. Высококонцентрированные суспензии на основе отходов углеобогащения. Получение, реологические характеристики и энергетическая ценность // Хімічна промисловість України. 2007. №2(79). С. 56 – 60.

6. З.В.Смирнова, Г.Н.Делягин. О взаимодействии обводненного твердого топлива с кислородом / Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий// М. Наука. 1967. С. 68 – 77.

7. Г.Н.Делягин, Б.Н.Сметанников. Исследование процесса воспламенения капли водоугольной суспензии / Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения// М. Наука. 1965.

8. Г.Н.Делягин. Об условиях совместного протекания процессов испарения воды и выгорания капли водоугольной суспензии / Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий// М. Наука. 1967. С. 55 – 67.

9. Пинчук В.А., Потапов Б.Б., Шарабура Т.А. Особенности газификации водоугольного топлива в газификаторах циклонного типа//Інтегровані технології та енергозбереження. -2009.- №3.- С. 131 – 134.

10. Г.Б.Синярев, Н.А.Ватолин, Б.Г.Трусов, Г.К.Моисеев. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов // М. Наука. 1982. 263с.

11. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб. Пособие для вузов.-М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1989.-432 с.

12. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Оценка термодинамического потенциала углей Украины// Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины.- Днепропетровск: «ПП Грек О.С.».- 2006.-С.278-284.

13. Пинчук В. А., Потапов Б. Б., Шарабура Т. А. Использование термодинамических показателей для оценки энергетической и технологической ценности различных марок углей// Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины.- Днепропетровск: «ПП Грек О.С.».- 2008.-С.228-235.

14. Пинчук В.А., Губинский М.В.,Потапов Б.Б, Живолуп С.Г., Шарабура Т.А. Методологический подход к определению энтальпии образования угля // Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины.- Днепропетровск: «Новая идеология».- 2009.-С.137-143.

15. Энергетическое топливо СССР (Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий природный газ)/ Справочник. В.С. Вдовченко, М.И. Мартынова, Н. В. Новицкий и др. -М.: Энергоатомиздат, 1991.-184 с.

16. Еремин И.В., Броневец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование. –М.: Недра, 1994.-255 с.

17. Б.Г.Трусов. Метод и алгоритм расчета равновесного состава и свойств многокомпонентных гетерогенных систем // М.МГТУ.2000.27 с.

18. Е.Г.Горлов, В.Г.Андриенко, К.Е.Нефедов. Прямоточная газификация водоугольных суспензий с сухим шлакообразованием высокозольных углей // Химия твердого топлива. 2009. № 2. С. 37 – 42.

19. Д.А.Свищев, А.В.Кейко. Термодинамический анализ режимов газификации водоугольного топлива в потоке // Теплоэнергетика. 2010. № 2. С. 33 – 36.

20. Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля. Пер. с нем. С. Р. Исламова /Под ред. С. Р. Исламова.- М: Недра, 1986.-175 с.

## **5.6. Влияние модифицирования на стабилизацию и повышение уровня механических свойств колесной стали КП-Т**

При изготовлении железнодорожных колес для товарных вагонов широко применяют углеродистые стали. На сегодняшний день высокие требования к качеству железнодорожных колес из высокоуглеродистой стали на мировом рынке и жесткая конкуренция вызывают необходимость поисков альтернативных решений повышения их качества, кроме общеизвестных – легирования и термической обработки [1, 5, 6, 13]. Поэтому задача обработки расплавов раскислителями-модификаторами многофункционального действия с целью стабилизации и повышения уровня механических свойств является, безусловно, актуальной [3, 9, 13].

Целью работы является установление влияния модифицирования на стабилизацию и повышения уровня механических свойств колесной стали КП-Т с использованием метода регрессионно-корреляционного анализа.

*Научная новизна и практическая значимость.* Впервые доказана возможность стабилизации и повышения уровня механических свойств при введении в процессе выплавки колесной стали в печь-

ковш многофункциональных брикетов благодаря объемной кристаллизации при модифицировании. Использование модификаторов на предприятии ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» при выплавке стали марки КП-Т позволило повысить механические характеристики, особенно ударную вязкость готовых колес из стали марки КП-Т в среднем на 14 %.

Разработан состав нового модификатора многофункционального действия для обработки колесной стали КП-Т, новизна которого подтверждена патентом Украины № 93684 [7].

Методика. Материалами исследований были колесная сталь марки КП-Т, которую выплавляли в основной 250-ти тонной печи мартеновского цеха ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ». Ее брабатывали многофункциональными модификаторами, состав которых защищены патентом Украины [7].

Добавляли модификаторы в расплав стали КП-Т – на установке вакуумной обработки стали (УВОС).

Для выполнения поставленной в работе цели использовали современные методы исследований: химический и спектральный; электрономикроскопический; металлографический; определение механических свойств.

Химический состав сталей определяли согласно ТУ У 35.2-23365425-600:2006. [11]

Химический состав и механические свойства колесной стали КП-Т согласно требований ТУ У 35.2-23365425-600 : 2006 приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Химический состав стали КП-Т по ТУ У 35.2-23365425-600 : 2006

Марка стали	Массовая доля химических элементов, %										
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	V	Al	[H]
КП-Т	0,61-0,69	0,70-0,90	≤0,4	≤0,4	≤0,25	≤0,3	≤0,02	≤0,025	0,08-0,15	0,013-0,030	≤2 ppm

Таблица 2

Механические свойства колесных сталей по ТУ У 35.2-23365425-600:2006

Марка стали	Прочностные характеристики		Показатели пластичности		Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Твердость НВ, МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Обод	Диск
КП-Т	1020-1180	3200-3600	$\geq 9$	$\geq 16$	$\geq 18$	$\geq 20$

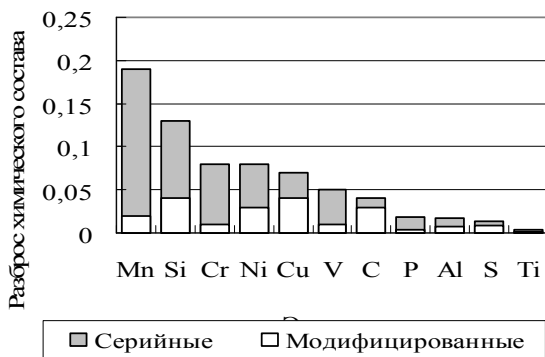
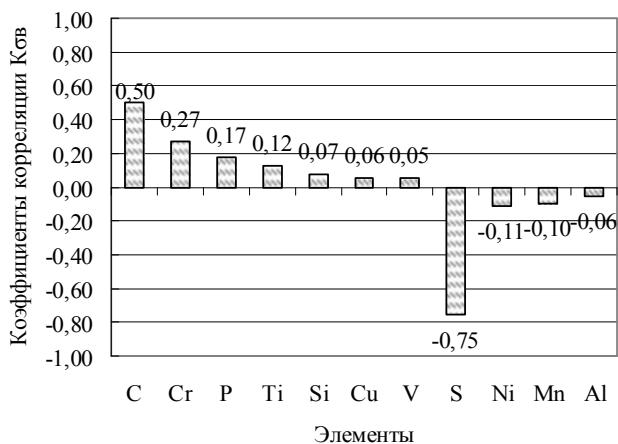
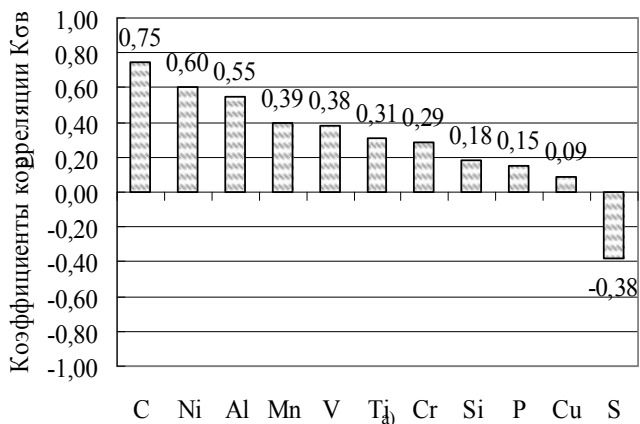


Рис.1. Стабилизация химического состава стали КП-Т под действием многофункциональных модификаторов.

Результаты сравнительных исследований серийных и модифицированных сталей колесной КП-Т доказали [4, 10], что в немодифицированных сталях имеет место более значительный разброс содержания легирующих элементов и вредных примесей

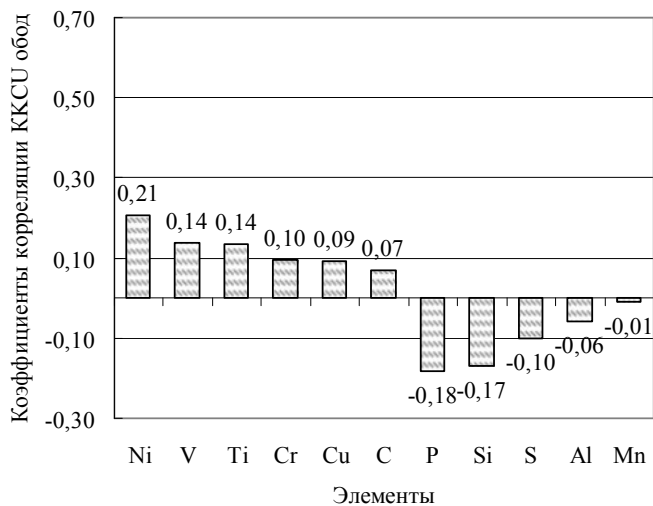
(рис. 1) по сравнению со сталями тех же марок, которые обработаны новыми многофункциональными модификаторами [8].

Методом регрессионно-корреляционного анализа установлены коэффициенты парной корреляции для предела прочности и ударной вязкости с элементами химического состава (рис. 2 – 3).

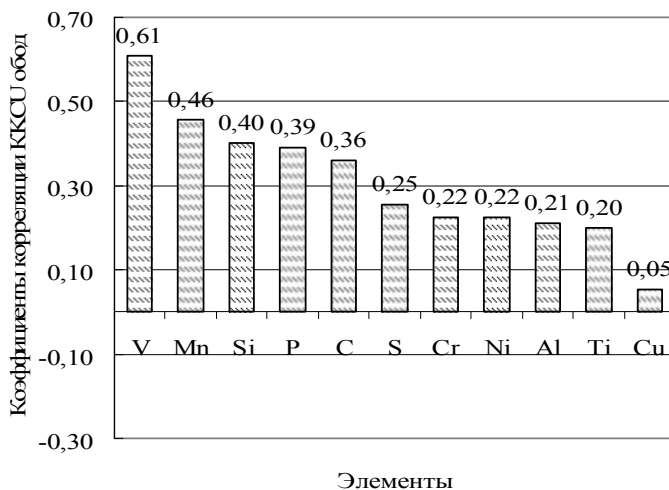


б)

Рис.2. Гистограмма коэффициентов парной корреляции между пределом прочности и химическим составом серийной (а) и модифицированной (б) промышленной стали КП-Т

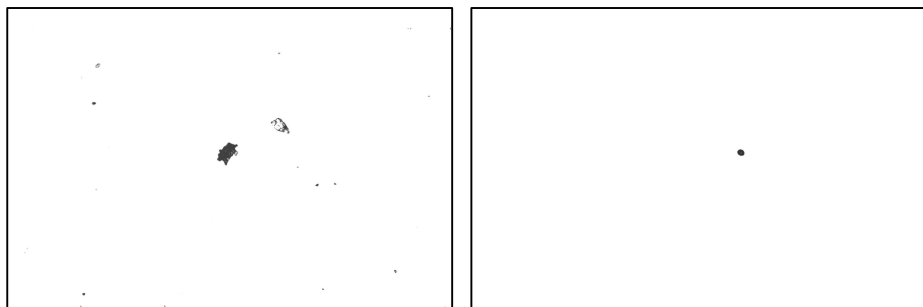


а)



б)

Рис.3. Гистограмма коэффициентов парной корреляции между ударной вязкостью (обод) и химическим составом серийной (а) и модифицированной (б) промышленной стали КП-Т



а)

б)

Рис.4. Неметаллические включения в серийной стали КП-Т а) и единичное глобулярное неметаллическое включение на нетравленном шлифе модифицированной стали б) марки КП-Т, х600

Влияние кремния на предел прочности в этом металле мало, так как это чисто перлитная сталь.

1. Установлен убывающий ряд влияния элементов на предел прочности:

- ряд влияния на  $\sigma_b$  для серийного металла

$C \rightarrow Cr \rightarrow P \rightarrow Ti \rightarrow Si \rightarrow Cu \rightarrow V \rightarrow Al \rightarrow Mn \rightarrow Ni \rightarrow S$ ;

- ряд влияния на  $\sigma_b$  для модифицированного металла

$C \rightarrow Ni \rightarrow Al \rightarrow Mn \rightarrow V \rightarrow Ti \rightarrow Cr \rightarrow Si \rightarrow P \rightarrow Cu \rightarrow S$ ;

Исходя из значений коэффициентов корреляции, последовательность модифицированных и серийных плавков стали марки КП-Т отличается.

Причины заключаются в многокомпонентности нового раскислителя-модификатора и в более чистой от вредных примесей колесной стали под действием модифицирования.

Установлено, что в стали КП-Т, обработанной специальными раскислителями-модификаторами, коэффициенты корреляции выше, чем в серийном металле, и, кроме того, влияние их всех на механические свойства положительно, кроме серы.

2. В модифицированной стали отрицательное влияние всех вредных примесей (S и P) на  $\sigma_b$  значительно слабее, чем в серийной немодифицированной стали КП-Т: S на 50 %, а воздействие P в модифицированном металле вообще положительное. Причины этого указаны ниже.

3. Микролегирующие карбидообразующие элементы (Cr, Mn, Ti, V) оказывали заметно большее влияние на упрочнение стали как благодаря повышению прочности перлита в соответствии



с диаграммами их состояния, так и благодаря увеличению прочности легированного цементита.

Влияние компонентов на ударную вязкость модифицированного и серийного металла также различалось, что видно из анализа гистограмм (рис. 3):

1. Влияние всех компонентов на ударную вязкость модифицированного металла положительно, в отличие от серийной стали, где положительное влияние Ni, V, Ti, Cr ниже на 5 %, 335 %, 43 %, 120 % соответственно.

2. Установлен ряд влияния элементов стали КП-Т на ударную вязкость КСЧ модифицированного металла:

Ni → V → Ti → Cr → Cu → C → Mn → Al → S → Si → P.

3. Установлен ряд влияния элементов на предел прочности  $\sigma_B$  модифицированного металла:

V → Mn → Si → P → C → S → Cr → Ni → Al → Ti → Cu.

Как видно из вышеприведенных рядов влияния, и здесь последовательность влияния элементов на КСЧ модифицированной и серийной сталей различна.

В процессе исследований было установлено, что под действием модифицирования произошло не только повышение уровня механических свойств, но и их стабилизация (табл. 3).

Таблица 3

Стабилизация уровня механических свойств в колесной стали марки КП-Т при модифицировании

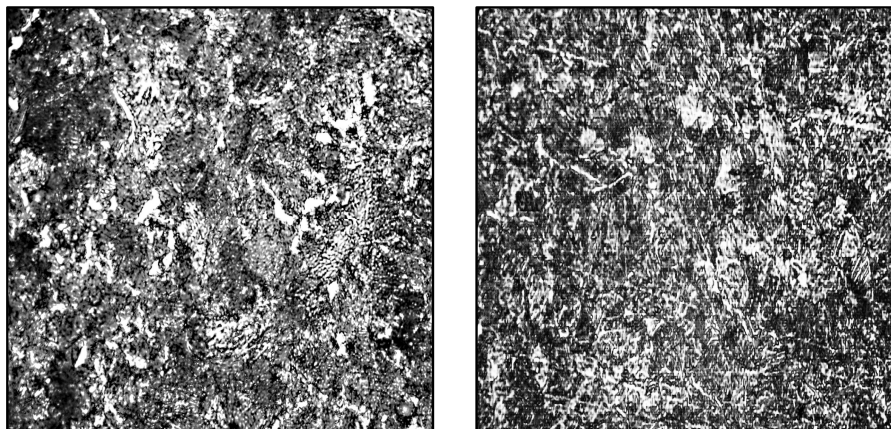
Параметры стабилизации	Сталь КП-Т	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ	КСЧ, Дж/см <sup>2</sup>	
						диск	обод
Коэффициент вариации	Серийная	0,02	0,14	0,22	0,03	0,20	0,35
	Модиф.	0,01	0,08	0,11	0,03	0,15	0,29
Разброс (max-min)	Серийная	150	9,5	23	410	39	39
	Модиф.	60	2,8	7	220	13	26
Средние значения	Серийная	1132,8	11,1	22,9	3254,0	25	20
	Модиф.	1153	11,1	24,2	3273	27	25

Чем меньше коэффициент вариации и величина разброса механических свойств, тем стабильнее система.

Установлено также измельчение зерен и повышение дисперсности структурных составляющих. Исследованием микроструктур серийной и модифицированной

многофункциональными модификаторами стали КП-Т (рис. 4) установлено следующее.

1. В серийной немодифицированной стали по границам бывших аустенитных зерен выделяется избыточный феррит (около 5-7 %), который декорирует их (рис. 4, а).



а)

б)

а) серийная немодифицированная;

б) модифицированная, х600.

Рис. 4. Структура колесной стали марки КП-Т

Также на слаботравленном шлифе в немодифицированной стали КП-Т (рис. 4, б) рядом с комплексным сульфидом расположен сульфид удлиненной формы, что является недопустимым фактором для колес ответственного назначения

Путем сравнения можно заключить, что после модифицирования зеренная структура измельчилась. Виден высокодисперсный перлит мелкозернистой структуры с единичными выделениями феррита по границам зерен в модифицированной стали марки КП-Т.

3. В модифицированной стали КП-Т повысилась дисперсность структурных составляющих (феррита и цементита) в перлитных колониях. Оба указанных факторов, измельчение первичных зерен и повышение дисперсности феррита и цементита, способствуют повышению прочности и ударной вязкости стали марки КП-Т.

Выводы:

1. Под влиянием модифицирования произошла заметная стабилизация химического состава и повысился уровень уровня механических свойств колесной стали марки КП-Т;

2. Стабилизация химического состава и механических свойств играет первостепенную роль для повышения качества транспортного металла в связи с улучшением также его структуры.

#### Список источников

1. Вакуленко, Л.И. Повреждаемость при эксплуатации катаных железнодорожных колес повышенной прочности/ Л. И. Вакуленко, В. Г. Анофриев// Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 40. – С. 231–234.

2. Влияние элементов на параметры механических свойств серийной и модифицированной стали Ст1кп /С. А. Полишко, И. А. Маркова, Т. И. Ивченко, Т. В. Носова //Металлургия и горнорудная промышленность.№4. – Д. – 2012, с 73-75.

3. Голубцов, В.А. Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. /В. А. Голубцов – Челябинск, 2006. - 422 с.

4. Исследование состава и идентификация неметаллических включений, выявляемых при контроле железнодорожных колес./ А. И. Бабаченко, П. Л. Литвиненко, А. А. Кононенко, А. В. Рослик// Металлургия и горнорудная промышленность. - Д., 2011. – Вип.5. с 45-48.

5. Мурадян, Л.А. Исследование действующих условий эксплуатации и анализ причин сокращения ресурса работы железнодорожных колес/Л.А. Мурадян // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 34. – С. 206–210.

6. Мямлин, С.В. Влияние условий эксплуатации на внутреннее строение металла железнодорожных колес / С.В.Мямлин, Л. И. Вакуленко// Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 42. – С. 164–166.

7. Пат 93684 Україна МПК (2011.01) C22C 35/00 C21C 7/04. Розкислювач-модифікатор для обробки розплавів сталей і сплавів. /Шаповалова О. М, Шаповалов В. П., Шаповалов О. В., Полішко С. О.(Україна). Заявник та патентоутримувач Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара. №а200801124, заявл 30.01.2008 р. опубл 10.03.2011 р., //Бюл № 5.

8. Полішко С.О. Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КП-Т/ С. О. Полішко, М. А. Кушнір, Ю. В. Татарко, А. Ф. Санін/ Вісник Дніпропетровського

національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2013. – Вип. 3(45). – С. 60–66.

9. Рябчиков, И. В. Модификаторы и технологии внепечной обработки железоуглеродистых сплавов./И. В. Рябчиков// Экомет. – М. – 2008. – 400 с.

10. Стабилизация химического состава и механических свойств в сталях 1кп и R7 под влиянием модифицирования/ О. М. Шаповалова, А. Е. Камышный, А. В. Шаповалов, С. А. Полишко, М. А. Кушнир, Е. Н. Майстренко, Ю. А. Финдлинг // Строительство, материаловедение, машиностроение, /Сб научн. трудов. вып.48, ч.3..Д.: 2009.- С. 232-236

11. ТУ У 35.2-23365425-600 : 2006. Колеса цельнокатаные диаметром 957 мм повышенной прочности и износостойкости; введен от 2009-01-01; Д.: ОАО «ИТЕРПАЙП НТЗ», 2009. – 6 с.

12. Alloys with modified characteristics. /Oruč Mirsado, Rimac Milenko, Beganovič Omer, Muhamedagič Salejman.// Mater in Technol., 2011.45, №5, pp. 485-489.

13. Effects of modification on microstructure and ultrahigh carbon (1.9wt%C) steel. K. P. Lin, X. H. Dun, J. P. Hai, H. S. Hin. Mater Sci. and Eng. A. 2011, 528, №28, pp. 8263-8268

Fandrich R. Secondary metallurgy – state of the art and research trends in Germany / R. Fandrich, H. Lunngen, C.-D. Wuppermann// Stahl und Eisen., 2008, № 2, pp. 50-53.

## **5.7. Управление процессами металлургического производства при помощи радиолокационных средств контроля**

Недостаточный уровень автоматизации металлургических процессов, по большей части, вызван отсутствием новых средств контроля технологических процессов. Эта задача весьма сложно реализуема в связи с тяжелыми условиями эксплуатации информационных средств на металлургических объектах, большими расходами на разработку и доводку новой техники перед постановкой ее на производство и медленной окупаемости вследствие малого объема потребления приборов.

Одними из первых выход из данной проблемной ситуации помогли найти разработчики ГНПО «Исток» (г. Фрязино, Россия), благодаря которым на международном рынке появились радиолокационные дальномеры ближнего действия (РДУ-Х1, РДУ-Х2) [1] и измерители скорости (РИС), выгодно отличающиеся от

аналогов производства шведских, германских, американских и других фирм [2].

Особенностью микроволновых методов является использование в качестве зондирующего сигнала непрерывно излучаемых сверхвысокочастотных радиоволн длиной 5...30 мм. Приемно-передатчик с антенной конструктивно объединены в единый модуль вместе с системой обработки и передачи сигналов по кабелю. При этом мощность МКВ-излучения не превышает 50 мВт, что вполне безопасно для обслуживающего персонала.

В приемнике сравниваются частоты излученного и отраженного от зондируемой поверхности радиосигналов, а разностная (низкая) частота, пропорциональная дальности до цели, используется в качестве информативного параметра. Такой радиолокационный прибор, в отличие от широко известных импульсных радиодальномеров дальнего действия, позволяет измерять малые дальности (до 50 м) с высокой точностью и обеспечивает меньшую чувствительность к помехам из-за отражений и переотражений радиолуча от металлоконструкций и технологического оборудования.

Вместе с этим, применяемая длина радиоволны существенно больше размеров пылевых частиц, что обеспечивает малый габарит антенны, а также минимальные рассеивание и затухание излучения в запыленных газовых средах, свойственных металлургическим объектам.

Новейший образец радиолокационного уровнемера РДУ-Х2 имеет следующие технические характеристики:

диапазон измеряемых уровней: 1 ... 20 м

максимальная погрешность измерений дальности: не более  $\pm 0,05$  м

излучаемая частота: 37,5 ГГц

излучаемая мощность: 20 мВт

угол раскрытия диаграммы направленности:  $6^\circ$

диапазон выходного сигнала: 0 - 5; 0 - 20; 4-20 мА пост. тока

потребляемая мощность: 50 Вт

напряжение питания: 220 В переменного тока

масса: 7 кг

Применение представленного радиолокационного датчика обеспечило выполнение широкого спектра теоретических и экспериментальных, лабораторных и промышленных исследований, выполненных совместно с разработчиками радара лабораторией «Микроволновая техника для металлургии» кафедры автоматизации технологических процессов НМетАУ. Эти работы были направлены на:

- поиск возможных областей применения микроволновой техники радиодальномеров и скаттерометров (измерителей ослабления радиоволн в различных средах);
- адаптацию универсального радара РДУ-Х2 к специфическим условиям применения:
  - - рациональные места установки приборов на технологическом оборудовании;
  - - защита приборов от теплового излучения, выбросов пыли и газов;
  - - передача сигналов по линиям связи;
  - - представление информации технологическому персоналу;
  - - способы обработки сигналов.

Последняя задача оказалась наиболее сложной и потребовала привлечения не только традиционного спектрального анализа, но и самого нового математического аппарата: вейвлет-анализа, нелинейной фильтрации, распознавания образов и др.

Мощный математический арсенал позволил решить ряд принципиально новых задач дистанционного контроля технологических процессов, для которых радиодальномеры изначально не предназначены, а именно:

- измерение макрорельефа (формы) засыпи сыпучих материалов;
  - измерение углов склонов засыпи;
  - распознавание вида компонентов шихты;
  - оценка крупности шихтовых компонентов на конвейере;
  - определение толщины слоя шихты на конвейере, аглоленте или грохоте;
  - зондирование шахты доменной печи для определения скорости схода шихты; толщины слоев руды и кокса, окружной неравномерности хода;
  - определение остаточной влажности наливной футеровки при сушке ковшей;
  - оценка состояния конверторной ванны при продувке (уровень и его колебания) и предупреждение о вероятных выбросах;
  - оценка изменения химсостава конверторного шлака при продувке;
  - оценка износа футеровки конвертора или ковша и других.

Особенное распространение получили радары при измерении уровня шихтовых материалов и расплавов в металлургических агрегатах и сосудах. Так, на базе радаров РДУ-Х2 были разработаны и внедрены с участием ряда организаций и предприятий следующие системы:

-система автоматического контроля уровня шихты в шахтной печи обжига известняка на металлургическом заводе им. Петровского (1993 г.);

-система автоматического контроля уровня расплава при вакуумировании стали в ковше на Нижнеднепровском трубном заводе (1995 г.);

- система автоматического контроля уровня конверторной ванны, в том числе при продувке, с прогнозированием вероятных выбросов расплава в 150-тонном конверторе на Челябинском метзаводе (1992 г.) [3].

Ряд других разработок пока не внедрен в производство, однако успешно прошел опытно-промышленную проверку и был использован УКРГИПРОМЕЗом в проектах реконструкции и строительства ряда доменных и сталеплавильных цехов [4].

Таким образом, микроволновые средства измерения в комплексе с микропроцессорными средствами обработки сигналов являются универсальным и надежным инструментом автоматического бесконтактного контроля многих металлургических процессов, они открывают новые горизонты в развитии металлургических информационных систем.

С 2002 г. радиолокаторы активно применяются для решения задач автоматического контроля технологических процессов в доменном производстве [5].

Работавшая до этого времени автоматическая система управления шихтоподачей доменной печи № 9 на меткомбинате ОАО «АрселорМиттал. Кривой Рог» не охватывала круг задач, направленных на обеспечение заданной формы засыпи на колошнике и эффективности отсева мелкой фракции шихтового материала, а также не решает задачу коррекции доз шихтовых материалов с учетом их химического состава, влажности и точности набора предыдущей дозы. Это в большей степени связано с тем, что оперативный учет количества материалов в бункерах, уровня и формы их поверхности, с учетом образующихся углов откоса, был невозможным из-за отсутствия соответствующих измерительных средств [6].

Для получения достоверной информации об уровне (расстоянии) поверхности шихты в ее статическом и динамическом состоянии в приемных бункерах шихтоподачи наиболее предпочтительным является бесконтактный метод контроля. Поэтому установка радарных индикаторов уровня (РИУ) и дальнейшая их интеграция в АСУ обеспечила решение целого ряда задач:

- обеспечения бесперебойной и ритмичной загрузки в доменную печь компонентов шихты в заданной последовательности и в установленном количестве;

- выполнения требований техники безопасности обслуживающим персоналом на передвижном реверсивном конвейере агломерата;

- бесконтактного непрерывного контроля заполнения и опорожнения приемных бункеров с материалами на основе реализации оперативного прогноза их расхода и управления запасами сырья;

- фиксации критических углов откоса для предотвращения аварийных ситуаций при загрузке шихтовых материалов.

В результате промышленных испытаний установлено, что технические характеристики РИУ типа РДУ-Х2 позволяют успешно использовать его в составе системы шихтоподачи в качестве стационарного средства оперативного контроля уровня шихты в приемных бункерах В 2003 г. при капитальном ремонте ДП-9 на всех 14 приемных бункерах системы шихтоподачи были установлены по два радара, а информация от них поступает по кабельным линиям на пост управления участком.

Уверенное определение уровня является следствием формирования на поверхности материала элементарных отражателей (фацетов), размеры которых соизмеримы с длиной волны РИУ (8 мм) [7]. Генерация этими фацетами вторичного радиоизлучения формирует устойчивый сигнал отражения. Поскольку положение фацетов, находящихся в радиолуче случайно, в каждый момент времени осуществляется генерация вторичного излучения электромагнитной энергии с широкой диаграммой обратного рассеяния. В силу этих особенностей отражения электромагнитной энергии возможно определение расстояния до наклонных поверхностей сыпучего тела с весьма значительными углами откоса в пятне радиолуча. При малых углах откоса погрешность измерений дальности не превышает  $\pm 0,03$  м.

Для оперативного прогноза теплового состояния печи, своевременной реализации обоснованных управляющих воздействий на ход доменного процесса и, вследствие этого, улучшения технико-экономических показателей работы доменной печи необходима информация об изменении уровня и формы поверхности засыпи шихтовых материалов по ходу плавки.

Профиль поверхности шихтовых материалов на колошнике доменной печи возможно определять при сканировании радиолучом засыпи. Эта информация является основой для расчета скорости



схода шихты, толщины ее слоев, рассогласования начальных профилей и окружной неравномерности засыпи

С целью создания радиолокационного профилера засыпи шихты на колошнике впервые проведены испытания радиолокационного дальномера-уровнемера РДУ-Х2 на ДП-9 непрерывно в течение 6 месяцев в 2002-2003 гг. Основной задачей испытаний было определение надежности работы РДУ в условиях колошника ДП. РДУ был установлен на куполе печи на расстоянии 2,3 м от оси печи. Радиолуч был направлен к центру печи, что обеспечивало получение информации о глубине воронки засыпи шихты. Предполагаемый диапазон изменения уровня засыпи – от 0,5 до 6 м.

В период промышленных испытаний РДУ была проведена остановка ДП-9 на капитальный ремонт 1 разряда, что дало возможность провести уникальный эксперимент – опорожнение печи под контролем радара.

Особенностью технологического процесса выдувки доменной печи является то, что при уменьшении слоя шихтовых материалов резко возрастает температура внутри печи (до 600°С). Для ее снижения в колошниковое пространство через специальные форсунки подается большое количество воды в виде струй и завес, что осложняет распространение радиоволн.

Следует заметить, что информация о применении радаров для контроля опускания шихты при выдувке доменных печей где-либо в мире отсутствует.

В ходе выдувки контролируемый уровень поверхности материалов доменной плавки снизился с 1,5 до 25 м. В конце процесса с помощью РДУ фиксировалась распределенная цель в диапазоне расстояний 19...25 м.

Вскрытие остывшей домны подтвердило сделанное на основе этих показаний предположение о существовании так называемого «тотермана» – сгустка шихтовых материалов в виде конусообразного выступа в центральной части печи, который образуется из-за непроплавления остатков шихты.

В результате промышленных испытаний на доменной печи большого объема установлено, что технические характеристики радиолокационного уровнемера РДУ-Х2 обеспечивают его надежную работу в составе автоматизированной системы контроля профиля засыпи шихты в доменных печах. Это дало основания для разработки, изготовления и оснащения колошника ДП-9 многозональным радиолокационным профилером засыпи шихты в составе 20 радаров, установленных на куполе печи в термостатах (рис. 1) и соединенных кабельными линиями связи с компьютерной системой обработки данных

и представлению их технологическому персоналу для принятия решений по управлению работой печи.

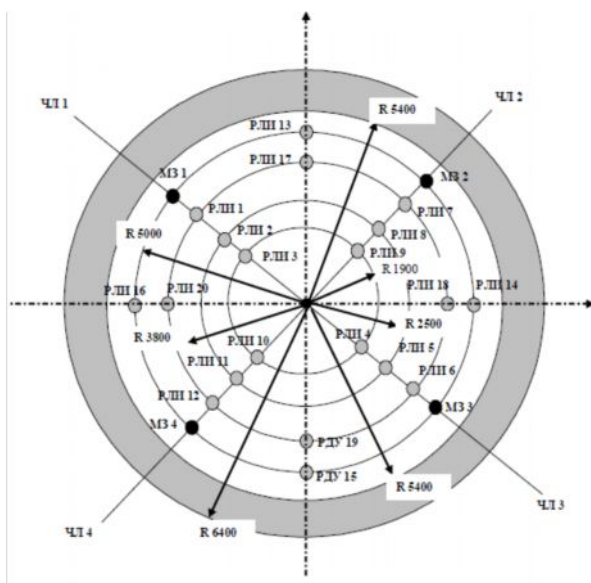


Рис. 1. Размещение радиолокационных уровнемеров РДУ-Х2 на колошнике ДП-9 (ЧЛ – чугунная летка)

На рис. 2 приведены фрагменты схода и загрузки материала на колошнике ДП-9 по радиусам чугунных леток.

Основанием представленных трендов является измерительная информация радаров и механических зондов из базы данных АСУ ДП-9 [8].

Технологическая ситуация характеризуется смещением материала центральной части печи в направлении ее периферии по радиусу чугунной летки ЧЛ3 (максимальная величина уровня  $H$  составляет более 2,5 м) в зоне между радиусами ЧЛ2 и ЧЛ4 колошника.

Как следует из анализа поведения шихты на колошнике доменной печи, радарное зондирование уровня засыпи обеспечило оценку его изменения в каждый момент времени в соответствии с технологическими тенденциями доменной плавки. При этом обнаружены ошибочные показания механических зондов, что подтверждает недостатки их использования.

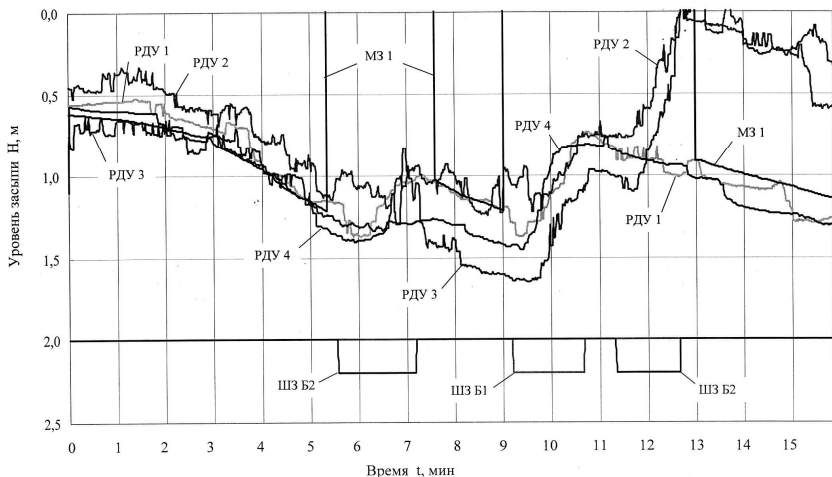


Рис. 2. Показания РДУ на ДП-9 (радиус ЧЛ1)

Информация, поступающая от РДУ, передавалась на центральный пост управления по последовательному цифровому интерфейсу RS-485.

Анализ сигнала РДУ показал, что уровень радиосигнала, отраженного от поверхности шихтовых материалов, на 15...25 дБ превышает уровень шумов в радиолокационном канале, что позволяет надежно определять положение засыпи на колошнике доменной печи. Кроме формы засыпи, установка радиолокаторов

позволила получить информацию об эпюрах скоростей схода шихты и о толщине слоев засыпи, образованных последовательными порциями шихты.

Радиолокационные профилемеры на ДП-9 ОАО «АрселорМиттал. Кривой Рог» были введены в эксплуатацию при капитальном ремонте в 2003 г. и надежно работают, облегчая автоматизированное управление загрузкой и решение новых технологических задач [9].

Другой крупной разработкой лаборатории «Микроволновая техника для металлургии» является радиолокационное зондирование уровня расплава в кислородном конверторе при продувке [3].

Создание информационных управляющих систем для решения данной задачи определяется особенностями применения

технологий получения информации, работающих по принципу радиолокационных дальномеров.

Проверка применимости радиолокационного принципа измерения уровня ванны была реализована в серии экспериментальных плавов на 0,3-т конвертере [3]. Конвертер был оснащен измерительным комплексом, обеспечивающим измерение и регистрацию радиосигналов для последующей их обработки и анализа.

Определение взаимосвязи параметров радиолокационного зондирования с характеристиками шлаков проводилось по относительной величине отражательной способности  $R_o$  расплава. В качестве базового объекта измерения использовали уголковый отражатель.

При определении амплитудно–частотным анализом величины  $U_{пр}$  радиолокационных сигналов в моменты зондирования расплава использовалась градуировка системы. Исходя из физической сути относительной величины отражательной способности  $R_o$ , она должна быть пропорциональна коэффициенту отражения шлака.

В соответствии с заданными параметрами дутьевого режима содержание железа в шлаке увеличивалось от плавки к плавке. Соответственно возрастала склонность шлаков к вспениванию и выбросам: на третьей плавке наблюдались отдельные выплески через горловину; четвертая, начиная со второй половины, сопровождалась практически непрерывными выбросами.

При сопоставлении полученных значений относительной величины отражательной способности с ситуационными моментами хода плавки установлено, что при локации поверхности жидкого чугуна величина отражательной способности  $R_o$  практически соответствует ее значению по идеальному отражателю - металлическому листу.

Выбросы из конвертера возникают при значении  $R_o$  менее 0,3. Диапазон этих значений с учетом расстояния до расплава может служить определенным критерием хода конвертерной плавки.

Сопоставление составов шлака показало наличие зависимости величины  $R_o$  от различных компонентов и, прежде всего, от содержания  $Fe_{общ}$  (рис. 3) [3].

Последнее является особенно важным, так как содержание железа в шлаке, в первую очередь, определяет его свойства и ход плавки. Полученная зависимость с коэффициентом корреляции 0,8 описывается уравнением регрессии

$$R_o = 0,74 - 0,22 Fe_{общ} + 1,93 \cdot 10^{-4} (Fe_{общ})^2. \quad (1)$$

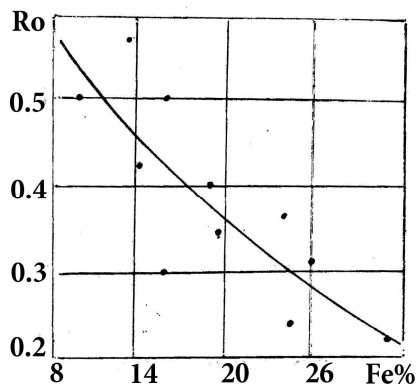


Рис. 3. Взаимосвязь показателя  $R_o$  и содержания железа в шлаке

Из рис. 3 следует, что с увеличением ( $Fe_{общ}$ ) коэффициент отражения шлака снижается.

Также было установлено, что коэффициент отражения шлака имеет тенденцию к снижению при увеличении в нем содержания компонентов, разжижающих шлак и способствующих развитию реакции обезуглероживания, а, следовательно, и вспениванию шлака.

Вместе с этим, при увеличении содержания основных окислов отражение радиолокационных сигналов возрастает, а снижаются при увеличении вязкости, уменьшении поверхностного натяжения и температуры плавления шлака [3].

Использование радиолокационной системы позволило определить плотность реальной шлако-металло-газовой эмульсии расчетным путем, исходя из замеров уровня и объема конвертера, занимаемого этой эмульсией. Количество шлака на момент замера определялось по балансу марганца.

Между плотностью и показателем  $R_o$  (рис. 4) установлена следующая зависимость (коэффициент корреляции 0,86):

$$R_o = 0,22 + 0,64\rho. \quad (2)$$

Отсюда следует, что с понижением плотности величина  $R_o$ , естественно, уменьшается, что не противоречит ранее высказанным предположениям.

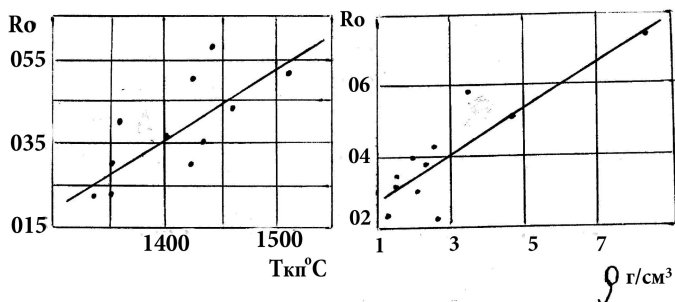


Рис. 4. Взаимосвязь показателя Ro с температурой плавления шлака  $T_{кп}$  (а) и плотностью  $\rho$  шлако-металло-газовой эмульсии (б)

Результаты исследований подтвердили, что с достаточно высокой вероятностью величина отраженного сигнала может характеризовать состав, свойства и состояние конвертерного шлака, а, следовательно, и ход плавки. Получаемая при микроволновом мониторинге информация может быть в дальнейшем использована для управления кислородно-конвертерной плавкой.

Полученные результаты открывают принципиально новые возможности рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов, а также расширение возможностей информационных систем управления при производстве чугуна и стали.

#### Список источников

1. Королев А.Н. Работы ГНПП «Исток» в области ближней радиолокации // Науч.-техн. сб.: Электронная техника. – Сер. 1, СВЧ-техника. – Вып. 1 (471). – М.: ЦНИИ "Электроника", 1998. – С. 3–13.
2. Верховская А.А. Использование радаров для управления грохочением и загрузкой шихты в доменную печь / Верховская А.А., Головки В.И., Кукушкин О.Н., Михайловский Н.В. // Современные проблемы металлургии, том 9. – Днепропетровск: «Системные технологии», 2006. – с. 42 – 52.
3. Радиолокационный контроль металлургических процессов / Головки В.И., Кукушкин О.Н., Михайловский Н.В. и др. // Монография. Днепропетровск: Журфонд, 2010. – 428 с.
4. Верховская А.А. Совершенствование процессов грохочения и схода шихты на колошнике доменной печи / Верховская А.А. // Проблемы недропользования. Часть 1. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2010. – с. 249 – 251.
5. Верховская А.А. Повышение эффективности работы доменной печи: монография / А.А. Верховская; Запорожская государственная

инженерная академия. - Запорожье.: ЗГИА, 2012. – 98 с. – ISBN 978-966-8462-77-1.

6. Головки В.И. Принципы алгоритмической обработки радарных сигналов для определения уровня материала в реакторах и емкостях / Головки В.И., Верховская А.А., Кукушкин О.Н. и др. // Системные технологии № 3(56) 2008, том 2. – Днепропетровск: «Системные технологии», 2008. – с. 141 – 144.

7. Верховская А.А. Особенности контроля расплава в конвертере / Верховская А.А. // Produkcja i zarządzanie w przemyśle. Seria: Metalurgia nr 56. – Częstochowa: Politechnika Częstochowska, 2011. – с. 14 – 17.

8. Головки В.И. Испытания радиолокационного индикатора уровня засыпи шихты на доменной печи № 9 комбината «Криворожсталь» / В.И. Головки, А.П. Дзилиев, А.А. Дударенко [и др.] // Электронная техника [науч.-техн. сб.] – Сер. 2. СВЧ-техника. – №. 2 (482). – М.: ЦНИИ «Электроника», 2003. – С. 99 – 106.

9. Верховская А.А. Управление эффективностью грохочения сырья для обжига известняка / А.А. Верховская, В.И. Головки, О.Н. Кукушкин [и др.] // Новости науки Приднепровья. Инженерные дисциплины, 2008. – № 3-4. – С. 93 – 94.

### **5.8. Знание ориентированное обнаружение эмпирических закономерностей в задачах экономики и структурообразования строительных композитов**

Актуальной проблемой является создание моделей, методов и информационных технологий знание ориентированного принятия решений при компьютерном обнаружении эмпирических закономерностей в различных предметных областях [1-19]. В частности, важное значение имеет решение проблемы в управлении экономическими процессами, а также в задачах структурообразования и производства долговечных строительных изделий на основе применения средств инженерии квантов знаний (**ИКЗ**) [1-7], а также интеллектуальных информационных технологий (**ИИТ**) [17-19].

Именно, при использовании средств **ИКЗ** становится возможной эффективная реализация принятия многокритериальных решений при условиях неопределенности данных и риска. Такие решения формируются и *дедуктивно* выводятся, опираясь на обобщенную базу квантов знаний в виде системы *имплицативных* и/или *функциональных* закономерностей, которая синтезируется *индуктивно* путём обучения компьютера на эмпирических данных и знаниях. Реализация исследований обеспечивает создание нового

научного и технологического базиса для знание ориентированного принятия решений в задачах экономики и разработки строительных композитов повышенного качества и долговечности на основе вторичного сырья [1-10].

*Объектом* исследования выбраны *интеллектуальные* процессы знание ориентированного принятия решений при поиске эмпирических закономерностей различной природы в комплексных условиях учёта многих частных критериев, неполноты и неопределенности информации.

*Предметом* исследования являются математические модели и методы компьютерной поддержки знание ориентированного принятия решений в системных задачах управления экономикой, а также структурообразования и производства строительных композитов при условиях комплексного учета многокритериальности, неопределенности и риска.

Содержательно *общая проблема* заключается в машинном обнаружении эмпирических закономерностей в виде базы профессиональных знаний, описывающих *имплицитивные* и/или *функциональные* зависимости **выходных**  $Y$  (*целевых*) характеристик объектов произвольной природы от их наблюдаемых **входных**  $X$  (*посылочных*) характеристик (признаков) с целью принятия оптимальных идентификационных и прогнозных решений.

Формально *общая задача* сводится к анализу и формированию обучающих *таблиц экспериментальных данных* (ТЭД) и/или *сценарных примеров обучающих знаний* (СПОЗ) в конкретных предметных областях с последующим алгоритмическим построением соответствующих баз  $\delta$ -квантов знаний  $Y = \Phi(X) = B\delta k3-Z/F$  в режиме компьютерного обучения при условиях  $\delta$ -неопределённости. Здесь параметр  $\delta = t, \pi, v, \varphi$  характеризует четыре вида *квантовых* информационных событий в зависимости от ограничений (условий неопределённости) относительно характера данных: достоверные ( $t$ ), неточные ( $\pi$ ), вероятностные ( $v$ ), нечеткие ( $\varphi$ ) и степени доверия к ним. Согласно этим условиям надлежит использовать соответственно *достоверные, приближённые, вероятностные и нечеткие*  $t$ -,  $\pi$ -,  $v$ -,  $\varphi$ -кванты знаний, чтобы принимать адекватные решения в конкретных условиях  $t$ -,  $\pi$ -,  $v$ -,  $\varphi$  -неопределенности, опираясь на **B $\delta$ k3-Z/F** [1-6].

Проблема ещё недостаточно исследована и требует создания математических моделей и методов знание ориентированного принятия оптимальных многокритериальных решений в частности, при обнаружении эмпирических закономерностей в экономике и



структурообразовании строительных материалов средствами **ИКЗ** с учетом неопределенности данных и риска [3-10].

В данной работе проблема связана с формированием **ТЭД** и **СПОЗ** на базе знаний о процессах принятия экономических решений, а также создания ресурсосберегающих и экологически безопасных технологии получения высококачественных строительных композитов на основе механоактивированного вторичного сырья. Поэтому фундаментальной задачей исследований является установление эмпирических количественных и причинно-следственных закономерностей в форме баз знаний, описывающих экономические явления и процессы структурообразования строительных композитов путём компьютерного обучения на примерах и прецедентах. Исследования предусматривают создание **ИИТ** для реализации предлагаемого метода *индуктивного* построения базы  $\delta$  - квантов знаний **Б $\delta$ кЗ-Z/F**, как искомой системы имплицативных (**Z**) и/или функциональных (**F**) закономерностей предметной области, путем компьютерного обучения и *дедуктивного* вывода *целевых* решений по наблюдаемым данным в условиях  $\delta$ -неопределённости.

*Функциональной закономерностью  $r$ -го ранга ( $2 \leq r \leq n$ )* на множестве допустимых  **$\delta$ к-знаний**, ( $\delta \in \{t, \pi, v, \varphi\}$ ), называется *устойчивая связь* между  $r$ , признаками **ОПР** и некоторым  $(r+1)$ -м признаком, позволяющая по значениям *признаков-аргументов*, однозначно определить значение *признака-функции*.

*Имплицативной закономерностью* или *запретом  $r$ -го ранга* называется *устойчивая связь* между  $r$  характеристиками **ОПР** из общего числа  $n$ , ( $r \leq n$ ), выражающая *недопустимость* (невозможность) хотя бы одной комбинации из  $C_n^r$  их значений на множестве наблюдаемых  **$\delta$ к-знаний**, ( $\delta \in \{t, \pi, v, \varphi\}$ ). Понятие *устойчивости* связей базируется на *статистических* представлениях. *Функциональная связь* является частным случаем *имплицативной*. Отличие их состоит в том, что при *функциональной* связи значения некоторых признаков, называемых *аргументами*, *всегда* определяет значение другого признака-*функции*, в то время, как при *имплицативной* связи – *не всегда*, а лишь при допустимых комбинациях значений исходных признаков-*аргументов*.

*Целью работы* является разработка знание ориентированных моделей, метода и реализующей их **ИИТ** средствами **ИКЗ** для принятия эффективных решений при обнаружении *идентификационных* и *прогнозных* закономерностей в экономике и структурообразовании строительных композитов с учётом

комплексных условий многокритериальности, неопределенности данных и риска ошибочных решений.

Для достижения поставленной цели решаются следующие основные задачи, опираясь на уже имеющийся теоретический и методологический задел [1-8] в рамках знание ориентированного подхода

1. Анализ состояния исследуемой проблемы и обоснование применения концептуальной схемы **ИКЗ** знание ориентированного принятия решений при поиске эмпирических закономерностей в экономике и структурообразования строительных композитов с необходимыми свойствами.

2. Определение *системного* объекта принятия решений (**ОПР**) при поиске эмпирических закономерностей с описанием его характеристик (признаков), локальных критериев и общего внешнего критерия эффективности решений, принимаемых относительно целевых признаков **ОПР**.

3. Содержательное формирование *числовой* таблицы эмпирических данных (**ТЭД<sub>ч</sub>**) и логической (булевой) **ТЭД<sub>л</sub>**; разработка методики преобразования **ТЭД<sub>ч</sub>** в **ТЭД<sub>л</sub>**, используемой для синтеза базы *точных* квантов *знаний* (**tk-знаний**) с именем **Бtk3-Z/F** в режиме компьютерного обучения только на *достоверных* (**t**) событиях (прецедентах) с интервальным заданием данных, т.е. при *t*-неопределенности.

4. Операторная реализация *индуктивного* построения **Бtk3-Z/F** путем обучения по **ТЭД<sub>л</sub>** с помощью **IND**-оператора и алгоритма автоматического квантования **Бtk3-Z/F** для дедуктивного принятия решений по наблюдениям за **ОПР** с помощью **DED**-оператора, опираясь на **Бtk3-Z/F**.

5. Разработка модели многокритериального оценивания эффективности знание ориентированных решений с использованием **Бtk3-Z/F** и внешнего критерия эффективности  $K_e$ , [3], который определяет величину риска ошибочных решений на контрольных ситуациях для всего комплекса сгенерированных решений конкретной **Бtk3-Z/F** относительно системного **ОПР** при условиях *t*-неопределенности.

6. Содержательная и формальная постановка задачи принятия многокритериальных знание ориентированных решений и создание методики её решения в комплексных условиях риска и *t*-неопределенности [1-7].

7. Разработка средствами **ИКЗ** исследовательского прототипа «**QVANT-Z/F**» интеллектуальной информационной технологии поддержки принятия решений (**ИИТПР**) для выявления закономерностей в отдельных задачах экономики и

структурообразования строительных композитов на основе обработки экспериментальных данных.

Результаты решения приведенных задач изложены в указанных публикациях и частично в данной работе.

*Знание ориентированный квантовый подход к решению проблемы*

С целью решения задач исследования применяются математические модели и методы **ИКЗ** для создания и внедрения в практику методики знание ориентированного многокритериального принятия решений в задачах экономики и структурообразования строительных композитов при условиях риска и  $\delta$ -неопределенности.

Идея инженерии  **$\delta$ -квантов** знаний состоит в удобной структуризации разнотипной информации об **ОПР** осмысленными порциями (*квантами*) *отношений* путем автоматического *квантования* данных для компьютерного представления, воспроизведения и причинно-следственного вывода решений в произвольной предметной области средствами функционального анализа, математической логики и теории алгоритмов [1-3, 7]. *Квантование* играет роль своеобразной *дискретизации знаний*, облегчающей понимание содержательной структуры формируемых решений как следствий из посылок

Идея **ИКЗ** реализуется на основе общей концептуальной схемы, представленной на рис.1.

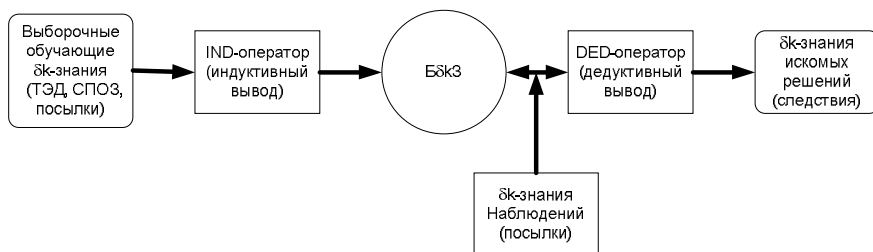


Рис.1. Общая концептуальная схема инженерии квантов знаний.

Согласно этой схеме с помощью **IND**-оператора [1-3] *индуктивно* выводится **Б $\delta$ к3-Z/F** как общая система *имплицативных (Z)* и/или *функциональных (F)* закономерностей путём обучения на выборочных  $\delta$ к-знаниях в форме таблиц эмпирических данных (ТЭД) и/или сценарных примеров обучающих знаний (СПОЗ) для конкретной предметной области. Посредством **DED**-оператора, *дедуктивно* выводятся искомые решения (*следствия*) по

наблюдаемым ситуациям (*посылкам*), опираясь на **Б $\delta$ к3-Z/F**, с учётом описанных условий  $\delta$ -неопределенности.

Понятие  $\delta$ -кванта знаний ( **$\delta$ к-знаний**) определяется *аксиоматически* как алгоритмическая структура **0-го**, **1-го** и **2-го** порядка сложности, которая отвечает соответственно *числу*, *числовому вектору*, *числовой матрице* и описывает соответствующее квантовое событие логическим высказыванием вида «**ЕСЛИ** логические условия-посылки, **ТО** действия с выводом принимаемого решения-следствия». Квантовое высказывание характеризуется тремя составляющими: *содержательной* (семантика), *информационной* (векторно-матричная структура) и *процедурной* (алгоритмы для обработки информации), что обеспечивает эффективное компьютерное манипулирование  $\delta$ к-знаниями. Доказанными теоремами в [1,2] при  $\delta = t$  обоснована основная рабочая гипотеза о возможности *индуктивного* построения **Бtk3-Z/F** как системы *имплицативных (Z)* и/или *функциональных (F)* закономерностей в пространстве признаков **ОПР** путём обучения на выборочных ТЭД<sub>1</sub> в условиях **t**-неопределенности.

Предложен алгоритмический *дедуктивный* вывод искомых решений по известным данным о текущем состоянии **ОПР**, опираясь на **Бtk3-Z/F**, с количественным оцениванием эффективности решений величиной *риска* принятия *ошибочного решения* на контрольных ситуациях посредством внешнего критерия  $K_e$ . Разработан исследовательский прототип «**QVANT-Z/F**» ИИТППР, предназначенный для компьютерного анализа данных и выявления причинно-следственных закономерностей проблемной области произвольной природы в виде **Бtk3-Z/F** путем целенаправленного обучения системы на примерах и образцах профессиональных знаний и прецедентов, подтвержденных научным и практическим опытом.

Для описания *квантовых событий* со *степенью доверия* к ним, равной **1**, используются *булевы* значения признаков **ОПР**, операции алгебры логики над ними и **2-значные** предикаты. При этом значение *истинности* *посылочного* или *целевого* признака равно «**1**», если **ОПР** *обладает* данным признаком и равно «**0**», если *не обладает*. Тогда, с *одной стороны*, истинность («**1**») или ложность («**0**») *предиката*, описывающего частное *посылочное* или *обобщённое целевое* свойство **ОПР**, формально строго указывает на *наличие* или *отсутствие* определенных свойств, т.е. *закономерностей* у конкретного **ОПР**. С *другой стороны*, общий *s-значный предикат* для комплекса *s* *целевых решений*, генерируемых конкретной **Бtk3(Z)** либо **Бtk3 (F)**, является *аналитическим*

описанием всех  $s$  искомым целевых решений  $\mathcal{E} = \{z_1, z_2, \dots, z_s\}$ , т.е. обобщённой закономерностью, которая объединяет  $s$  частных закономерностей из различных классов (категорий).

Эти частные закономерности, т.е. отдельные решения, находятся по наблюдаемым ситуациям в конкретной предметной области путём дедуктивного вывода, опираясь на **БткЗ**(Z/F). Решения выводятся, как целевые следствия в форме устойчивых предикатных причинно-следственных логических связей между посыльными  $t$ -квантовыми суждениями (факторами) относительно **ОПР**. При этом сама **БткЗ**(Z/F) представляет собой не только обучаемую на примерах формальную систему устойчивых имплицативных и/или функциональных связей между признаками **ОПР**, но и систему закономерностей, выполняющую роль адаптивного правила принятия идентификационных и прогнозных решений в любой предметной области. Следовательно, знание ориентированное выявление эмпирических закономерностей в массивах данных и знаний есть задача принятия качественных и эффективных решений о существовании и обнаружении устойчивых зависимостей между признаками **ОПР** средствами **ИКЗ** в комплексных условиях многокритериальности,  $\delta$ -неопределённости и риска. Главной мотивацией к реальному использованию этого утверждения является наличие продуктивных и научно обоснованных средств **ИКЗ** для оценивания качества и эффективности принимаемых знание\_ориентированных решений [1-7].

Качество обнаруженной эмпирической закономерности, как нового знания, оценивается доказанными соотношениями посредством специальных теорем [1,2], которые характеризуют адекватность объёма  $m \times N$  обучающих знаний при индуктивном синтезе **БткЗ**(Z/F) максимальному рангу  $r$  структурной сложности искомой закономерности, т.е. количеству связанных переменных.

Эффективность принимаемого решения при обнаружении эмпирических закономерностей оценивается величиной риска принятия ошибочного решения на контрольных ситуациях.

В отличие от существующих подходов предложенная в работе **ИИТ** реализует средствами **ИКЗ** кроме факторизованного и причинно-следственный вывод многокритериальных знание ориентированных решений за счет использования **dk**-знаний и модели многофакторного оценивания альтернатив с учетом приоритетов лица, принимающего решение (**ЛПР**) [1-4. 6-8]. Вместо трудоемкого синтеза обобщенного критерия с весовыми коэффициентами локальных критериев применяется указанный

критерий  $K_e$ , характеризующий полезность (эффективность) принимаемых решений.

*Операторный вывод обобщённых и частных tk-знаний при обнаружении эмпирических закономерностей средствами ИКЗ*

Обнаружение эмпирических закономерностей средствами ИКЗ в условиях **t-неопределённости** основано на операторном выводе обобщённых и частных **tk-знаний**, представляющих запретные и функциональные закономерности.

Обобщёнными **tk-знаниями** называют имплицативную  $\text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z$  и функциональную  $\text{Btk3}(F) = \text{tk}_2 \Sigma_F$ , которые описываются матричными квантами знаний 2-го порядка, соответственно  $\text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z$  и  $\text{tk}_2 \Sigma_F$  либо аналитическими выражениями алгебры логики в предикатной дизъюнктивной или конъюнктивной нормальной форме (ДНФ или КНФ). Обобщённая имплицативная  $\text{Btk3}(Z)$  и функциональная  $\text{Btk3}(F)$  синтезируются соответственно с помощью индуктивных алгоритмических операторов **tINDZ** и **tINDF** в режиме обучения компьютера на примерах и прецедентах, содержащихся в ТЭД =  $T_B(m, N)$ . В общем случае обобщённые  $\text{Btk3}(Z/F)$  могут описывать совокупность из  $K$  классов закономерностей в системном ОНР посредством **t-квантовой сети вывода решений (t-KCBP)** как **единого** правила принятия идентификационных или прогнозных решений [2, 3].

Частными **tk-знаниями** называются обособленные зависимости между подмножествами посылочных признаков и целевых признаков разных категорий в системном ОНР, относительно которого требуется принятие комплекса  $\mathcal{E}$  решений-следствий  $C_1, C_2, \dots, C_K$ . Они выводятся в виде **tk-знаний**  $\text{tk}_s R_w$ , ( $s = 1, 2$ ;  $w = 1, 2, \dots, K$ ) с помощью соответственно, **дедуктивных алгоритмических операторов tDEDZ и tDEDF**, опираясь на **t-кванты** наблюдений  $\text{tk}_1 Y_w$  и на обобщённые имплицативную  $\text{Btk3}(Z)$  и/или функциональную  $\text{Btk3}(F)$ . Как правило, **t-кванты** текущих наблюдений  $\text{tk}_1 Y_w$  описываются векторными **tk-знаниями** 1-го порядка с именем  $Y_w$  и номером  $w$ , совпадающим с номером имени  $R_w$  **tk-знания**  $\text{tk}_s R_w$  1-го либо 2-го порядка сложности частной закономерности  $\text{tk}_s R_w$  как результата  $R_w$  дедуктивного операторного вывода. Эффективный **операторный** вывод обобщённых и частных **tk-знаний** достигается благодаря обоснованному индуктивному принципу синтеза обобщённых

импликативной и функциональной  $\text{Btk3}(Z/F)$  путем обучения на  $T_B(m, N)$ .

*Операторный индуктивный вывод обобщённых импликативных и функциональных  $\text{Btk3}(Z/F)$  на основе обучающих знаний*

На основе использования алгоритма  $A_Z$ , описанного в [1], в ИКЗ предложена базовая форма оператора индуктивного вывода («от частного к общему») импликативных  $\text{tk}$ -знаний, имеющего имя  $\text{tINDZ}$ , чёткое *определение 1* и запись в параметрическом виде  $\text{tINDZ}[\text{tk}_2 T_B; A_Z; \text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z]$ . В записи входным параметром служит  $\text{tk}_2 T_B$ , а выходным –  $\text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z$ , вывод которого реализуется по алгоритму  $A_Z$ .

*Определение 1.* Алгоритмическая  $\text{t}$ -квантовая процедура с именем  $\text{tINDZ}$ :

$$\text{tINDZ}[\text{tk}_2 T_B; A_Z; \text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z] = \text{tk}_2 T_B \xrightarrow[A_Z]{\text{tINDZ}} \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z \quad (1)$$

реализующая индуктивный вывод импликативной  $\text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z$  путём компьютерного обучения на  $\text{tk}$ -знаниях  $\text{tk}_2 T_B$  посредством алгоритма  $A_Z$ , называется базовым оператором индуктивного вывода импликативных ( $Z$ ) эмпирических  $\text{tk}$ -знаний в условиях  $\text{t}$ -неопределённости (кратко,  $\text{tINDZ}$ -оператор).

Рабочая форма  $\text{tINDZ}$ -оператора является модификацией базовой формы (1) и применяется на практике в составе действующей интеллектуальной информационной технологии (ИИТ) для синтеза импликативной  $\text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z$ . В  $\text{t}$ -квантовой записи *рабочая* форма  $\text{tINDZ}$ -оператора использует *встроенные* алгоритмы:  $A_Z$ , алгоритм обучения ( $\text{tАЛОБУЧ}$ ), алгоритм автоматического квантования ( $\text{tАЛАКВА}$ ), алгоритм квантовой оптимизации ( $\text{tАЛОПТ}$ ) и приобретает вид:

$$\text{tINDZ} [T_B(m,N); A_Z; \text{tАЛОБУЧ}; \text{tАЛАКВА}; \text{tАЛОПТ}], \text{Btk3}(Z) = \text{tk}_2 T_B \xrightarrow[A_Z, \text{tАЛОБУЧ}, \text{tАЛАКВА}, \text{tАЛОПТ}]{\text{tINDZ}} \text{tk}_2 \bar{\Sigma}_Z \quad (2)$$

Аналогично, на основе использования алгоритма  $A_F$  строится базовый оператор индуктивного вывода функциональных  $\text{tk}$ -знаний, который в параметрическом виде записывается так:

$$\text{tINDF}[\text{tk}_2 T_B; A_F; \text{Btk3}(F) = \text{tk}_2 \Sigma_F].$$

**Определение 2.** Алгоритмическая **t**-квантовая процедура с именем **tINDF**:

$$\mathbf{tINDF} [\mathbf{tk}_2\mathbf{T}_B; \mathbf{A}_F; \mathbf{Btk3}(F) = \mathbf{tk}_2\mathbf{\Sigma}_F] = \mathbf{tk}_2\mathbf{T}_B \xrightarrow[\mathbf{A}_F]{\mathbf{tINDF}} \mathbf{tk}_2\mathbf{\Sigma}_F, \quad (3)$$

реализующая индуктивный вывод функциональной  $\mathbf{Btk3}(F) = \mathbf{tk}_2\mathbf{\Sigma}_F$  путём компьютерного обучения на **tk**-знаниях  $\mathbf{tk}_2\mathbf{T}_B$  посредством алгоритма  $\mathbf{A}_F$ , называется базовым оператором индуктивного вывода функциональных эмпирических **tk**-знаний в условиях **t**-неопределённости (кратко, **tINDF**-оператор).

Рабочая форма **tINDF**-оператора, которая применяется на практике в составе ИИТ для синтеза функциональной  $\mathbf{Btk3}(F) = \mathbf{tk}_2\mathbf{\Sigma}_F$  по обучающим знаниям  $\mathbf{tk}_2\mathbf{T}_B$ , имеет вид:

$$\mathbf{tINDF} [\mathbf{T}_B(m, N); \mathbf{A}_F; \mathbf{tАЛОБУЧ}; \mathbf{tАЛАКВА}; \mathbf{tАЛОПТ}], \mathbf{Btk3}(F) = \mathbf{tk}_2\mathbf{T}_B \xrightarrow[\mathbf{A}_{ZF}, \mathbf{tАЛОБУЧ}, \mathbf{tАЛАКВА}, \mathbf{tАЛОПТ}]{\mathbf{tINDF}} \mathbf{tk}_2\mathbf{\Sigma}_F. \quad (4)$$

Алгоритмические операторы **tINDZ** (2) и **tINDF** (4) являются ещё и универсальными математическими моделями принятия решений в процессах компьютерного обнаружения обобщённых эмпирических закономерностей в различных предметных областях при условиях **t**-неопределённости.

*Операторный дедуктивный вывод частных эмпирических **tk**-знаний на основе имплицативные и функциональные  $\mathbf{Btk3}(Z/F)$*

*Дедуктивный вывод суждений или принимаемых решений («от общего к частному») известен ещё в древности, наиболее обоснован и широко используется в наше время, когда найдена общая закономерность, позволяющая прийти к частным знаниям. В современных условиях развития прогрессивных информационных технологий, в частности ИИТ, дедуктивный вывод реализуется с помощью специальных алгоритмических операторов.*

*Операторный дедуктивный вывод имплицативных эмпирических **tk**-знаний необходим для получения частных имплицативных заключений по наблюдаемым фактам, опираясь на обобщённую имплицативную  $\mathbf{Btk3}(Z)$ , которая строится с помощью базового алгоритма  $\mathbf{A}_Z$  в описанных ранее условиях **t**-неопределённости.*

*Операторный дедуктивный вывод функциональных эмпирических **tk**-знаний применяется для получения частных*



функциональных заключений по наблюдаемым фактам, опираясь на обобщённую функциональную  $\mathbf{Btk3}(F)$ , которая синтезируется с помощью разработанного базового алгоритма  $\mathbf{A}_F$ . [1] при таких же условиях  $t$ -неопределённости.

Операторная модель **дедуктивного** вывода частных эмпирических импликативных  $tk$ -знаний  $tk_s R_w^Z$ , ( $s = 0,1,2$ ;  $w = 1,2,\dots,K$ ) по наблюдаемым ситуационным  $tk$ -знаниям  $tk_1 Y_w$ , опираясь на импликативную  $\mathbf{Btk3}(Z)$ , представляется посредством  $t\mathbf{DEDZ}$ -оператора с алгоритмами  $t\mathbf{AJ}(Z)$ ,  $t\mathbf{AJAKBA}(Z)$  и  $t\mathbf{AJUPP}$  в виде:

$$\begin{aligned}
 &tk_s R_w^Z = t\mathbf{DEDZ} [ \mathbf{Btk3}(Z), tk_1 Y_w; t\mathbf{AJ}(Z); t\mathbf{AJAKBA}(Z); t\mathbf{AJUPP}; \\
 &tk_s R_w^Z ] = \\
 &= \mathbf{Btk3}(Z) \xrightarrow{t\mathbf{DEDZ} \quad tk_1 Y_w; t\mathbf{AJ}(Z); t\mathbf{AJAKBA}(Z); t\mathbf{AJUPP}} tk_s R_w^Z. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Смысл операторной записи модели в представлении (5) следует понимать так: « $t\mathbf{DEDZ}$ -оператор обеспечивает дедуктивный вывод частных эмпирических  $tk$ -знаний  $tk_s R_w^Z$   $s$ -го порядка сложности ( $s=0,1,2$ ; т.е. в символьном, векторном или матричном виде и относящихся к категории  $w = 1,2,\dots,K$ ) по наблюдаемым  $tk$ -знаниям  $tk_1 Y_w$ , опираясь на импликативную  $\mathbf{Btk3}(Z)$  с помощью алгоритма  $t\mathbf{AJ}(Z)$  и алгоритма  $t\mathbf{AJAKBA}(Z)$  под управлением алгоритма  $t\mathbf{AJUPP}$ ».

Алгоритм  $t\mathbf{AJ}(Z)$  совместно с алгоритмом  $t\mathbf{AJAKBA}(Z)$  реализуют дедуктивную процедуру вывода  $t\mathbf{DEDZ}$ -оператором частных импликативных  $tk$ -знаний в виде результата  $tk_s R_w^Z$  с выполнением его автоматического квантования. Все алгоритмы, как параметры, в списке операторной записи  $t\mathbf{DEDZ}$ -оператора и  $t\mathbf{DEDZ}$ -оператора разделяются между собой и от других элементов списка символом «;», а все остальные параметры разделяются между собой символом «,».

Полный список  $t$ -квантовых параметров в дедуктивной операторной модели (5) начинается с входного параметра « $\mathbf{Btk3}(Z/F)$ », за которым следуют  $t$ -квант наблюдений, операторные алгоритмы и выходной  $t$ -квантовый параметр,

отвечающий результату вывода частных  $tk$ -знаний « $tk_s R_w^Z$ » или « $tk_s R_w^F$ ».

Операторная модель дедуктивного вывода частных функциональных  $tk$ -знаний  $tk_s R_w^F$ , ( $s = 0,1,2$ ;  $w = 1,2,\dots,K$ ) по наблюдаемым  $tk$ -знаниям  $tk_1 Y_w$  представляется формулой, опираясь на функциональную  $Btk3(F)$ , посредством  $tDEDF$ -оператора с алгоритмами  $tAJ(F)$ ,  $tAJAKBA(F)$  и  $tAJYPP$ :

$$\begin{aligned}
 tk_s R_w^F &= tDEDF [Btk3(F), tk_1 Y_w; tAJ(F); tAJAKBA(F); tAJYPP; \\
 tk_s R_w^F ] &= \\
 &= Btk3(F) \xrightarrow{tk_1 Y_w; tAJ(F); tAJAKBA(F); tAJYPP} tk_s R_w^F. \quad (6)
 \end{aligned}$$

Семантика операторной модели в представлении (6) понимается так:

« $tDEDF$ -оператор обеспечивает дедуктивный вывод частных эмпирических функциональных  $tk$ -знаний  $tk_s R_w^F$   $s$ -го порядка сложности ( $s=0,1,2$ ; т.е. в символьном, векторном или матричном виде и относящихся к категории  $w=1,2,\dots,K$ ), по наблюдаемым  $tk$ -знаниям  $tk_1 Y_w$ , опираясь на функциональную  $Btk3(F)$ , с помощью алгоритма  $tAJ(F)$  и алгоритма  $tAJAKBA(F)$  под управлением алгоритма  $tAJYPP$ ».

Алгоритм  $tAJ(F)$  совместно с алгоритмом  $tAJAKBA(F)$  реализуют дедуктивную процедуру вывода  $tDEDF$ -оператором частных функциональных  $tk$ -знаний в виде результата  $tk_s R_w^F$  с выполнением его автоматического квантования. С помощью формул (5) и (6) обеспечивается автоматическая компьютерная реализация дедуктивного процесса обнаружения частных эмпирических закономерностей различных классов  $w=1,2,\dots,K$  в любой предметной области, опираясь на предварительно найденные имплицативные или функциональные  $Btk3(Z/F)$ .

*Знание ориентированная методика и результаты  
решения поставленной проблемы*

Методика решения поставленной нами проблемы экспериментальных исследований базируется на изложенной выше

знаниеориентированной методологии и состоит из следующих основных действий.

**Д1.** Преобразовать числовую ТЭД<sub>ч</sub> =  $T(m_c, n_c)$ , в булеву ТЭД<sub>л</sub> =  $T_B(m_l, N_l)$ , руководствуясь указаниями в [1].

**Д2.** Используя обучающую булеву  $T_B(m_l, N_l)$ , с помощью индуктивного **tINDZ-оператора** по формуле (2) обнаружить искомую имплицативную эмпирическую закономерность  $Btk3(Z) = tk_2 \bar{\Sigma}_Z$ , а с помощью индуктивного **tINDF-оператора** по формуле (4) получить искоемую функциональную эмпирическую закономерность  $Btk3(F) = tk_2 \Sigma_F$  относительно целевого признака  $X_{ц}$

**Д3.** Оценить эффективность найденных эмпирических закономерностей  $Btk3(Z/F)$  по внешнему критерию  $K_e$  на точках (ситуациях) контрольной выборки  $T_k(m_k, N_k)$ . Для этого необходимо использовать **tDEDZ-оператор** дедуктивного вывода по формуле (5) при оценивании эффективности имплицативной закономерности  $Btk3(Z)$ . Использование **tDEDF-оператора** применяется по формуле (6) при оценивании эффективности функциональной закономерности  $Btk3(F)$  на соответствующих контрольных ТЭД =  $T_k(m_k, n_k)$ . Проверка эффективности приемлемых  $Btk3(Z/F)$  должна завершиться обязательным положительным исходом, как указано в постановке задачи экспериментальных исследований.

**Д4.** Выполнить специальное протокольное оформление результатов оценивания эффективности принимаемых решений о признании обнаруженных  $Btk3(Z/F)$  состоятельными обобщёнными эмпирическими закономерностями относительно целевой характеристики ОПР для завершения эксперимента. Протокольное оформление результатов эксперимента должно обязательно содержать, наряду с надлежащими аргументированными выводами, найденные зависимости в графическом и аналитическом представлении с компьютерной реализацией фактов индуктивного и дедуктивного вывода искоемых **tk-знаний**.

Руководствуясь действиями Д1 – Д4 предложенной методики, кратко опишем результаты решения поставленной проблемы с иллюстрацией на отдельных экономической задаче из сферы банковского кредитования и задаче экспериментальных исследований структурообразования строительных композитов на

основе активированных в ультразвуковом поле сырьевых компонентов.

В задаче банковского *кредитования* использовалась обучающая булева ТЭДл =  $T_B(m, N)$  =  $T_B(80,8)$  объемом 80 наблюдений с 8-ю факторами, фрагмент которой приведен в табл. 1, где указаны *посылочные* признаки **ОПР** (*заёмщика*): **X1**, – **X7** и *целевой* признак **X8** о возможности кредитования со значениями соответствующих предикатов  $P_1(X1) - P_8(X8)$  в выборочных двух строках таблицы (наблюдениях). *Посылочные* признаки **ОПР** рассчитывались по действующим в Украине методикам конкретного банка.

Далее приведен компьютерный протокол результата обучения на заданной ТЭДл =  $T_B(80,8)$  с обнаруженной *импликативной* **Btk3** =  $tk_2\bar{b}_3 = x_7 \cdot x_8 \vee \bar{x}_7 \cdot \bar{x}_8 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_5$ , в дизъюнктивной нормальной форме с указанием её качества **K<sub>c</sub>**, проверенного на той же обучающей выборке. Ниже качество обнаруженной **Btk3** оценивается на контрольных ситуациях из табл.2.

Компьютерный протокол результата обучения на ТЭД =  $T_B(80,8)$ :

Объем обучающей выборки: ( $m = 80, n = 8, \text{целевой} = X_8$ ),

Полученная **Btk3** =  $tk_2\bar{b}_3 = x_7 \cdot x_8 \vee \bar{x}_7 \cdot \bar{x}_8 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_5$ ,

Качество  $tk_2\bar{b}_3$  на обучающей выборке - 100% (0 ошибок).

*Компьютерный протокол контрольного результата проверки качества обнаруженной Btk3-(Z) на контрольной выборке  $T_k(m_k, N_k)$ :*

**ОПР1:**  $tk_1Y_1 = [0111100?]$  (целевой признак  $X_8=1$ ),

$tk_2\bar{b}_3[tk_1Y_3] = x_7 \cdot x_8 \vee \bar{x}_7 \cdot \bar{x}_8 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_5 = 0 \cdot x_8 \vee 1 \cdot \bar{x}_8 \vee 1 \cdot 0 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 \cdot 0 = \bar{x}_8$ ,

$tk_0R[tk_1Y_3] = tk_2\bar{b}_3[tk_1Y_3] = x_8$ ,

**ОПР1** обладает признаком (кредитовать) – *верное решение*,

т.к.  $X_{11}=X_8=1$ .

Таблица 1

Фрагмент обучающей выборки в задаче банковского кредитования

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8=X <sub>целевой</sub>
Коэф. абс. ликв.	Коэф. промеж. ликв.	Коэф. покря-я (общей ликв.)	Коэф. финанс. независ.	Коэф. рентабельности	Коэф. деловой активн	Рейтинг заемщика	Кред-ть. или не кред-ть
P <sub>1</sub> (X1)	P <sub>2</sub> (X2)	P <sub>3</sub> (X3)	P <sub>4</sub> (X4)	P <sub>5</sub> (X5)	P <sub>6</sub> (X6)	P <sub>7</sub> (X7)	P <sub>8</sub> (X8)
0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1

Таблица 2

Фрагмент контрольной выборки в задаче банковского кредитования

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8=X <sub>целевой</sub>
Коэф. абс. ликвидн.	Коэф. промеж. ликвидн.	Коэф. покрытия (общей ликв.)	Коэф. финанс. независ.	Коэф. рентаб	Коэф. делов активн	Рейтинг заемщ	Кред-ть
P <sub>1</sub> (X1)	P <sub>2</sub> (X2)	P <sub>3</sub> (X3)	P <sub>4</sub> (X4)	P <sub>5</sub> (X5)	P <sub>6</sub> (X6)	P <sub>7</sub> (X7)	P <sub>8</sub> (X8)
ОПР1 0	1	1	1	1	0	0	1
ОПР2 0	1	0	1	0	0	0	0

**ОПР2:**  $tk_1 Y_2 = [0101000?]$  (целевой признак  $X_8=0$ )

$$tk_2 \bar{0} \bar{3} [tk_1 Y_4] = x_7 \cdot x_8 \vee \bar{x}_7 \cdot \bar{x}_8 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_4 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_5 = 0 \cdot x_8 \vee 1 \cdot \bar{x}_8 \vee 1 \cdot 0 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 \cdot 1 = \bar{x}_8$$

$$tk_0 R [tk_1 Y_4] = tk_2 \bar{0} \bar{3} [tk_1 Y_4] = x_8$$

**ОПР2** обладает признаком (кредитовать) – *ошибочное решение*, т.к. контрольное значение  $X_{ц} = X_8 = 0$ .

В следующей задаче *объектом принятия решений (ОПР)* служат *наблюдаемые* в процессе эксперимента реальные *ситуации*, представляемые *точками* пространства состояний *активируемой суспензии* как системного объекта, которые *фиксируются* в **числовой ТЭД<sub>ч</sub> = T(m, n)** в виде *векторов-строк*  $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ ) с указанием значений *посылочных* и *целевых признаков ОПР*.

*Задана* исследуемая **числовая ТЭД<sub>ч</sub> = T(45, 5)**, которая включает  $m=45$  *наблюдений*,  $n=5$  *измеряемых параметров-признаков ОПР* и содержит данные о наблюдаемых *ситуациях* ультразвуковой обработки известняка-ракушечника. В качестве *посылочных* признаков рассматриваются:  $x_1$  – «*время обработки ультразвуком (сек)*»,  $x_2$  – «*концентрация суспензии (%)*»,  $x_3$  – «*мощность генератора ультразвука (%)*»,  $x_4$  – «*температура суспензии (С<sup>0</sup>)*», которые *влияют* на изменение *целевой характеристики ОПР*  $x_4 = x_5$  – «*прочность на сжатие (кгс/см<sup>2</sup>)*» полученного *материала после ультразвуковой активации суспензии*. Допустимая величина  $x_{u_{\min}}^{\text{доп}} = 35 \text{ кгс/см}^2$  определяет *нижний порог прочности*, который устанавливается *экспертами* либо специальными *нормативными документами*. Задан *допустимый порог K<sub>э</sub><sup>доп</sup> эффективности* *искомой Бтк3(Z)*, как *величины риска* принятия *ошибочного решения на контрольных ситуациях о состоятельности* обнаруженной эмпирической зависимости в форме **Бтк3(Z)**.

*Требуется*, используя заданную **ТЭД<sub>ч</sub> = T(45, 5)**, *индуктивно обнаружить эффективную обобщённую эмпирическую имплицативную Бтк3(Z) относительно целевого признака x<sub>5</sub> посредством соответствующих tINDZ-оператора (2)*.

Итак, согласно *методическому действию Д1* получаем *булеву ТЭД T<sub>В</sub>(m, N) = T<sub>В</sub>(45, 12)*, (см. **табл. 3**) Для проведения

конкретного эксперимента образуем случайным образом из имеющейся булевой выборки  $T_B(45, 12)$  обучающую выборку  $T_O(37, 12)$ , (см. фрагмент табл. 3), и контрольную  $T_K(8, 12)$ , (см. фрагмент табл. 4).

Указанный объём обучающей выборки допускает ранг  $r_{max}=2$ , следовательно, обнаруженная эмпирическая имплицативная закономерность  $Btk3(Z)$  содержит только конъюнкции 2-го ранга и выражается в ДНФ:

$$Btk3(Z) = \bar{\Sigma}_Z = \bar{X}_8 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_8 \cdot X_{12} \vee X_7 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_6 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_{10} \cdot X_{11} \vee X_9 \cdot X_{11} \vee X_9 \cdot X_{10} \vee X_7 \cdot X_8 \vee X_6 \cdot X_8 \vee X_6 \cdot X_7 \vee X_5 \cdot X_6 \vee X_4 \cdot X_5 \vee X_3 \cdot X_5 \vee X_2 \cdot X_5 \vee X_1 \cdot X_5 \vee X_3 \cdot X_4 \vee X_2 \cdot X_4 \vee X_1 \cdot X_4 \vee X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \quad (7)$$

Например, пробе №8 из  $T_O(37, 12)$  отвечает обучающая точка  $Y_8 = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0)$ , которая приводит к целевому результату  $X_{12} = 0$ , т.е. выходной материал не обладает достаточной прочностью на сжатие. Принимая во внимание значения «1» признаков  $X_3$ ,  $X_8$  и  $X_9$ , обучающая точка  $Y_8$  имеет квантовый смысл: «ЕСЛИ время обработки ультразвуком 90 сек, И концентрация суспензии 70%, И мощность ультразвукового воздействия 50%, ТО выходной материал не обладает достаточной прочностью согласно целевому предикату  $P_{12}(x_{12})$ ».

Этот же смысл подтверждается и компьютерным результатом подстановки точки  $Y_8$  в  $\bar{\Sigma}_Z = Btk3(Z)$  (7):

$$\bar{\Sigma}_Z(Y_8) = \bar{X}_8 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_8 \cdot X_{12} \vee X_7 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_6 \cdot \bar{X}_{12} \vee X_{10} \cdot X_{11} \vee X_9 \cdot X_{11} \vee X_9 \cdot X_{10} \vee X_7 \cdot X_8 \vee X_6 \cdot X_8 \vee X_6 \cdot X_7 \vee X_5 \cdot X_6 \vee X_4 \cdot X_5 \vee X_3 \cdot X_5 \vee X_2 \cdot X_5 \vee X_1 \cdot X_5 \vee X_3 \cdot X_4 \vee X_2 \cdot X_4 \vee X_1 \cdot X_4 \vee X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 = 0 \cdot \bar{X}_{12} \vee 1 \cdot X_{12} \vee 0 \cdot \bar{X}_{12} \vee 0 \cdot \bar{X}_{12} \vee 0 \cdot 0 \vee 1 \cdot 0 \vee 1 \cdot 0 \vee 0 \cdot 1 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 1 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 1 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 \cdot 1 \vee 0 \cdot 1 \vee 0 \cdot 0 = X_{12}. \quad (8)$$

Применяя инверсию к (8),  $\bar{\bar{\Sigma}}_Z(X_{12}) = \bar{X}_{12}$  – получаем соответствие машинного дедуктивного ответа требуемому результату-знанию: «выходной материал не обладает достаточной прочностью при значениях «1» признаков  $X_3$ ,  $X_8$  и  $X_9$ ».

Таблица 3

Фрагмент обучающей выборки  $T_O(m = 37, N = 12)$  для обнаружения *имплицитивной БкЗ(Z)*

№ про-бы	Время обработки ультразвуком (сек)			Концентрация суспензии %			Мощность ультразвукового воздействия						Прочность
	$P_1(30)$	$P_2(60)$	$P_3(90)$	$P_4(120)$	$P_5(150)$	$P_6(50)$	$P_7(60)$	$P_8(70)$	$P_9(50)$	$P_{10}(75)$	$P_{11}(100)$	Целевой признак	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}=X_{13}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	

Таблица 4

Фрагмент контрольной выборки  $T_K(m_k = 8, N_k = 12)$  для оценки эффективности обнаруженной эмпирической имплицитивной закономерности БкЗ(Z)

№ про-бы	Время обработки ультразвуком (сек)						Концентрация суспензии %			Мощность ультразвукового воздействия			Прочность
	$P_1(30)$	$P_2(60)$	$P_3(90)$	$P_4(120)$	$P_5(150)$	$P_6(50)$	$P_7(60)$	$P_8(70)$	$P_9(50)$	$P_{10}(75)$	$P_{11}(100)$	Целевой признак	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}=X_{13}$	
7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
8	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	



Таким образом, дедуктивный компьютерный результат (8) представляет собой частное  $tk$ -знание  $tk_0 R_w^Z$  в виде символьного  $t$ -кванта 0-го порядка, Применяя инверсию к (8),  $\overline{\overline{\Sigma}}_Z (X_{12}) = \overline{X}_{12}$  – получаем соответствие машинного дедуктивного ответа требуемому результату-знанию: «выходной материал **не обладает достаточной прочностью** при значениях «1» признаков  $X_3, X_8$  и  $X_9$ ».

*Важность и новизна* полученных результатов состоит в научно обоснованном компьютерном обнаружении по числовой ТЭД<sub>ч</sub> имплицативной эмпирической закономерности в виде базы  $tk$ -знаний  $Btk3(Z)$ , которая определяет устойчивую зависимость выхода от входа системы.

*Причинно-следственные логические связи* между переменными этой зависимости явно описываются аналитически комбинаторно-логическим полиномом, что обеспечивает компьютерное установление эмпирических закономерностей различной природы.

#### Список источников

1. Сироджа И.Б., Петренко Т.Ю. Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке и нечеткости данных. / И.Б. Сироджа, Т.Ю. Петренко. – Киев: Наукова думка. 2000. – 248с.
2. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления/ И.Б.Сироджа. – К.: Наукова думка, 2002. – 423с.
3. Сироджа И.Б. Оценивание качества идентификационных и прогнозных решений в инженерии квантов знаний /И. Б. Сироджа // Бионика интеллекта. – 2008. - №2 (69) – С. 77-83.
4. Сироджа И. Б. Принятие решений средствами инженерии квантов знаний в условиях многокритериальности и неопределенности / И. Б. Сироджа, В. А. Постернакова, Г. С. Сейдаметов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Вып.29. Технические науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2011. – С.91-96.
5. Сироджа И. Б. Обучение квантовой сети вывода решений в инженерии квантов знаний / И. Б. Сироджа, Т. Я. Зевриев // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Вып.29. Технические науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2011. – С.96-102.
6. Сироджа И. Б. Модель неформального многокритериального принятия решений средствами инженерии квантов знаний /И.Б.

Сироджа, В.А. Постернакова // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2011. - №4. – С. 97-103.

7. Сироджа И.Б. Знание ориентированная информационная технология для компьютерной поддержки принятия решений при создании сборочных приспособлений в самолетостроении. / И. Б. Сироджа, А.А. Бабушкин, А.И. Бабушкин // Вісник інженерної академії України. – 2011. – Вып.1.– С.8-14

8. Сироджа И. Б. Парадигма знание ориентированного принятия управленческих решений в экономике и бизнесе. / И. Б. Сироджа, Т. Я. Зевриев// Экономика и управление. – 2012. - №3. – С.73-79.

9. Любомирский Н.В., Сребняк В.М., Бахтин А.С. / Строительные композиты на основе извести карбонизированного типа твердения / Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Simferopol-Lublin. – 2009. – Vol. 11A. – P. 229 – 238.

10 Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Бахтина Т.А., Бахтин А.С. Оптимизация технологических параметров получения лицевого кирпича на основе извести карбонизационного твердения // Сб. научн. трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение. Дн-вск: ПГАСА.– 2010. – Вып. 56. – С. 265 – 270.

11. Закревский А. Д. Выявление имплицитивных закономерностей в булевом пространстве признаков и распознавание образов. / А. Д. Закревский // Кибернетика, – 1982. – №1. – С. 1-6.

12. Машинные методы обнаружения закономерностей: Сб. статей / Под ред. Н. Г. Загоруйко. – Новосибирск: ИМ СО АН СССР, 1976. – 168 с.

13. Зогоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики.- 1999. – 270 с.

14. Загоруйко Н.Г. Эмпирическое предсказание. Новосибирск: Наука.- 1979.-124 с.

15. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных. Новосибирск: Наука.- 1981.- 160 с.

16. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука.-1979.- 447 с.

17. Дюк В.А., Асеев М.Г. Поиск if-then правил в данных: проблемы и перспективы. [<http://www.datadiver.nw.ru/Articles/Problems.htm>]

18. Дюк В.А. Осколки знаний. Режим доступа: [[http://www.inftech.webservis.ru/it/articles/v\\_a\\_duk/ar1.html](http://www.inftech.webservis.ru/it/articles/v_a_duk/ar1.html)].

19. Дюк В.А. Data Mining – состояние проблемы, новые решения. Режим доступа: [<http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar1.html>].

## **РАЗДЕЛ 6. ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ**

### **6.1. Некоторые аспекты и проблемы развития высокопроизводительных вычислений на базе многопроцессорных вычислительных систем**

Прошло чуть более 50 лет с момента появления первых электронных вычислительных машин. За это время сфера их применения охватила практически все области человеческой деятельности. Вообще, в настоящее время современные средства информационных технологий применяются во всех областях, где возникает необходимость в обработке больших объемов информации. Однако наиболее важным по-прежнему остается использование средств вычислительной техники в том направлении, для которого они собственно и создавались, а именно, для решения больших задач. Под термином «большие задачи» обычно понимают проблемы, решение которых требует не только построения сложных математических моделей, но и проведения огромного количества вычислений.

К «большим задачам», часто именуемым проблемами класса GRAND CHALLENGES (имеется в виду вызов окружающему миру), требующим значительных вычислительных ресурсов, можно отнести: предсказания погоды, климата и глобальных изменений в атмосфере, наука о материалах, сверхпроводимость, генетика человека, астрономия, транспортные задачи большой размерности, гидро- и газодинамика, распознавание и синтез речи, распознавание образов и др. Такие задачи требуют выполнения громадных объемов вычислений. Они возникли в середине прошлого века в связи с бурным развитием науки и техники в соответствующих отраслях деятельности человека.

В наше время круг задач, требующих для своего решения мощных вычислительных ресурсов, еще более расширился. Это связано с тем, что произошли фундаментальные изменения в самой организации научных исследований. Вследствие широкого внедрения вычислительной техники значительно усилилось направление численного моделирования и численного эксперимента. Численное моделирование, заполняя промежуток между физическими экспериментами и аналитическими подходами, позволило изучать явления, которые являются либо слишком сложными для исследования аналитическими методами, либо слишком дорогостоящими или опасными для экспериментального изучения. При этом численный эксперимент позволил значительно

удешевить процесс научного и технологического поиска. Стало возможным моделировать в реальном времени процессы интенсивных физико-химических и ядерных реакций, глобальные атмосферные процессы, процессы экономического и промышленного развития регионов и т.д. Очевидно, что решение таких масштабных задач требует значительных вычислительных ресурсов [1].

Вычислительное направление применения компьютеров всегда оставалось основным двигателем прогресса в компьютерных технологиях.

Подавляющее большинство функционирующих супервычислительных установок являются фактически многопроцессорными параллельными вычислительными системами MPP архитектуры (Massively Parallel Processing). Многопроцессорные вычислительные системы, сконструированные на локальных сетях, стали называться «кластерными системами» или просто «кластерами». Это объясняется тем, что логически MPP – система мало отличается от обычной локальной сети. Однако был период, когда кластеры сильно проигрывали настоящим суперкомпьютерам в коммуникационных возможностях. Вторая половина 90 – х годов ознаменовалась двумя достижениями в области аппаратуры крупносерийного выпуска. Это повсеместное оснащение персональных компьютеров высокоскоростной PCI шиной, с одной стороны. И, с другой стороны, переход на дешевую, но довольно быструю сеть Fast Ethernet. Указанные обстоятельства привели к тому, что кластерные системы по своим коммуникационным возможностям стали сопоставимы со специализированными MPP – системами. Более того, производители коммуникационного оборудования стали оснащать компьютеры общего назначения стандартными платами PCI. Итак, стало возможным изготовление вычислительных MPP – систем не из специализированных модулей, а из стандартного оборудования, оснащенного высокопроизводительной, специализированной коммуникационной средой.

Анализ путей развития высокопроизводительных установок показывает, что реального перелома в овладении технологиями параллельных вычислений можно достичь развитием дополнительного (фактически базового) уровня в иерархии мощностей аппаратных средств многопроцессорных вычислительных систем MPP-архитектуры – персональных вычислительных кластеров. Таким образом, предлагается создать фундамент пирамиды аппаратных средств технологии параллельных вычислений в виде персональных вычислительных кластеров

аналогично имеющемуся фундаменту пирамиды аппаратуры традиционных технологий последовательных вычислений в виде ПЭВМ. Как ЭВМ перестали быть экзотикой после широкого распространения ПЭВМ, так и овладение технологиями параллельных вычислений возможно только как результат широкого применения ПВК. При этом, если начало массового применения ПЭВМ пришлось на вторую половину 1980 годов, то середину первого десятилетия XXI века следует считать началом распространения ПВК в форме мультипроцессорных вычислительных систем с распределенной памятью. Область применения таких систем – овладение технологиями параллельных вычислений, создание и отладка параллельных программ, в т.ч. проблемно-ориентированных пакетов и библиотек, а также модельная прогонка разработанного ПО.

В данной главе монографии показано, что проблемы, возникающие при разработке параллельных вычислительных систем, как правило, являются первостепенными и требуют глубокого изучения и исследования. Действительно, распределенное (параллельное) компьютерное моделирование охватывает весь спектр современной вычислительной техники: суперкомпьютеры, кластерные вычислительные системы, локальные и глобальные сети и т.д. Кроме того, распределенное моделирование позволяет решать задачи, требующие большого количества процессорного времени, интегрировать математические модели, которые обрабатываются на различных (в том числе и географически отдаленных) вычислительных системах. В этой связи, проблемы конструирования вычислительных кластеров, а также разработки вычислительных алгоритмов для параллельного процессора являются актуальными и первостепенными.

### **6.1.1. Особенности развития высокопроизводительных вычислительных систем**

Вся история развития средств вычислительной техники непрерывно связана с понятием параллельности. Вообще говоря, идея параллельной обработки данных как мощного резерва увеличения производительности вычислительных аппаратов была высказана Чарльзом Бэббиджем примерно за сто лет до появления первого электронного компьютера. Однако уровень развития технологий середины 19-го века не позволил ему реализовать эту идею. С появлением первых электронных компьютеров эти идеи неоднократно становились отправной точкой при разработке самых передовых и производительных вычислительных систем. Без

преувеличения можно сказать, что вся история развития высокопроизводительных вычислительных систем – это история реализации идей параллельной обработки на том или ином этапе развития компьютерных технологий, естественно, в сочетании с увеличением частоты работы электронных схем.

В настоящее время развитие высокопроизводительных систем идет в четырех основных направлениях:

1. Векторно-конвейерные компьютеры (ВКК). ВКК основаны на применении векторного параллелизма [2] и конвейерного принципа вычислений [3]. В ВКК обеспечена предельная производительность для процессов скалярной и векторной обработки, которая присутствует в большинстве реальных задач.

Векторный параллелизм. Наиболее распространенной в обработке структур данных является векторная операция (естественный параллелизм). Вектор — одномерный массив, который образуется из многомерного массива, если один из индексов не фиксирован и пробегает все значения в диапазоне его изменения. В параллельных языках этот индекс обычно обозначается знаком \*. Пусть, например, A, B, C — двумерные массивы. Тогда можно записать такую векторную операцию:

$$C(*, j) = A(*, j) + B(*, j).$$

В отличие от традиционного подхода, векторные команды оперируют целыми массивами независимых данных, что позволяет эффективно загружать доступные конвейеры, т.е. команда вида  $C=A+B$  может означать сложение двух массивов, а не двух чисел.

Области применения векторных операций над массивами обширны: цифровая обработка сигналов (цифровые фильтры); механика, моделирование сплошных сред; метеорология; оптимизация; задачи движения; расчеты электрических характеристик БИС и т. д.

Конвейеризация вычислительных процессов. Одним из самых простых и наиболее распространенных способов повышения быстродействия процессоров является конвейеризация процесса вычислений. Большим преимуществом конвейерных ЭВМ перед параллельными ЭВМ других типов является возможность использования пакетов программ, уже написанных для последовательных ЭВМ.

2. Параллельные компьютеры с общей памятью (SMP-Symmetric Multi Processing). Вся оперативная память таких компьютеров разделяется несколькими одинаковыми процессорами. Это наиболее удобный для программиста способ объединения многих процессоров в единый. Главное достоинство SMP-систем с

точки зрения программиста состоит в том, что для организации параллельной работы требуется поделить между процессорами лишь вычисления, но не данные: данные и так принадлежат «всем на равных». К сожалению, этот самый удобный для программиста способ является, одновременно, и самым дорогим в аппаратной реализации. Процессор общается с собственной памятью весьма интенсивно, и для того, чтобы память могла обслуживать потребности многих процессоров, она должна быть либо очень сложной и дорогой, либо довольно медленной с точки зрения каждого из процессоров (как правило, имеют место обе эти особенности). Когда число процессоров вырастает до десятков, задача вообще становится почти неразрешимой технически. Таким образом, область применения SMP-подхода – дорогие, не очень большие по числу узлов системы, довольно удобные для программирования. При этом отмечают, что здесь имеет место проблема масштабирования [4, 5].

В данное направление входят многие современные многопроцессорные SMP-компьютеры или, например, отдельные узлы компьютеров HP Exemplar и Sun StarFire.

3. Массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью (MPP- Massively Parallel Processing). Менее удобным для программиста, но на порядок более дешевым, допускающим потенциально бесконечное масштабирование, оказался подход на основе объединения отдельных, самостоятельных ЭВМ специализированными каналами связи. Идея построения компьютеров этого класса такова: берутся серийные микропроцессоры, снабжаемые каждый своей локальной памятью, и соединяются посредством некоторой коммуникационной среды. У такой архитектуры достоинств много: при необходимости можно добавлять процессоры, увеличивая производительность такого кластера; если ограничены финансовые возможности или заранее известна требуемая вычислительная мощность, то легко подбирать требуемую конфигурацию системы. Название таких систем подчеркивает теоретически неограниченную масштабируемость устройств такого класса [5].

Однако здесь есть и один существенный недостаток. Дело в том, что межпроцессорное взаимодействие в процессорах такой архитектуры может идти медленнее, чем происходит локальная обработка данных самими процессорами, т.е. в ряде случаев может возникать проблема так называемой «медленной» памяти.

К данному классу можно отнести компьютеры Intel Paragon, IBM SP1, Parsytec, в какой-то степени IBM SP2 и CRAY T3D/T3E, хотя в этих компьютерах влияние указанного минуса ослаблено.

Заметим, что к этому классу относят и сети компьютеров, которые все чаще рассматривают как недорогую альтернативу крайне дорогих суперкомпьютеров.

4. Кластерные вычислительные системы. Это направление представляет собой комбинации предыдущих трех. Из нескольких процессоров (традиционных или векторно-конвейерных) и общей для них памяти сформируем вычислительный узел. Если полученной вычислительной мощности не достаточно, то несколько узлов объединяются высокоскоростными каналами. Подобную архитектуру называют кластерной, и по такому принципу построены CRAY SV1, HP Exemplar, Sun StarFire, NEC SX-5, последние модели IBM SP2 и другие. Именно это направление является в настоящее время наиболее перспективным для конструирования компьютеров с рекордными показателями производительности. Впервые в классификации вычислительных систем термин «кластер» определила компания Digital Equipment Corporation (DEC). Определение звучит так: кластер – это группа вычислительных машин, которые связаны между собой и функционируют как один узел обработки информации. Существуют и другие определения «кластера» [6, 7], которые связаны с особенностями сегодняшнего развития средств информационных технологий, но они носят, скорее всего, производный характер от определения компании DEC. В данной работе, используя термин «кластер», мы будем подразумевать как определение компании DEC, так и определение, сформулированное в [6, 7].

Если в качестве узлов используются мультипроцессорные компьютеры с общей памятью, то такой кластер называется SMP-кластером. В то же время, если в качестве узлов используются массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью, то такой кластер называется MPP-кластером.

Коммуникационная система кластеров обычно позволяет узлам взаимодействовать между собой только посредством передачи сообщений, но некоторые системы могут обеспечивать и односторонние коммуникации - позволять любому узлу выполнять массовый обмен информацией между своей памятью и локальной памятью любого другого узла.

Если все входящие в состав вычислительного кластера узлы имеют одну и ту же архитектуру и производительность, то такой кластер называют однородным вычислительным кластером. Иначе - неоднородным.

Рассмотрим некоторые особенности функционирования вычислительных кластеров. Конструктивно вычислительный кластер представляет собой вычислительную систему, построенную



из стандартных вычислительных узлов, объединенных быстродействующей низколатентной (малоинерционной) компьютерной сетью. Заметим, что при освещении вопросов конструирования и применения вычислительных кластеров часто рассматривают понятие латентности. Под латентностью здесь понимают время самого простого взаимодействия узлов кластера через коммуникационную среду. Эти понятия вводятся для оптимизации сетевых взаимодействий [8].

Практическая реализация вычислительного кластера предполагает наличие главного (управляющего, MASTER) узла и некоторых подчиненных (SLAVE) вычислительных узлов. Заметим, под узлом кластера понимают, входящий в состав вычислительного кластера единичный компьютер, имеющий один или несколько процессоров,. Как правило, компиляция и сборка исполняемых кодов программ осуществляется MASTER-машиной, иницирующей соответствующие вычислительные процессы и рассылающей исполняемые коды программ по SLAVE-машинам. Данные MASTER-машиной рассылаются путем применения какого-либо из интерфейсов: MPI (Message Passing Interface) или PVM (Parallel Virtual Machine).

На рис. 1.1 представлена структурная схема первого вычислительного кластера, разработанного на кафедре прикладной математики и вычислительной техники Национальной металлургической академии Украины [9, 10]. Кластер собран из 5 системных блоков идентичной конфигурации: Sempron 2000, 256 Mb RAM DDR 400, HDD Samsung 40 Gb, Mb KT-600 ECS, Radeon 9200, Codegen 300 W, net card Realtek 8139. Системные блоки подключены в сеть по технологии Ethernet 100BaseT через сетевой коммутатор (switch), физический тип соединения – «звезда». Кластер работает под управлением ОС Linux. Связь между узлами кластера осуществляется посредством протоколов TCP/IP с использованием технологии MPI.

В зависимости от составленного алгоритма вычислений процесс работы такого кластера может развиваться по одному из направлений:

- на всех компьютерах вычислительного кластера запускается одна и та же программа;
- MASTER-машина готовит данные, необходимые SLAVE-машинам, и рассылает их в виде MPI - сообщений, а затем собирает с них обработанную информацию для интерпретации.

Внутри общей программы MASTER-машина и SLAVE-машины идентифицируют себя посредством специальной переменной – идентификатора.

Заметим, что современные технологии позволяют создать вычислительный кластер при минимальном навыке выполнения хозяйственных работ, а также принимая во внимание присущий большинству молодых исследователей уровень знаний системного и пользовательского ПО.

Вычислительный кластер, структурная схема которого представлена на рис. 1.1, является инструментальной средой, предназначенной для приобретения навыков управления и программирования многопроцессорных систем. Заметим, что вследствие применения Linux, стандартных систем программирования и управления ресурсами, аналогичными профессиональным кластерным системам, процесс переноса наработанного программного обеспечения на большие кластерные системы максимально прост и удобен. Кроме того, мощные вычислительные системы не отвлекаются на выполнение рутинных (отладочных операций).

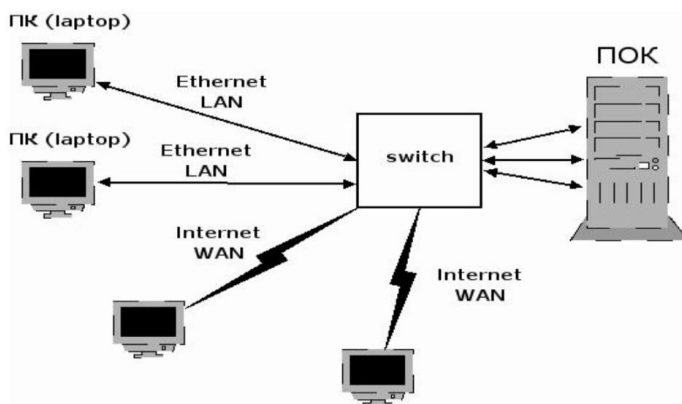


Рис. 1.1. Структурная схема вычислительного кластера

В последние годы кластерные системы широко используются во всем мире как дешевая альтернатива высокопроизводительным вычислительным системам. Система требуемой производительности собирается из готовых серийно выпускаемых компьютеров, объединенных опять же с помощью некоторого серийно выпускаемого коммуникационного оборудования. Это обстоятельство, с одной стороны, увеличивает доступность высокопроизводительных компьютерных технологий, а с другой, повышает актуальность их освоения, поскольку для всех типов многопроцессорных систем требуется использование

специальных технологий программирования для того, чтобы программа могла в полной мере использовать ресурсы высокопроизводительной вычислительной системы. Обычно это достигается разделением программы с помощью того или иного механизма на параллельные ветви, каждая из которых выполняется на отдельном процессоре.

### **6.1.2. Суперкомпьютеры и высокопроизводительные вычислительные системы**

Понятие суперкомпьютера появилось, фактически, одновременно с началом серийного выпуска компьютеров. Отражает оно вполне понятное желание применить для решения особо сложных вычислительных задач те технологии, которые, по тем или иным причинам, не стали «конвейерными». На протяжении первых примерно 30 лет с момента появления компьютеров речь шла почти исключительно о технологиях производства процессоров. Более простые, лучше освоенные и менее дорогие технологии применялись при серийном выпуске, в то время как для «избранных» задач строились «избранные» процессоры – гораздо более быстрые, но и более дорогие в производстве и «капризные» в эксплуатации.

Началом эры суперкомпьютеров с полным правом может считаться 1976 год – год появления первой векторной системы Cray 1. Результаты, показанные этой системой, пусть и на ограниченном в то время наборе приложений, были столь впечатляющи в сравнении с остальными, что система заслуженно получила название «суперкомпьютер» и в течение длительного времени определяла развитие всей индустрии высокопроизводительных вычислений.

Таким образом, примерно до середины 80-х можно было с высокой степенью точности утверждать, что суперкомпьютер – это компьютер, оснащенный специальным, особо мощным (и потому – особо дорогим) процессором.

В результате совместной эволюции архитектур и программного обеспечения на рынке стали появляться системы с весьма кардинально различающимися характеристиками, потому само понятие «суперкомпьютер» стало многозначным, и пересматривать его пришлось неоднократно. Попытки дать определение термину суперкомпьютер, опираясь только на производительность, неизбежно приводят к необходимости постоянно поднимать планку, отделяющую его от рабочей станции

или даже обычного настольного компьютера. Так, по определению Оксфордского словаря вычислительной техники 1986 года, для того чтобы получить такое название, нужно было иметь производительность в 10 MFlops. Сегодня, как известно, производительность настольных систем на несколько порядков выше.

Из альтернативных определений наиболее интересны два: экономическое и философское. Первое из них гласит, что суперкомпьютер – это система, цена которой выше 1–2 млн. долларов. Второе – что суперкомпьютер – это компьютер, мощность которого всего на порядок меньше необходимой для решения современных задач. Однако необходимо подчеркнуть условность таких определений.

С точки зрения сегодняшнего дня, суперкомпьютером называют вычислительную установку мелкосерийного или штучного выпуска, многократно превосходящую по вычислительной мощности массово выпускаемые компьютеры.

Таким образом, *под суперкомпьютером мы не будем понимать машину, быстрдействие которой «не ниже X миллиардов (или триллионов, или чего-то еще) операций в секунду».*

Конкретная, численно выражаемая грань «уже суперкомпьютерного» быстрдействия, в действительности, довольно размыта и к тому же быстро смещается по мере непрерывного прогресса в области производства процессоров. Отличительных признаков определяемого таким образом суперкомпьютера, на наш взгляд, два:

– это не изделие действительно массового выпуска, а следовательно, и при его изготовлении, и при его применении используются совсем не массовые технологии, более дорогие и, возможно, менее удобные, чем «общепринятый ширпотреб»,

– это машина, ориентированная на вычисления, на заметное, хотя бы на порядок, снижение времени выполнения сложных расчетов, по сравнению с обычными компьютерами.

Ситуация в области высокопроизводительных систем радикально изменилась, когда прогресс микроэлектронных технологий позволил преодолеть рубеж, условно говоря, миллиона транзисторов на одном кристалле, что, очень грубо, соответствует уровню сложности процессора i486. Стало ясно, что технологиям изготовления процессоров из отдельных элементов пришел конец – отныне все процессоры будут только однокристалльными микропроцессорами. В 1989 году фирма Intel выпустила однокристалльный микропроцессор i860, сравнявшийся по производительности с действовавшим тогда же суперкомпьютером

Сгау - 1. Поскольку производство микросхем, по природе своей, является конвейерным и довольно дешевым, преодоление этого рубежа означало конец эры особо мощных процессоров. Просто любую мыслимую технологию повышения производительности процессора стало возможным реализовать в кристалле и довести до крупносерийного выпуска за считанные месяцы. Процессоры, грубо говоря, перестали делиться на «обычные» и «особо мощные».

В этих условиях для повышения быстродействия сверх «массово доступного» уровня, остался единственный путь – путь объединения многих процессоров для параллельного решения одной особо сложной задачи. Такой подход в организации высокопроизводительных вычислений иногда называют «первой суперкомпьютерной революцией» [7].

С этого времени и до наших дней мы можем, таким образом, уверенно ставить знак равенства между суперкомпьютером и параллельной (или многопроцессорной) вычислительной системой [5]. Здесь можно отметить два интересных для нас результата:

– во-первых, ключевой технологией в разработке суперкомпьютеров стала (вместо технологии разработки процессора) технология объединения многих процессоров в единую систему;

– во-вторых, суперкомпьютер стал архитектурно отличаться от традиционных машин массового выпуска гораздо сильнее, чем раньше, а это уже не могло не отразиться на технологиях применения. Для того, чтобы параллельная машина дала скоростной выигрыш, надо написать параллельную программу, а это совсем не то же самое, что написать программу для традиционной машины.

Магистральным направлением для развития такого подхода стали SMP и MPP системы. Промежуточное положение между системами SMP и MPP занимают системы NUMA (NUMA – Non-uniform Memory Access). Это системы, в которых общая для многих процессоров память присутствует (аппаратно или логически), но по своим архитектурным свойствам (быстродействию, прежде всего) столь сильно отличается от локальной памяти процессора, что это необходимо явно учитывать при программировании. И по цене, и по стилю программирования эти системы ближе к SMP, чем к MPP.

Второе направление развития параллельных суперкомпьютеров в 80 – х годах прошлого века не связано с разработкой специализированных MPP-систем и не было основным и также не подразумевало каких-либо разработок в области аппаратных средств вообще. Логически MPP-система мало отличается от обычной локальной сети, а локальные сети в указанный период переживали довольно бурное развитие.

Возникало вполне естественное желание попытаться использовать локальную сеть как параллельный суперкомпьютер – например, в периоды ночных простоев. Все построение суперкомпьютера при этой технологии сводится к разработке соответствующего программного обеспечения.

Локальные сети, используемые в качестве многопроцессорных вычислительных систем, стали называть кластерами рабочих станций или просто «кластерами». Для указанного периода развития средств информационных технологий уровень развития аппаратуры локальных сетей был довольно низок. По этой причине кластеры сильно проигрывали «настоящим» суперкомпьютерам по своим коммуникационным возможностям. На практике это означало, что класс успешно решаемых на кластерах задач был гораздо уже, чем на «настоящих» MPP-системах.

Бурное развитие в области кластерных систем связано со «второй суперкомпьютерной революцией» [7] (вторая половина 90-х). Этот период связан с двумя достижениями в области аппаратуры крупносерийного выпуска. Повсеместное оснащение персональных компьютеров высокоскоростной шиной PCI [11], с одной стороны, и переход на дешевую, но довольно быструю (причем коммутируемую) сеть Fast Ethernet, с другой, привели к тому, что кластеры «догнали» специализированные MPP-системы по своим коммуникационным возможностям. При этом производители специализированного коммуникационного оборудования, которое раньше применялось только в составе MPP-систем, стали оформлять свои изделия в виде стандартных плат PCI, устанавливаемых в компьютеры общего назначения, а не в виде наборов микросхем, из которых требовалось изготавливать специализированные модули.

В этих условиях изготовление MPP-систем из специализированных, только для этой цели спроектированных и изготовленных модулей потеряло всякий смысл. За счет некоторых потерь в плотности компоновки стало возможно изготовить MPP-систему не из специальных модулей, а из стандартных персональных компьютеров, купленных в магазине. При необходимости можно было оснастить эти «модули из магазина» очень высокопроизводительной, специализированной коммуникационной средой. Соответствующие устройства тоже можно было приобрести в магазинах. Таким образом, разница между MPP и кластером из области аппаратной сместилась в область чисто организационную.

Локальные сети, специально собранные для использования в качестве многопроцессорной вычислительной системы, компактно размещенные в одном или нескольких шкафах, стали называть

кластерами выделенных (dedicated) рабочих станций, подчеркивая этим названием, что узлы такой сети выделены для работы в составе суперкомпьютера и не используются в расчетах для решения других задач. В то же время, кластеры в старом смысле этого слова не прекратили своего существования, только теперь их стали называть кластерами невыделенных рабочих станций.

В отличие от традиционных (невыделенных) кластеров, кластеры выделенных рабочих станций стали оснащать программным обеспечением, ориентированным исключительно на управление установкой как единым целым. Это позволяет говорить о кластерах выделенных рабочих станций как о полноценных MPP-системах, отличающихся от MPP-систем предыдущего поколения лишь аппаратной архитектурой.

Наконец, ценовой разрыв между системами на базе специализированной аппаратуры, с одной стороны, и кластерами выделенных рабочих станций, с другой, составляет, при сопоставимом числе процессоров, примерно два порядка и продолжает нарастать. Этим обусловлено повсеместное (и нарастающее) распространение кластеров выделенных рабочих станций в качестве единственной на сегодня технологии построения сравнительно дешевых и доступных суперкомпьютеров.

Сложившаяся в ходе этой «второй суперкомпьютерной революции» структура мирового парка суперкомпьютеров, существующая сегодня, судя по всему, сохранится в обозримом будущем. Таким образом, слова «кластер», «параллельная система» и «суперкомпьютер» в значительной степени являются синонимами, но не «по определению», а в силу соответствующего цикла технологической эволюции аппаратуры.

Следует отметить, что под словом «кластер» иногда понимают, помимо параллельной вычислительной системы, вообще всякое образование из нескольких компьютеров, объединенных для решения единой задачи. Например, если сервер системы резервирования авиабилетов реализован на базе локальной сети, с целью повышения производительности и отказоустойчивости, то это – кластер.

*Далее в настоящей работе под словом «кластер» будем понимать именно параллельную вычислительную систему, построенную по кластерной технологии, а не всякий кластер вообще.*

## Список источников

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
2. Векторизация программ: теория, методы, реализация. Сб. статей: Пер. с англ. и нем. — М.: Мир, 1991. — 275 с.
3. Коуги П.М. Архитектура конвейерных ЭВМ / Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1985. — 360 с.
4. Смирнов А.Д. Архитектура вычислительных систем: Учеб. пособие для вузов. — М.: Наука, 1990. — 320 с.
5. Воеводин В.В., Воеводин В.В. Параллельные вычисления. — СПб.: ВНУ-Петербург, 2002, 608 с.
6. Иващенко В.П., Швачич Г.Г., Шмукин А.А. Некоторые аспекты проблемы математического моделирования задач металлургической теплофизики на основе применения параллельных вычислительных систем кластерного типа // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Том 7. – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2005. С. 23-30.
7. Лацис А.О. Как построить и использовать суперкомпьютер. – М.:Бестселлер, 2003, 240 с.
8. Швачич Г.Г. Об одном подходе к решению проблемы латентности вычислительных кластеров МРР архитектуры // Материали за 5 – а международна научна практична конференция, «Ставайки съвременни наука»,- 2007. Том 10. Математика. Физика. Съвременни технологии на информации. Физическа култура и спорт. – София. «Бял ГРАД-БГ» ООД.- С. 27-35.
9. Швачич Г.Г., Шмукин А.А. О технологии параллельного компьютерного моделирования на многопроцессорных вычислительных комплексах кластерного типа // Математичне моделювання. Науковий журнал. №2(17), 2007. С. 99-106.
10. Швачич Г.Г. О параллельных компьютерных технологиях кластерного типа решения многомерных нестационарных задач // Materiály IV mezinárodná vedecko – praktická konferencie «Vedecká potenciál svéta – 2007». – Dní 7. Technická vědy. Matematika. Fyzika. Moderní informační technologie. Věstavba a architektura: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o – Stran. 35-13. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. М., Нолидж, 1999.
11. Яценко С. Шина PCI – опыт разработки встраиваемых устройств // Chip News, № 3(24), 1998. – С. 17-22.



## 6.2. Модульная многопроцессорная вычислительная система

В настоящее время применение параллелизма не приобрело настолько широкого распространения, как это уже многократно предсказывалось многими исследователями. Одна из возможных причин подобной ситуации состоит в том, что до недавнего времени стоимость высокопроизводительных систем была чрезвычайно высокой (приобрести СУПЕРЭВМ могли себе позволить только крупные компании и организации). Современная тенденция построения параллельных вычислительных комплексов на основе типичных конструктивных элементов (микропроцессоров, микросхем памяти, коммуникационных устройств), массовый выпуск которых освоен промышленностью, снизила влияние этого фактора, и в настоящий момент практически каждый потребитель может располагать многопроцессорными вычислительными системами (МВС) достаточно высокой производительности.

Другая и, по-видимому, теперь основная причина сдерживания массового распространения параллелизма заключается в том, что для проведения параллельных вычислений необходимо "параллельное" обобщение традиционной последовательной технологии решения задач на ЭВМ. Численные методы в случае многопроцессорных систем должны проектироваться как системы параллельных и взаимодействующих между собой процессов, которые допускают выполнение на независимых процессорах. Применяемые алгоритмические языки и системное программное обеспечение должны обеспечивать создание параллельных программ, организовывать синхронизацию вычислительных процессов и исключать асинхронные процессы и т.п.

В данной главе монографии раскрываются вопросы конструирования модульных многопроцессорных систем. При этом введение в многопроцессорную систему отдельной вычислительной сети для обмена данными, дополнительных управляемых коммутаторов, которые работают параллельно, промежуточного буфера памяти коммутаторов, режима сетевой загрузки процессоров, механизма резервирования ключевых компонентов модуля, позволило:

во-первых, повысить быстродействие вычислений во время решения сильносвязанных задач, обеспечить высокоскоростной доступ к памяти узлов кластера и обмен данными между ними, снизить загрузку канала, который проходит между узлами кластера, за счет формирования отдельной вычислительной сети и реализации механизмов channel bonding и VLAN;

во-вторых за счет промежуточного буфера памяти «разгрузить» центральный процессор CPU в моменты передачи и приема пакетов между узлами кластера, который предопределяет повышение производительности вычислительной системы в целом;

в-третьих, повысить эффективность кластерной системы, адаптируя структуру ее сети к решению каждого конкретного типа зада;

в-четвертых, за счет модульного принципа построения упростить проектирование, наращивание или замену кластерных узлов, которые вышли из строя, а также работу и эксплуатацию системы в целом;

в-пятых, благодаря сетевой загрузке и режиму Power on After Power Fail / Former-Sts обеспечить одновременный запуск группами вычислительных узлов модуля многопроцессорной вычислительной системы повышенной готовности от одного блока питания вместо нескольких, что приводит к значительному повышению энергоэффективности системы и уменьшению ее стоимости;

в-шестых, за счет сетевой загрузки модуля многопроцессорной системы повышенной готовности, а также введения механизма резервирования ключевых компонентов удалось существенно уменьшить количество ее компонентов и тем самым значительно повысить надежность функционирования модуля многопроцессорной системы повышенной готовности;

в-седьмых, обеспечить способность переноса переносу программного обеспечения на другие кластерные системы с целью выполнения подобных расчетов.

### **6.2.1. Обзор современных модульных многопроцессорных систем**

В практике параллельных вычислений известен модуль обработки данных для многопроцессорной системы, которая содержит 5 процессорных модулей, системную шину и 5 внешних устройств. В состав каждого процессорного модуля входят: процессор, локальная память, коммуникационная память, регистр команд, регистр данных, регистр адреса и блок управления [1].

Существует много вычислительных систем с распределенной памятью, которые содержат процессоры, объединенные некоторой коммутационной средой. Среди таких можно назвать Intel Paragon, IBM SP1, Parsytec, Blackford MultiCore и др. Отличие между этими системами зависит от типа процессоров и особенностей организации коммутационной среды. Типичным представителем таких систем можно назвать кластер Blackford

MultiCore (Спецификация кластера Blackford MultiCore / Институт динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск) [2].

В настоящее время существуют некоторые специализированные многопроцессорные кластерные системы. Наиболее типичным из них по назначению и архитектуре является *унифицированный базовый модуль многопроцессорной системы с программируемой архитектурой* (патент заявка: 2004136937/09, 16.12.2004, Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем Таганрогского государственного радиотехнического университета (НИИ МВД ТРТУ) [3], который имеет в своем составе группу макропроцессоров, выполняющих большие математические операции; группу мультиконтроллеров распределенной памяти; матричный коммутатор, который обеспечивает прямые пространственные соединения между всеми компонентами системы. Каждый базовый модуль состоит из 16 макропроцессоров, которые содержат 64 элементарных процессора, и 32 каналов, рассчитанных на 16 контроллеров распределенной памяти. Он потребляет 30 Вт на тактовой частоте 50 МГц с общей производительностью 25.10<sup>9</sup> оп/с (25 Гфл).

Отметим коротко недостатки описанного устройства:

- Ограничен и специально ориентирован круг решаемых задач, условно высокая эффективность системы.
- Большой объем подготовительных работ к эксплуатации системы, что уменьшает общую длительность выполнения задачи и реальную эффективность системы в целом.
- Отсутствие универсальности и способности программного обеспечения к переносимости.
- Использование специально ориентированной элементной базы.
- Сложность эксплуатации и сопровождения системы.

### **6.2.2. Конструктивные особенности многопроцессорной системы**

Поэтому был разработан модуль многопроцессорной кластерной системы который содержит: один мастер-узел (PM000) и пять вычислительных slave-узлов (PN001, PN002, PN003, PN004, PN005), три управляемых коммутатора (SW1, SW2, SW3), промежуточные буферы памяти коммутаторов, реконфигурируемую сеть для обмена данными между вычислительными узлами, виртуальные локальные сети (VS123, VS23, VS012, VS022, VS032, VS042, VS052, VS013, VS023, VS033, VS043, VS053), механизм

резервирования ключевых компонентов, а также предусматривает сетевую загрузку узлов. В мастер-узле и slave-узлах применяются одни и те же комплектующие (материнские платы, процессоры, интегрированные сетевые платы Fast Ethernet, внешние сетевые платы Gigabit Ethernet). В частности, мастер-узлы оборудованы дополнительно жесткими дисками (HDD), CD/DVD, дисководами (FDD). На рис. 2.1 представлена блок-схема такого модуля.

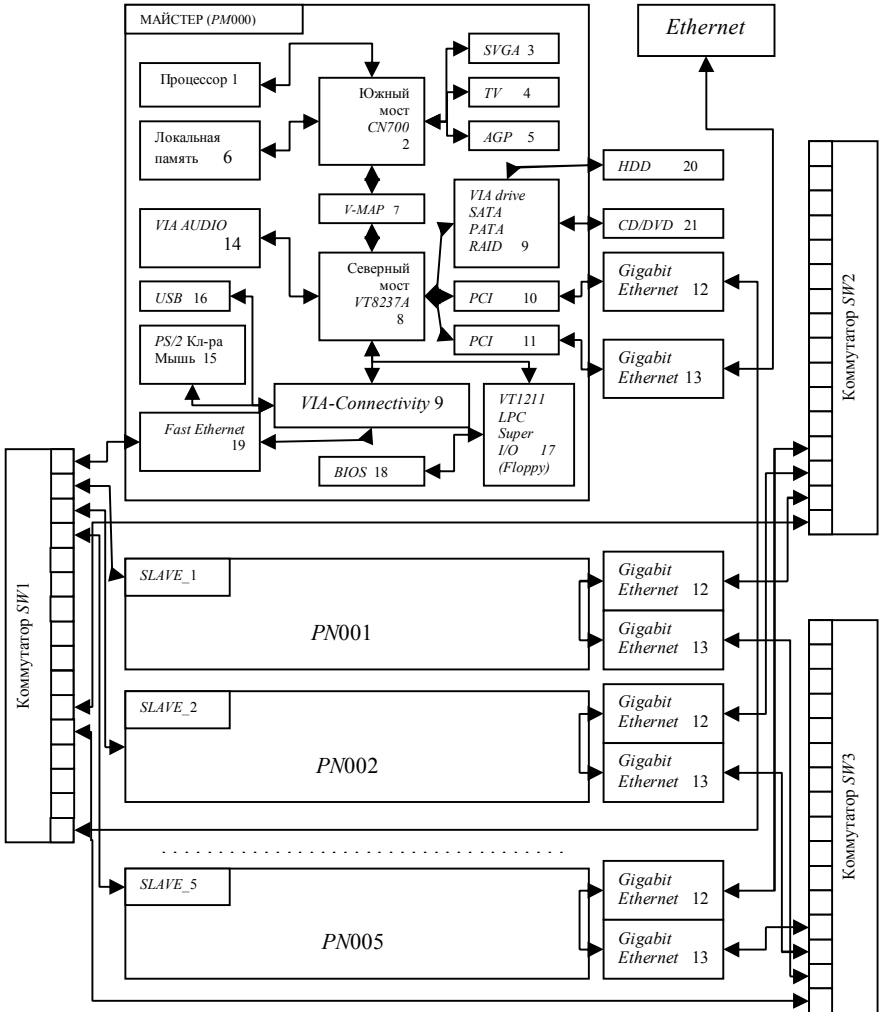


Рис. 2.1. Блок-схема модуля многопроцессорной системы

Особенность блок-схемы модуля (рис. 2.1) заключается в том, что все его вычислительные узлы содержат процессор (1) C7 CPU, присоединенный шиной FSB (Front Side Bus 533/400 МГц) к южному мосту Cn700 (2) с интегрированным видеоконтроллером VIA UniChrome Pro и видео выходами SVGA (3), TV (4) и интерфейсом AGP 8X (5), а южный мост подключен к локальной памяти (6) стандартов DDR2 533/400 или DDR 400/333/266. Южный и северный мосты соединены по модульной архитектуре платформ VIA V-MAP (7) (Modular Architecture Platform). Для соединения северного моста на чипсете VT8237A (8) и южного на чипсете V-MAP предусмотрено использование шины Ultra V-Link, которая работает со скоростью 533 МБ/с. К чипсету подключен контроллер VIA DriveStation (9), который поддерживает интерфейсы SATA, PATA и режим RAID, а также шина PCI Bus с двумя различными соединениями PCI (10,11), в которых установлены сетевые интерфейсы с поддержкой режимов channel bonding и Gigabit Ethernet (12, 13).

К мосту VIA VT8237A подключен интегрированный аудиоконтроллер (14) VIA Vinyl™ HD Audio, контроллер клавиатуры и манипулятора мыши PS/2 (15), а также восемь высокоскоростных портов стандарта USB, 2.0 (16) и контроллер VT1211 (17), который представляет собой полнофункциональный Super I/O-чип с контроллером дисководов гибких дисков, интерфейсом параллельного порта IEEE-1284, двумя последовательными портами 16C550-UART, контроллером VFIR (скоростной инфракрасный порт), игровым портом с поддержкой 2-х джойстиков, MIDI-интерфейсом и интерфейсом 4M FLASH-ROM BIOS (18), интегрированным сетевым интерфейсом, с поддержкой режимов сетевой загрузки и Fast Ethernet (19).

В качестве конструктива был избран единый корпус, который представляет собой ячейку вычислительного шкафа. Это связано с тем, что, с одной стороны, при необходимости можно несколько ПВК размещать в едином корпусе, а с другой стороны - при таком подходе обеспечивается компактность, успешное охлаждение и легкий доступ к гнездам и элементам плат, которые настраиваются. ПВК включает вертикальное, параллельное друг другу расположение системных плат, которое отвечает идее “Blade” – серверов.

Персональный вычислительный кластер, изображенный на рис. 2.2, имеет размеры: ширина 19', высота 10,9', глубина 9'. Вес устройства приблизительно 7 кг.

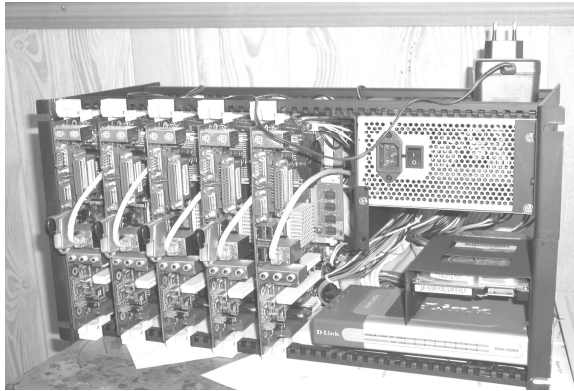


Рис. 2.2. Персональный вычислительный кластер в сборе

Основная особенность такого кластера заключается в том, что обмен данными между вычислительными узлами вынесен в отдельную сеть, модель OSI, которая работает на канальном (втором) уровне с использованием механизмов channel bonding и VLAN, что увеличило скорость обмена данными и снизило загрузку канала, соединяющего узлы кластера.

Введение дополнительных управляемых коммутаторов, которые работают параллельно, позволило через терминал или WEB-интерфейс изменять конфигурацию сети, повышать ее пропускную способность, что обеспечило высокоскоростной доступ к памяти узлов кластера и обмен данными между этими узлами с помощью коммутационных сетей. Реализация реконфигурируемой сети позволяет повысить эффективность кластерной системы, адаптируя структуру ее сети для решения каждого конкретного типа задач.

Использование промежуточного буфера памяти позволяет «разгрузить» центральный процессор CPU в моменты передачи и приема пакетов между узлами кластера, что предопределяет повышение производительности вычислительной системы в целом.

Применение энергоэффективных материнских плат и процессоров, а также сетевой загрузки, позволило благодаря режиму Power on After Power Fail / Former-Sts обеспечить одновременный запуск группы вычислительных узлов модуля многопроцессорной вычислительной системы от одного блока питания вместо нескольких (N). Это обеспечивает значительное повышение энергоэффективности системы и снижение выделения тепла на

единицу ее производительности, что позволяет отказаться от встроенной системы кондиционирования.

Сетевая загрузка модуля многопроцессорной системы и введение механизма резервирования ключевых компонентов этого модуля, а также существенное уменьшение количества компонентов системы позволяет повысить надежность функционирования узла многопроцессорной системы.

### **6.2.3. Особенности функционирования модуля многопроцессорной вычислительной системы**

После подачи энергоснабжения на блок питания ATX1 и поступления внешнего сигнала PUSK с панели П00 начинается запуск и инициализация работы мастер-узла модуля многопроцессорной системы. Непосредственно загрузка ОС может осуществляться или из жесткого диска, или из CD/DVD-устройства. После загрузки операционной системы запускается конфигурационный скрипт, который настраивает работу DHCP-сервера, кроме того, здесь определяется количество вычислительных узлов системы, в случае необходимости настраивается доступ в среду Интернет или внешнюю сеть; при этом отмечаются основные настройки и параметры. Поскольку активизация режима Power on After Power Fail / Former-Sts и подача питания на соответствующий блок (ATX2) запускает все вычислительные slave-узлы, то и загрузка операционной системы вычислительных узлов происходит группами, без перегрузки первой сети. После загрузки всех вычислительных узлов кластера завершается работа скрипта и кластер готов к выполнению параллельных вычислений.

Мастер-узел (PM00) через коммутатор SW1 обеспечивает направление потока данных управления, диагностики и приема / передачи условий, решаемых задач к slave- узлам. Slave-узлы в соответствии с алгоритмом решаемой задачи и выполняемых процессов реализуют режим необходимых вычислений. Обмен данными между вычислительными узлами вынесен в отдельную сеть, организованную с помощью управляемых коммутаторов SW2 и SW3. Для достижения максимальной эффективности кластерной системы осуществляется процесс реконфигурации структуры второй сети в зависимости от класса разрешимых задач. Прием / передача данных в slave-узлах происходит с помощью промежуточных буферов памяти. Результаты вычислений через первую коммуникационную сеть, с помощью управляемого коммутатора SW1, передаются мастер-узлу (PM000), где осуществляется необходимый режим выдачи и обработки данных.

#### 6.2.4. Режимы работы многопроцессорной системы

Решение широкого круга задач при помощи коммутируемой вычислительной сети ПК происходит на основе использования двух режимов. Первый режим сети моделирует топологию типа звезды, второй – кольца. Такие режимы работы ориентированы на реализацию граничного обмена данными в зависимости от того класса задач, который решается при помощи предложенного кластера. Структура сети модуля многопроцессорной системы для реализации предельного обмена данных представлена на рис. 2.4. Верхняя часть схемы моделирует топологию типа звезды, нижняя – кольца.

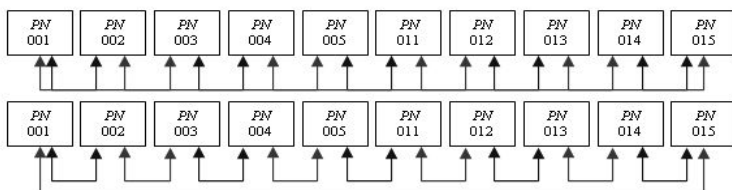


Рис. 2.4. Структура сети модуля многопроцессорной системы для реализации граничного обмена

Рассмотрим детально организацию таких режимов работы ПК.

*Первый режим.* Сначала формируется «распределенная VLAN» VS23 сеть на коммутаторах SW2 и SW3. При этом вычислительный узел PN001 соединяется с помощью входа / выхода внешнего двунаправленного интерфейса (PN001.i2) с портом 01 (VS23.SW2.01) управляемого коммутатора SW2, а также с помощью входа / выхода двунаправленного внешнего интерфейса (PN001.i3) с портом 01 (VS23.SW3.01) управляемого коммутатора SW3. По такой схеме соединяются и остальные вычислительные узлы кластера.

*Второй режим.* Часть прикладных задач предусматривает, что граничный обмен данными происходит между соседними вычислительными узлами. В таком случае связь между slave-узлами организуется по топологии кольца. При этом вычислительный узел PN001 соединяется с помощью входа / выхода двунаправленного внешнего интерфейса (PN001.i2) с портом 01 (VS012.SW2.01) управляемого коммутатора SW2, а также с помощью входа / выхода двунаправленного внешнего интерфейса (PN001.i3) с портом 04 (VS022.SW2.04) управляемого коммутатора SW2. Вычислительный узел PN002 соединяется с помощью входа / выхода



двунаправленного внешнего интерфейса (PN002.i2) с портом 03 (VS022.SW2.03) управляемого коммутатора SW2, а также с помощью входа / выхода двунаправленного внешнего интерфейса (PN002.i3) с портом 06 (VS032.SW2.06) управляемого коммутатора SW2. По такой схеме соединяются и остальные вычислительные узлы кластера.

Во избежание взаимного влияния при граничном обмене (передаче/приеме данных) между вычислительными узлами создаются виртуальные локальные сети (VLAN), которые регулируют трафик в пределах отдельных сетей (VLAN) коммутаторов SW2 и SW3. В каждом коммутаторе создаются по 5 виртуальных сетей: VS012 между портами 01 и 02 коммутатора SW2, VS022 между портами 03 и 04 коммутатора SW2, VS032 между портами 05 и 06 коммутатора SW2, VS042 между портами 07 и 08 коммутатора SW2, VS052 между портами 09 и 10 коммутатора SW2, VS013 между портами 01 и 02 коммутатора SW3, VS023 между портами 03 и 04 коммутатора SW3, VS033 между портами 05 и 06 коммутатора SW3, VS043 между портами 07 и 08 коммутатора SW3, VS053 между портами 09 и 10 коммутатора SW3.

Режим работы системы реализуется через использование промежуточного буфера памяти для хранения соответствующих пакетов. Промежуточные буферы памяти коммутаторов SW1 – SW3 освобождают от необходимости процедуры синхронизации данных при сетевом обмене, когда осуществляется процесс отправления и приема пакетов во время решения сильносвязанных задач, при этом возникает возможность уменьшить загрузку CPU, что повышает эффективность и производительность кластерной системы в целом.

### **6.2.5. Некоторые особенности концепции построения коммутационной сети**

Реализованная концепция построения коммутационной сети модуля многопроцессорной системы не предусматривает применения маршрутизации/коммутации пакетов на сетевом уровне. Предложенная система организации сети будет целесообразной в тех случаях, когда передача информации осуществляется при помощи пакетов, которые не имеют способности к маршрутизации (например, NETBIOS или протоколы специального назначения), но при этом нужно обеспечить высокую степень защищенности сети и изолированности информационных потоков пользователя. Вместе с тем, таблица коммутации содержит записи лишь о тех виртуальных каналах, которые проходят через

данный коммутатор, а не обо всех имеющихся в сети узлах (или подсети, если применяется иерархический способ адресации).

Режим конфигурации и настройки программного обеспечения вычислительных узлов упрощается за счет сетевой загрузки. При этом в вычислительных узлах отсутствуют сетевые диски, а загрузка, их настройка, диагностика и управление, происходит через сеть коммутатора SW1. Такой подход позволяет гибко перенастраивать конфигурацию ПО, обновлять и адаптировать ее под конкретное задание.

Сетевая загрузка модуля многопроцессорной системы, резервирования ключевых компонентов модуля, а также существенное уменьшение количества компонентов системы дает возможность повысить надежность функционирования узла.

В предложенной системе также реализован режим групповой процедуры запуска и загрузки вычислительных узлов модуля. Энергоснабжение вычислительных узлов системы осуществляется от одного источника бесперебойного питания. Стабильное энергопитание идет через тумблер на блок питания главного модуля ATX1 и блок питания вычислительных узлов системы ATX2.

В результате того, что все вычислительные узлы кластерной системы однотипны, использование отдельного вычислительного узла как модуля расширения позволяет повысить надежность кластерной системы за счет процедуры резервирования. При этом для каждого вычислительного узла на панель диагностики и управления П00, П01 и т. д. выводится информация о подаче питания, обращении к жесткому диску, режиме запуска материнской платы, состоянии кнопок запуска и перезагрузки соответственно.

### **6.2.6. Особенности рассматриваемой кластерной системы**

Введение подсетей загрузки системы, диагностики и обмена данными, позволило разгрузить сети вычислительной системы, повысить ее доступность и производительность.

Внедрение управляемых коммутаторов позволяет повысить быстродействие вычислений во время решения сильносвязанных задач за счет специального режима использования сетей (VLAN), которые позволяют распределить часть программ на сегменты, не связанные между собой.

Реализация промежуточного буфера памяти устраняет необходимость выполнять процедуру синхронизации данных при сетевом обмене, когда реализуется процесс отправления и приема пакетов для решения сильносвязанных задач. При этом возникает

возможность уменьшить загрузку устройства CPU, что повышает эффективность и производительность кластерной системы в целом. Такой подход можно объяснить тем, что при передаче пакетов без буферизации передаточное устройство делает запрос приемному устройству о готовности принять пакет (кадр) и ожидает подтверждения, потом передает пакет и опять ожидает подтверждения о его принятии. Если передача данных предусматривает буферизацию, то пакет передатчиком передается в буфер, и он там хранится до готовности приемника его принять. Кроме того, реализация механизмов виртуальных каналов (virtual circuit и virtual channel) создает в сети стойкие пути направляющегося трафика через сеть с коммутацией пакетов. Эти механизмы учитывают существование в сети потоков данных. Сети лишь обеспечивают возможность передачи трафика вдоль виртуальных каналов, а какие именно потоки будут передаваться по этим каналам, определяется самими конечными узлами.

Сетевая загрузка кластерной системы позволила отказаться от применения локальных дисков HDD с целью обеспечения гибкости и переконфигурации кластера под конкретное задание; тем самым обеспечивается режим адаптации вычислительной системы к необходимому типу задач.

### **6.2.7. Особенности энергопитания кластерной системы**

Для обеспечения высокой надежности системы электропитание кластера осуществляется через бесперебойный блок питания (UPS), от него через сетевые интерфейсы ток поступает в блоки питания главного модуля и резервных модулей. Таким образом, в каждом модуле многопроцессорной вычислительной системы присутствуют два однотипных блока питания (ATX): первый питает мастер-узел (винчестер, CD/DVD и т. д.), а второй через интерфейс питания - пять вычислительных узлов (материнские платы, память, процессор).

Выбранный режим энергопитания кластерной системы с функцией Power on After Power Fail / Former-Sts обеспечил одновременный запуск группы вычислительных узлов модуля многопроцессорной вычислительной системы от одного блока питания вместо нескольких (N). Реализованный подход уменьшает прыжки напряжения при включении блоков питания, увеличивает надежность системы, реализует режим их оптимальной загрузки, позволяет уменьшить потребляемую электроэнергию вычислительной системы. Описанный интерфейс запуска вычислительных узлов модуля многопроцессорной системы

позволил упростить структуру этой операции запуска, а также конфигурации системы, в целом, в конечном итоге существенно снизить стоимость вычислительной системы, используя один UPS на весь модуль и один блок питания вместо нескольких серверных специализированных.

Также этот режим энергопитания системы позволил увеличить ее надежность за счет уменьшения количества наиболее критических компонентов. Тем самым уменьшилась стоимость системы и расходы на ее эксплуатации. Благодаря внедрению такого режима энергопотребления появилась возможность отказаться от специализированных интегрированных систем кондиционирования, что также снизило стоимость системы в целом. В то же время, применение однотипных компонентов системы, режима резервирования, дало возможность повысить надежность функционирования системы за счет оперативной замены ее компонента, который вышел из строя, резервным. Такой подход применяется и для проведения регламентных и профилактических работ без остановки узла в целом, что позволяет повысить надежность системы.

## 6.2.8. Вычислительные эксперименты

Эффективность предложенного подхода при проведении вычислительных экспериментов подтверждается решением задач нестационарной теплопроводности [4, 5], некоторыми особенностями моделирования обратных задач исследования теплофизических свойств материалов [6, 7], задач прогноза экологических систем, находящихся под воздействием естественных и антропогенных факторов [8].

### Список источников

1. Баканов В.М. Персональный вычислительный кластер как недостающее звено в технологии проведения сложных технологических расчетов / В.М. Баканов // Метизы. – 2006. – 2 (12). – С. 33 – 36.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mvs.icc.ru/cluster\\_info.html](http://www.mvs.icc.ru/cluster_info.html).
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2398281.html>
4. Иващенко В.П. Некоторые аспекты проблемы математического моделирования задач металлургической теплофизики на основе применения параллельных вычислительных систем кластерного типа / В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин // Сучасні проблеми

металургії. Наук. пр. – Т. 7. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – С. 23 – 30.

5. Швачич Г.Г. К вопросу конструирования и моделирования алгоритмов построения граничных условий в задачах тепло- и массообмена для неограниченных областей / Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин // Збірник наукових праць НГУ. – № 28. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2007. – С. 75 – 84.

6. Швачич Г.Г. Определение теплофизических свойств материалов обратными методами / Г.Г. Швачич, А.А.Шмукин // Материалы международной научно-методической конференции ["Проблемы математического моделирования"]. – Днепродзержинск, 2004. – С. 153 – 154.

7. Швачич Г.Г. Некоторые особенности математического моделирования обратных задач исследования теплофизических свойств материалов / Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин, Д.В. Протопопов // Металлургическая теплотехника: Сб. науч. трудов НМетАУ в 2-х кн. – Кн. 1. – Днепропетровск: Пороги. – 2005. – С. 448 – 455.

8. Иващенко В.П. О проблеме моделирования задач идентификации динамики окружающей среды / В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин // II International Conference ["Strategy of Quality in Industry and Education"]; June, 2 – 9, 2006; Varna; Bulgaria. – Proceedings. – V. 1. – P. 242 – 248.

### **6.3. Исследование эффективности модульной кластерной системы**

Эффективность параллелизации вычислений существенно зависит от многих факторов, один из важнейших – это особенности пересылки данных между соседними узлами многопроцессорной системы, которая обычно является самой медленной частью алгоритма и может свести на нет эффект от увеличения числа используемых процессоров.

Практически одновременно с появлением компьютеров возникла необходимость в оценке их производительности и в последующем сравнении вычислительных систем с учетом этого параметра. Конечно, хотелось бы иметь простую и единственную методику априорного сравнения вычислительных систем между собой. В идеальной ситуации это могло бы быть определение по некоторому закону одного числа для каждой системы, которое бы и отображало их общую характеристику. С этой точки зрения естественным признаком любого компьютера выступает его пиковая производительность. Этот показатель определяет тот максимум, на

который способен соответствующий компьютер. Для задач вычислительного характера во многих случаях операции над вещественными числами выполняются медленнее, чем, скажем, управляющие, или регистровые, операции. Это послужило причиной применения другого способа измерения пиковой производительности, когда учитывается количество действительных операций, которые компьютер выполняет за единицу времени. Для этого была введена единица измерения – флопс. Учет вычислительной сложности программы дает пользователю возможность определить только нижний предел оценки затраты времени на ее выполнение. Существуют программы, которые исполняют роль эталона, то есть они позволяют судить о возможностях вычислительной системы. На основании разных критериев создавали так называемые тестовые наборы программ. Например, таким тестом стал LINPACK, он предназначен для решения систем линейных алгебраических уравнений.

Характеристики компьютеров, полученные по результатам тестирования, всегда вызывали и будут вызывать недоверие и критику. Одно из возможных направлений выхода из данной ситуации заключается в формировании набора тестов, каждый из которых дополнял бы друг друга. Таким образом, если одно число не может адекватно охарактеризовать вычислительную систему, то можно попробовать сделать это при помощи набора чисел. Из этих позиций и будет оцениваться эффективность многопроцессорной кластерной системы, которая исследуется в данной работе. В данном разделе монографии определены оценки эффективности кластерной системы при организации одностороннего и двустороннего режимов граничного обмена данными. Определены оценки эффективности кластерной системы при организации полудуплексного и дуплексного режимов работы системы. Доказано, что в режиме “дуплекс” существенно снизилось время вычислений и, кроме того, значительно выросло ускорение. Установлены оценки эффективности кластерной системы при организации многоканальных режимов функционирования вычислительной сети кластера. Такие режимы работы позволяют не только повысить эффективность распараллеливания, но и существенно уменьшить время вычислений, а также значительно ускорить вычисления. Проведены исследования, направленные на определение загруженности линий связи кластерной системы. Это позволило установить оптимальное число узлов кластерной системы для разных режимов ее работы. Выведены основные аналитические соотношения для определения числовых характеристик эффективности кластерной системы через ее основные параметры.

В настоящее время существенный интерес к построению многопроцессорных параллельных вычислительных систем (кластеров) определяется применением стандартных общедоступных технологий и компонентов. Это обуславливается рядом факторов. Во-первых, рост, в соответствии с потребностями рынка, производительности таких стандартных сетевых технологий, как Ethernet (характеризуется последовательным повышением скорости передачи информации до 10, 100, 1000 Мбит/с и 10 Гбит/с); применение коммутаторов вместо модулей с разделительной средой позволяет рассматривать их как коммуникационную среду для многопроцессорных вычислительных систем. Во-вторых, очень важным фактором стало увеличение популярности свободно распространяемой операционной системы Linux.

В данном разделе монографии были проведены исследования, направленные на определение загруженности линий связи кластерной системы. При этом выведены аналитические соотношения для коэффициента загруженности линий связи кластерной системы через ее параметры. Для удобства проведения исследований эффективности персонального вычислительного кластера установлены аналитические соотношения для определения его основных числовых характеристик через параметры вычислительной системы. Такой подход позволил моделировать требуемые характеристики эффективности кластерных систем, подбирая необходимый вид оборудования.

Кроме того, в данном разделе монографии выявлены основные закономерности относительно времени счета задачи в зависимости от изменения области вычислений многопроцессорной системы. Показано, что при увеличении общего объема вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N$  в степени полтора. Также выведены основные аналитические соотношения, определяющие зависимость времени решения задачи от основных параметров многопроцессорной системы. Такие соотношения показали, что время счета задачи растет по нелинейному закону с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами. Кроме того, выведенные соотношения показали, что для получения полной картины изменения времени счета задачи в зависимости от изменения области вычислений многопроцессорной системы, необходимо согласовывать такие параметры.

В данном разделе монографии также рассмотрен вариант гипотетического компьютера с неограниченной памятью и проведен его сравнительный анализ с реальной многопроцессорной системой.

При этом выведены аналитические соотношения, определяющие особенности формирования вычислительной области для такого компьютера. Проведен сравнительный анализ функционирования реальной многопроцессорной системы и гипотетического компьютера с неограниченной памятью с целью определения основных факторов, влияющих на эффективность распараллеливания реальной вычислительной системы. Проведенные исследования показали актуальность процесса согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранных вычислительных платформ.

Также проведен этап моделирования основных временных характеристик решаемой задачи путем применения многопроцессорной вычислительной системы для различных вычислительных платформ. Проведен сравнительный анализ применения различных вычислительных платформ для решения рассматриваемого типа задач.

Проведены исследования, направленные на определение коэффициента замедления вычислений, связанного с увеличением области вычислений многопроцессорной системы, распределенной по ее узлам, по сравнению с вариантом компьютера с неограниченной областью вычислений. Выведены аналитические соотношения для коэффициента замедления вычислений. Показана решающая роль времени граничного обмена данными на величину коэффициента замедления вычислений.

Выполнен этап моделирования коэффициента замедления вычислений и установлены закономерности его изменения в зависимости от применения различных вычислительных платформ. Выявленные тенденции изменения такого коэффициента указывают на необходимость согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранной вычислительной платформы.

### **6.3.1. Исследование эффективности многопроцессорной системы для задач с критичным временем решения**

Итак, рассматриваем задачу уменьшения времени расчетов путем увеличения числа узлов кластерной системы. При этом будем считать, что область вычислений равномерно распределяется между узлами кластерной системы. Для удобства исследований будем предполагать, что форма области, на которой проводятся вычисления, является квадратной.

В данном классе задач все вычисления выполняются на базе разностной сетки. К тому же, для анализа эффективности



многопроцессорной системы важнейшим параметром будет время счета одной итерации ( $T_{it}$ ) относительно области вычислений. Тогда в условиях применения многопроцессорной системы общее время одной итерации будет определяться на основании такого соотношения:

$$T = T_n + T_{ex} \quad (3.1)$$

Здесь  $T_n = \frac{T_{it}}{N}$  представляет собой время счета одной итерации при использовании  $N$  вычислительных узлов, с,  $T_{ex}$  – время граничного обмена между узлами кластера, с. Заметим, что когда время счета итерации зависит лишь от мощности процессора, то время граничного обмена диктуется размером разностной сетки, количеством узлов кластерной системы и пропускной способностью вычислительной сети.

Следовательно, величину  $T_{ex}$  можно определить из такого соотношения:

$$T_{ex} = \frac{E}{V}. \quad (3.2)$$

В выражении (3.2)  $E$  – объем данных в области граничного обмена (Гбит),  $V$  – пропускная способность сети кластера (Гбит/с). В условиях, когда область вычислений максимально загружена и равномерно распределена между узлами кластера, можно определить формулу для вычисления объема данных граничного обмена. Эта формула будет иметь такой вид:

$$E = m \cdot (N - 1) \sqrt{R}, \quad (3.3)$$

где  $N$  – количество узлов кластера,  $R$  – объем оперативной памяти узла кластера. Отметим, что когда  $N = 1$ , то значение величины  $E$  обратится в нуль, что является полностью очевидным. Значение  $m$  может равняться единице для одностороннего режима граничного обмена данными, или двум для двустороннего.

В отмеченных условиях можно оценить время одной итерации, в состав которого будет входить, собственно, время счета одной итерации при использовании  $N$  узлов кластерной системы и время граничного обмена данными в зависимости от количества узлов кластера  $N$ , то есть:

$$T = \frac{T_i}{N} + \frac{m \cdot (N - 1) \cdot \sqrt{R}}{V}. \quad (3.4)$$

Анализ соотношения (3.4) показывает, что, разделяя область вычислений между узлами кластера, уменьшаем объем вычислений

для его каждого лезвия. В силу того, что узлы многопроцессорной системы работают параллельно, то и общее время итерации становится меньше. В то же время, с увеличением числа узлов кластера увеличивается также и объем граничных данных, и, соответственно, время обмена данными между узлами. Реализуя режим агрегации каналов вычислительной сети кластера, можно увеличить скорость обмена данными в сети в  $k$  раз. При этом величина  $k$  соответствует количеству каналов, которые работают параллельно. Тогда производительность сети будет определяться таким образом:

$$V = k \cdot d \cdot V_n, \quad (3.5)$$

где  $V_n$  - пропускная способность сети кластера, Гбит/с,  $k$  - количество каналов связи вычислительной сети, которые работают одновременно (количество вычислительных сетей),  $d$  - полудуплексный ( $d = 1$ ), или дуплексный ( $d = 2$ ) режим работы вычислительной сети кластерной системы.

Для расчета ускорения и эффективности за основу были взяты общепринятые в теории параллельных вычислений формулы. Для эффективности распараллеливания:

$$Q = \frac{S}{N}, \quad (3.6)$$

при этом

$$S = \frac{t_1}{t_n}, \quad (3.7)$$

где  $S$  - ускорение;  $t_1$  - время выполнения задачи на одном процессоре;  $t_n$  - время выполнения задачи на  $n$  процессорах.

Оценку эффективности кластерной системы можно получить через основные параметры персонального вычислительного кластера, в частности, через временные параметры вычислительного процесса, а именно:

$$\eta = \frac{T_n}{T} \quad (3.8)$$

Тогда с учетом соотношения (3.1) формулу (3.8) можно записать таким образом:

$$\eta = \frac{\frac{T_i}{N}}{\frac{T_i}{N} + T_{ex}}. \quad (3.9)$$

Принимая во внимание выражения (3.2), (3.3), (3.5), получаем окончательную оценку эффективности кластерной системы через ее параметры, то есть:

$$\eta = \frac{T_i \cdot k \cdot d \cdot V_n \cdot N}{T_i \cdot k \cdot d \cdot V_n \cdot N + N^2 \cdot m \cdot (N-1) \cdot \sqrt{R}} \quad (3.10)$$

Расчеты эффективности кластерной системы, которые проводились по формулам (3.6) и (3.10), позволяют отметить совпадение результатов с точностью до одного знака, который объясняется характером вычислений.

В соответствии с этими соотношениями были проведены вычислительные эксперименты для многопроцессорной кластерной системы, блок-схема которой изображена на рис. 3.1. Здесь выходными были приняты такие характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы:

$$T_{it} = 100 \text{ с}, V_n = 1 \text{ Гбит/с}, R = 8 \text{ Гбит}.$$

На первом этапе для отображения полной картины процессов, которые происходят в многопроцессорной вычислительной системе, были проведены сугубо теоретические исследования. Для полудуплексного программируемого режима передачи данных в вычислительной системе были рассмотрены режимы односторонней и двусторонней пересылки данных между ее соседними узлами.

Заметим, что полудуплексный режим позволяет передавать информацию каналами связи по очереди в разные моменты времени. Схема реализации такого режима изображена на рис. 3.1.

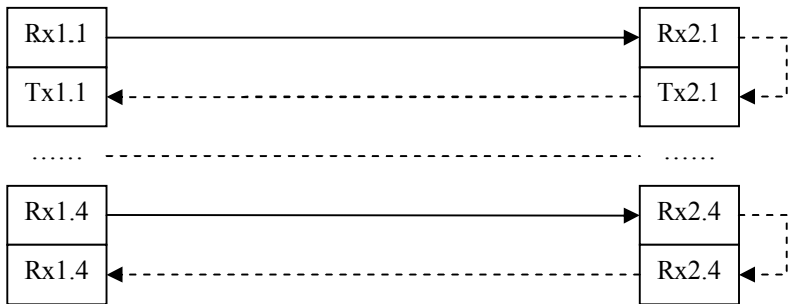


Рис. 3.1. Схема полудуплексного режима передачи данных в вычислительной системе

На рис. 3.1 пунктирными линиями показан процесс согласования приема и передачи данных.

### 6.3.1.1. Исследование особенностей организации граничного обмена данными

При решении заданного типа задач в течение каждой итерации процессоры обмениваются данными на стыках блоков, используя актуальные значения переменных. На первом этапе особенности пересылки данных между соседними узлами многопроцессорной системы исследуются в одном направлении. Исходные данные для исследования представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Исходные даны для расчета характеристик системы при одностороннем режиме обмена информацией

<b>V<sub>n</sub></b>	1 Гбит/с
<b>T<sub>it</sub></b>	100 с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	1
<b>d</b>	1
<b>k</b>	1

Полученные результаты моделирования отображены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты расчета основных характеристик системы при одностороннем режиме обмена информацией

<b>Кол-во. узлов</b>	<b>T<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>ex</sub></b>	<b>T</b>	<b>USK</b>	<b>EF</b>
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	2,83	52,83	1,89	0,95
3	33,33	5,66	38,99	2,56	0,85
4	25,00	8,49	33,49	2,99	0,75
5	20,00	11,31	31,31	3,19	0,64
6	16,67	14,14	30,81	3,25	0,54
7	14,29	16,97	31,26	3,20	0,46
8	12,50	19,80	32,30	3,10	0,39
9	11,11	22,63	33,74	2,96	0,33
10	10,00	25,46	35,46	2,82	0,28
11	9,09	28,28	37,38	2,68	0,24
12	8,33	31,11	39,45	2,54	0,21
13	7,69	33,94	41,63	2,40	0,18
14	7,14	36,77	43,91	2,28	0,16
15	6,67	39,60	46,26	2,16	0,14

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.2, рис.3.3).

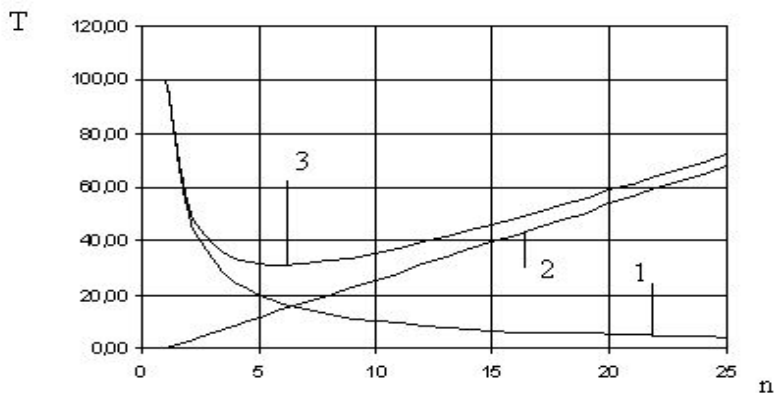


Рис. 3.2. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от количества узлов многопроцессорной системы при одностороннем граничном обмене данными

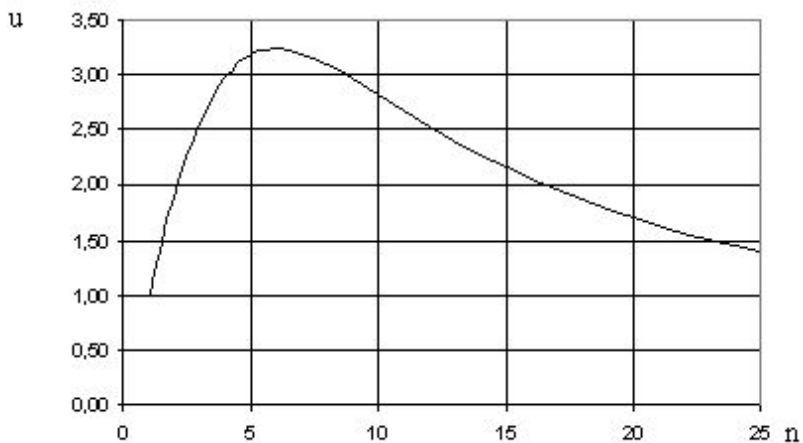


Рис. 3.3. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при одностороннем граничном обмене данными

Как видно на рис. 3.2, время счета одной итерации при увеличении числа узлов многопроцессорной системы уменьшается по гиперболической зависимости (кривая 1).

Наряду с этим время граничного обмена при увеличении числа узлов многопроцессорной системы увеличивается по линейному закону (линия 2).

Общую картину изменения времени счета одной итерации в многопроцессорной системе иллюстрирует зависимость, отображенная кривой 3.

Анализ такой кривой показывает, что время расчета на первом этапе уменьшается при увеличении количества узлов кластера. Подобный результат, казалось, и был предусмотрен. Однако уменьшение такого времени происходит до определенного предела. Если, например, количество узлов будет превышать шесть, то общее время расчета начинает расти. Происходит это на фоне увеличения объема данных, которые пересылаются между узлами.

Таким образом, можно отметить, что при постоянном размере сетки, в условиях данной задачи, нет смысла, чтобы количество лезвий в кластере были больше шести. Сравнительно невысокую эффективность вычислений (54 %) при минимальном времени вычислений одной итерации с использованием шести узлов вычислительной системы можно объяснить тем, что ресурсы кластера используются не в полном объеме.

При прочих равных условиях рассмотрим наиболее типичный вариант пересылки данных между соседними узлами системы – двусторонний. Исходные данные для исследования такого режима работы вычислительной системы представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3  
Исходные данные для расчета характеристик системы при двустороннем режиме обмена информацией

<b>V<sub>n</sub></b>	1 Гбит/с
<b>T<sub>it</sub></b>	100 с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	1
<b>k</b>	1

Полученные результаты моделирования представлены в табл. 3.4.

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.4 и рис.3.5).

Таблица 3.4

Результаты расчета основных характеристик системы при двустороннем режиме обмена информацией

Кол-во узлов	$T_n$	$T_{ex}$	$T$	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	5,66	55,66	1,80	0,90
3	33,33	11,31	44,65	2,24	0,75
4	25,00	16,97	41,97	2,38	0,60
5	20,00	22,63	42,63	2,35	0,47
6	16,67	28,28	44,95	2,22	0,37
7	14,29	33,94	48,23	2,07	0,30
8	12,50	39,60	52,10	1,92	0,24
9	11,11	45,25	56,37	1,77	0,20
10	10,00	50,91	60,91	1,64	0,16
11	9,09	56,57	65,66	1,52	0,14
12	8,33	62,23	70,56	1,42	0,12
13	7,69	67,88	75,57	1,32	0,10
14	7,14	73,54	80,68	1,24	0,09
15	6,67	79,20	85,86	1,16	0,08

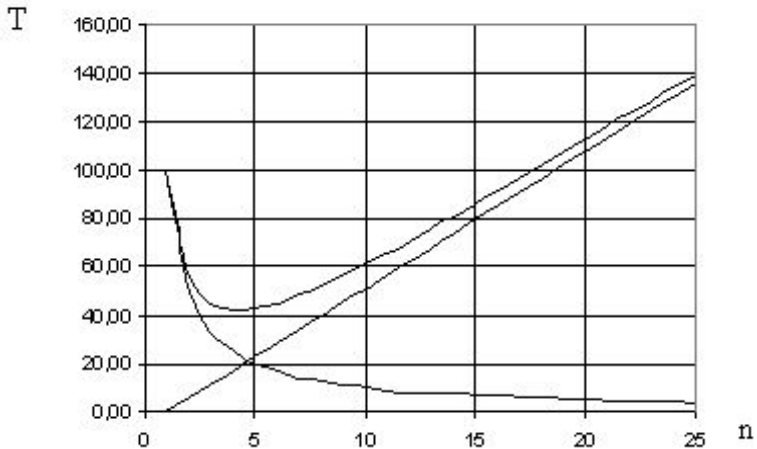


Рис. 3.4. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от количества узлов многопроцессорной системы при двустороннем граничном обмене данными

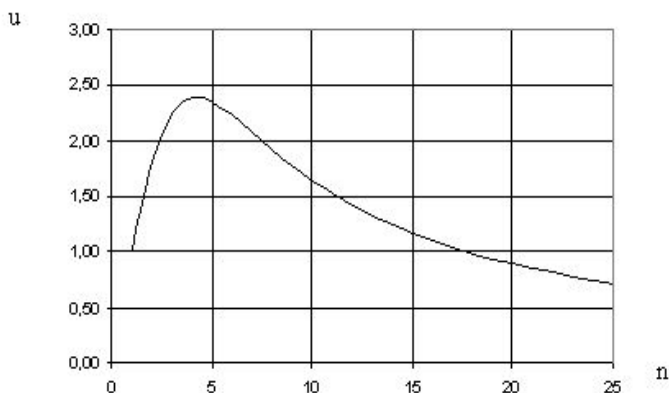


Рис. 3.5. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при двустороннем граничном обмене данными

Следовательно, имеем предпосылки для подведения промежуточных итогов исследований. С одной стороны, двусторонний режим обмена данными, при прочих равных условиях, позволяет в оптимальном варианте функционирования кластерной системы уменьшить количество узлов до четырех и, что очевидно, повысить эффективность вычислений до 60 %. Однако, с другой стороны, как и ожидалось, при двустороннем режиме обмена данными уменьшится ускорение вычислений за счет увеличения времени граничного обмена. Очевидно, чтобы увеличить ускорение вычислений необходимо отдельно исследовать влияние способа передачи данных между узлами кластерной системы. На решение этой проблемы и направлены последующие исследования.

### 6.3.1.2. Исследование особенностей реализации дуплексного режима работы системы

В спроектированной кластерной системе, для соединения внешних устройств используется шина PCI (англ. Peripheral Component Interconnect, что дословно переводится, как взаимосвязь периферийных компонентов). И здесь надлежит отметить важное нововведение: после физического подключения внешнего устройства к разъемному соединению шины PCI происходит автоматическое установление конфигурации этого устройства.



Кроме того, эта шина предусматривает дуплексный режим передачи данных. В режиме «дуплекс» устройства могут передавать и принимать информацию или данные одновременно двумя каналами связи, разделенными (разнесенными) физически.

Схема организации такого режима изображена на рис. 3.6.

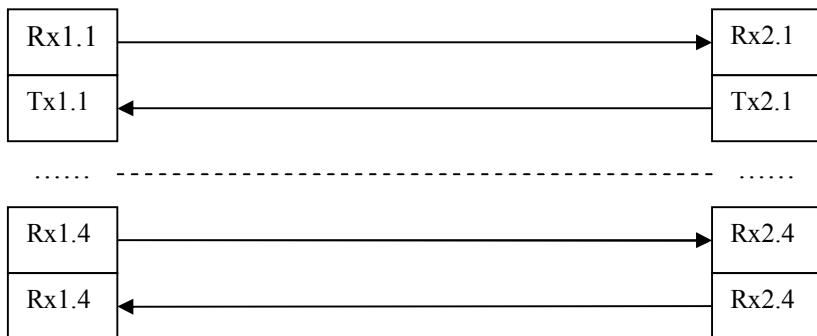


Рис. 3.6. Схема дуплексного режима передачи данных в вычислительной системе

Заметим, что дуплексный режим – наиболее скоростной в работе вычислительных систем. Он позволяет эффективно использовать вычислительные возможности кластерных комплексов в сочетании с высокой скоростью передачи данных каналами связи. Учитывая описанные обстоятельства, подчеркнем важность исследования характеристик эффективности многопроцессорной системы при реализации дуплексного режима работы.

Исходные данные для этого режима исследований представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Исходные данные для расчета характеристик системы при реализации дуплексного режима работы кластера

<b>V<sub>n</sub></b>	1 Гбит/с
<b>T<sub>it</sub></b>	100 с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	2
<b>k</b>	1

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты расчета основных характеристик системы при реализации дуплексного режима работы кластера

Кол-во узлов	$T_n$	$T_{ex}$	$T$	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	2,83	52,83	1,89	0,95
3	33,33	5,66	38,99	2,56	0,85
4	25,00	8,49	33,49	2,99	0,75
5	20,00	11,31	31,31	3,19	0,64
6	16,67	14,14	30,81	3,25	0,54
7	14,29	16,97	31,26	3,20	0,46
8	12,50	19,80	32,30	3,10	0,39
9	11,11	22,63	33,74	2,96	0,33
10	10,00	25,46	35,46	2,82	0,28
11	9,09	28,28	37,38	2,68	0,24
12	8,33	31,11	39,45	2,54	0,21
13	7,69	33,94	41,63	2,40	0,18
14	7,14	36,77	43,91	2,28	0,16
15	6,67	39,60	46,26	2,16	0,14

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.7, рис.3.8).

T

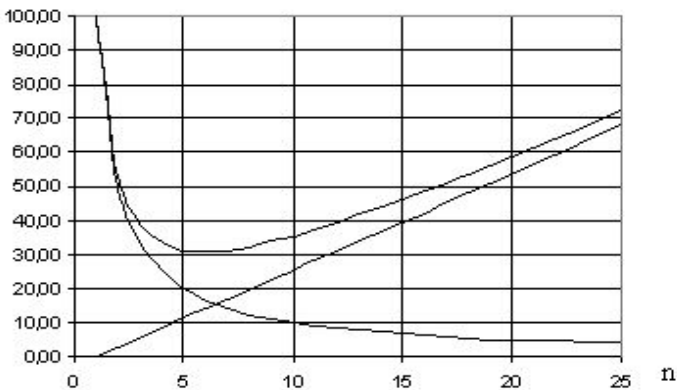


Рис. 3.7. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от количества узлов многопроцессорной системы при дуплексном режиме работы

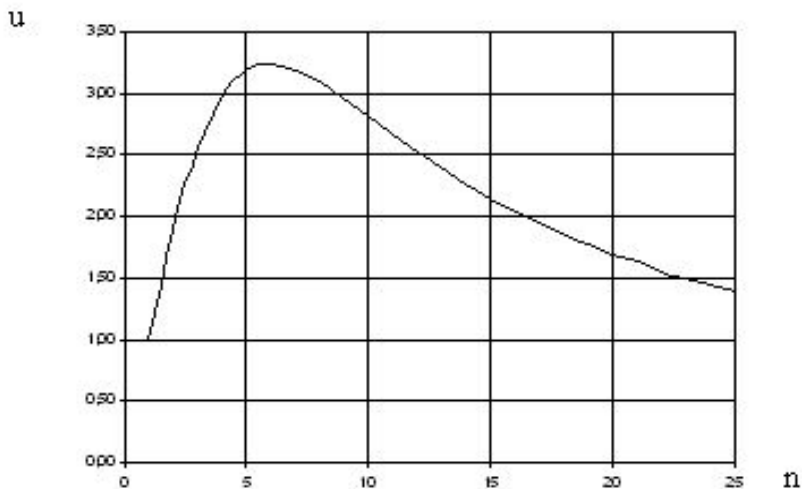


Рис. 3.8. Кривые зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при дуплексном режиме работы

Сравнительный анализ полудуплексного (табл. 3.4) и дуплексного (табл. 3.6) режимов работы системы показывает, что в режиме «дуплекс» существенно уменьшилось время вычислений. Кроме того, значительно выросло ускорение вычислений. Однако, одновременно необходимо отметить некоторое снижение эффективности вычислений (54 % против 60%).

Очевидно, что для повышения эффективности вычислений необходимо вместо одной коммутационной сети, где происходил обмен данными, вводить вторую, которая работает параллельно с первой, что позволит уменьшить время граничного обмена данными.

Следовательно, следующие исследования будут направлены на реализацию процедуры усовершенствования обмена данными между узлами кластерной системы на сетевом уровне.

### 6.3.1.3. Исследование особенностей формирования коммуникационной сети многопроцессорной системы

Основная особенность кластерной системы, которая рассматривается в этой работе, заключается в том, что обмен данными между вычислительными узлами вынесен в отдельную сеть. Это обеспечило повышение скорости обмена данными и снизило загрузку канала, который соединяет узлы кластера.

Такая реализация механизма channel bonding кластерной вычислительной системы позволяет повысить ее эффективность. Последующие исследования направлены на реализацию процедуры повышения эффективности распараллеливания при помощи введения дополнительных вычислительных сетей. Исходные данные для изучения упомянутого режима работы многопроцессорной системы перечислены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Исходные данные для расчета характеристик системы при двухканальном режиме функционирования вычислительной сети кластера

$V_n$	1 Гбит/с
$T_{it}$	100 с
$R$	8 Гбит
$m$	2
$d$	2
$k$	2

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 3.8.

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.9, рис.3.10).

Итак, имеем предпосылки для количественной оценки эффективности многопроцессорной системы при реализации двухканального режима функционирования вычислительной сети кластера ( $k = 2$ ). Как показывают расчетные данные (табл. 3.8), такой режим работы кластера позволил не только повысить эффективность системы (в оптимальном режиме это больше 70 %), но и существенно сократить время вычислений (см. рис. 3.7, 3.9), а также ускорить вычисления (см. рис. 3.8, 3.10). Таких результатов удалось достичь за счет уменьшения времени граничного обмена данными между вычислительными узлами кластерной системы. Заметим, что именно такой режим работы вычислительной системы и внедрен для кластера, блок-схема которого изображена на рис.3.6.

Таблица 3.8

Результаты расчета основных характеристик системы при реализации двухканального режима функционирования вычислительной сети кластера

Кол-во узлов	$T_n$	$T_{ex}$	$T$	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	1,41	51,41	1,94	0,97
3	33,33	2,83	36,16	2,77	0,92
4	25,00	4,24	29,24	3,42	0,85
5	20,00	5,66	25,66	3,90	0,78
6	16,67	7,07	23,74	4,21	0,70
7	14,29	8,49	22,77	4,39	0,63
8	12,50	9,90	22,40	4,46	0,56
9	11,11	11,31	22,42	4,46	0,50
10	10,00	12,73	22,73	4,40	0,44
11	9,09	14,14	23,23	4,30	0,39
12	8,33	15,56	23,89	4,19	0,35
13	7,69	16,97	24,66	4,05	0,31
14	7,14	18,38	25,53	3,92	0,28
15	6,67	19,80	26,47	3,78	0,25

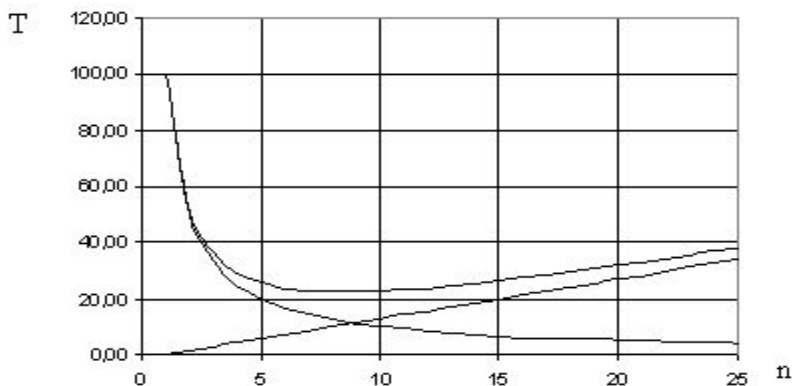


Рис. 3.9. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от количества узлов многопроцессорной системы при реализации двухканального режима функционирования вычислительной сети кластера

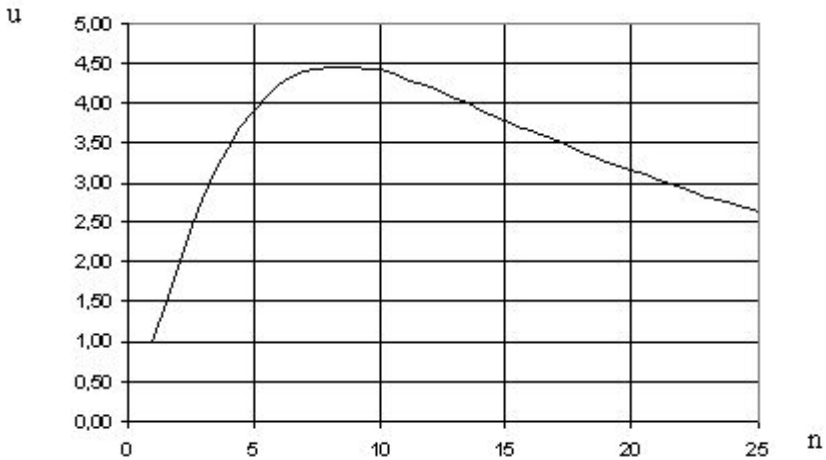


Рис. 3.10 Кривые зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при реализации двухканального режима функционирования вычислительной сети кластера

Однако в ходе исследований возник вопрос: каким образом изменятся оценки эффективности кластерной системы при последующем расширении режима channel bonding? Например, если  $k = 4$ . Ответ на этот вопрос можно получить, проведя дополнительные исследования.

Исходные данные для отмеченного режима работы многопроцессорной системы перечислены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Исходные данные для расчета характеристик системы при четырехканальном режиме функционирования вычислительной сети кластера

<b><math>V_n</math></b>	1 Гбит/с
<b><math>T_{it}</math></b>	100 с
<b><math>R</math></b>	8 Гбит
<b><math>m</math></b>	2
<b><math>d</math></b>	2
<b><math>k</math></b>	4

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Результаты расчета основных характеристик системы при реализации четырехканального режима функционирования вычислительной сети кластера

Кол-во узлов	$T_n$	$T_{ex}$	$T$	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	0,71	50,71	1,97	0,99
3	33,33	1,41	34,75	2,88	0,96
4	25,00	2,12	27,12	3,69	0,92
5	20,00	2,83	22,83	4,38	0,88
6	16,67	3,54	20,20	4,95	0,82
7	14,29	4,24	18,53	5,40	0,77
8	12,50	4,95	17,45	5,73	0,72
9	11,11	5,66	16,77	5,96	0,66
10	10,00	6,36	16,36	6,11	0,61
11	9,09	7,07	16,16	6,19	0,56
12	8,33	7,78	16,11	6,21	0,52
13	7,69	8,49	16,18	6,18	0,48
14	7,14	9,19	16,34	6,12	0,44
15	6,67	9,90	16,57	6,04	0,40

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.11, рис. 3.12).

T

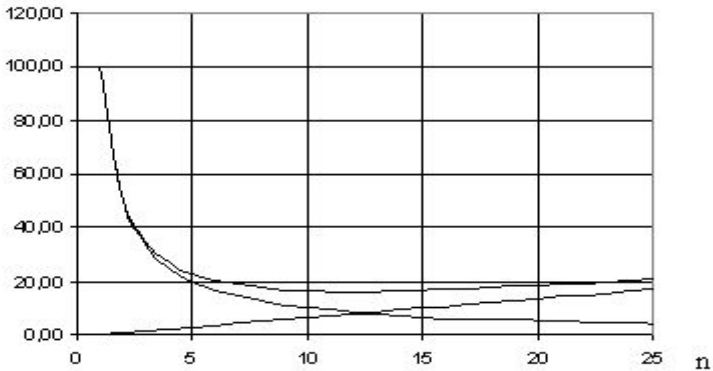


Рис. 3.11. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от количества узлов многопроцессорной системы при реализации четырехканального режима функционирования вычислительной сети кластера

и

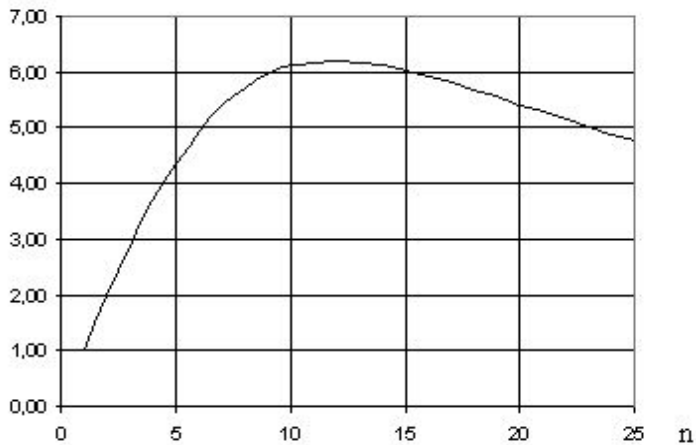


Рис. 3.12. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при реализации четырехканального режима функционирования вычислительной сети кластера

Таким образом, сравнительный анализ реализации режима channel bonding кластерной системы, когда  $k = 2$  и  $k = 4$ , показывает, что при сравнительно одинаковой эффективности распараллеливания несколько уменьшается время вычислений (приблизительно на 5 с.) и значительно растет ускорение вычислений (см. рис. 3.10, рис. 3.12).

В практической работе кластерной системы с режимом формирования вычислительной сети, когда  $k = 4$ , исследователю придется искать ответ на вопрос: будет ли оправданным уменьшение времени вычислений на 5 с и увеличение ускорения вычислений при условии вкладывания сравнительно серьезных материальных средств в усложнение конструкции кластерной системы?

В некоторой мере ответ на поставленный вопрос можно получить, если провести исследование коэффициента загрузки линий связи кластерной системы.



### 6.3.2. Исследование загруженности линий связи кластерной системы

Итак, рассмотрим характеристику коэффициента загруженности линий связи кластерной системы. С этой целью выведем соотношение для коэффициента загруженности линий связи через параметры кластерной системы, при этом принимается, что:

$$\xi = \frac{T_{ex}}{T}. \quad (3.11)$$

Учитывая выражения (3.2) – (3.5), окончательное значение коэффициента загруженности линий связи можно записать в виде аналитического соотношения, выраженного через параметры вычислительного кластера, т.е.:

$$\xi = \frac{m \cdot N \cdot (N-1) \cdot \sqrt{R}}{T_i \cdot k \cdot d \cdot V_n + N \cdot m \cdot (N-1) \cdot \sqrt{R}} \quad (3.12)$$

Результаты расчета коэффициента загруженности линий связи для дуплексного режима работы многопроцессорной системы без использования режима channel bonding (КЗС1), а также с его использованием, когда  $k = 2$  (КЗС2) и  $k = 4$  (КЗС3), приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Результаты расчета коэффициента загруженности линий связи кластера при разных режимах функционирования вычислительной сети.

Кол-во узлов	КЗС1	КЗС2	КЗС3
1	2	3	4
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	0,03	0,01
3	0,15	0,08	0,04
4	0,25	0,15	0,08
5	0,36	0,22	0,12
6	0,46	0,30	0,18
7	0,54	0,37	0,23
8	0,61	0,44	0,28

Продолж.табл.3.11

1	2	3	4
9	0,67	0,50	0,34
10	0,72	0,56	0,39
11	0,76	0,61	0,44
12	0,79	0,65	0,48
13	0,82	0,69	0,52
14	0,84	0,72	0,56
15	0,86	0,75	0,60
16	0,87	0,77	0,63
17	0,88	0,79	0,66
18	0,90	0,81	0,68
19	0,91	0,83	0,71
20	0,91	0,84	0,73
21	0,92	0,86	0,75
22	0,93	0,87	0,77
23	0,93	0,88	0,78
24	0,94	0,89	0,80
25	0,94	0,89	0,81

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что, как и ожидалось, при увеличении числа узлов кластерной системы значения коэффициента загрузки линий связи будут расти.

С другой стороны известно, что когда  $\xi=50\%$ , то оперативная память коммутатора будет использоваться, приблизительно, на 70 %. Запас этой памяти (до 30 %) резервируется для устранения коллизий, которые могут возникать в результате загрузки вычислительной сети кластера.

Следовательно, можно отметить, что при первом режиме функционирования кластера можно использовать не больше шести лезвий, при втором девяти и, наконец, при третьем – не больше двенадцати.

### 6.3.3. Исследование эффективности многопроцессорной системы для задач с расширяемой областью вычислений

Рассмотрим ту постановку задачи, которая приводит к расширяемой области вычислений. Итак, имеется разностная сетка размерности  $N$ ; время вычисления решаемой задачи при использовании однопроцессорной системы определяется значением  $t$ . Этот параметр не является определяющим. Здесь принципиальным является увеличение размера сетки, причем сверх такого, который может обрабатываться в памяти одного компьютера. Эта процедура является определяющей для более детального счета или получения некоторых новых эффектов исследуемых процессов. При этом необходимо исследовать эффективность вычислений в условиях рассматриваемого класса задач.

Таким образом, рассматриваем задачу расширения области вычислений путем увеличения числа узлов кластерной системы. При этом будем считать, что область вычислений равномерно распределяется между узлами кластерной системы. Для удобства исследований будем предполагать, что область, на которой проводятся вычисления, имеет форму круга. При этом на каждый узел многопроцессорной системы приходится равновеликий сектор такого круга. Принимая во внимание, что каждый узел кластера имеет доступную оперативную память  $R$  (Гбит), общий объем области вычислений многопроцессорной системы представим в виде соотношения:

$$S = N \cdot R, \quad (3.13)$$

где  $N$  – число узлов многопроцессорной системы.

В условиях, когда область вычислений максимально загружена и равномерно распределена между узлами многопроцессорной системы, можно определить формулу для вычисления объема граничного обмена данными (Гбит). Эта формула будет иметь такой вид:

$$E_{\text{ex}} = m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (3.14)$$

Значение  $m$  может равняться единице для одностороннего режима граничного обмена данными или двум для двустороннего. Отметим, что когда  $N = 1$ , значение величины объема данных

граничного обмена ( $E_{ex}$ ) обращается в нуль, что является полностью очевидным.

При таких обстоятельствах можно определить  $T_{ex}$  – время граничного обмена данными между узлами кластера, с. Заметим, что если время счета итерации зависит лишь от мощности процессора, то время граничного обмена данными диктуется размером разностной сетки, количеством узлов кластерной системы и пропускной способностью вычислительной сети. Следовательно, величину  $T_{ex}$  можно определить из такого соотношения:

$$T_{ex} = \frac{E_{ex}}{V} \quad (3.15)$$

В выражении (3.15)  $V$  – пропускная способность сети кластера (Гбит/с).

Заметим, что в общем случае пропускную способность коммуникационной сети многопроцессорной системы можно определить на основании соотношения:

$$V = k \cdot d \cdot V_p \quad (3.16)$$

где  $V_p$  – пропускная способность порта сетевого интерфейса, Гбит/с,  $k$  – количество каналов связи вычислительной сети, которые работают одновременно (количество вычислительных сетей),  $d$  – полудуплексный ( $d = 1$ ) или дуплексный ( $d = 2$ ) режим работы вычислительной сети кластерной системы.

В данном классе задач все вычисления выполняются на базе разностной сетки. К тому, же для анализа эффективности многопроцессорной системы важнейшим параметром будет время счета одной итерации ( $T_{it}$ ) относительно области вычислений. Тогда в условиях применения многопроцессорной системы общее время одной итерации будет определяться на основании такого соотношения:

$$T_{it} = T_c^N + T_{ex} \quad (3.17)$$

Здесь  $T_c^N$  представляет собой время счета одной итерации при использовании  $N$  вычислительных узлов, с.

Очевидно, для случая, когда  $N = 1$ , получают, что

$$T_{it} = T_c^1 \quad (3.18)$$

Здесь  $T_c^1$  – время счета одной итерации для однопроцессорной вычислительной системы. Для случая, когда  $N > 1$  общее время счета одной итерации, с учетом выражения (3.14), будет определяться на основании выражения вида:

$$T_{it} = T_c^N + \frac{m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}}{V}. \quad (3.19)$$

Для рассматриваемого типа задач уточним первое слагаемое в выражении (3.19). При этом:

$$T_c^N = \frac{S}{N \cdot V_c} \quad (3.20)$$

где  $V_c$  – скорость счета одной итерации некоторой задачи для данного типа процессора и соответствующих численных методов (определяется экспериментально). С учетом соотношения (3.13), выражение (3.20) принимает следующий вид:

$$T_c^N = \frac{R}{V_c}. \quad (3.21)$$

Анализ соотношения (3.21) показывает, что величина  $T_c^N$  зависит как от объема оперативной памяти используемого процессора, так и от скорости вычисления одной итерации для данного типа узла многопроцессорной системы.

Таким образом, имеем все предпосылки для определения общего времени счета одной итерации для многопроцессорной вычислительной системы:

$$T_{it} = \frac{R}{V_c} + \frac{m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{N \cdot R}{\pi}}}{V} \quad (3.22)$$

Анализ соотношения (3.22) показывает, что при увеличении области вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N^{3/2}$  с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами, т.е.:

$$T_{it} = T_c^N + N^{3/2} \cdot f(m, R, V) \quad (3.23)$$

Анализ соотношения (3.23) показывает перспективность применения современных коммуникационных технологий и многоядерных вычислительных платформ.

На фоне проведенных исследований рассмотрим случай гипотетического компьютера с неограниченным объемом памяти. Так, с учетом соотношения (3.18), получим:

$$T_c^1(S) = \frac{S_i}{V_c} \quad (3.24)$$

В выражении (3.24) общий объем области вычислений гипотетического компьютера представим в виде:

$$S_i = i \cdot R, \quad (3.25)$$

здесь  $i$  – коэффициент, определяющий изменение области вычислений гипотетического компьютера.

Анализ соотношений (3.24), (3.25) показывает, что при увеличении общего объема вычислений в  $N$  раз, время счета задачи растет линейно с некоторым коэффициентом, зависящим от вычислительных возможностей используемого процессора.

В соответствии с выведенными соотношениями были проведены вычислительные эксперименты для различного типа вычислительных платформ. На первом этапе использовались вычислительные узлы, оснащенные процессором Intel Pentium 4 3 GHz. Здесь в качестве исходных были приняты характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы, представленные в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Исходные данные для расчета характеристик системы при использовании вычислительной платформы, оснащенной процессором Intel Pentium 4 3 GHz

<b>Vp</b>	1 Гбит/с
$T_c^1$	100 с
<b>Vc</b>	$2,6 \cdot 10^9$ бит/с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	2
<b>k</b>	1

Полученные результаты моделирования отображены в табл.3.13.

Таблица 3.13

Результаты расчета основных характеристик системы, оснащенной процессором Intel Pentium 4 3 GHz

N	Sn	Eex	Tex	Tc,n	Tit	Tид
2	16,00	9,03	9,03	2,58	11,61	5,16
3	24,00	16,59	16,59	2,58	19,17	7,74
4	32,00	25,54	25,54	2,58	28,12	10,32
5	40,00	35,69	35,69	2,58	38,27	12,90
6	48,00	46,92	46,92	2,58	49,50	15,48
7	56,00	59,12	59,12	2,58	61,70	18,06
8	64,00	72,23	72,23	2,58	74,82	20,65
9	72,00	86,19	86,19	2,58	88,77	23,23
10	80,00	100,95	100,95	2,58	103,53	25,81
11	88,00	116,47	116,47	2,58	119,05	28,39
12	96,00	132,70	132,70	2,58	135,28	30,97
13	104,00	149,63	149,63	2,58	152,21	33,55
14	112,00	167,23	167,23	2,58	169,81	36,13
15	120,00	185,46	185,46	2,58	188,04	38,71
16	128,00	204,31	204,31	2,58	206,89	41,29
17	136,00	223,76	223,76	2,58	226,34	43,87
18	144,00	243,79	243,79	2,58	246,37	46,45
19	152,00	264,39	264,39	2,58	266,97	49,03
20	160,00	285,53	285,53	2,58	288,11	51,61

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.13).

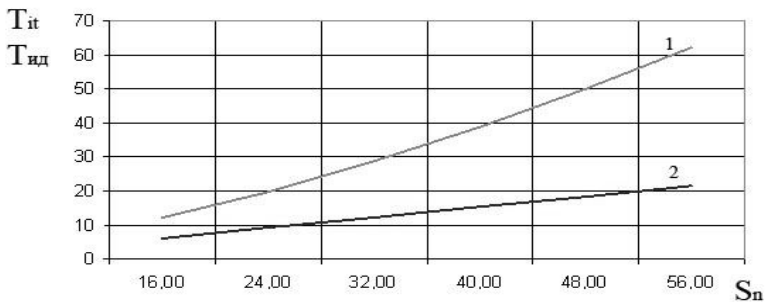


Рис. 3.13. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от размера области вычислений многопроцессорной системы, оснащенной процессором Intel Pentium 4 3 GHz

Как видим, на рис. 3.13 время счета одной итерации при увеличении области вычислений многопроцессорной системы изменяется по нелинейной зависимости (кривая 1). Такая зависимость показывает, что при увеличении области вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N^{3/2}$  с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами. Наряду с этим время счета одной итерации для гипотетического компьютера с неограниченной памятью, как и ожидалось, увеличивается по линейному закону (линия 2). При этом угол наклона такой линии определяется параметрами применяемой вычислительной платформы.

На втором этапе вычислительных экспериментов использовались вычислительные узлы, оснащенные процессором Intel E8400 3 GHz. Здесь в качестве исходных были приняты характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы, представленные в табл. 3.14.

Таблица 3.14

Исходные данные для расчета характеристик системы при использовании вычислительной платформы, оснащенной процессором Intel E8400 3 GHz

<b>Vp</b>	1 Гбит/с
$T_c^1$	100 с
<b>Vc</b>	$14 \cdot 10^9$ бит/с
<b>R</b>	24 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	2
<b>k</b>	1

Полученные результаты моделирования отображены в табл. 3.15.

Результаты моделирования представлены также в виде графических зависимостей (рис. 3.14).

Как видим, на рис. 3.14 время счета одной итерации при увеличении области вычислений многопроцессорной системы также изменяется по нелинейной зависимости (кривая 1).

Однако, при равных прочих условиях, время счета задачи для данного типа процессора уменьшается по сравнению с одноядерным процессором почти в три раза.



Таблица 3.15

Результаты расчета основных характеристик системы, оснащенной процессором Intel E8400 3 GHz

N	Sn	Eex	Tex	Tс,п	Tit	Tид
2	48,00	15,64	15,64	1,71	17,35	3,43
3	72,00	28,73	28,73	1,71	30,45	5,14
4	96,00	44,23	44,23	1,71	45,95	6,86
5	120,00	61,82	61,82	1,71	63,53	8,57
6	144,00	81,26	81,26	1,71	82,98	10,29
7	168,00	102,40	102,40	1,71	104,12	12,00
8	192,00	125,11	125,11	1,71	126,83	13,71
9	216,00	149,29	149,29	1,71	151,01	15,43
10	240,00	174,85	174,85	1,71	176,57	17,14
11	264,00	201,73	201,73	1,71	203,44	18,86
12	288,00	229,85	229,85	1,71	231,56	20,57
13	312,00	259,17	259,17	1,71	260,88	22,29
14	336,00	289,64	289,64	1,71	291,36	24,00
15	360,00	321,22	321,22	1,71	322,94	25,71
16	384,00	353,88	353,88	1,71	355,59	27,43
17	408,00	387,56	387,56	1,71	389,28	29,14
18	432,00	422,26	422,26	1,71	423,97	30,86
19	456,00	457,93	457,93	1,71	459,65	32,57
20	480,00	494,56	494,56	1,71	496,27	34,29

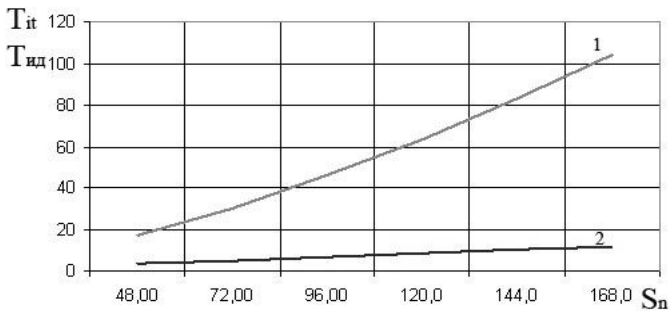


Рис.3.14. Кривые зависимости времени расчета одной итерации от размера области вычислений многопроцессорной системы, оснащенной процессором Intel Pentium 4 3 GHz

Наряду с этим, время счета одной итерации для гипотетического компьютера с неограниченной памятью (линия 2) для данного типа процессора уменьшается в десятки раз. Заметим, что проведенные эксперименты выполнялись для многопроцессорной системы, освещенной в работе [1].

В рамках такой системы результаты моделирования показали следующую общую тенденцию: в силу существенного влияния времени граничного обмена данными на общее время решения задачи не удалось выявить принципиальные закономерности изменения времени решения задачи при расширении области вычислений. С другой стороны, такие результаты моделирования показали, что многопроцессорную систему [1] для решения рассматриваемого типа задач необходимо модернизировать с точки зрения согласования компонентов ее коммуникационной сети.

Дальнейшие исследования направлены на определение коэффициента замедления вычислений ( $K$ ), связанного с увеличением области вычислений многопроцессорной системы, распределенной по ее узлам, по сравнению с вариантом компьютера с неограниченной областью вычислений. Очевидно, что такая величина замедлений будет определяться соотношением вида:

$$K = \frac{T_c^N}{T_c^1(S)}. \quad (3.26)$$

Соотношение (3.26) показывает, что такой коэффициент вычисляется с учетом увеличения области вычислений, распределяемой по узлам многопроцессорной системы. С учетом соотношения (3.17), получаем:

$$K = \frac{T_c^N + T_{ex}}{T_c^1(S)}. \quad (3.27)$$

С учетом соотношений (3.19 – 3.22), (3.24) и (3.25), значение коэффициента замедления вычислений ( $K$ ) можно представить в удобном для анализа виде:

$$K = \frac{1}{N} \left( 1 + \frac{T_{ex}}{T_c^N} \right). \quad (3.28)$$

Выражение (3.28) представим в виде, удобном для анализа:

$$K = \frac{1}{N} (1 + K_1). \quad (3.29)$$

В выражении (3.29)  $K_1$  определяется соотношением вида:

$$K_1 = \frac{T_{ex}}{T_c^N}. \quad (3.30)$$

Такой коэффициент можно трактовать как коэффициент активного замедления. Это объясняется тем, что как раз эта величина, главным образом, и влияет на коэффициент замедления вычислений в целом.

В соответствии с выведенными соотношениями были проведены вычислительные эксперименты для различного типа вычислительных платформ. На первом этапе использовались вычислительные узлы, оснащенные процессором Intel Pentium 4 3 GHz. Здесь в качестве исходных были приняты характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы, представленные в табл. 3.12. Результаты моделирования представлены в виде графических зависимостей (рис. 3.15).

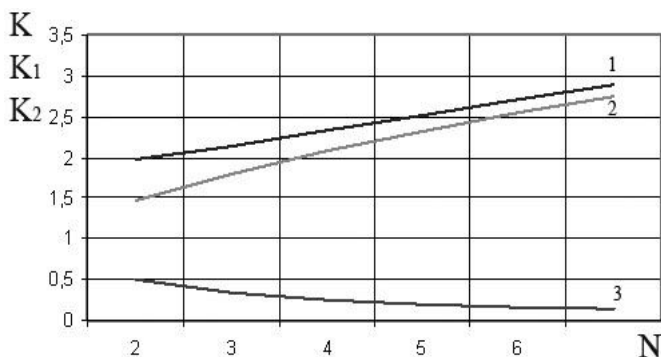


Рис.3.15. Кривые зависимости коэффициента замедления от числа узлов многопроцессорной системы, оснащенной процессором Intel Pentium 4 3 GHz

На рис. 3.15 линия 1 показывает общую тенденцию изменения коэффициента замедления вычислений. Линия 2 показывает влияние времени граничного обмена данными на величину коэффициента замедления вычислений. В то же время линия 3 показывает влияние числа узлов многопроцессорной системы на величину коэффициента замедления вычислений. На фоне отмеченных зависимостей можно отметить существенное влияние времени граничного обмена данными на величину коэффициента замедления вычислений. Последнее обстоятельство подчеркивает необходимость выполнить процедуру согласования

сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранной вычислительной платформы.

На втором этапе вычислительных экспериментов процесса моделирования коэффициента замедления вычислений использовались вычислительные узлы, оснащенные процессором Intel E8400 3 GHz. Здесь в качестве исходных были приняты характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы, представленные в табл. 3.14. Результаты моделирования представлены в виде графических зависимостей (рис. 3.16).

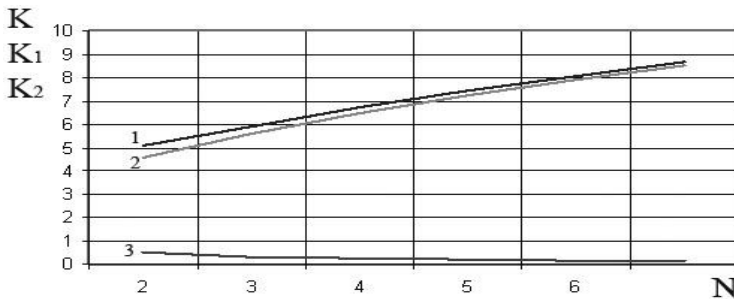


Рис.3.16. Кривые зависимости коэффициента замедления от числа узлов многопроцессорной системы, оснащенной процессором Intel E8400 3 GHz

Анализ таких зависимостей показывает существенное влияние времени граничного обмена данными на коэффициент замедления вычислений. Такие тенденции указывают на необходимость согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранной вычислительной платформы.

#### Список источников

1. Сбитнев Ю.І. Дослідження оцінки ефективності багатопроцесорної кластерної системи / Ю.І. Сбитнев, Г.Г. Швачич, М.О. Ткач // VI International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education”, June, 1 – 8, 2010, Varna; Bulgaria . – Proceedings. – V. 2. – P. 288 – 296.

#### **6.4. Перспективы применения современных коммуникационных технологий и исследование их влияния на эффективность многопроцессорных кластерных систем**

Эффективность параллелизации вычислений существенно зависит от многих факторов, один из важнейших – это особенности реализации сетевого интерфейса многопроцессорной системы. Неудачная реализация сетевого интерфейса порой может свести на нет эффект от увеличения числа используемых процессоров. Вычислительная сеть модульной кластерной системы – это модульная и адаптируемая коммутационная система, которая настраивается в соответствии с самыми различными требованиями. Ее модульность облегчает добавление новых компонентов или перемещение существующих, а адаптивность упрощает внесение изменений и усовершенствований.

На сегодняшний день рынок сетевых технологий продолжает стабильно развиваться, хотя специалисты утверждают, что темпы его развития несколько меньше, чем отрасли ИТ в целом. Это можно объяснить тем, что кабельная система является наиболее консервативным компонентом в инфраструктуре сетевых технологий. При этом срок службы кабельных систем, в среднем, составляет до десяти лет, а почти все производители дают на свою продукцию гарантию не менее двадцати.

В настоящее время существует целый ряд различных высокоскоростных сетевых и коммуникационных аппаратных технологий, которые используются для связи вычислительных узлов при построении многопроцессорных кластерных систем. К наиболее распространенных можно отнести следующие: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Myrinet, cLAN (Giganet), SCI, QsNetII (QSW), MEMORY CHANNEL, ServerNet II, InfiniBand, Flat Neighborhood и др. Однако при выборе оптимального решения для построения персональных вычислительных кластеров (ПВК) часто отдают предпочтение Gigabit Ethernet. Главная причина, позволяющая стандарту Ethernet претендовать на роль глобального решения при конструировании ПВК, – это низкая стоимость соответствующих аппаратно-программных средств. Расходы на построение сети Ethernet составляют лишь пятую часть от того, что придется потратить на проектирование конкурирующей с ней, например, сети SONET.

Так, на основе сетевой технологии Ethernet было реализовано «блейд» серверное решение многопроцессорной системы, при которой несколько однотипных материнских модулей устанавливаются в одном корпусе [1]. Основные особенности конструирования ее архитектуры изложены в [2]. В конфигурации

кластера было избрано шесть лезвий и модульный принцип его реализации. Это обеспечивает, в случае необходимости, его расширение за счет установки дополнительных модулей. Каждый узел работает под управлением собственной копии операционной системы. Состав и мощность узлов такого кластера могут меняться, что позволяет создавать неоднородные системы. Коммутирующая сеть соединяет процессоры друг с другом. Система содержит отдельную реконфигурируемую сеть для обмена данными между вычислительными узлами, дополнительные управляемые коммутаторы, которые работают параллельно, промежуточные буферы памяти коммутаторов, а также предусматривает сетевую загрузку узлов и механизм резервирования ключевых компонентов. В работе [3] достаточно детально изложены вопросы исследования эффективности такой многопроцессорной вычислительной системы.

В настоящее время можно ознакомиться с целым рядом исследований, посвященных тестированию различных сетевых технологий [4, 5], однако, наряду с этим, не получили должного развития или вообще отсутствуют работы, посвященные исследованию влияния различного типа сетевого интерфейса на эффективность модульных многопроцессорных вычислительных систем. При этом определяющим фактором эффективности функционирования модульных многопроцессорных систем являются вопросы выбора, конструирования и организации их сетевых интерфейсов. Данная глава монографии посвящена проблеме исследования перспектив применения современных коммуникационных технологий в многопроцессорных кластерных системах. Основное внимание уделяется влиянию сетевого интерфейса на оценки эффективности кластерной системы.

В данной главе монографии проведен анализ исследования перспектив применения современных коммуникационных технологий в многопроцессорных кластерных системах. При этом основное внимание уделялось особенностям влияния сетевого интерфейса многопроцессорной вычислительной системы на оценки ее эффективности. При этом:

- исследованы особенности формирования архитектуры сетевого интерфейса кластерной системы на основе применения технологий Mynet, Fibre Channel, 10Gb Ethernet.;

- для анализа согласования выбранного сетевого оборудования введены основные сетевые коэффициенты кластерной системы: коэффициент пропускной сети кластера, коэффициент пропускной способности коммутатора, а также характеристика полосы пропускания коммутационной шины кластерной системы.;

- выполнен сравнительный анализ оценок эффективности многопроцессорной кластерной системы для различного типа сетевых технологий. Показана перспективность применения технологии Fibre Channel при конструировании многопроцессорных кластерных систем в вузовских разработках;
- для увеличения пропускной способности сети кластера предложена и обоснована процедура "связывания каналов" (технология channel bonding);
- на основе анализа основных сетевых характеристик кластерной системы показана процедура выбора и согласования предложенного сетевого оборудования;
- выполнен сравнительный анализ результатов расчета основных оценок эффективности кластерной системы без реорганизации архитектуры сетевого интерфейса и после введения симметричных вычислительных сетей, такие сети работают синхронно в результате реализации технологии channel bonding;
- показано, что за счет повышения скорости обмена данных между узлами вычислительной системы удалось снизить загрузку каналов, которые соединяют эти узлы, что позволило существенно повысить оценку ускорения вычислений и существенно уменьшить время решения задачи;
- показано влияние ценового фактора современных коммуникационных технологий на эффективность распараллеливания и время решения задачи.

#### **6.4.1. Обзор особенностей применения современных коммуникационных технологий**

По нашему мнению, новый качественный этап развития многопроцессорных кластерных систем лежит в области использования новых современных сетевых технологий. При этом эффективность распараллеливания вычислений зависит от многих факторов, однако одним из определяющих является выбор и организация сетевого интерфейса. Это объясняется следующим образом. Сеть кластерной вычислительной системы принципиально отличается от сети рабочих станций, хотя для построения кластера необходимы обычные сетевые карты и хабы/коммутаторы, которые применяются при организации сети рабочих станций. Однако в случае кластерной вычислительной системы имеется одна принципиальная особенность. Сеть кластера, в первую очередь, предназначена не для связи компьютеров, а для связи вычислительных процессов. В этой связи, чем выше будет пропускная способность вычислительной сети кластера, тем быстрее

будут считаться пользовательские параллельные задачи, запущенные на кластере. Таким образом, технические характеристики вычислительной сети приобретают первостепенное значение для многопроцессорных кластерных систем.

В настоящее время проблема выбора и анализа сетевых технологий для модульных многопроцессорных кластерных систем не получила должного развития. Кроме того, практически отсутствуют работы, посвященные исследованию влияния сетевых технологий на эффективность распараллеливания в модульных многопроцессорных кластерных системах. В этой связи, рассматриваемые в данной работе исследования являются актуальными и, несомненно, вызовут интерес у соответствующих специалистов.

В данной главе монографии рассматривается задача уменьшения времени расчетов путем увеличения числа узлов кластерной системы. При этом будем считать, что область вычислений равномерно распределяется между узлами кластерной системы. Для удобства исследований будем предполагать, что форма области, на которой проводятся вычисления, является квадратной.

#### **6.4.2. Особенности организации сетевого интерфейса в многопроцессорных вычислительных системах**

На первом этапе исследований рассмотрим особенности формирования архитектуры сетевого интерфейса кластерной системы [1, 2] и основные режимы его работы. Для удобства освещения такого подхода предварительно отметим, что вычислительная сеть кластерной системы имеет две основные характеристики – пропускная способность и латентность. Пропускная способность вычислительной сети – это скорость передачи данных между двумя ее узлами после того, как связь между ними установлена. *Латентность* – это среднее время между вызовом функции передачи данных и самой передачей. Такое время затрачивается на адресацию информации, срабатывание промежуточных сетевых устройств, а также других накладных расходов, возникающих при передаче данных.

Вообще заметим, что пропускная способность и латентность не только характеризуют кластер, но и ограничивают класс задач, который может эффективно обрабатываться при помощи кластерной системы. Так, если задача требует интенсивного обмена данных пакетов небольшой длины, кластер, использующий сетевое оборудование с большой латентностью, будет большую часть времени тратить на установление сетевых соединений, а не на



передачу данных между узлами системы. Следовательно, узлы в кластерной системе будут простаивать, и тогда, при таких условиях, нельзя добиться значительного увеличения эффективности распараллеливания. С другой стороны, если пересылаются большие пакеты данных, то влияние периода латентности на эффективность кластера может снижаться за счет того, что передача занимает гораздо больше времени, чем установление самого соединения. Принимая во внимание отмеченное, рассмотрим особенности выбора сетевого интерфейса при конструировании модульной многопроцессорной кластерной системы [1].

*Сетевые кабели.* Для сетевых соединений в многопроцессорной вычислительной системе применялась технология GigabitEthernet [7]. При этом технология 1000BASE-T, IEEE 802.3ab – стандарт, использующий витую пару категорий 5e. Такое сетевое оборудование можно рассматривать как недорогую альтернативу оптическим кабелям.

*Сетевой адаптер.* В качестве сетевых адаптеров можно использовать любые карты, поддерживающие работу в стандарте GigabitEthernet. В настоящее время существует много производителей, выпускающих такие сетевые адаптеры. Например, можно привести следующие: Comrex, Intel, Macronix и др. Однако для данной кластерной системы предполагалось использование технологии связывания каналов (channel bonding), которая позволяет объединять несколько сетевых адаптеров в один скоростной виртуальный канал. В этой связи, предпочтение было отдано производителю 3COM [8]. Сетевые карты фирмы 3 COM, при равных прочих условиях, имеют некоторые преимущества, заметно влияющие на производительность сетевых коммуникаций. Укажем некоторые основные из них.

Разгрузка процессора при вычислении контрольных сумм сетевых пакетов данных. Освобождает центральный процессор от интенсивных вычислений контрольных сумм, выполняя их в самой сетевой плате. Тем самым повышается производительность системы.

Освобождение ЦП при восстановлении сегментированных пакетов. Снижает нагрузку на центральный процессор, повышая производительность системы.

Объединение прерываний. Позволяет группировать несколько полученных сетевых пакетов, сокращает число прерываний и максимально освобождает процессорные ресурсы для работы приложений.

Принимая во внимание отмеченное, для рассматриваемой кластерной системы была выбрана сетевая карта производителя 3COM 3C996B-T [9].

Коммутаторы. Одним из важных элементов сетевого интерфейса кластерной системы являются устройства коммутации сетевых каналов.

При выборе коммутирующих устройств, в первую очередь, необходимо учитывать возможность использования технологии связывания каналов channel bonding. Проблема связывания каналов заключается в том, что при наличии технологии channel bonding появляются две или несколько сетевых карт с одинаковым MAC-адресом. В обычном режиме работы коммутатор будет интенсивно перестраивать свои внутренние таблицы портов, переназначая MAC-адрес с одного порта на другой. Это может привести либо к полной неработоспособности канала, либо к значительным потерям пакетов и существенному снижению производительности сети. Для обеспечения нормальной работы таких связанных каналов в коммутаторе должны быть предусмотрены функции Link Aggregation или, поддержка коммутатором стандарта IEEE 802.3ad.

Принимая во внимание отмеченное, был выбран восьмипортовый коммутатор SuperStak II Switch 9000 производителя 3COM LG [10], который имеет пропускную способность 17,2 Гбит/с. Это означает, что каждый из восьми портов может одновременно с другими в дуплексном режиме передавать и принимать данные с суммарной скоростью 2 Гбит/с.

Технические характеристики сетевого оборудования освещающей многопроцессорной кластерной системы приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики сетевого оборудования  
кластерной системы

Сетевой кабель	Тип	GigabitEthernet
	Пропускная способность	1 Гбит/с
	Стандарт	5e
	Цена	\$ 6
Сетевой адаптер	Тип	3C996B-T
	Производитель	3COM
	Пропускная способность	1 Гбит/с
	Цена	\$ 60
Коммутатор	Тип	SuperStak II Switch 9000
	Производитель	3COM
	Пропускная способность	17,2 Гб/с
	Цена	\$ 900

Итак, можно отметить, что ориентировочная цена сетевого оборудования будет составлять около 1300 у.е. При указанных сетевых характеристиках кластерной системы были проведены соответствующие вычислительные эксперименты, а также исследованы характеристики эффективности многопроцессорной системы. Исходные данные для этого режима исследований представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные для расчета характеристик эффективности многопроцессорной системы

<b>V<sub>p</sub></b>	1 Гбит/с
<b>T<sub>it</sub></b>	100 с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	2

Здесь приняты следующие обозначения:

V<sub>p</sub> – протокольная пропускная способность сети кластера, Гбит/с;

T<sub>it</sub> – время счета одной итерации относительно области вычислений, с;

R – объем оперативной памяти узла кластера, Гбит; значение m может равняться единице для одностороннего режима граничного обмена данными или двум для двустороннего;

d – полудуплексный (d = 1) или дуплексный (d = 2) режим работы вычислительной сети кластерной системы.

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 4.3.

Проведенный анализ полученных результатов моделирования показал следующее. Наибольшая величина ускорения вычислений достигается на шести узлах многопроцессорной системы и соответствует значению, равному 3,25. Время счета задачи уменьшается со 100 с до 30,81 с.

В работе [2] для увеличения пропускной способности сети кластера применялась процедура «связывания каналов» или технология channel bonding. Технология связывания каналов (channel bonding) позволяет объединять несколько сетевых адаптеров в один скоростной канал.

Таблица 4.3

Результаты расчета основных характеристик эффективности многопроцессорной системы

Кол-во. узлов, N	$T_n$	$T_{ex}$	$T$	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	2,83	52,83	1,89	0,95
3	33,33	5,66	38,99	2,56	0,85
4	25,00	8,49	33,49	2,99	0,75
5	20,00	11,31	31,31	3,19	0,64
6	16,67	14,14	30,81	3,25	0,54
7	14,29	16,97	31,26	3,20	0,46
8	12,50	19,80	32,30	3,10	0,39
9	11,11	22,63	33,74	2,96	0,33
10	10,00	25,46	35,46	2,82	0,28
11	9,09	28,28	37,38	2,68	0,24
12	8,33	31,11	39,45	2,54	0,21
13	7,69	33,94	41,63	2,40	0,18
14	7,14	36,77	43,91	2,28	0,16
15	6,67	39,60	46,26	2,16	0,14

Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы представлена на рис. 4.1.

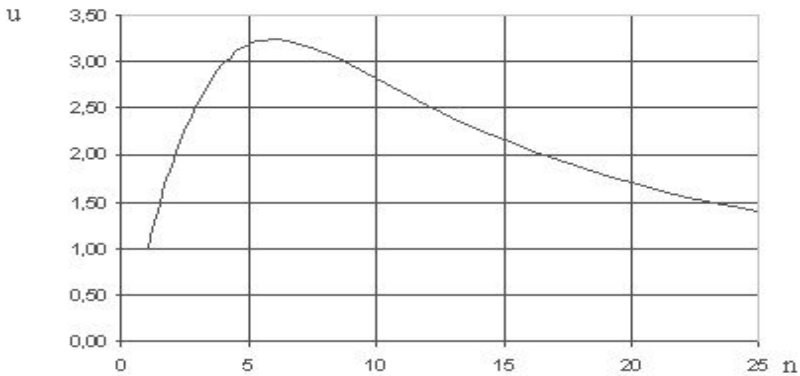


Рис. 4.1. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы

Схема организации сетевого интерфейса по технологии channel bonding приведена на рис. 4.2.

Особенность организации такого сетевого интерфейса состоит в том, что здесь сконфигурированы две симметрично работающие вычислительные сети (сеть 1 и сеть 2) на основе двух коммутационных матриц в сети обмена данными (коммутаторы Switch 1 и Switch 2). Приведенная схема организации сетевого интерфейса включает на каждом вычислительном узле две однотипные сетевые карты (3С996В-Т) и два однотипных коммутатора (SuperStak II Switch 9000). Для конфигурации приведенных сетевых интерфейсов выполняются основные операции по настройке режима Link Aggregation.

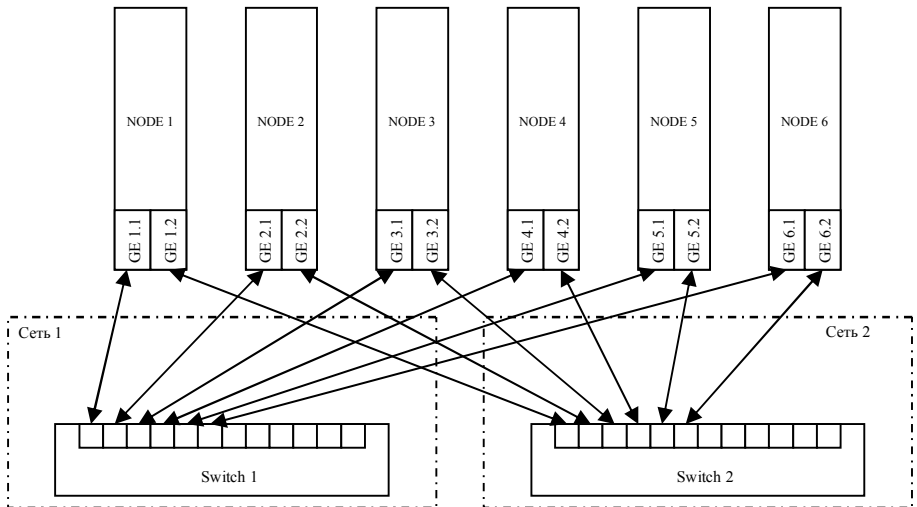


Рис.4.2. Схема организации сетевого интерфейса по технологии channel bonding

Благодаря такому подходу (рис. 4.2), появляется возможность, с одной стороны, организовать равномерное распределение нагрузки (приема/передачи данных) между соответствующими узлами кластерной системы, а с другой – увеличить скорость обмена данными между узлами кластерной системы. Очевидно, что чем выше будет пропускная способность сети, тем быстрее будут решаться параллельные задачи, обрабатываемые при помощи модульной кластерной системы.

Вообще заметим, что технология channel bonding может породить некоторые проблемы, связанные с выбором

коммутаторов и их настройки. Особенности выбора сетевого интерфейса для использования технологии channel bonding достаточно детально освещаются в [11].

Исходные данные для расчета основных характеристик многопроцессорной кластерной системы с использованием технологии channel bonding перечислены в табл. 4.2.

Была проведена процедура расчета основных характеристик эффективности многопроцессорной кластерной системы с использованием технологии channel bonding. Полученные результаты моделирования сведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Результаты расчета основных характеристик многопроцессорной кластерной системы с использованием технологии channel bonding

Кол-во. узлов, N	Tn	T ex	T	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	1,41	51,41	1,94	0,97
3	33,33	2,83	36,16	2,77	0,92
4	25,00	4,24	29,24	3,42	0,85
5	20,00	5,66	25,66	3,90	0,78
6	16,67	7,07	23,74	4,21	0,70
7	14,29	8,49	22,77	4,39	0,63
8	12,50	9,90	22,40	4,46	0,56
9	11,11	11,31	22,42	4,46	0,50
10	10,00	12,73	22,73	4,40	0,44
11	9,09	14,14	23,23	4,30	0,39
12	8,33	15,56	23,89	4,19	0,35
13	7,69	16,97	24,66	4,05	0,31
14	7,14	18,38	25,53	3,92	0,28
15	6,67	19,80	26,47	3,78	0,25
16	6,25	21,21	27,46	3,64	0,23

Для наглядности приведем график ускорения вычислений при указанных условиях эксперимента.

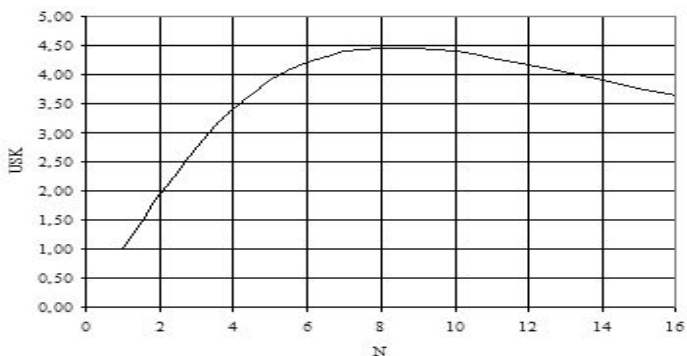


Рис. 4.3. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы при использовании технологии channel bonding

Сравнительный анализ результатов расчета без реорганизации архитектуры сетевого интерфейса (табл. 4.3) и после введения симметричных вычислительных подсетей, которые работают одновременно в результате реализации технологии channel bonding (табл. 4.4), показал, что за счет повышения скорости обмена данными между узлами вычислительной системы удалось снизить загрузку каналов, которые соединяют эти узлы. Такой подход позволил существенно повысить оценки ускорения вычислений, а время решения задачи снизилось с 30,81 с до 22,4 с.

При этом заметим, что цена сетевого оборудования при использовании режима агрегации каналов составила около 2900 у.е.

Итак, проведенный обзор показывает, что, с одной стороны, вопросам исследования сетевого интерфейса многопроцессорных кластерных систем уделяется достаточно серьезное внимание. С другой стороны, такие исследования охватывают самые разнообразные режимы функционирования кластерных многопроцессорных систем. Однако можно отметить, что на сегодняшний день проблема влияния современных коммуникационных технологий кластерной системы на ее эффективность раскрыта не полностью. Проведенные в данной работе исследования направлены на устранение указанного недостатка и развивают подход к исследованию модульных многопроцессорных систем, освещенный авторами в [2, 3, 6].

### **6.4.3. Сетевая технология Muginet**

На первом этапе исследований рассмотрим особенности формирования архитектуры сетевого интерфейса кластерной системы на основе применения технологии Muginet, предлагаемой компанией Muginet [12]. Технология Muginet – это широко применяемый для построения кластерных многопроцессорных систем тип коммуникационной среды. Такая технология наиболее выгодна по соотношению цена/производительность. Кроме того, Muginet является экономически выгодной высокоскоростной сетью, используемой для коммуникаций и коммутации внутри параллельных суперкомпьютеров.

В списке Top500 самых мощных компьютеров мира до 28 % кластерных установок (июнь 2005 г.) были построены на основе применения технологии Muginet. В 2009 году такой показатель снизился до 2 %. На основе этой коммуникационной технологии построен высокопроизводительный вычислительный кластер ВЦ РАН. Архитектура такого кластера, конфигурация вычислительных узлов, тестирование вычислительной коммуникационной среды детально изложены в [13].

В силу снижения интереса к такой сетевой технологии в настоящей работе она не получила детального анализа. Тем не менее, заметим, что для малобюджетных кластеров сетевая технология Muginet может оказаться предпочтительной. Кроме того, такой сетевой интерфейс может оказаться полезным, если решаемый класс задач требует интенсивной передачи данных с малым размером пакетов. Это объясняется тем, что Muginet обладает малой латентностью. В то же время компания Muginet продолжает развивать и совершенствовать сетевой интерфейс, и, в определенных условиях, он может оказаться решающим при конструировании многопроцессорных вычислительных систем.

### **6.4.4. Сетевая технология Fibre Channel**

Fibre Channel (FC) (англ. fibre channel – волоконный канал) – тип коммуникационной среды для высокоскоростной передачи данных [14]. Благодаря высокой скорости передачи данных, малой задержке и расширяемости практически не имеет аналогов в своей области. В последние годы область применения сетевой технологии FC постепенно перемещается в сегмент конструирования высокопроизводительных вычислительных систем.

Принимая во внимание отмеченное, рассмотрим особенности выбора сетевого интерфейса на основании технологии



FC при конструировании модульной многопроцессорной кластерной системы, а также выполним процедуру исследования характеристик ускорения вычислений и эффективности распараллеливания в такой кластерной системе.

Сетевые кабели. История применения технологии FC представляет особый интерес. На первом этапе его развития казалось, что этот интерфейс будет доминирующим. Однако, по мере повышения быстродействия Ethernet, он перешел на второй план. А за последние годы интерфейс FC обрел второе дыхание. Произошло это благодаря симбиозу Ethernet и Fibre Channel - FCoE (Fibre Channel over Ethernet). Для конструирования многопроцессорных вычислительных систем рекомендуется использовать технологию FC с пропускной способностью  $V_s = 4$  Гбит/с. Такой сетевой интерфейс удачно себя зарекомендовал именно для конструирования модульных многопроцессорных систем.

Сетевой адаптер. В качестве сетевых адаптеров необходимо использовать карты, поддерживающие работу в стандарте FC. Однако при их выборе необходимо принять во внимание то обстоятельство, что для конструируемой кластерной системы предполагается использование технологии связывания каналов (channel bonding), которая позволяет объединять несколько сетевых адаптеров в один скоростной виртуальный канал. В этой связи, предпочтение было отдано адаптеру QLA2460 [15] производителя QLogic. Такой адаптер обеспечивает высокие показатели производительности и доступности данных, а также предоставляет набор интеллектуальных сетевых средств, необходимых при создании модульных многопроцессорных вычислительных систем.

Сетевой адаптер QLA2460 является высокопроизводительным и наиболее успешным в своем классе. Существенным отличием адаптера QLA2460 является наличие полезного набора сетевых средств, обеспечивающих улучшенную защиту данных, маршрутизацию фреймов и возможность управления сетью кластера.

Кроме того, важным обстоятельством является то, что для всех основных ОС доступен единый драйвер, который подходит ко всем 4 Гбит/с моделям QLogic. Это обстоятельство существенно упрощает администрирование таких адаптеров в модульных многопроцессорных системах.

Коммутаторы. При выборе коммутирующих устройств, в первую очередь, необходимо учитывать возможность использования технологии связывания каналов channel bonding. С другой стороны, такие коммутаторы должны удовлетворять требованиям,

предъявляемым к 4 Гб Fibre Channel высокопроизводительным сетям. В этой связи, рекомендуется использовать коммутатор QLogic SANbox 5600Q [16]. Такой коммутатор обеспечивают естественную масштабируемость и высокую производительность на основе объединяющего шасси в расширяемом, легко администрируемом решении.

Кроме того, коммутатор QLogic SANbox 5600Q позволяет наращивать мощность с помощью технологии объединения отдельных коммутаторов в стек. Такой подход обычно можно найти только в дорогих продуктах высшего класса. Объединение в стек снижает стоимость и увеличивает стабильность решений, поскольку предусматривает отдельный расширяемый маршрут для агрегации сетевого трафика между коммутаторами, который не мешает передаче данных и не занимает обычные порты устройств, а также упрощает администрирование. Таким образом, можно без лишних расходов достичь такого же уровня производительности и удобства обслуживания, как при использовании архитектуры дорогих шасси.

Технические характеристики сетевого оборудования предполагаемой многопроцессорной кластерной системы приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Технические характеристики сетевого оборудования  
кластерной системы

Сетевой кабель	Тип	Fibre Channel
	Пропускная способность	4 Гбит/с
	Стандарт	FC
	Цена	\$ 50
Сетевой адаптер	Тип	QLA2460
	Производитель	QLogic
	Пропускная способность	4 Гбит/с
	Цена	\$ 1100
Коммутатор	Тип	QLogic SANbox 5600Q
	Производитель	QLogic
	Пропускная способность	136 Гб/с
	Цена	\$ 2000

Итак, можно отметить, что ориентировочная цена сетевого оборудования будет составлять около 16000 у.е.

При указанных сетевых характеристиках кластерной системы были проведены соответствующие вычислительные

эксперименты, а также исследованы характеристики эффективности многопроцессорной системы.

На первом этапе исследований рассмотрим проблему согласования устройств сетевого интерфейса. Для этого необходимо сравнивать общую пропускную способность сети кластера

$$V_s = V_p \cdot N \quad (4.1)$$

и пропускную способность коммутатора ( $V_b$ ). Для дальнейшего анализа сетевого интерфейса кластерной системы введем в рассмотрение коэффициент  $k_s$  и будем его трактовать, как коэффициент пропускной сети кластера, который определим следующим образом:

$$k_s = \frac{V_s}{V_b}. \quad (4.2)$$

С учетом формулы (1), получаем:

$$k_s = \frac{V_p \cdot N}{V_b}. \quad (4.3)$$

Для развития предлагаемого подхода введем в рассмотрение понятие коэффициента пропускной способности коммутатора ( $k_b$ ):

$$k_b = \frac{V_b}{V_p \cdot N}. \quad (4.4)$$

При таких обстоятельствах выполним процедуру моделирования указанных коэффициентов в зависимости от количества узлов кластерной системы.

Исходные данные для изучения области изменения коэффициентов сетевого интерфейса многопроцессорной системы перечислены в табл. 4.6.

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 4.7.

Таблица 4.6.

Исходные данные для расчета сетевых характеристик кластерной системы

$V_p$	4 Гбит/с
$V_b$	136 Гбит/с
$k$	1

Здесь  $k$  – количество симметричных вычислительных сетей в архитектуре кластерной системы.

Таблица 4.7

## Результаты расчета основных сетевых коэффициентов

Кол-во, узлов N	ks	Kb	ck
1,00	0,03	34,00	136,00
2,00	0,06	17,00	68,00
3,00	0,09	11,33	45,33
4,00	0,12	8,50	34,00
5,00	0,15	6,80	27,20
6,00	0,18	5,67	22,67
7,00	0,21	4,86	19,43
8,00	0,24	4,25	17,00
9,00	0,26	3,78	15,11
10,00	0,29	3,40	13,60
11,00	0,32	3,09	12,36
12,00	0,35	2,83	11,33
13,00	0,38	2,62	10,46
14,00	0,41	2,43	9,71
15,00	0,44	2,27	9,07
16,00	0,47	2,13	8,50
17,00	0,50	2,00	8,00
18,00	0,53	1,89	7,56
19,00	0,56	1,79	7,16
20,00	0,59	1,70	6,80
21,00	0,62	1,62	6,48
22,00	0,65	1,55	6,18
23,00	0,68	1,48	5,91
24,00	0,71	1,42	5,67
25,00	0,74	1,36	5,44
26,00	0,76	1,31	5,23
27,00	0,79	1,26	5,04
28,00	0,82	1,21	4,86
29,00	0,85	1,17	4,69
30,00	0,88	1,13	4,53
31,00	0,91	1,10	4,39
32,00	0,94	1,06	4,25
33,00	0,97	1,03	4,12
34,00	1,00	1,00	4,00
35,00	1,03	0,97	3,89

Проведем предварительный анализ полученных результатов. Очевидно, что с увеличением числа узлов кластерной системы будет возрастать пропускная способность сети кластера ( $V_s$ , формула 4.1). Тогда изменение коэффициента пропускной способности сети кластера ( $k_s$ , формула 4.3) будет осуществляться по линейному закону. С другой стороны, увеличение объема данных, пересылаемых между узлами кластера, приведет к тому, что нагрузка коммутатора будет возрастать, и его коэффициент пропускной способности ( $k_b$ ) будет уменьшаться по нелинейному закону (формула 4.4). Для более детального анализа предложенного сетевого интерфейса рассмотрим некоторые особенности работы коммутатора. Так, если  $N$  узлов многопроцессорной системы пытаются установить соединение с одним узлом по протоколу FC, то коммутационная шина коммутатора может выделить каждому узлу лишь полосу пропускания ( $c_k$ ), которая будет определяться соотношением вида:

$$c_k = \frac{V_b}{N} \quad (4.5)$$

В табл. 4.8 приведен расчет и полосы пропускания коммутатора ( $c_k$ ). Заметим, что для  $N = 17$  значение полосы пропускания на каждый выходной порт кластерной системы будет соответствовать 8 Гбит/с, а это полностью согласуется как с дуплексным режимом обмена данных в многопроцессорной системе, так и с возможностями самой коммутационной шины. При таких обстоятельствах сетевой интерфейс многопроцессорной системы будет функционировать в режиме дефицита и в условиях максимально допустимой загрузки каналов коммутации коммутатора. Таким образом, можно отметить, что технические возможности предложенного коммутатора будут несколько превышать протокольные возможности сети. Однако можно отметить, что коммутаторы с меньшей пропускной способностью находятся в той же ценовой категории, что и предложенный. По этой причине дальнейшие исследования будут проведены с учетом выбранного сетевого оборудования.

Итак, проведенный предварительный анализ результатов моделирования основных сетевых коэффициентов кластерной системы создал предпосылки для расчета его основных характеристик эффективности.

Расчетные формулы для исследования таких характеристик согласуются с аналитическими соотношениями, принятыми в работе [3].

Исходные данные для этого режима исследований представлены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Исходные данные для расчета характеристик эффективности многопроцессорной системы

<b>Vp</b>	4 Гбит/с
$T_{it}$	100 с
<b>R</b>	8 Гбит
<b>m</b>	2
<b>d</b>	2

Полученные результаты моделирования сведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Результаты расчета основных характеристик эффективности многопроцессорной системы

Кол-во. узлов, <b>N</b>	<b>Tn</b>	<b>T ex</b>	<b>T</b>	<b>USK</b>	<b>EF</b>
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	0,71	50,71	1,97	0,99
3	33,33	1,41	34,75	2,88	0,96
4	25,00	2,12	27,12	3,69	0,92
5	20,00	2,83	22,83	4,38	0,88
6	16,67	3,54	20,20	4,95	0,82
7	14,29	4,24	18,53	5,40	0,77
8	12,50	4,95	17,45	5,73	0,72
9	11,11	5,66	16,77	5,96	0,66
10	10,00	6,36	16,36	6,11	0,61
11	9,09	7,07	16,16	6,19	0,56
12	8,33	7,78	16,11	6,21	0,52
13	7,69	8,49	16,18	6,18	0,48
14	7,14	9,19	16,34	6,12	0,44
15	6,67	9,90	16,57	6,04	0,40
16	6,25	10,61	16,86	5,93	0,37
17	5,88	11,31	17,20	5,82	0,34
18	5,56	12,02	17,58	5,69	0,32
19	5,26	12,73	17,99	5,56	0,29

Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы представлена на рис. 4.4.

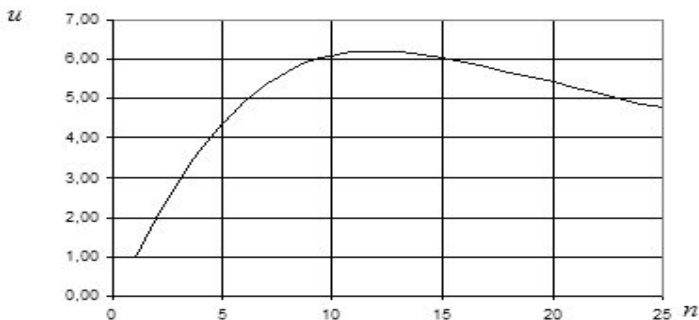


Рис. 4.4. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы

Проведенный анализ полученных результатов моделирования показал следующее. Наибольшая величина ускорения вычислений при предложенном сетевом интерфейсе соответствует значению, равному 6,21. Время счета задачи уменьшается со 100 с до 16,11 с.

Далее заметим, что элементы сетевого интерфейса выбирались с учетом поддержки технологии channel bonding. Такой подход позволяет улучшить оценки эффективности модульной кластерной системы. Основные сетевые характеристики рассматриваемого режима работы кластерной системы приведены в табл. 4.10.

Таблица 4.10  
Основные сетевые характеристики кластерной системы с использованием технологии channel bonding

<b><math>V_p</math></b>	4 Гбит/с
<b><math>V_b</math></b>	136 Гбит/с
<b><math>k</math></b>	2
<b><math>km</math></b>	2

Здесь  $k$  – количество симметричных вычислительных сетей, которые работают одновременно за счет реализации технологии channel bonding,  $km$  – количество коммутационных матриц в сети обмена данных.

Можно отметить, что ориентировочная цена предлагаемого комплекта сетевого оборудования будет составлять около 30000 у.е. Здесь стоимость сетевого оборудования определялась с учетом выбора двухпортового сетевого адаптера QLE2562-СК.

Моделирование основных сетевых характеристик в соответствии с формулами (4.3) – (4.5) показало, что, при равных прочих условиях, за счет изменения архитектуры сетевого интерфейса многопроцессорной системы будет расширяться только полоса пропускания коммутационной шины, оставляя равновесное число узлов кластера неизменным. Последнее обстоятельство означает, что сформированный режим работы сетевого интерфейса кластерной системы будет предоставлять более широкие возможности для выполнения необходимых расчетов, существенно улучшая характеристики эффективности и быстродействия.

Был проведен этап моделирования таких характеристик. Полученные результаты моделирования сведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Результаты расчета основных характеристик эффективности многопроцессорной системы с использованием технологии channel bonding

Кол-во. узлов, N	Tn	T ex	T	USK	EF
1	100,00	0,00	100,00	1,00	1,00
2	50,00	0,35	50,35	1,99	0,99
3	33,33	0,71	34,04	2,94	0,98
4	25,00	1,06	26,06	3,84	0,96
5	20,00	1,41	21,41	4,67	0,93
6	16,67	1,77	18,43	5,42	0,90
7	14,29	2,12	16,41	6,09	0,87
8	12,50	2,47	14,97	6,68	0,83
9	11,11	2,83	13,94	7,17	0,80
10	10,00	3,18	13,18	7,59	0,76
11	9,09	3,54	12,63	7,92	0,72
12	8,33	3,89	12,22	8,18	0,68
13	7,69	4,24	11,93	8,38	0,64
14	7,14	4,60	11,74	8,52	0,61
15	6,67	4,95	11,62	8,61	0,57
16	6,25	5,30	11,55	8,66	0,54
17	5,88	5,66	11,54	8,67	0,51
18	5,56	6,01	11,57	8,65	0,48
19	5,26	6,36	11,63	8,60	0,45
20	5,00	6,72	11,72	8,53	0,43
21	4,76	7,07	11,83	8,45	0,40
22	4,55	7,42	11,97	8,35	0,38
23	4,35	7,78	12,13	8,25	0,36
24	4,17	8,13	12,30	8,13	0,34
25	4,00	8,49	12,49	8,01	0,32



Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы представлена на рис. 4.5.

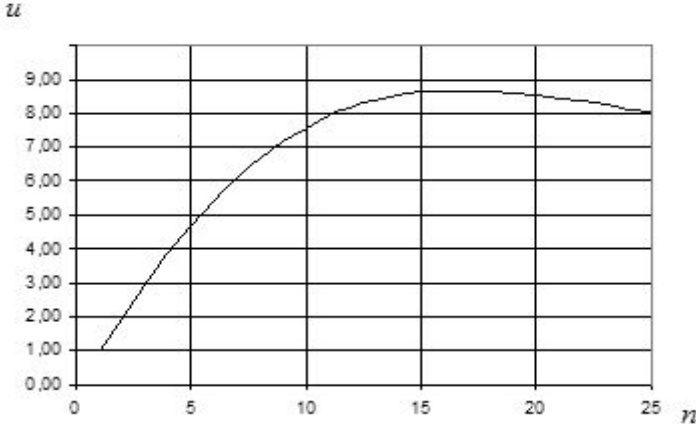


Рис. 4.5. Кривая зависимости ускорения вычислений от количества узлов многопроцессорной системы с использованием технологии channel bonding

Проведенный анализ полученных результатов моделирования показал следующее. Наибольшая величина ускорения вычислений при предложенном сетевом интерфейсе соответствует значению, равному 8,67. Время счета задачи уменьшается до 11,54 с.

#### 6.4.5. Сетевая технология 10Gb Ethernet

Сетевая технология 10 Gigabit Ethernet представляет собой четвертое поколение Ethernet. После просто Ethernet, Fast Ethernet и утвердившейся в своем окончательном варианте Gigabit Ethernet уже используется сетевая архитектура Ethernet с пропускной способностью 10 Гбит/с.

Еще несколько лет назад казалось, что скорость передачи 10 Гбит/с будет прерогативой исключительно оптических решений, однако прогнозы не оправдались [17]. Стандарт IEEE 802.3ap (10GBaseT) на 10 Gigabit Ethernet по медному кабелю был принят еще в 2006 г., и многие производители сетевых кабельных систем предлагают продукты для поддержки соответствующего активного оборудования. Существующие стандарты для 10 Gigabit Ethernet активно используются многими производителями, и решения на их основе реализуются в реальных проектах. Активное оборудование, основанное на стандартах 10 Гбит/с, выпускают многие

производители, например, Alcatel, Cisco Systems, Enterasys Networks, Extreme Networks, Force10 Networks, Foundry Networks, Hewlett-Packard (HP) и др. Однако стоит такое оборудование очень дорого. И хотя цены на него падают, в ближайшем будущем предприятиям придется платить десятки тысяч долларов за каждое 10 Гбит/с сетевое соединение. Конечно, вузовским подразделениям, «посаженым» на строгую финансовую диету, не просто выкроить средства из своих скудных бюджетов на покупку данных устройств. В этой связи, при проектировании многопроцессорных кластерных систем речь должна идти об экономической целесообразности таких проектов.

Вообще заметим, что в настоящее время активно ведется разработка стандартов и интерфейсов 40 и 100 Гбит/с для медной проводки. Конечно, пока трудно даже прогнозировать, сколько будут стоить такие решения, но, несомненно, они найдут свою сферу применения.

Был проведен детальный анализ существующего сетевого оборудования для рассматриваемого стандарта, технические характеристики такого оборудования в предполагаемой многопроцессорной кластерной системы приведены в табл. 4.12.

Таблица 4.12

Технические характеристики сетевого оборудования кластерной системы

Сетевой кабель	Тип	10Gb Ethernet
	Пропускная способность	10 Гбит/с
	Стандарт	10Gb Ethernet
	Цена	\$ 10
Сетевой адаптер	Тип	CNA Brocade 1010
	Производитель	Brocade
	Пропускная способность	10 Гбит/с
	Цена	\$ 1100
Коммутатор	Тип	ES 5508
	Производитель	Edge-Core
	Пропускная способность	160 Гб/с
	Цена	\$ 8000

Итак, можно отметить, что ориентировочная цена сетевого оборудования будет составлять около 31000 у.е.

В соответствии с ранее освещенной методикой, при указанных сетевых характеристиках кластерной системы были

проведены соответствующие вычислительные эксперименты для согласования узлов сетевого интерфейса, а также исследованы характеристики эффективности многопроцессорной системы.

Проведенный анализ полученных результатов моделирования показал следующее. Наибольшая величина ускорения вычислений при предложенном сетевом интерфейсе соответствует значению, равному 9,66. Время счета задачи уменьшается со 100 с до 10,35 с.

Затем были проведены вычислительные эксперименты с учетом реорганизации архитектуры сетевого интерфейса для введения симметричных вычислительных сетей, которые работают одновременно в результате реализации технологии channel bonding. Ориентировочная цена такого комплекта сетевого оборудования будет составлять около 70000 у.е. Здесь стоимость сетевого оборудования определялась с учетом выбора двухпортового сетевого адаптера CNA Brocade 1020.

Такой подход позволил существенно повысить оценки ускорения вычислений (13,55), а время решения задачи снизилось с 10,35 с до 7,38 с.

Анализ исследования перспектив применения современных коммуникационных технологий в многопроцессорных кластерных системах проводился на основании учета следующих характеристик: ускорение вычислений, время счета задачи и цена сетевого интерфейса.

В табл.4.13 приведены оценки влияния ценового фактора современных коммуникационных технологий на эффективность распараллеливания и время решения задачи.

Таблица 4.13

Оценки влияния ценового фактора современных коммуникационных технологий на эффективность распараллеливания и время решения задачи

Технология	Кол-во узлов, N	Скорость сети, Гб/с	Время счета, с	Ускорение	Цена сетевого интерфейса, у.е.
GE	6	1	30,81	3,25	1300
GE+CB	8	2	22,4	4,46	2900
FC	12	4	16,11	6,21	16000
FC+CB	16	8	11,54	8,67	30000
10GbE	18	10	10,35	9,66	31000
10GbE+CB	24	20	7,38	13,55	70000

Анализ табл. 4.13 показывает перспективность применения технологии Fibre Channel при конструировании многопроцессорных кластерных систем в вузовских разработках.

#### Список источников

1. Пат. 57663 Україна, МПК G06F 15/16 (2011.01). Модуль високоефективної багатопроцесорної системи підвищеної готовності / Іващенко В.П., Башков Є.О., Швачич Г.Г., Ткач М.О.; власники: Національна металургійна академія України, Донецький національний технічний університет. – № u 2010 09341; заявл. 26.07.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.

2. Башков Є.О. Високопродуктивна багатопроцесорна система на базі персонального обчислювального кластера / Є.О. Башков, В.П. Іващенко, Г.Г. Швачич // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування». – Вип. 9 (179). – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С.312 – 324.

3. Іващенко В.П. Дослідження оцінок ефективності модульної багатопроцесорної кластерної системи / В.П. Іващенко, Г.Г. Швачич, Є.О. Башков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – Вип. 13 (185). – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С. 33 – 43.

4. Fast Ethernet vs Myrinet выбор сетевой технологии для кластерной системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2000/07/00705.html>.

5. Результаты тестирования вычислительного кластера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ias.csa.ru/CSA/MICRO/test-res/>.

6. Сбитнев Ю.І. Дослідження оцінки ефективності багатопроцесорної кластерної системи / Ю.І. Сбитнев, Г.Г. Швачич, М.О. Ткач // VI International Conference «Strategy of Quality in Industry and Education», June, 1 – 8 2010, Varna; Bulgaria . – Proceedings. – V. 2. – P. 288 – 296.

7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ab/>.

8. HP Networking [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3com.com>.

9. NetworkManuals.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.networkmanuals.ru/source/full.php?catalogue=3&sub=1149&cc=1025&message=10>.

10. Серия оборудования 3COM Super Starck3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.novacom.ru/products/3Com/SS3\\_Trans\\_guide.pdf](http://www.novacom.ru/products/3Com/SS3_Trans_guide.pdf).

11. Практическое руководство по параллельным вычислениям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cluster.Linux-ekb.info>.
12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myricom.com/>
13. Высокопроизводительный вычислительный кластер ВЦ РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ccas.ru/depart/kopytov/ot2003\\_3.htm](http://www.ccas.ru/depart/kopytov/ot2003_3.htm).
14. Семенов Ю.А. Канальный протокол Fibre Channel [Электронный ресурс] / Ю.А. Семенов. – Режим доступа: [http://book.itep.ru/4/41/f\\_ch\\_4112.htm](http://book.itep.ru/4/41/f_ch_4112.htm).
15. Адаптер (HBA) Fibre Channel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rayton.ru/product/adapter-hba-fibre-channel-qlogic-sanblade-qla2462-ck/>.
16. Масштабируемый коммутатор Fibre Channel -QLogic SANbox 5600Q [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.datasystems.ru/goods\\_SB5600Q-08A.htm#info](http://www.datasystems.ru/goods_SB5600Q-08A.htm#info).
17. 10 Gigabit Ethernet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kunegin.narod.ru/refl/giga/10giga.htm>.

## **6.5. Математическое моделирование прикладных задач металлургического производства и параллельные вычисления**

Технологические операции, протекающие в печах и агрегатах металлургического производства, являются высокотемпературными теплофизическими процессами. В первую очередь это технологии выплавки и разливки железоуглеродистых сплавов, нагрева, прокатки и термической обработки металлопродукции и т.п. Практика последних лет показывает, что ни интенсификация процессов металлургического производства, ни конструктивное совершенствование металлургического оборудования, а также необходимость решения сопутствующих производству проблем экологического мониторинга, не возможны без изучения и анализа тепло- и массообмена методами математического моделирования. Математическое моделирование базируется на использовании вычислительной техники. В настоящее время его значимость приобретает все более значительную роль в связи с тем, что для современной науки и техники необходимы данные о таких процессах, экспериментальное изучение которых в лабораторных или натуральных условиях очень сложно и дорого, а в некоторых случаях и просто невозможно.

Расширение возможностей в конструировании вычислительной техники всегда оказывало влияние на развитие вычислительной математики – в первую очередь численных методов и численного программного обеспечения. До недавнего времени технический прогресс не приводил к коренному изменению структуры вычислительных систем. Поэтому повышение быстродействия однопроцессорных ЭВМ и даже появление комплексов машин и систем с относительно небольшим числом одновременно работающих процессоров не потребовали существенного изучения ни численных методов, не разработанного ранее программного обеспечения. Теперь положение меняется принципиально.

Характерной для всех новых вычислительных систем сейчас является возможность одновременного или параллельного использования для обработки информации большого числа процессоров. Для таких систем собирательным стало название параллельные. Их создание определило один из важнейших путей повышения скорости решения сложных и трудоемких больших задач. Опыт эксплуатации первых параллельных систем показал, что для эффективного их применения, нужно радикально изменять структуру численных методов. Среди различных этапов исследований, ориентированных на применение параллельных ЭВМ, обычно выделяются следующие крупные этапы:

- описание изучаемого явления;
- построение математической модели;
- разработка численных методов;
- выбор алгоритмического языка и написание программы;
- прохождение программ на ЭВМ.

Основные усилия математиков до сих пор направлялись на первые три этапа; определенное, хотя и недостаточное, внимание уделялось ими четвертому этапу; и почти выпадал из их поля зрения пятый этап. Нагромождение большого числа проблем, возникающих вокруг параллельных систем, требуют систематизированного и комплексного подхода к их решению. В данной главе с формальной точки зрения обсуждаются: совместно исследование параллельных вычислительных систем и алгоритмов, повышаются требования к качеству численных методов, а также проблемы, связанные с решением крупных вычислительных задач металлургической промышленности, которая выдвигает сейчас существенно более высокие требования к математическим моделям, описывающим различные явления.

Компьютер, появившись в середине двадцатого столетия, через несколько десятков лет повсеместно стал незаменимым

инструментом и надёжным помощником в обработке самой разнообразной информации: цифровой, текстовой, визуальной, звуковой и др. Известно, что первопричиной создания компьютеров была настоятельная необходимость быстрого проведения вычислительных работ, связанных с решением больших научно-технических задач в атомной физике, в авиационной, климатологии и т.п. Решение таких задач и сейчас остаётся главным стимулом совершенствования компьютеров.

Характерной чертой всех новых вычислительных систем, в настоящее время, являются возможность одновременного или параллельного использования для обработки информации большого числа процессов. Для таких систем собирательным стало название параллельные. Их создание определило один из важнейших путей повышения скорости решения сложных и трудоёмких задач. Проблемы, с которыми неизбежно приходится сталкиваться любому пользователю, вынужденному применять вычислительную технику на пределе её возможностей, подробно рассмотрены, например, в [1 – 6] и указанной там литературе. Опыт эксплуатации первых параллельных систем показал, что для эффективного их применения нужно радикально изменять структуру численных методов [1, 5]. В условиях появления больших параллельных систем и перспективны создания новых сверхмощных систем перед математиками, и в особенности, математиками-прикладниками, открывается мало изученная область исследования, связанная с совместным изучением параллельных структур численных методов и вычислительных систем.

Вообще, оказалось, что проблем, когда невозможно или трудно проводить натурные эксперименты, не так уж мало. Это – экономика, экология, астрофизика, медицина, задачи металлургической термодинамики, и теплотехники, и т.д. Именно в этих областях науки и техники возникают большие задачи. Интересно отметить, что даже там, где натурные эксперименты являются привычным инструментом исследования, большие вычислительные системы начинают активно использоваться.

В данной главе монографии освещаются вопросы математического моделирования прикладных задач металлургического производства на основе применения персонального вычислительного кластера. Расширение возможностей в конструировании вычислительной техники всегда оказывало влияние на развитие вычислительной математики – в первую очередь численных методов и численного программного обеспечения. До недавнего времени технический прогресс не приводил к коренному изменению структуры вычислительных

систем. Теперь положение меняется принципиально. Характерной для всех новых вычислительных систем сейчас является возможность одновременного или параллельного использования для обработки информации большого числа процессоров. Для таких систем собирательным стало название параллельные. Их создание определило один из важнейших путей повышения скорости решения сложных и трудоемких больших задач. Опыт эксплуатации первых параллельных систем показал, что для эффективного их применения, нужно радикально изменять структуру численных методов. В этой связи в данной главе и рассмотрены вопросы моделирования широкого круга задач металлургии на основе применения персонального вычислительного кластера.

Очевидно, что класс задач, решать которые можно, используя параллельные алгоритмы, довольно широк и крайне важен. Однако следует учитывать, что параллельность задачи определяется не только ее физическим смыслом, но и выбранным численным алгоритмом.

В последнее время, можно говорить о возрождении такого метода – как метод Монте – Карло. Это объясняется тем, что метод Монте – Карло идеально подходит для кластерной системы. Причем, чем больше процессоров будет в кластере, тем эффективнее будет решаться задача. Метод Монте – Карло оказал и продолжает оказывать существенное влияние на развитие методов вычислительной математики (например, развитие методов численного интегрирования) и при решении многих задач успешно сочетается с другими вычислительными методами и дополняет их. Его применение оправдано в первую очередь в тех задачах, которые допускают теоретико-вероятностное описание. Это объясняется как естественностью получения ответа с некоторой заданной вероятностью в задачах с вероятностным содержанием, так и существенным упрощением процедуры решения. В этой связи в данной главе диссертационной работы освещаются проблемы развития метода Монте – Карло для решения многомерных задач металлургии.

Медленная сходимость метода является его недостатком. Однако в данной главе показано, что формирование выборочных случайных чисел по определенным группам позволяет существенно повысить точность метода.

Кроме того, показано, что метод Монте – Карло достаточно удачно приспособлен к решению многомерных задач. Например, при обычном методе решения систем линейных алгебраических уравнений для вычисления одного неизвестного нужно определить и все остальные. В рассматриваемом способе этого делать не нужно,



каждый раз определяется лишь одна требуемая координата решаемой системы.

Краевые задачи и задачи с начальными условиями для линейных дифференциальных уравнений являются одной из интереснейших областей приложения метода Монте – Карло. Возможность метода для фактического отыскания решений появилась лишь в связи с развитием кластерных вычислительных систем. В данной главе приведены примеры решения задач Неймана и Дирихле при помощи метода Монте – Карло.

Применение метода Монте – Карло дает возможность по-новому взглянуть на идею распараллеливания вычислений и применения кластерных технологий вычисления. В диссертационной работе предложен модифицированный алгоритм параллельных вычислений по методу Монте – Карло. Здесь каждый вычислитель обладает собственным генератором случайных чисел. При этом промежуточные расчеты осуществляются независимо на разных, отдельно взятых лезвиях кластера – «вычислителях», а результаты уже обрабатываются на каком-то отдельно взятом MASTER – лезвии – «анализаторе». Это обстоятельство позволяет избавиться от непереносимого присутствия между генератором случайных чисел и «вычислителем» маршрутизатора-коммуникатора. Очевидно, что такое решение позволяет ускорить процесс вычислений.

Показано, что алгоритмы Монте – Карло устойчивы для любых входных данных, имеют максимальную параллельную форму, и следовательно, минимально возможное время реализации на параллельных вычислительных устройствах. Если можно назначить один процессор на один узел расчета, то становится возможным проведение расчетов во всех узлах сеточной области параллельно и одновременно.

Во второй части данной главы монографии рассматривается проблема численного моделирования задач, связанных с решением уравнений Навье – Стокса, которые представляют сегодняшний (и в значительной степени завтрашний) день вычислительной гидродинамики и теплофизики в задачах металлургической термодинамики. Моделирование на основе уравнений Навье – Стокса стало самостоятельным направлением и завоевало прочное место в механике жидкости и газа [7 – 26].

Увеличение быстродействия и памяти ЭВМ приведёт, по-видимому, к ещё большему прогрессу при решении различных прикладных проблем подобного типа.

Методологической основой для построения методов решения задач математического моделирования уравнений Навье –

Стокса являются численно-аналитические принципы дискретизации в сочетании с методом расщепления по пространственным переменным. Численно-аналитический принцип гарантирует взаимное согласование различных этапов численного моделирования на параллельных ЭВМ, а метод расщепления обеспечивает экономичную и устойчивую организацию вычислений путем распараллеливания в соответствующем последовательном методе операций, образующих линейные участки

Представление решений уравнений Навье – Стокса в аналитическом виде как функции пространственной координаты и времени приводит естественным образом к параллельным алгоритмам. В качестве тестового примера было рассмотрено течение жидкости в выемке с движущейся крышкой. Эта задача – одно из первых применений численно – аналитических методов для решения уравнений Навье – Стокса на параллельных вычислительных устройствах с распределенной памятью. Как показали исследования возможность реализации такого подхода оказывается реальной для широкого круга алгоритмов.

Расчеты, полученные численно-аналитическим методом на равномерной дают возможность говорить о том, что численно-аналитическая схема имеет более высокий порядок точности.

В третьей части данной главы монографии рассматриваются те процессы теплообмена в металлургической теплофизике, которые связаны с изменением агрегатного состояния или физико – химической природы материала. При этом теплофизические коэффициенты тела изменяются скачкообразно, и для переходов требуется теплота плавления (сорбции, испарения) или теплота химических реакций. Существенно новой особенностью подобного класса задач является наличие движущейся поверхности между фазами, закон перемещения которой неизвестен. В данной работе для конструирования многофазных задач Стефана предлагается использовать решение вспомогательных задач, имеющих форму Коши. В глобальной постановке математическая модель редуцируется к системам обыкновенных дифференциальных уравнений (СОДУ) относительно данных Коши  $T_{p,1}(t), T_{p,2}(t)$ , и закона перемещения границы фазового перехода  $\xi(\tau)$  и является непрерывной во временной области. Порядок аппроксимации по пространственной переменной при этом регулируется количеством удерживаемых членов ряда (5.112).

В локальной постановке решения для каждой фазы математическая модель редуцируется к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), имеющих трехдиагональные

структуры, замкнутые на движущуюся во времени границу сопряжения изотермы  $T\varphi$ . Закон перемещения границы фазового перехода при этом устанавливается из условия баланса тепла (3.106). Таким образом, решение задачи в такой постановке сводится к решению СЛАУ на счетности узлов, изменяющихся во времени, допустим методом прогонки. Алгоритм решения задачи Стефана в такой постановке значительно упрощается, а некоторые алгоритмические усложнения вносятся лишь необходимым контролем за стартом и исчезновением прослеживаемых фаз.

Ниже, на примерах моделирования задач металлургической термодинамики, и теплотехники, будет показано, как возникают большие задачи и что за этим следует.

### **6.5.1. Метод Монте – Карло в параллельных вычислениях задач металлургического производства**

Среди многообразия численных методов в математических расчетах, в последнее время, можно говорить о возрождении такого метода – как метод Монте – Карло [7 – 10]. Метод Монте – Карло (методы Монте – Карло) – общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций стохастического (случайного) процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи. Используется для решения задач в областях физики, математики, экономики, оптимизации, теории управления и др. Методы Монте – Карло имеют древнюю почетную историю, примеры их применения зарегистрированы, по меньшей мере несколько столетий назад [12]. Первые исследователи в области теории вероятностей знали о связи некоторых функциональных уравнений с решениями вероятностных задач, возникающих при изучении азартных игр. В более позднее время физикам стали известны аналогии между вероятностными моделями поведения частиц и разными классическими функциональными уравнениями.

Возникновение идеи использования случайных явлений в области приближенных вычислений принято относить к 1878 году, когда появилась работа Холла об определении числа  $\pi$  с помощью случайных бросаний иглы на разграфленную параллельными линиями бумагу. Существо дела заключается в том, чтобы экспериментально воспроизвести событие, вероятность которого выражается через число  $\pi$ , и приближенно оценить эту вероятность. Отечественные работы по методу Монте – Карло появились в 1955

– 1956 годах. С того времени накопилась обширная библиография по методу Монте-Карло [13 – 19]. Даже беглый просмотр названий работ позволяет сделать вывод о применимости метода Монте – Карло для решения прикладных задач из большого числа областей науки и техники.

В настоящее время существуют методы решения для некоторых классов дифференциальных уравнений в частных производных, интегральных уравнений, задач о собственных значениях и систем линейных алгебраических уравнений. Отличительной чертой методов Монте – Карло является их экспериментальный характер. Для определенности мы будем называть методом Монте – Карло процедуру, включающую использование приемов статистической выборки для приближенного решения той или иной математической или физической задачи.

Метод Монте – Карло оказал и продолжает оказывать существенное влияние на развитие методов вычислительной математики (например, развитие методов численного интегрирования) и при решении многих задач успешно сочетается с другими вычислительными методами и дополняет их. Его применение оправдано в первую очередь в тех задачах, которые допускают теоретико-вероятностное описание. Это объясняется как естественностью получения ответа с некоторой заданной вероятностью в задачах с вероятностным содержанием, так и существенным упрощением процедуры решения.

Рассмотрим суть метода Монте – Карло. Пусть требуется найти значение  $a$  некоторой изучаемой величины. Для этого выбирают такую случайную величину  $X$ , математическое ожидание которой равно  $a$ , т.е.  $M(X)=a$ .

Практически же поступают так: производят  $n$  испытаний, в результате которых получают  $n$  возможных значений  $X_i$ ; вычисляют

их среднее арифметическое  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$  и принимают  $\bar{x}$  в качестве оценки (приближённого значения)  $a^*$  искомого числа  $a$ , т.е.  $a \approx a^* = \bar{x}$ .

Поскольку метод Монте – Карло требует проведения большого числа испытаний, его часто называют методом статистических испытаний. Теория этого метода указывает, как наиболее целесообразно выбрать случайную величину  $X$ , как найти её возможные значения. В частности, разрабатываются способы уменьшения дисперсии используемых случайных величин, в результате чего уменьшается ошибка, допускаемая при замене искомого математического ожидания  $a$  его оценкой  $a^*$ .

Важнейшей характеристикой такого метода является оценка его погрешности. Рассмотрим некоторые подходы для оценки погрешностей метода Монте – Карло.

Пусть для получения оценки  $a^*$  математического ожидания  $a$  случайной величины  $X$  было произведено  $n$  независимых испытаний (разыграно  $n$  возможных значений  $X$ ) и по ним была найдена выборочная средняя  $\bar{x}$ , которая принята в качестве искомой оценки:

$a^* = \bar{x}$ . Ясно, что если повторить опыт, то будут получены другие возможные значения  $X$ . Следовательно, другая средняя, а значит, и другая оценка  $a^*$ . Уже отсюда следует, что получить точную оценку математического ожидания невозможно. Естественно возникает вопрос о величине допускаемой ошибки. Для наглядности ограничимся отысканием лишь верхней границы  $\delta$  допускаемой ошибки с заданной вероятностью (надёжностью)  $\gamma$ :

$$P(|\bar{X} - a| \leq \delta) = \gamma.$$

Заметим, что интересующая нас верхняя грань ошибки  $\delta$  есть не что иное, как «точность оценки» математического ожидания по выборочной средней при помощи доверительных интервалов. Рассмотрим следующие три случая.

1. Случайная величина  $X$  распределена нормально и её среднее квадратичное отклонение  $\sigma$  известно.

В этом случае с надёжностью  $\gamma$  верхняя граница ошибки

$$\delta = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \quad (5.1)$$

где  $n$  число испытаний (разыгранных значений  $X$ );  $t$  – значение аргумента функции Лапласа, при котором  $\Phi(t) = \frac{\gamma}{2}$ ,  $\sigma$  – известное среднее квадратичное отклонение случайной величины  $X$ .

2. Случайная величина  $X$  распределена нормально, причём её среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  неизвестно.

В этом случае с надёжностью  $\gamma$  верхняя граница ошибки

$$\delta = \frac{t_\gamma \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (5.2)$$

где  $n$  – число испытаний;  $S$  – “исправленное” среднее квадратическое отклонение,  $t_\gamma$  –  $t$ -статистика Стьюдента.

3. Случайная величина  $X$  распределена по закону, отличному от нормального.

В этом случае при достаточно большом числе испытаний ( $n > 30$ ) с надёжностью, приближённо равной  $\gamma$ , верхняя граница ошибки может быть вычислена по формуле (5.1), если среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  случайной величины  $X$  известно; если же  $\sigma$  неизвестно, то можно подставить в формулу (5.1) его оценку  $S$  – «исправленное» среднее квадратическое отклонение либо воспользоваться формулой (5.2). Заметим, что чем больше  $n$ , тем меньше различие между результатами, которые дают обе формулы. Это объясняется тем, что при  $n \rightarrow \infty$  распределение Стьюдента стремится к нормальному.

Из изложенного следует, что метод Монте – Карло тесно связан с задачами теории вероятностей, математической статистики и вычислительной математики. В связи с задачей моделирования случайных величин (в особенности равномерно распределённых) существенную роль играют также методы теории чисел.

Среди других вычислительных методов, метод Монте – Карло выделяется своей простотой и общностью. Медленная сходимость является существенным недостатком метода, однако, в данной главе будут указаны его модификации, которые обеспечивают высокий порядок сходимости при определённых предположениях. Правда, вычислительная процедура при этом усложняется и приближается по своей сложности к другим процедурам вычислительной математики. Сходимость метода Монте – Карло является сходимостью по вероятности. Это обстоятельство вряд ли следует относить к числу его недостатков, ибо вероятностные методы в достаточной мере оправдывают себя в практических приложениях. Что же касается задач, имеющих вероятностное описание, то сходимость по вероятности является даже в какой-то мере естественной при их исследовании.

Заметим, что точность вычислений метода сильно зависит от качества используемого генератора псевдослучайных чисел, скорость вычислений определяется функцией, описывающей анализируемый процесс и, конечно же, производительностью самого «вычислителя». В настоящее время тактовая частота современных процессоров уже перешла предел ГГц, а объем оперативной памяти персональных компьютеров сравним с единицами Гбайт. Принимая во внимание, что соответствующий класс задач будет обрабатываться на персональном вычислительном кластере, то производительность «вычислителя» не является больше сдерживающим фактором (а скорее всего определяющим) для применения требовательных к мощности «вычислителя» численных алгоритмов при решении многомерных задач. Практическую иллюстрацию механизма работы метода и некоторые

принципиальные особенности его реализации рассмотрим на фоне решения типичной задачи – задачи численного интегрирования некоторой функции.

### 6.5.2. Оценка интегралов методом Монте – Карло

Рассмотрим задачу о вычислении интеграла на тривиальном числовом примере

$$I = \int_0^1 x dx \quad (5.3)$$

методом Монте – Карло.

После десяти случайных наблюдений в интервале (0,1) путем выбора из таблицы случайных чисел двух десятичных цифр для каждого наблюдения получим следующие результаты:

$$X = 0,69; 0,37; 0,39; 0,97; 0,66; 0,51; 0,60; 0,41; 0,76; 0,09. \quad (5.4)$$

Среднее значение такого случайного вектора будет определяться на основании соотношения:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_a X_a \quad (5.5)$$

и оно соответствует 0,545, что не является неприемлемым приближением к 0,5 при таком небольшом числе наблюдений. Отметим, что эти же самые случайные числа могли бы служить для обеспечения выборки из десяти наблюдений, при этом для пяти значений в интервале (0; 0,5) и пяти – в интервале (0,5; 1). Это может быть достигнуто делением всех значений на 2 и добавлением 0,5 к каждому из пяти последних результатов деления. Получим следующую выборку:

$$X=0,345; 0,185; 0,195; 0,485; 0,330; 0,775; 0,800; 0,750; 0,880; 0,545. \quad (5.6)$$

Среднее значение выборки (5.6) по группам есть 0,5225; ошибка в этом случае равно в два раза меньше ошибки, полученной при простой выборке. Это, конечно, не случайно: в этом примере любые исходные случайные числа при таком же использовании дали бы половинную ошибку в случае выборки по группам. Далее, следует заметить, что если бы при выборке по группам использовалось одно наблюдение в каждой десятой части интервала, то ошибка была бы равной одной десятой ошибки в первоначальном

случае. Такую выборку можно осуществить, если брать одну десятую каждого значения  $x_i$  и добавлять 0 к первому результату, 0,1 – ко второму, 0,2 – к третьему и т.д. Получим выборку, состоящую из последовательности:

$$0,069; 0,137; 0,239; 0,397; 0,466; 0,551; 0,660; 0,741; 0,876; 0,909. \quad (5.7)$$

Среднее значение последовательности чисел по выборке (5.7) будет 0,5045. Заметим, однако, что в этом последнем случае нельзя получить статистической оценки погрешности, так как в каждый интервал попадает всего одно наблюдение.

Уменьшение ошибки, связанное с выборкой по группам, в этом примере, объясняется тем, что некоторая случайная функция  $g(x)$ , равная в этом случае самому  $X$ , имеет в любом интервале изменение, пропорциональное длине интервала. Ограничивая случайное изменение малыми интервалами, мы уменьшаем соответственно изменение результата в этом частном примере.

### 6.5.3. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Решение систем линейных алгебраических уравнений имеет важное значение для целого ряда областей, где применяется вычислительная математика. При этом некоторые особенности решений таких систем будут экстраполированы на случай решения многомерных нестационарных задач с применением кластерных систем. Уже поэтому рассмотрение еще одного класса методов решения линейных систем-методов, основанных на моделировании случайных процессов, представляет интерес.

Рассмотрим систему линейных уравнений, записанную в матричной форме [15]:

$$Ax = b, \quad (5.8)$$

где  $A$  – матрица размерностей  $n \times n$ ,  $x$  и  $b$  –  $n$ - мерные векторы. Пусть имеет место случай, когда можно использовать метод простых итераций, т.е. при котором матрица  $A$  представима в виде

$$A = E - B,$$

где  $E$  – единичная матрица, а вектор  $B$  имеет собственные числа, по модулю меньше единицы. Система (5.8) будет эквивалентной системе, записанной в итерационной форме:

$$x = Bx + b \quad (5.9)$$

Тогда решение системы (5.8) можно записать в виде:

$$x = A^{-1}b \quad (5.10)$$



При сделанных предположениях обратная матрица может быть выражена рядом:

$$A^{-1} = E + B + B^2 + \dots + B^n. \quad (5.11)$$

Этот ряд сходится в том случае, если собственные числа матрицы  $B$  по модулю меньше единицы:

$$|\lambda_i(B)| < 1.$$

Подставляя теперь выражение (5.11) в (5.10), получим:

$$x = b + Bb + \dots + B^n b + \dots \quad (5.12)$$

Частные суммы этого ряда можно получить известным итерационным приемом, полагая последовательно

$$\begin{aligned} x^{(1)} &= b \\ x^{(2)} &= Bx^{(1)} = Bb + b, \\ &\dots \dots \dots \\ x^{(k)} &= Bx^{(k-1)} = B^{k-1}b + B^{k-2}b + \dots + b, \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

Сходимость метода простых итераций эквивалентна сходимости последовательности  $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(k)}$ . Будем обозначать элементы матрицы  $B$  через  $B_{ij}$ . Тогда  $m$  – координата  $x_m$  вектора  $x$  равна:

$$x_m = b_m + \sum_i B_{m_i} b_i + \sum_{i,i_2} B_{m_i} B_{i,i_2} b_{i_2} + \dots + \sum_{i,i_2,\dots,i_r} B_{m_i} B_{i,i_2} \dots B_{i_{r-1}} B_{i_r}. \quad (5.13)$$

Соотношение (5.13) окажется полезным для дальнейших исследований. Проблема на этом этапе состоит в том, чтобы найти метод вычисления такой суммы.

Рассмотрим сначала случай, когда элементы матрицы положительны и сумма по каждой строке равна единице, т.е.

$$\sum_i B_{m_i} = 1.$$

Тогда величины  $B_{m_i}$  можно рассматривать как набор вероятностей для полной системы несовместных событий. Выберем  $n$  независимых значений  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ , равномерно распределенных на отрезке  $[0,1]$  величины. Рассмотрим  $n$  разбиений отрезка  $[0,1]$  на отрезки длины равной  $B_{m1}, B_{m2}, \dots, B_{mn}$  ( $m=1,2, \dots, n$ ). Если величины  $\xi_m$  принадлежат  $i$  – му отрезку (длины  $B_{mi}$ ), то положим

$$Y_m = b_i.$$

Тем самым имеем  $n$  случайных величин  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ .  
Математическое ожидание величины  $Y_m$ .. есть

$$M(Y_m) = \sum_{i=1}^n B_{m_i} b_i,$$

т.е равно второму слагаемому ряда (5.13).

Постараемся теперь получить случайную величину, математическое ожидание которой равно третьему слагаемому ряда (5.13). Для этого проверим значение величины  $\xi_m$ . Если  $\xi_m$  принадлежит  $i$ -му отрезку, то проверим значение величины  $\xi_{i1}$ . Если величина  $\xi_{i1}$ , равна

$$\sum_i B_{m_i} B_{i,i_2},$$

то математическое ожидание величины  $Z_m$  будет равно

$$M(Z_m) = \sum_{i_1} B_{m_{i_1}} B_{i_1,i_2} b_{i_2}$$

Рассмотренная конструкция допускает простое обобщение [13], позволяющее получить случайную величину  $\eta_m$ , математическое ожидание которой равно сумме ряда (5.13), т.е.

$$M(\eta_m) = x_m$$

Тогда, моделируя процесс получения величины  $\eta_m$   $N$  раз и получая при этом последовательность значений  $\eta_m^1, \eta_m^2, \dots, \eta_m^N$ , можно принять в качестве приближенного значения искомой величины  $x_m$  среднее арифметическое [13]:

$$\bar{\eta}_m = \frac{\eta_m^1 + \eta_m^2 + \dots + \eta_m^N}{N}.$$

Таким образом, конструкция случайной величины  $\eta_m$  состоит в следующем. Представим каждый элемент  $B_{m_j}$  матрицы в виде произведения двух сомножителей:

$$B_{m_j} = F_{m_j} P_{m_j}, \quad (5.14)$$

где  $0 < P_{mj} < 1$ . Координаты векторов правой части (5.8) представим в виде:

$$b_j = f_j P_j,$$

где  $0 < P_j < 1$ .

При этом, будем предполагать, что выполняется равенство:

$$P_n + \sum_{J=1}^n P_m J = 1 \quad (5.15)$$

Тогда равенство (5.13) можно представить в виде:

$$x_m = f_m P_m + \sum_i F_{m_i} f_i P_{m_i} p_i + \dots + \sum_{i_1, i_2, \dots, i_r} F_{m_i} F_{i_1, i_2} \dots F_{i_{r-1}, i_r} f_{i_r} P_{m_i} \dots P_{i_{r-1}, i_r} + \dots \quad (5.16)$$

Рассмотрим теперь  $n$  разбиений отрезка  $[0, 1]$ , каждое на  $n+1$  часть. Длины частей  $m$ -разбиения равны соответственно

$$P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{mn}, P_m.$$

Пусть  $\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_1, \dots$  – значения независимых равномерно распределенных величин. Будем доопределять величину  $\eta_m$  следующим способом:

Сначала выберем  $m$ -разбиение отрезка и посмотрим, в какую часть попадает величина  $\xi_0$ : если  $\xi_0$  попала в  $(n+1)$  часть длины  $P_n$  то полагаем:

$$\eta_m = f_m. \quad (5.17)$$

Если  $\xi_0$  попала в  $i$  – ю часть разбиения (длины  $P_{mi}$ ), то берем  $i1$  – е разбиение и анализируем в какую часть этого разбиения попадает величина  $\xi_1$ . Опять-таки, если  $\xi_1$  попала в  $(n+1)$ -ю часть разбиения, то полагаем

$$\eta_m = F_{m_i} f_{i_1}. \quad (5.18)$$

Если же  $\xi_1$  попала в  $i_2$  – ю часть разбиения, то берем величину  $\xi_2$  и проверяем, в какую часть  $i_2$  – го разбиения она попала и т.д.

Величина  $\eta_m$  принимает, таким образом, значения, определяемые историей процесса. Именно, величина  $\eta_m$  принимает значения:

$$F_{m_{e_1}} F_{i_1, i_2} \dots F_{i_{k-1}, i_k} f_{i_k} \quad (5.19)$$

с вероятностью:

$$P_{m_{i_1}} P_{i_1, i_2} \dots P_{i_{k-1}, i_k} \quad (5.20)$$

Математическое ожидание величины  $\eta_m$  равно, как это следует из (19), (20):

$$M\eta_m = f_m P_m + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k} F_{m_{i_1}} F_{i_1, i_2} \dots \quad (5.21)$$

Сравнивая (5.21) с выражением (5.16) для  $m$  – й координаты неизвестного вектора  $x$ , приходим к тождеству:

$$M\eta_m = x_m, \quad (5.22)$$

которое позволяет вычислить  $x_m$  путем моделирования величины  $\eta_m$  по методу статистических испытаний [13]. Преимущество изложенного метода состоит в следующем: при обычном методе систем линейных уравнений для вычисления одного неизвестного нужно определить и все остальные неизвестные; в приведенном же способе этого делать не нужно, каждый раз определяется одна координата  $x_m$ . Отсюда видно, что здесь проявляется одна из основных черт метода Монте – Карло – его приспособленность к многомерным задачам.

#### 6.5.4 Проблема блужданий и решение краевых задач

Краевые задачи и задачи с начальными условиями для линейных дифференциальных уравнений являются одной из интереснейших областей приложения метода Монте – Карло. Связь между решениями этих задач была известна давно [13 – 19]. Однако возможность применения этой связи для фактического отыскания решений появилась лишь в связи с развитием вычислительных машин. Применение этого метода дает возможность по-новому взглянуть на идею распараллеливания вычислений и применения кластерных технологий вычисления.

Для пояснений основной идеи метода рассмотрим задачу Дирихле для уравнения Лапласа. Пусть имеется некоторая односвязная область  $G$ , на границе которой задана функция  $f(Q)$ . Требуется найти такую функцию  $U(P)$ , которая внутри данной области  $G$  удовлетворяет уравнению Лапласа:

$$\Delta U = 0 \quad (5.23)$$

а на границе области  $P$  принимает заданные значения:

$$U|_G = f(Q). \quad (5.24)$$

Обычно эту задачу сводят к некоторой конечно-разностной схеме. Область  $G$  покрывается узлами квадратной сетки. Во внутренних узлах значение функции  $U(P)$  ищется исходя из системы уравнений.

$$U(P) = \frac{1}{4} [U(P_1) + U(P_2) + U(P_3) + U(P_4)] \quad (5.25)$$

Здесь  $\{P1, P2, P3, P4\}$  означают четыре узла, соседние к внутреннему узлу  $P$  и лежащие в области или на границе.

Рассмотрим связанную с этой системой теоретико-вероятностную схему. Представим себе частицу, которая вынуждена передвигаться по узлам сетки с целочисленными координатами  $(i, J)$  на плоскости:

$$\left. \begin{array}{l} x_i = x_0 + i\eta, \exists j \quad y_0 + j\eta \\ (i, j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \end{array} \right\} \quad (5.25)$$

где

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i, \quad \Delta y_j = y_{j+1} - y_j.$$

Предполагаем, что сетка  $S_\eta$  состоит из внутренних узлов и граничных узлов 1-го рода. Граничные узлы представляют собой совокупность линейных точек  $M_{pq}(x_p, y_q)$ , аппроксимирующий криволинейную границу  $\Gamma$  области с точностью до  $\eta$ . Частица  $M$  совершает равномерное случайное блуждание по узлам сетки (5.25). А именно, находясь во внутреннем узле  $M_{iy}(x_i, Y_y)$  сетки  $S_\eta$ , эта частица за один переход, с одной и той же вероятностью, равной  $j$ , может переместиться в один из соседних узлов: или в  $M_{i-1,y}(x_{i-\eta}, Y_y)$  (шаг влево), или в  $M_{i+1,y}(x_{i+\eta}, Y_y)$  (шаг вправо), или в  $M_{i,y-1}(x_i, Y_{y-\eta})$  (шаг вниз), или  $M_{i,y+1}(x_i, Y_{y+\eta})$  (шаг вверх); причем каждый такой единичный переход совершенно случаен и не зависит от положения частицы и её прошлой истории. Будем считать, что блуждание частицы  $M$  заканчивается, как только эта частица попадает на границу  $\Gamma_\eta$ ; в этом случае граница  $\Gamma_\eta$  представляет собой “поглощающий экран”. Можно доказать [13], блуждание точки  $M$  через конечное число шагов заканчивается на границе.

Если частица  $M$  начала свое блуждание с фиксированной внутренней точки  $M_{i_0, y_0}$  сетки  $S_\eta$ , то конечная совокупность последовательных положений этой частицы:

$$M_{i_0, y_0}, M_{i_1, y_1}, \dots, M_{i_S, y_S},$$

где

$$M_{i_k, j_k} \in \Gamma_\eta \quad (k = 0, 1, \dots, S-1)$$

называется траекторией частицы (с  $S$  шагами) или историей блуждания.

Равномерное случайное блуждание частицы можно организовать при помощи равномерно распределенной последовательности одноразрядных случайных чисел [13, 15 – 20], принимающих значения:

$$0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.$$

Для этого, например, достаточно производить розыгрыш, т.е. случайную выборку из чисел  $\{0-9\}$ , придерживаясь инструкции, указанной в табл. 5.1.

Табл. 5.1

Определение шага частицы в зависимости от выпавшего случайного числа

Случайное число	Характер перемещения
0 или 4	$\Delta xi = \eta$ (шаг вправо)
1 или 5	$\Delta YU = \eta$ (шаг вверх)
2 или 6	$\Delta \Delta xi = -\eta$ (шаг влево)
3 или 7	$\Delta YU = -\eta$ (шаг вниз)

Случайные числа берутся из готовых таблиц или вырабатываются генератором псевдослучайных чисел [15]. Последний способ нашел широкое применение при работе на ПВК, так как он позволяет не загружать сильно память системы. Частица, начавшая свое случайное блуждание из внутреннего узла  $M_{i,y}$ , после первого шага с вероятностью, равной  $j$ , попадает в один из четырех соседних узлов:

- I.  $M_{i,y}, M_{i-1,y}, \dots, ;$
- II.  $M_{i,y}, M_{i-1,y}, \dots, ;$
- III.  $M_{i,y}, M_{i,y-1}, \dots, ;$
- IV.  $M_{i,y}, M_{i,y+1}, \dots, .$

По формуле полной вероятности имеем:

$$P(i, j, p, q) = \frac{1}{4}P(i-1, j, p, q) + \frac{1}{4}P(i+1, j, p, q) + \frac{1}{4}P(i, j-1, p, q) + \frac{1}{4}P(i, j+1, p, q). \quad (5.26)$$

Отсюда, умножая обе части равенства (5.26) на граничные значения  $\gamma r q$  и суммируя по всем возможным значениям  $p$  и  $q$ , получим:

$$\mathcal{G}_{ij} = \frac{1}{4}(\mathcal{G}_{i-1,j} + \mathcal{G}_{i+1,j} + \mathcal{G}_{i,j-1} + \mathcal{G}_{i,j+1}) \quad (5.27)$$

Величины  $\mathcal{U}_{ij}$  допускают экспериментальное определение, заменяя матема-

тическое ожидание  $\mathcal{U}_{ij}$  эмпирическим математическим ожиданием, будет иметь:

$$U_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^w \phi(x_p^{(k)}, y_q^{(k)}). \quad (5.28)$$

Формула (5.28) дает статистическую оценку величины  $U_{ij}$  и может применена для приближенного решения задачи Дирихле. Проиллюстрируем алгоритм на решении конкретных примеров.

Пример 1. Методом Монте-Карло найти величину  $U(2,2)$ , если

$$\Delta U(x, y) = 0, \text{ в области } G \{ 0 \leq x \leq 4; 0 \leq y \leq 4 \} \quad (5.29)$$

и

$$\left. \begin{aligned} U(x, 0) &= 0, & 0 \leq x \leq 4; \\ U(4, y) &= y, & 0 \leq y \leq 4; \\ U(x, 4) &= x, & 0 \leq x \leq 4; \\ U(0, y) &= 0, & 0 \leq y \leq 4. \end{aligned} \right\} \quad (5.30)$$

Решение. Для квадрата  $G$  с границей  $\Gamma$  построим квадратную сетку  $S_\eta$  с шагом  $\eta = 1$  (рис. 5.1).

Рассматривается серия равномерных блужданий частицы по узлам сетки  $S_\eta$ , исходя из начального положения  $(2,2)$  (на рис. 5.1 эта точка отмечена двойным кружочком) и заканчивающихся на границе  $\Gamma$  в граничных узлах сетки  $G_k$ , заданных условиями (5.30). Перемещение частицы определялось согласно указанной выше инструкции (см. табл. 5.1), причем выпадение случайных чисел 8 и 9 рассматривалось как стояние частицы на месте.

В табл. 5.2 приведены траектории блуждания для 20 историй двумерного случайного блуждания с числом  $N = 20$  в каждом случае.

Траектории  $N = 20$  случайных блужданий приведены в табл. 5.2. На основании формулы (29) имеем:

$$U(2,2) = \frac{1}{20} \sum_k \frac{1}{20} \cdot 20 = 1.$$

Заметим, что в данном случае для задачи Дирихле (5.29), (5.30) известно точное решение

$$U(x, y) = \frac{xy}{4}$$

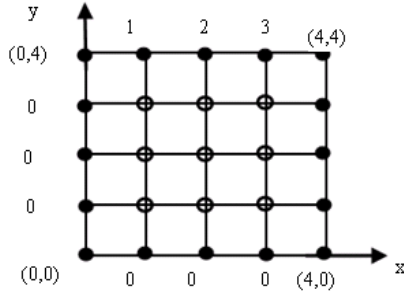


Рис. 5.1. Геометрическая интерпретация решения задачи Дирихле

Поэтому

$$U(2,2) = \frac{2 \cdot 2}{4} = 1$$

Таким образом, при помощи метода статистических испытаний получили точное значение величины  $U(2,2)$ .

Пример 2. Рассмотрим задачу о температурном поле угольной адиабатической пластины [21]. Температурное поле  $T(x,y)$  должно удовлетворять уравнению:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (5.31)$$

и системе произвольно выбранных граничных значений температуры

$$T = \begin{cases} F_1(x) \text{ вдоль } y = \ell, \\ F_2(x) \text{ вдоль } y = 0, \\ G_1(y) \text{ вдоль } x = L, \\ G_2(y) \text{ вдоль } x = 0, \end{cases} \quad (5.32)$$



Таблица 5.2

## Траектории блуждания рабочей точки

№ блуждания, к	Траектория блуждания	Значение функции $u(x,y)$ в точке выхода на границу
1	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,0);$	0
2	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (3,3) \rightarrow (3,2) \rightarrow (4,2);$	2
3	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,4);$	2
4	$(2,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (0,2);$	0
5	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,4);$	2
6	$(2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,0);$	0
7	$(2,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (0,2);$	0
8	$(2,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (0,2);$	0
9	$(2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,3) \rightarrow (3,3) \rightarrow (2,3) \rightarrow (1,3) \rightarrow (0,3);$	0
10	$(2,2) \rightarrow (1,2) \rightarrow (0,2);$	0
11	$(2,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,1) \rightarrow (4,1);$	1
12	$(2,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,1) \rightarrow (4,1);$	0
13	$(2,2) \rightarrow (2,1) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,0);$	0
14	$(2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (4,2);$	2
15	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,4);$	2
16	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,3) \rightarrow (1,3) \rightarrow (0,3);$	0
17	$(2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (4,2);$	2
18	$(2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,1) \rightarrow (2,1) \rightarrow (2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (4,2);$	3
19	$(2,2) \rightarrow (3,2) \rightarrow (4,2);$	2
20	$(2,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,3) \rightarrow (2,4);$	2
	$\Sigma$	20

Требуется определить температурное поле пластины, если  $F_1(x) = F_2(x) = 1$  и  $G_1(y) = G_2(y) = 0$ , а геометрические размеры пластины равны  $l = 1$  и  $L = 2l$ .

Прямоугольная область заданного размера покрывается сеточными узлами:

$$x_i = x_0 + i\eta, \quad y_j = y_0 + j\eta, \quad (5.33)$$

где

$$\left. \begin{aligned} Dx1 &= x_{i+1} - x_i = \frac{2}{2m_x}, \quad m_x \quad 1\theta \\ Dx1 &= y_{j+1} - y_j = \frac{2}{2m_y}, \quad m_y \quad 5 \end{aligned} \right\}, \quad \eta = 0, 1.$$

Целесообразность такой нормировки узлов приводит к их счетности через целочисленные значения параметров  $m_x$  и  $m_y$ . Имеем мощность счетности:

$$i = \overline{1, 2m_x - 1}, \quad j = \overline{1, 2m_y - 1}$$

Граничные поверхности выражаются параметрически:

$$x_0 = 0, \quad y_0 = 0, \quad x_{2m_x} = 2, \quad y_{2m_y} = 1,$$

а  $x_{m_x}$ ,  $y_{m_y}$  и  $(x_{m_x}, y_{m_y})$  – соответствуют срединным поверхностям и центральному узлу. Если вместо независимых переменных  $x$ ,  $u$  и  $y$  ввести нормированные единицей:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \in [-1, +1], \\ \varepsilon_y &= \frac{y - y_j}{y_{j+1} - y_j} \in [-1, +1]. \end{aligned} \right\} \quad (5.34)$$

то уравнение (5.31) для равномерно распределенных узлов ( $x_{i+1} - x_i = x_i - x_{i-1}$ ,  $y_{j+1} - y_j = y_j - y_{j-1}$ ) остается инвариантным относительно сеточных узлов:

$$\frac{\partial^2 T(\varepsilon_x, \varepsilon_y)}{\partial \varepsilon_x^2} + \frac{\partial^2 T(\varepsilon_x, \varepsilon_y)}{\partial \varepsilon_y^2} = 0 \quad (5.35)$$

Такой подход допускает возможность при построении алгоритмов с учетом априорной информации об искомом решении. Пусть, например, искомое решение принадлежит к классу

аналитических функций. Следовательно, представляется возможным существование в виде рядов Тейлора:

$$T_{j+\varepsilon_{y,1}}(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_y^n T_{j,n+1}(\varepsilon_x), \quad (5.36)$$

или

$$T_{i+\varepsilon_{x,1}}(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_x^n T_{i,n+1}(\varepsilon_y) \quad (5.37)$$

После подстановки (5.36), (5.37) в уравнение (5.35), получим совокупность дифференциальных уравнений следующего вида:

$$(n+1)(n+2)T_{J,n+3}(\varepsilon_x) - T''_{J,\bar{n}+1}(\varepsilon_x), \quad (5.38)$$

или

$$(n+1)(n+2)T_{i,n+3}(\varepsilon_y) - T''_{i,\bar{n}+1}(\varepsilon_y), \quad (5.39)$$

Легко увидеть, что тейлоровские компоненты (5.38), (5.39) могут быть выражены через данные Коши  $\{T_{J,1}(\varepsilon_x), T_{J,2}(\varepsilon_x)\}, \{T_{i,1}(\varepsilon_y), T_{i,2}(\varepsilon_y)\}$  и их производные по независимым переменным  $\xi_x, \xi_y$ . Получим:

$$\left. \begin{aligned} T_{J,3}(\varepsilon_x) &= -\frac{1}{2!} T''_{J,1}(\varepsilon_x), \\ T_{J,4}(\varepsilon_x) &= -\frac{1}{3!} T_{J,2}(\varepsilon_x), \\ T_{J,5}(\varepsilon_x) &= +\frac{1}{4!} T_{J,1}^{(4)}(\varepsilon_x), \\ T_{J,6}(\varepsilon_x) &= +\frac{1}{5!} T_{J,2}^{(4)}(\varepsilon_x), \end{aligned} \right\} \quad (5.40)$$

и т.д.

Следовательно, вместо ряда Тейлора (5.36) мы имеем локальное по узлам ( $j = 1, 2m_y - 1$ ) решение задачи Коши:

$$T_{y+\varepsilon_{y,1}}(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \left[ \frac{\varepsilon_y^{2n}}{(2n)!} T_{y,1}^{(2n)}(\varepsilon_x) + \frac{\varepsilon_y^{2n+1}}{(2n+1)!} T_{y,2}^{(2n)}(\varepsilon_x) \right] \quad (5.41)$$

где данные Коши  $\{T_{J,1}(\varepsilon_x), T_{J,2}(\varepsilon_x)\}$  являются неизвестными функциями переменной  $\varepsilon_x$ .

Доопределяя решение (5.41) граничными условиями Дирихле, после проекции  $\varepsilon_x = \pm l$ , получим разделенное решение задачи Коши следующего вида:

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{(2n)!} T_{J,1}^{(2n)}(\varepsilon_x) = \frac{1}{2} [T_{J+1,1}(\varepsilon_x) + T_{J-1,1}(\varepsilon_x)], \quad (5.42)$$

или

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{(2n+1)!} T_{J,2}^{(2n)}(\varepsilon_x) = \frac{1}{2} [T_{J+1,1}(\varepsilon_x) - T_{J-1,1}(\varepsilon_x)], \quad (5.43)$$

где  $j = \overline{1, 2m_{y,1}}$ , а  $T_{0,1}(\varepsilon_x), T_{2m_{y,1}}(\varepsilon_x)$  – известные граничные функции первого рода.

Дифференцируя (5.41) по  $\varepsilon_y$  и разделяя данные Коши получим:

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{(2n)!} T_{J,1}^{(2n)}(\varepsilon_x) = \frac{1}{2} [T_{J+1,2}(\varepsilon_x) + T_{J-1,2}(\varepsilon_x)], \quad (5.44)$$

или

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{(2n-1)!} T_{J,1}^{(2n)}(\varepsilon_x) = \frac{1}{2} [T_{J+1,2}(\varepsilon_x) - T_{J-1,2}(\varepsilon_x)], \quad (5.45)$$

где  $\{T_{0,2}(\varepsilon_x), T_{2m_{y,1}}(\varepsilon_x)\}$  – известные граничные функции второго рода.

Таким образом, редуцируя бесконечные ряды (5.42) – (5.45) по  $n$  до  $m \in \mathbb{Z}$  мы получаем частные математические модели с произвольным порядком точности. При этом, при  $M = 1$  получаем обычные конечно-разностные схемы:

$$T_1(i, j) = \frac{1}{4} [T_1(i-1, j) + T_1(i+1, j) + T_1(i, j-1) + T_1(i, j+1)] \quad (5.46)$$

– для задачи Дирихле;

$$T_2(i, j) = \frac{1}{4} [T_2(i-1, j) + T_2(i+1, j) + T_2(i, j-1) + T_2(i, j+1)] \quad (5.47)$$

– для задачи Неймана.

Следовательно, простое случайное блуждание по прямоугольной сетке легко обобщается и на задачи Неймана ( $T_2(i, j)$  в (5.47) градиентная функция). Возможны и другие

модификации процесса выборки при условии, что делается надлежащая компенсация в счете. Предположим, например, что решено изменить вероятности перехода в некоторой точке. Это изменение может быть уточнено, если приписать результатам веса схему  $p_\alpha / r_\alpha$ , где  $p_\alpha$  – гипотетическая вероятность получения заданного исхода на любой стадии, а использованный процесс выборки реализует этот исход с вероятностью  $r_\alpha$ . Подобную процедуру и «смещения» можно применять на каждом этапе случайного процесса при условии, что вычисляются произведения соответствующих весов до конца каждой истории.

Весьма досадной чертой немодифицированного случайного блуждания, на котором основывалось предыдущее рассмотрение, является медленная сходимость. Из самой природы случайного процесса следует, что требуется большое число шагов, чтобы дойти куда-либо. По этой причине обычно выгодно рассмотреть использование специальных методов выборки по группам [15].

Для решения задачи (5.31), (5.32) граничные условия (5.32) конкретизируем следующими исходными данными:

$$\begin{aligned} T[j, 0] &= T[j, 2m_x] = 0, \\ T[0, i] &= T[2m_x, i] = 1, \end{aligned} \quad (5.48)$$

где  $j = \overline{1, 2m_y - 1}, i = \overline{1, 2m_x - 1}$ . Перемещение частицы определялось согласно указанной выше иллюстрации.

Для организации случайных блужданий используем равномерно распределенную последовательность случайных чисел, вырабатываемую ПВК.

Результаты расчетов по столбцам  $[j, 1], [j, m_x]$  при разных  $N$  обрабатывались в виде относительной погрешности:

$$\mathcal{G}_{i,j} = \sum_{p,q} P(i, j, p, q) \phi_{p,q} \quad (5.49)$$

где  $T_t[j, i]$  – соответствует точному решению [21],  $T_p[j, i]$  – по схеме метода Монте – Карло.

Результаты расчетов при разных  $N$  сведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Относительная погрешность метода Монте – Карло задачи  
(32), (33) при разных значениях N-блужданий.

№ Шага	N = 1 000		N = 10 000		N = 100 000		N = 1 000 000	
	i = 1	m <sub>x</sub>	i = 1	m <sub>x</sub>	i = 1	m <sub>x</sub>	i = 1	m <sub>x</sub>
1	-4,85	0,19	-2,34	-0,15	-2,58	-0,06	-3,04	0,06
2	-1,55	1,52	0,25	0,04	-0,93	-0,02	-0,60	-0,11
3	3,52	-0,31	-1,96	-0,16	0,36	-0,26	-0,28	-0,14
4	6,14	1,03	-0,23	0,65	-0,08	-0,16	-0,32	-0,13
5	3,40	-2,40	4,61	0,07	-0,08	-0,10	-0,64	-0,16
6	8,53	-0,76	-3,96	0,47	-0,11	-0,14	-0,17	-0,22
7	-5,45	1,34	-1,39	-0,29	-0,03	-0,07	-0,35	-0,16
8	-0,62	-1,16	0,16	0,39	-0,65	-0,17	-0,44	-0,09
9	4,03	0,08	-3,35	0,10	-2,89	-0,02	-2,73	-0,05

Из анализа результатов следует, что с увеличением числа  $N$  относительная погрешность убывает. В пригловых узлах  $(1, 1)$ ,  $(m_J, 1)$  погрешность не убывает из-за близости граничных узлов  $(0, 0)$  и  $(m_J, 0)$ , где функция имеет разрыв первого рода по условию (5.48).

### 6.5.5. Особенности реализации параллельных вычислений

Большое количество программного обеспечения, разработанного ранее для последовательной (однопроцессорной) вычислительной техники, не обладает необходимым запасом параллелизма и попытки его распараллеливания на уровне отдельных циклов, как правило, не приводят к хорошим результатам. Производительность кода остается низкой. Среди многообразия численных методов в математических расчетах, в последнее время, отдельное место занимает как раз метод Монте – Карло. Однако заметим, что применение метода Монте – Карло требует больших вычислительных мощностей, что до поры до времени сдерживало процесс его применения. Заметим, что при помощи метода Монте – Карло можно непосредственно найти приближенное решение задачи в единственной фиксированной

точке, не зная решения задачи для основных точек сеточной области. Этим обстоятельством метод Монте – Карло, например, для задачи Дирихле резко отличается от обычных стандартных способов решения этой задачи. Интересно отметить, что вероятность  $P(i, j, p, q)$ , в силу формулы (5.19)

$$g_{i,j} = \sum_{p,q} P(i, j, p, q) \phi_{p,q}$$

представляет собой аналог функции Грина для задачи Дирихле в области  $G$  с заданной границей  $\Gamma$  при любых граничных значениях  $\phi(x, y)$ . Точность вычислений метода очень сильно зависит от качества используемого генератора псевдослучайных чисел. Скорость вычислений определяется функцией, описывающей анализируемый процесс и, конечно же, производительность самого «вычислителя». В наше время тактовая частота современных процессоров уже перешла предел ГГц, а объем оперативной памяти персональных компьютеров легко довести до единиц Гбайт, производительность «вычислителя» не является больше сдерживающим фактором (или определяющим) для применения требовательных к мощности «вычислителя» числовых алгоритмов при решении задач. Упрощенную схему вычислений по методу Монте – Карло можно представить в виде, показанном на рис. 5.2.

Применение этого метода дает возможность по-новому взглянуть и на идею распараллеливания вычислений и применения кластерных технологий вычисления.



Рис.5.2. Схема вычислений по методу Монте – Карло

Действительно, промежуточные расчеты в методе Монте – Карло могут осуществляться независимо на разных, отдельно взятых лезвиях кластера – «вычислителях», а результаты уже обрабатываются на каком-то отдельно взятом MASTER – лезвии – «анализаторе» [22].

В этой связи для рассматриваемой кластерной системы алгоритм параллельных вычислений можно представить в виде схемы, представленной на рис. 5.3.

Согласно такой схеме один генератор случайных чисел генерирует каждому «вычислителю» сгенерированное случайное

число. Такая схема имеет существенный недостаток, снижающий производительность параллельной кластерной системы. Информация постоянно передается по коммутационным каналам, обладающих соответствующей латентностью. Указанные обстоятельства и будут снижать производительность и быстродействие системы в целом. Конечно, эффективность такой системы будет зависеть и от качества генератора случайных чисел, поскольку существует достаточно высокая вероятность того, что среди последовательности случайных чисел будут возникать повторения или достаточно близкие по величине значения. Хотя можно отметить, что указанные обстоятельства существенным образом не повлияют на допустимую погрешность вычислений. Опыт эксплуатации персонального вычислительного кластера позволил усовершенствовать схему вычислений, представленную на рис. 5.3.

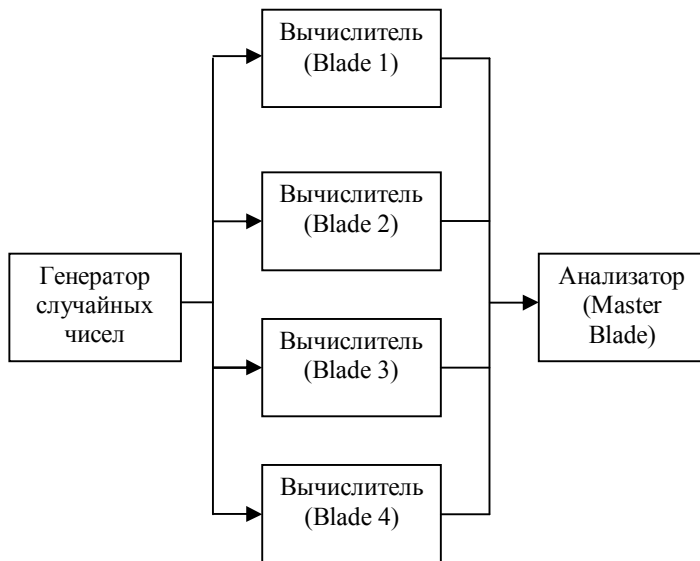


Рис. 5.3. Алгоритм параллельных вычислений по методу Монте – Карло

На рис. 5.4 представлен модифицированный алгоритм вычислений по методу Монте – Карло [23]. Здесь каждый вычислитель обладает собственным генератором случайных чисел. Это обстоятельство позволяет избавиться от неперемного



присутствия между генератором случайных чисел и «вычислителем» маршрутизатора-коммуникатора (на рис. 5.2 он не приведен).

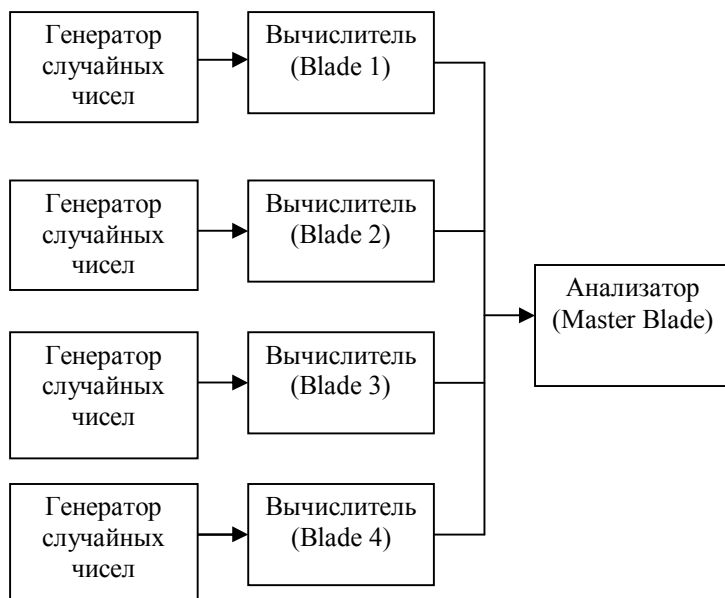


Рис. 5.4. Модифицированный алгоритм параллельных вычислений по методу Монте – Карло

Очевидно, что такое решение позволяет ускорить процесс вычислений. Выигрыш производительности можно оценить экспериментальным путем. Однако эти вопросы будут освещаться в последующих главах диссертационной работы.

Таким образом, алгоритмы Монте-Карло устойчивы для любых входных данных, имеют максимальную параллельную форму, и следовательно, минимально возможное время реализации на параллельных вычислительных устройствах. Если можно назначить один процессор на один узел расчета, то становится возможным проведение расчетов во всех узлах сеточной области параллельно и одновременно.

### 6.5.6. Моделирование задач, связанных с решением уравнений Навье – Стокса

В первую очередь рассмотрим проблему численного моделирования задач, связанных с решением уравнений Навье – Стокса, которые представляют сегодняшний (и в значительной степени завтрашний) день вычислительной гидродинамики и теплофизики в задачах металлургической термодинамики. Моделирование на основе уравнений Навье – Стокса стало самостоятельным направлением и завоевало прочное место в механике жидкости и газа [24 – 43]. Увеличение быстродействия и памяти ЭВМ приведёт, по-видимому, к ещё большему прогрессу при решении различных прикладных проблем подобного типа.

Для рассматриваемого в данной работе класса задач металлургической промышленности сплошную среду можно рассматривать как несжимаемую, что соответствует скоростям течения  $W \leq 100$  м/с [27, 28]. Для несжимаемых течений ( $\rho = \text{const}$ ) система уравнений значительно упрощается даже в случае непостоянной температуры. В самом деле, прежде всего уравнение неразрывности (1.1) получает более простой вид [28]. Кроме этого, поскольку для несжимаемых течений разности температур малы, то коэффициенты вязкости можно рассматривать как константы. Следовательно, уравнение состояния (1.10) и энергии (1.6) становятся не нужными при определении компонент вектора скорости. Таким образом, этот расчет может производиться независимо от термодинамических уравнений (1.12), (1.13). В результате уравнения движения (1.4) и уравнения неразрывности (1.1) упрощается и, если члены, содержащие ускорения вписать в раскрытом виде, принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}\rho \frac{DU}{Dt} &= X - \frac{\partial p}{\partial t} + \mu \Delta U, \\ \rho \frac{Dv}{Dt} &= Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \Delta v,\end{aligned}\tag{5.50}$$

$$\rho \frac{DW}{Dt} = Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \Delta W,$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0,\tag{5.51}$$

где  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $D/Dt$  – оператор субстанциональной производной;  $\{X, Y, Z\}$  – массовые силы.

Таким образом, если массовые силы рассматривать как заданные, то остаются четыре неизвестные величины  $u, v, w, p$  и для их определения имеется четыре уравнения (5.50), (5.51). Если присовокупить к (5.50), (5.51) уравнение энергии и концентрации относительно, характеризующих изменение температуры и состава среды (переменные  $C, T$ ), а также уравнения для кинетической энергии турбулентности, например, в переменных  $(k - \varepsilon)$ , то получим для бинарных смесей систему из восьми неизвестных величин. Такие тепло и массообменные процессы во многих случаях следует рассматривать как большие системы, спецификой которых является не только большое число входных и выходных величин, но и их взаимосвязь.

Очевидно, что математическое моделирование больших задач невозможно без применения вычислительной техники. Но оказывается, что во многих случаях нужна не просто какая-нибудь, а именно высокопроизводительная вычислительная техника. В самом деле, как правило, исследуемые объекты этого класса задач тепло- и массообмена являются трехмерными. Чтобы получить приемлемую точность численного решения, нужно покрыть область определения искомых функций сеткой размерностью не менее чем  $100 \times 100 \times 100$  узлов. В каждой точке сетки нужно определить около десятка функций. Если изучается нестационарное поведение объекта, то состояние всего ансамбля нужно определить в 102-104 моменты времени. Кроме этого, необходимо принять во внимание, что на вычисление и обработку промежуточных результатов, включая и их визуализацию, как показывает практика, требуется в среднем выполнить 102-103 арифметических операций. При этом становится очевидным, что для проведения только одного варианта численного эксперимента число операций порядка 1011-1014 является для данного класса вполне рядовым. А если учесть необходимое число вариантов, накладные расходы на время решения задачи, появляющиеся за счет качества программирования, компиляции и работы операционной системы, то сразу становится ясным, что скорость вычислительной техники должна измеряться миллиардами операций в секунду. Такая вычислительная техника стоит недешево.

Основная схема уравнений (5.50), (5.51) может применяться не только для решения задач о вынужденном течении однородной несжимаемой жидкости, постановка которой обсуждалась выше.

Целью настоящих исследований является иллюстрация одного из возможных распространений описанной выше схемы на

случай течения неоднородной несжимаемой жидкости при наличии переноса тепла и массы, получившей наименование модели неоднородной жидкости в приближении Буссинеска [43].

Плотность и физические свойства неоднородной жидкости изменяются по пространственной переменной. Причиной неоднородности жидкости может быть изменение ее состава или температуры, что приводит к ряду новых физических эффектов, которые отсутствуют в однородной изотермической жидкости (конвекция, тепло - массоперенос).

Рассмотрим бинарную смесь, уравнение состояния которой задано в виде:

$$\rho = f(C, T), \quad (5.52)$$

где  $T$  – температура,  $C$  – концентрация примеси.

Как и ранее, предполагается, что плотность  $\rho$  не зависит от давления. Для упрощения задачи (5.50) будем рассматривать класс двумерных движений в декартовой системе координат  $(x, y)$ , являющейся одним из частных случаев (5.50) и задаваемый уравнениями:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \quad \neq - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad (5.52)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \quad \neq - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} + v \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \quad (5.53)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0. \quad (5.54)$$

Здесь  $u, v$  – компоненты вектора скорости;  $X, Y$  – массовые силы. Действительная трудность расчета поля скоростей из системы уравнений (5.52) – (5.54) связана с неизвестным полем функции давления. Градиент давления составляет часть источникового члена в уравнениях количества движения, при этом в полной системе нет явного уравнения для определения давления. При заданном поле давления решение уравнений количества движения не представляет особой сложности. Однако способ нахождения поля давления не очевиден.

Поле давления определяется через уравнения неразрывности. Если правильное поле давления подставить в

уравнение количества движения, то получаемое из них поле скорости будет удовлетворять уравнению неразрывности. Связанные с нахождением давления трудности привели к возникновению методов, основанных на решении уравнений, получаемых при исключении давления из системы определяющих уравнений. При этом в случае двумерных задач (5.52) – (5.54) исключение давления реализуется путем перекрестного дифференцирования уравнений движения, что приводит к появлению уравнения переноса для функции вихрь. В декартовых координатах эта система записывается в следующем безразмерном виде:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{1}{Re} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \bar{F}, \quad (5.55)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = W, \quad (5.56)$$

$$\bar{F} = \frac{\partial F_x}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial x}. \quad (5.57)$$

Функция тока  $\phi$  и вихрь  $W$  задаются соотношениями:

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad (5.58)$$

$$W = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}. \quad (5.59)$$

Таким образом, при этом уравнение неразрывности удовлетворяется тождественно. Связь вихря  $W$  с функцией тока  $\phi$  в виде (5.56) следует из определения вихря (5.59). Функция тока имеет ясный физический смысл, а именно: касательная к линии  $\varphi = const$  определяет направление вектора скорости. Разность  $(\varphi_2 - \varphi_1)$  между постоянными, соответствующими двум линиям  $\varphi_1, \varphi_2$ , расположенным на некотором расстоянии  $\Delta L = L_1 - L_2$ , определяет расход через это сечение.

Следовательно, решение системы (5.55) – (5.59) определяет изменение во времени полей вихря  $w(x, y, t)$  и функции тока  $\varphi(x, y, t)$ , с помощью которых можно в соответствии с (5.58)

восстановить поле скорости и затем, при необходимости, определить и поле давления из уравнения Пуассона [42, 43]. Таким образом, давление не входит в число зависимых переменных, и вместо того чтобы иметь дело с двумя уравнениями количества движения и уравнения неразрывности (5.52) – (5.54), необходимо решить только два уравнения для нахождения функции тока и вихря.

На основании проведенного анализа продолжим формирование математической модели неоднородной жидкости в приближении Буссинеска [43] в переменных функция тока-вихрь (5.55), (5.56). Будем рассматривать бинарную смесь, уравнение состояния которой задано в виде (5.52). Как и ранее предполагается, что плотность не зависит от давления. Исключение давления и учет массовых сил, как это показано в [43], приводит к уравнениям движения, переноса тепла и массы неоднородной жидкости в приближении Буссинеска, имеющим следующий вид:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} = \left[ \begin{array}{l} \nu \Delta w - g \beta_T \left( \frac{\partial T}{\partial y} \sin \phi - \frac{\partial T}{\partial x} \cos \phi \right) - \\ - g \beta_C \left( \frac{\partial C}{\partial y} \sin \phi - \frac{\partial C}{\partial x} \cos \phi \right) \end{array} \right], \quad (5.60)$$

$$\Delta \varphi = w, \quad (5.61)$$

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \lambda \Delta T, \quad (5.62)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = D \Delta T, \quad (5.63)$$

соответствующих декартовой системе координат и массовой силе, расположенной под углом  $\varphi$  к вертикали. Вводя масштабы  $L$ -характерный линейный размер,  $v$  – масштаб скорости, для искомых величин и независимых переменных, можно системе (5.60) – (5.63) сопоставить систему в обезразмеренном виде:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} = \quad (5.64)$$

$$= \frac{1}{Re} \Delta w - \frac{Gv}{Re^2} \left( \frac{\partial \theta}{\partial y} \sin \phi - \frac{\partial \theta}{\partial x} \cos \phi \right) - \frac{Gv_D}{Re^2} \left( \frac{\partial C}{\partial y} \sin \phi - \frac{\partial C}{\partial x} \cos \phi \right) \\ \Delta \varphi = w, \quad (5.65)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{1}{Re P_r} \Delta \theta, \quad (5.66)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{1}{R_e S_c} \Delta C, \quad (5.67)$$

Система (5.60)–(5.63) и соответственно (5.64)–(5.67) отличаются от (5.55)–(5.57) наличием в уравнении вихря величин, зависящих от температуры и концентрации (подъемные силы), и двух дополнительных уравнений, относящихся к типу “уравнений с диссипацией”. Диссипативными коэффициентами здесь является  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $D$  – коэффициент диффузии, коэффициент  $C_p$  (5.62) – удельная теплоемкость при постоянном давлении. Кроме числа Рейнольдса  $R_e = VL / \nu$  в системе (5.64)–(5.67) появились и другие безразмерные параметры подобия, определенные величинами, заданными условиями задачи:

$$\left. \begin{aligned} G_r &= g \beta L^3 \Delta T / \nu^3, \\ G_{r_d} &= g \beta_c L^3 \Delta C / \nu^3, \\ P_r &= \nu / a, S_c = \nu / D, \end{aligned} \right\}, \quad (5.68)$$

соответствующие числам Грасгофа, диффузионного числа Грасгофа, числам Прандтля и диффузионного числа Прандтля или числа Шмидта,  $a = \lambda / (\rho c_p)$  коэффициент температуропроводности,  $g$  – ускорение, создаваемое массовыми силами. Соответственно этому система (5.64)–(5.67) содержит и описание более широкого круга физических процессов.

Рассмотрим кратко классификацию этих процессов, отмечая наиболее важные предельные режимы и частные случаи.

Наиболее простыми являются режимы переноса тепла (массы) молекулярными процессами теплопроводности (диффузии), реализующиеся в неподвижной жидкости ( $u \equiv v \equiv 0$ ). Эти режимы являются асимптотическими для системы (5.64)–(5.67) при  $R_e \rightarrow 0$ ,  $G_r \rightarrow 0$ ,  $G_{r_d} \rightarrow 0$ . При  $G_r = G_{r_d} = 0$ ,  $R_e = 0$  уравнения (5.64)–(5.67) принимают форму уравнений Навье – Стокса (5.55), (5.56) для однородной несжимаемой жидкости. Два других уравнения (5.66), (5.67) при этом описывают перенос тепла и массы движущейся жидкости в предположении, что процессы тепло- и массообмена не оказывают влияние на движение.

Одним из наиболее важных режимов, описываемых системой (5.64)–(5.67), является режим естественной

гравитационной конвекции, которая представляет один из видов движения, возникающих в поле силы тяжести (или другой массовой силы) при наличии градиентов температуры (концентрации). В системе (5.64) – (5.67) содержится описание двух разновидностей естественной концентрации: тепловой и концентрационной [43].

Наиболее общим режимом, определяемым системой (5.64) – (5.67), является режим совместного действия естественной и вынужденной конвекции, для описания которой используются все упомянутые выше критерии подобия.

Сказанное выше в некоторой степени характеризует многообразие режимов течения переноса тепла и массы, описываемое системой (5.64) – (5.67). В этом случае система дифференциальных уравнений (5.64) – (5.67) допускает модификацию основной схемы в следующем виде:

$$\frac{\partial A}{\partial \tau} + \mathbf{DKA} - D(A)\Delta A \quad (5.69)$$

где

$$A = \begin{Bmatrix} w \\ T \\ C \end{Bmatrix} \quad (5.70)$$

– вектор-функция зависимых переменных;

$$DKA = u \frac{\partial A}{\partial x} + v \frac{\partial A}{\partial y} \quad (5.71)$$

– оператор, характеризующие конвективный перенос;

$$D(A) = \begin{Bmatrix} 1/R_e \\ 1/(R_e P_r) \\ 1/(R_e S_c) \end{Bmatrix}, \quad (5.72)$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \quad (5.73)$$

– оператор Лапласа.

*Априорная информация о классе задач (5.69) – (5.73).*

В системе уравнений (5.69) имеется малый параметр при старших производных  $\varepsilon = 1/R_e$ , изменению которого соответствует существенное изменение гладкости решения. Решения этого класса задач не могут быть представлены в виде рядов по возрастающим степеням  $\varepsilon$ . Таким образом, эти задачи не являются



регулярными возмущениями соответствующих задач более низкого порядка. Для данного класса задач их следует отнести к сингулярно возмущенным задачам относительно параметра  $\varepsilon$  [44], [45].

При решении указанного выше типа задач стандартными численными методами возникают большие трудности. Часто причина трудностей заключается в неустойчивости численного процесса [43] – [45]. Характерной особенностью подобного типа задач является появление в области их определения при больших числах  $Re$  тонких пограничных слоев, имеющих толщину примерно  $\sqrt{\varepsilon}$ , где искомые переменные изменяются достаточно быстро. Указанные быстрые переменные не могут быть исследованы при помощи обычных медленных переменных:

$$\left. \begin{aligned} \tau = \frac{u}{L}t, x = \frac{x}{L}, y = \frac{y}{L}, \\ u = \frac{u}{v}, v = \frac{v}{v} \end{aligned} \right\}, \quad (5.74)$$

соответствующих обозначенным СДУ (5.69). Возникает необходимость вводить новые-быстрые переменные, увеличенные или растянутые [44]. Возможны следующие группы преобразований:

$$\left. \begin{aligned} X = \frac{x}{L}, Y = \frac{y}{L}\sqrt{Re} \\ u = \frac{u}{v}, v = \frac{v}{u}\sqrt{Re} \end{aligned} \right\}, \quad (5.75)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau = Re \frac{u}{L}t, x = \frac{x}{L}Re, y = \frac{y}{L}Re \\ u = \frac{u}{v}, v = \frac{v}{v} \end{aligned} \right\} \quad (5.76)$$

Асимптотическая локализация уравнений (5.69) в переменных (5.74) приводит к широко известным в механике жидкостей уравнениям пограничного слоя (Прандтля) [28, 29]; в переменных (5.76) уравнения (5.69) преобразуются к виду, который не содержит числа Рейнольдса. Идея метода построения равномерно пригодных разложений сингулярно возмущенных задач в постановке (5.69) – (5.76), будет состоять в том, что мы увеличиваем или растягиваем пограничный слой и исследуем поведение решения в нем через функцию новых переменных (5.75) или (5.76). При этом

возникает вопрос, нельзя ли построить равномерно пригодные разложения в виде совокупности отдельных разложений, в которых уравнения (5.72) отображаются в равномерно пригодные разложения, пригодные только в окрестности некоторого отдельного предельного состояния. Сконструировать полный набор внешних и внутренних асимптотических разложений, охватывающих всю область определения искомых функций, имеющих области перекрытия, оказывается возможным. В такой постановке эти задачи становятся на параболоэллиптических или параболигиперболических поверхностях и, таким образом, обнаруживают черты дифференциальных уравнений различных типов. Большей частью внешние и внутренние асимптотические разложения могут быть определены независимо на параллельных вычислительных комплексах. Существует большое число методов исследования задач с пограничным слоем, как, например, метод сращиваемых асимптотических разложений, метод составных разложений, метод многих масштабов.

В основе метода сращиваемых асимптотических разложений лежит идея представления решения СДУ (5.69) несколькими разложениями, каждое из которых件годно в некоторой части рассматриваемой области, причем области применимости соседних разложений перекрываются, что позволяет провести их сращивание.

Если принять в качестве оценки времени расчета и обработки на ЭВМ в масштабах переменных (5.76) на одну степень свободы  $10^{-4}$ с, то для расчета течения при  $R_e = 10^4$  требуется  $10^8$ с [38]. При больших значениях чисел Рейнольдса математическая модель (5.21) в переменных (5.76) требует задания граничных условий на бесконечности. Таким образом, область определения искомых функций становится весьма большой. Если принять во внимание увеличение количества временных слоев в  $R_e$ - раз, то становится очевидным, что для проведения только одного варианта численного эксперимента число операций порядка  $10^{10}$ - $10^{12}$  является вполне рядовым.

Внедрение первых компьютеров в практику показало, что их мощности недостаточны для решения многих больших задач. Технологические возможности того времени не могли обеспечить необходимый уровень производительности. Довольно скоро возникла и стала успешно развиваться новая идея его повышения. Она связала увеличение производительности с объединением в одну систему нескольких компьютеров или процессоров, функционирующих одновременно.

*Заключительные замечания.*

При численном решении уравнений (5.50), (5.51), (5.55)–(5.59), (5.60)–(5.67) на временных  $J - x$  слоях ( $J = 1, 2, 3, \dots$ ) при известных значениях в предыдущие моменты времени “ $(J-1)$ ” имеются следующие возможности:

1) Раздельное решение систем дифференциальных уравнений, т.е. например, при определении поля вихря в (5.60)–(5.67), используются известные на предыдущем временном слое поля функции тока. В одинаковой мере это относится и к функциям по определению полей температуры и концентраций.

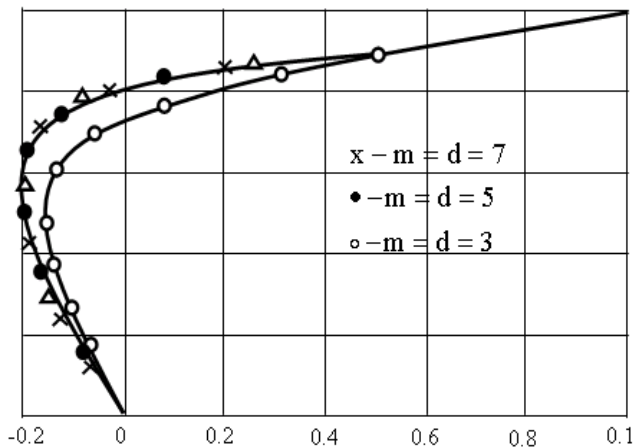
2) Совместное решение уравнений для функции вихрь и уравнения Пуассона для функции тока с отысканием на каждом временном слое вектора  $\phi = (\omega, \varphi)$ . При этом внутренний итерационный цикл включает на каждом временном слое для получения полей функции  $\omega$  и  $\phi$  их совместное определение. Таким образом, появляется возможность существенно уменьшить ограничения на величину временного шага, присущее методам первого типа. В настоящее время наиболее широко используются разностные схемы первого типа [42, 43].

Методологической основой для построения методов решения задач математического моделирования, рассмотренных выше, являются численно-аналитические принципы дискретизации в сочетании с методом расщепления по пространственным переменным (глава I). Численно-аналитический принцип гарантирует взаимное согласование различных этапов численного моделирования на параллельных ЭВМ, а метод расщепления обеспечивает экономичную и устойчивую организацию вычислений путем распараллеливания в соответствующем последовательном методе операций, образующих линейные участки. Этот вопрос тесно связан с проблемой аппроксимации исходных уравнений (5.69) уравнениями более простой структуры

$$\frac{\partial A_\eta}{\partial \tau} + D \nabla A_\eta = D(A_\eta) \Delta A_\eta, \quad (5.77)$$

где  $A_\eta$  - покомпонентная зависимая переменная, соответствующая локально – одномерной схеме расщепления по пространственным координатам  $(x, y)$ . Представление решения уравнения (5.77) в аналитическом виде как функции пространственной координаты и времени приводит естественным образом к параллельным алгоритмам. В качестве тестового примера было рассмотрено течение жидкости в выемке с движущейся крышкой. Эта задача –

одно из первых применений численно – аналитических методов для решения уравнений Навье – Стокса на параллельных вычислительных устройствах с распределенной памятью. Как показали исследования, представленные на рис. 5.1 – 5.8, возможность реализации такого подхода оказывается реальной для широкого круга алгоритмов.



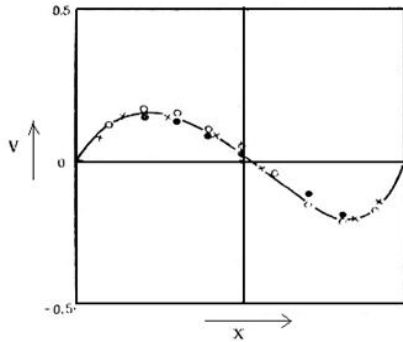
$\Delta$  – расчетные значения из работы [28]

Рис. 5.5. Изменение продольной составляющей вектора скорости в срединной поверхности квадратной каверны с подвижной крышкой ( $Re = 1$ )

На рис. 5.5 – 5.11 изображены поля компонент вектора скорости и линий тока для квадратной каверны при числах Рейнольдса 1, 100, 400 соответственно.

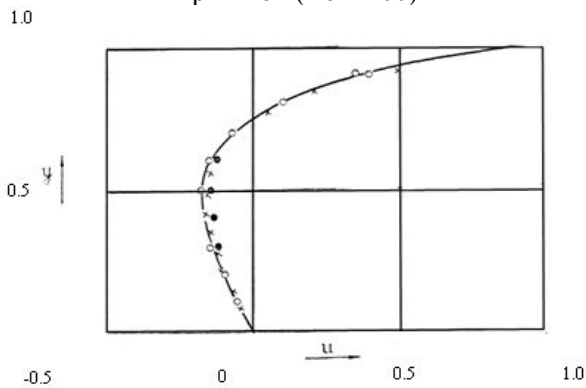
Результаты сравнивались с решениями из работы Ю. Э Егорова и С. Б. Колешко [44]. Расчеты, полученные численно-аналитическим методом на равномерной сетке (19 x 19) при числе  $Re = 400$ , дают качественно такое же распределение изолиний функции тока, что и в указанной работе на «гибридной» сетке 60 x 60.

Это дает возможность говорить о том, что численно-аналитическая схема имеет более высокий порядок точности.



- $m = d = 5$  (сетка  $9 \times 9$ );
- ×  $m = d = 7$  (сетка  $13 \times 13$ );
- $m = d = 9$  (сетка  $17 \times 17$ );
- — расчетное значение из работы [28].

Рис. 5.6. Изменение поперечной составляющей вектора скорости в срединной поверхности квадратной каверны с подвижной крышкой ( $Re = 100$ )



- $m = d = 5$  (сетка  $9 \times 9$ );
- ×  $m = d = 7$  (сетка  $13 \times 13$ );
- $m = d = 9$  (сетка  $17 \times 17$ );
- — расчетное значение из работы [28].

Рис. 5.7. Изменение составляющей вектора скорости в срединной поверхности квадратной каверны с подвижной крышкой ( $Re = 100$ )

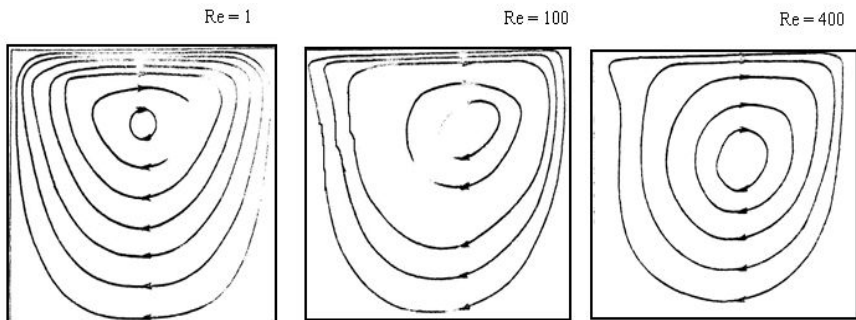


Рис. 5.8. Изолинии функции тока в квадратной камере при различных числах  $Re$ ,  $m = d = 10$

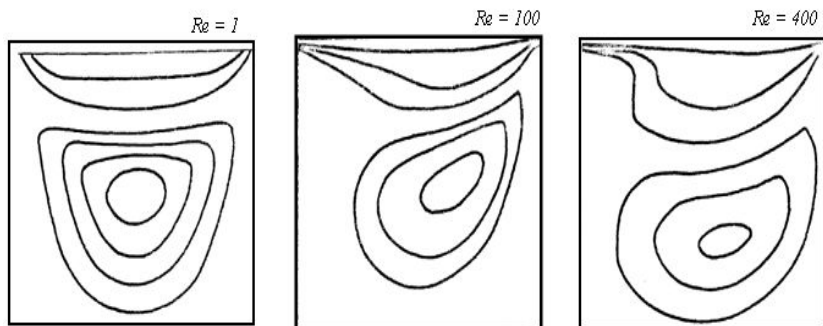


Рис. 5.9. Изолинии продольной составляющей вектора скорости в камере при различных числах  $Re$ ,  $m = d = 10$

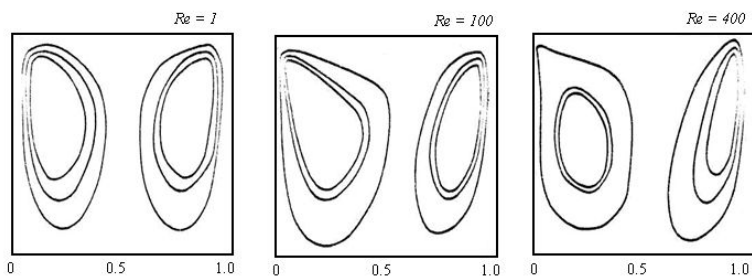
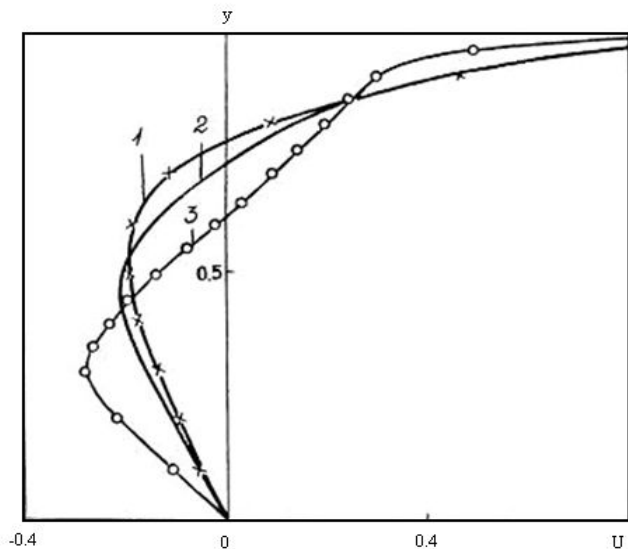


Рис. 5.10. Изолинии продольной составляющей вектора скорости в камере при вынужденной конвекции для различных значений числа  $Re$ ,  $m = d = 10$



- 1 –  $Re = 1$
- 2 –  $Re = 100$
- 3 –  $Re = 400$
- – решения из работы [28].

Рис. 5.11. Поле продольной составляющей вектора скорости при различных числах  $Re$ ,  $m = d = 10$

На рис. 5.9, 5.10 изображены изолинии продольной и поперечной составляющей вектора скорости при тех же числах Рейнольдса на сетке (19 x 19). Рис 5.11 дает представление о профилях продольной составляющей вектора скорости в среднем поперечном сечении каверны при числах  $Re = 1, 100, 400$ . Результаты сравнивались с решениями из работы [28]. Относительная максимальная скорость течения растет в сторону левой стенки при увеличении числа  $Re$ , а сама точка максимума смещается к дну каверны. Результаты сравнения показывают, что относительная погрешность не превышает одного процента.

Рисунок 5.12 иллюстрирует моделирование на персональном вычислительном кластере течение в каверне, в котором скорость крышки есть величина переменная, определяемая по формуле:

$$U(x) = -16x^2(1 - x^2).$$

Профили скорости  $U(0,5,7)$  сравниваются с точным решением из работы Р. Пейре, Т. Д. Тейлора [45].

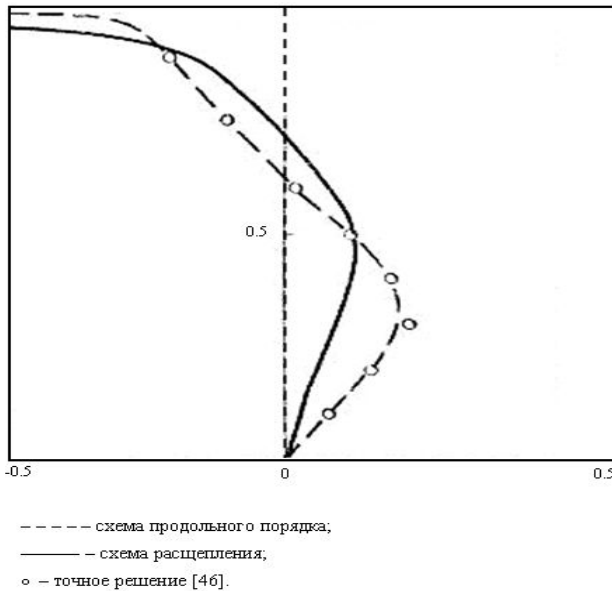


Рис. 5.12. Продольная составляющая вектора скорости  $U$  в сечении  $x = 0,5$ ,  $Re = 400$ ,  $U = -16x^2(1 - x^2)$ ,  $m = d = 10$

Одним из наиболее важных режимов, описываемых системой (5.46) – (5.68), является режим естественной гравитационной конструкции, которая представляет один из видов движения, возникая в поле силы тяжести. Задача ставится следующим образом.

Жидкость (газ) находится в замкнутой области с твердыми стенками, имеющие высоту  $H$  и ширину  $L$ . Сила тяжести направлена под некоторым углом к вертикальной оси  $Y$  ( $Y \in [0, H]$ ).

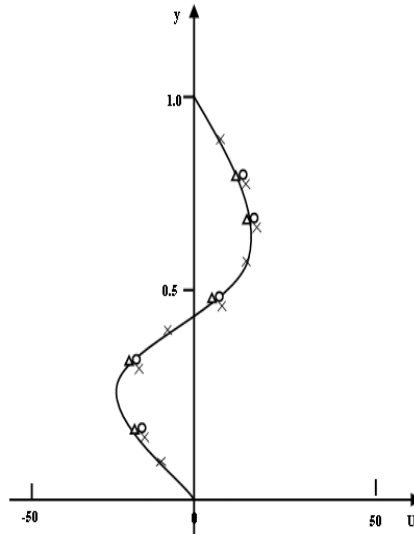
Течение и перенос тепла в этом случае определяется системой трех уравнений (5.64) – (5.67) и зависит от числа Грасгофа, Прандтля, геометрического фактора и угла наклона силы тяжести  $\varphi$ .

Результаты моделирования на персональном вычислительном кластере изображены на рис. 5.13 – 5.16 при разных параметрах дискретизации  $m = d = 3, 5, 10$  и различным



расположении массовой силы к вертикали ( $\varphi = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ). Из анализа расчетов следует, что при самой грубой сетке  $m = d = 3$  (сетка  $5 \times 5$ ) численно-аналитическая схема дает совпадение с результатами из работы Д.Ши [46] с незначительной погрешностью (менее одного процента).

Из рисунков видно, что течение и перенос тепла существенно зависит от угла  $\varphi$ . Так при ( $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ) течение распадается на два вихря, симметричных относительно центральной поверхности. Как происходит распад течения на отдельные вихри, отражено на рис. 5.7.



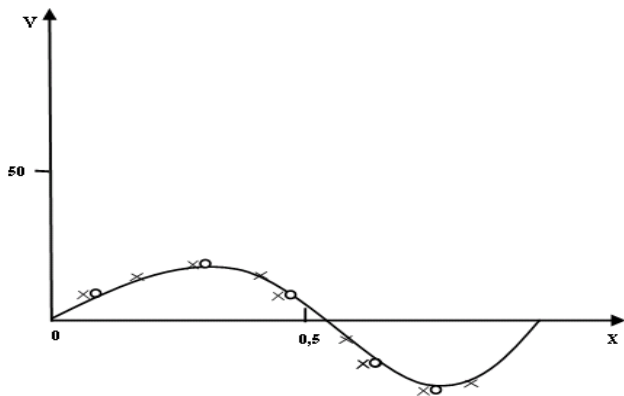
$\Delta$  – тест Д.Ши [46]

$\circ$  –  $m, d = 3$

$\times$  –  $m, d = 5, Gr = 10^4, Pr = 1, Re = 1$

— —  $m, d = 10, Gr = 10^4, Pr = 1, Re = 1$

Рис. 5.13. Профили горизонтальной составляющей вектора скорости в условиях тепловой гравитационной конвекции в центральном сечении квадратной плоскости



$\Delta$  – тест Д.Ши [46]

$\circ$  –  $m, d = 3$

$\times$  –  $m, d = 5, Gr = 10^4, Pr = 1, Re = 1$

— —  $m, d = 10$

Рис. 5.14. Профили вертикальной составляющей вектора скорости в условиях тепловой гравитационной конвекции в центральном сечении замкнутой квадратной плоскости

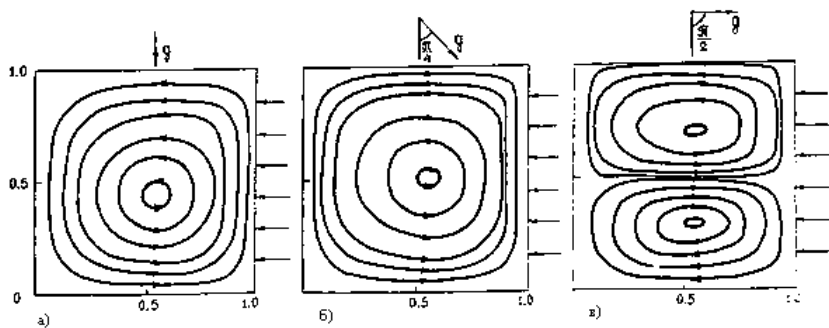


Рис. 5.15. Изолинии функции тока тепловой гравитационной конвекции в квадратной области при различных углах наклона

массовой силы,  $m = d = 5, Gr = 10^4$

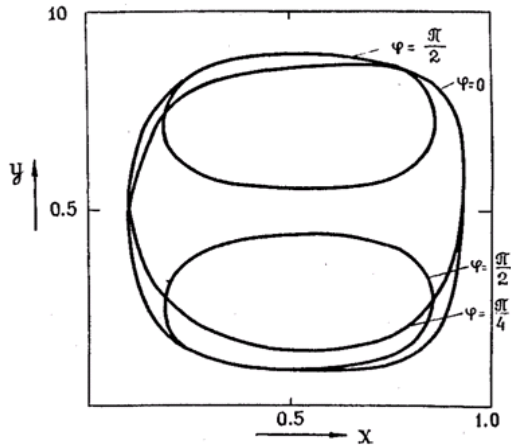


Рис. 5.16. Изолинии функции тока тепловой гравитационной конвекции в квадратной области при различных углах наклона массовой силы при одинаковых уровнях,  $m = d = 5, Gr = 10^4$

### 6.5.7. Теплопроводность в системах с подвижными границами

Многие процессы теплообмена связаны с изменениями агрегатного состояния или физико-химической природы материала. При этом теплофизические коэффициенты тела изменяются скачкообразно, и для переходов требуется теплота плавления (сорбции, испарения) или теплота химических реакций. Решение подобного рода задач имеет большое практическое значение в металлургии, строительной технике и других прикладных дисциплинах. К этому же классу относятся и задачи, связанные с движущимся источником (стоком) тепла, процессы при дуговой сварке, литье и т.д.

Все эти задачи обычно объединяются названием задачи Стефана, поскольку Стефаном еще в середине XIX в. были впервые сформулированы и решены для простейшего случая проблемы промерзания грунта, нейтрализации при диффузном переносе вещества в зоне химической реакции, испарения при растворении вещества, а также плавлении слоя льда. Более общее решение было получено Ф. Нейманом, это решение до настоящего времени

является классическим. В настоящее время существует обширная литература по математическим методам решения задачи Стефана [47 – 51]. Полный обзор таких работ приведен в монографиях [47, 48, 51].

Остановимся лишь на классической постановке рассматриваемой проблемы и на некоторых численно-аналитических методах ее решения, появившихся за последние годы.

Задача Стефана формируется как задача о сопряжении нескольких температурных полей с особым условием на подвижных границах  $S_i(t)$  между ними и с заданными внешними краевыми условиями. Температурное поле каждой из фаз  $m$ -фазной среды определяется уравнением теплопроводности:

$$\rho C_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}(\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial z}) \quad (5.78)$$

где

$$T_{i-1} < (x, y, z) < T_i, \\ i = 1, 2, \dots, m.$$

На граничных разделах фаз действует условие Стефана:

$$\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} \Big|_{S_{i-0}} - \lambda_{i+1} \frac{\partial T_i}{\partial n} \Big|_{S_{i+0}} = (-1)^{i+1} Q_\phi \frac{\partial S_i}{\partial t}, \quad (5.79)$$

$$T_i(t) \Big|_{S_i} = T_\phi, \quad (5.80)$$

где  $T_\phi$  – температура фазовых превращений,  $n$  – нормаль к поверхности  $S_i$ ,  $Q_\phi$  – теплота фазовых превращений. Условие на границе (5.79) может быть записано в виде:

$$Q_\phi \rho \frac{\partial S_i}{\partial t} + (\lambda_i \text{grad} T_i - \lambda_{i+1} \text{grad} T_{i+1}) \Big|_{S=S_i} = 0, \quad (5.81)$$

где выражение в скобках – скалярное произведение векторов  $S_i = S_i(x, y, z) = 0$  – уравнение поверхности раздела фаз. Поверхность раздела фаз обычно называют фронтом.

Предполагается также, что теплофизические характеристики среды в различных фазах при прохождении температуры фазового превращения изменяются скачкообразно. Условия на границе фаз

относит задачу Стефана к классу нелинейных (внешняя нелинейность) задач и требует особых методов решения.

Для решения многомерных задач Стефана (5.78)–(5.81) целесообразно использовать метод расщепления, обеспечивающий экономичную и устойчивую реализацию численных моделей для ПЭВМ на базе многопроцессорных систем [52, 53].

Тогда задача о распределении температуры при наличии фазового перехода и о скорости движения раздела фаз сводится к решению базовых одномерных уравнений:

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} = a_1 \frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2}, \quad 0 < x < S, \quad (5.82)$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial t} = a_2 \frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2}, \quad S < x < x_L$$

с дополнительными условиями

$$\left. \begin{aligned} U_1|_{x=0} &= fW, \\ U_2|_{x=x_1} &= fL, \end{aligned} \right\} \quad (5.83)$$

$$U_k|_{t=0} = \phi_k(x). \quad (5.84)$$

и условиями на границе фазового перехода:

$$U_1 = U_2 = T_\phi \text{ при } x = S(t), \quad (5.85)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} \Big|_{x=S} - \lambda_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} \Big|_{x=S} = Q_{\phi\rho} \frac{\partial S(t)}{\partial t}, \quad (5.86)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, a_1, a_2$  – коэффициенты теплопроводности и температуропроводности соответственно первой и второй фаз,  $T_\phi = const$  – температура фазового перехода.

### 6.5.8. Построение решения задачи Коши

В последнее время большое внимание уделяется построению решений задач математической физики высокого порядка точности [49]. Разобьем отрезок  $[0, x_L]$  на  $m$  равных частей:

$$Dx_1 = \frac{x_L}{2m}, \quad m \in \mathbb{Z}, \quad Dx_1 = x_{p+1} - x_p, \quad (5.87)$$

и введем сетку:

$$x_p = x_{p-1} + pDx_1, \quad p = 1, 2, \dots, m-1. \quad (5.88)$$

Решение уравнения:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad T|_{t=t_0} = T_0(x), \quad (5.89)$$

в каждом узле  $x = x_p$  ищется в классе аналитических функций, допускающих представление в виде ряда Тейлора:

$$T_{p+\varepsilon_{x_1}}(t, x) = \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_x^n T_{p,n+1}(t), \quad (5.90)$$

где

$$\varepsilon_x = \frac{x - x_p}{x_{p+1} - x_p} \in [-1, 1] \quad (5.91)$$

нормированная переменная;

$$T_{p,n+1}(t) = \frac{(x_{p+1} - x_p)^n}{n!} \frac{\partial^n T}{\partial x^n} \Big|_{x=x_p} \quad (5.92)$$

неизвестные тейлоровские компоненты искомой функции  $T$ .

После подстановки (5.90) в уравнение (5.87), используя метод неопределенных коэффициентов, получим систему дифференциальных следствий в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ):

$$T_{p,n+1}(t)' = a \frac{(n+1)(n+2)}{Dx_1^2} T_{p,n+3}(t), \quad (5.93)$$

имеющих форму Коши:

$$T_{p,n+1}(t)|_{t=t_0} = T_{0,p,n+1}(x_p), \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (5.94)$$

где  $T_{0,p,n+1}(x_p)$  – известные тейлоровские компоненты.

Введем в алгоритм данные Коши:

$$T_{p,1}(\tau), -\frac{1}{\lambda}T_{p,2}(\tau), p=1,2,\dots,2m-1. \quad (5.95)$$

Рассматривая соотношение (5.93) как рекуррентное соотношение по  $n$ , найдем:

$$\left. \begin{aligned} n=0, \quad T_{p,3}(t) &= \frac{1}{2!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^1 T_{p,1}^{(1)}(t), \\ T_{p,4}(t) &= \frac{1}{3!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^1 T_{p,2}^{(1)}(t), \\ n=1, \quad T_{p,5}(t) &= \frac{1}{4!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^2 T_{p,1}^{(2)}(t), \\ T_{p,6}(t) &= \frac{1}{5!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^2 T_{p,2}^{(2)}(t), \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ k=n, \quad T_{p,2n+3}(t) &= \frac{1}{(2n+2)!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^{n+1} T_{p,1}^{(n+1)}(t), \\ T_{p,2n+4}(t) &= \frac{1}{(2n+3)!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^{n+1} T_{p,2}^{(n+1)}(t). \end{aligned} \right\} \quad (5.96)$$

Следовательно, общее решение для пластины (5.90) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} T_{p+\varepsilon_{x,1}}(x,t) &= \left\{ T_{p,1}(t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varepsilon_x^{2n}}{(2n)!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^n \frac{\partial^n T_{p,1}(t)}{\partial t^n} \right\} - \\ &- \left\{ \frac{\varepsilon_x}{\lambda} T_{p,2}(t) + \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varepsilon_x^{2n}}{(2n+1)!} \left(\frac{Dx1^2}{a}\right)^n \frac{\partial^n T_{p,2}}{\partial t^n} \right\}. \end{aligned} \quad (5.97)$$

Выражение, стоящее в первой фигурной скобке, удовлетворяет условию адиабатической стенки, а выражение во второй фигурной скобке – условиям стенки с постоянной

температурой. Эта форма решения упоминалась Карслоу и Егерем [54], однако она ими не обсуждалась, возможности ее применения не рассматривались.

Покажем, что тепловой поток, описываемый условиями (5.95), можно представить в виде:

$$q_{\delta}(t) = -\rho c \delta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)!} \left(\frac{\delta^2}{a}\right)^{n-1} \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} T_0(t) + q_0(t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n)!} \left(\frac{\delta^2}{a}\right)^n \frac{d^n}{dt^n} q_0(t). \quad (5.98)$$

Тогда при малых значениях  $\delta$  уравнение (5.98) сводится к обычной аппроксимации в виде тепловой емкости:

$$q_{\delta}(t) = -\rho c \delta \frac{\partial T_0(t)}{\partial t} + q_0(t). \quad (5.99)$$

Следовательно, решение (5.98) можно рассматривать как дающее члены высшего порядка в разложении в ряд, причем главный член определяется исходя из аппроксимации для случая тонкой стенки. С этой точки зрения решение в виде ряда может быть использовано для оценки точности аппроксимации в виде тепловой емкости и, в случае необходимости, для ее улучшения. В общем случае, при физически реализуемых тепловых потоках следует ожидать и быструю сходимость ряда (5.98).

Например, если производные от  $T_0(t)$  ограничены производными от экспоненциальной функции, то легко доказать равномерную сходимость ряда, тем самым подтвердив почленное дифференцирование, используемое в математическом анализе.

В общем случае, можно показать, что семейство задач тепло- и массообмена сводится к самым разнообразным начально-краевым задачам для уравнений параболического типа, имеющих форму Коши-Ковалевской. В большинстве случаев их решения являются формально бесконечно-дифференцируемыми [52, 53].

В диссертационной работе разработана численно-аналитическая концепция дискретизации уравнений подобного типа с произвольным порядком точности.



Алгоритм построен на основе редуцирования бесконечных рядов, входящих в правую часть соотношений (5.96), (5.97), по  $n$  до  $n = N \in \mathbb{Z}$ .

Положив в (5.96)  $\varepsilon_x = \pm 1$  получим разделенную СОДУ в форме Коши:

$$\sum_{n=0}^N \frac{\left(\frac{Dx^2}{a}\right)^n}{(2n)!} T_{p,1}^n(t) = \frac{1}{2} \left[ T_{p+1,1}(t) + T_{p-1,1}(t) \right], \quad (5.100)$$

$$\sum_{n=0}^N \frac{\left(\frac{Dx^2}{a}\right)^n}{(2n+1)!} T_{p,2}^n(t) = \frac{1}{2} \left[ T_{p+1,1}(t) - T_{p-1,1}(t) \right],$$

где  $N$  – свободный параметр, а  $p = \overline{1, 2m-1}$  – четность сеточных узлов по координате  $x$ .

Заметим, что при  $N = 1$  имеем:

$$T_{p+1,1}(t) + \frac{1}{2} \left(\frac{Dx^2}{a}\right) T'_{p,1}(t) = \frac{1}{2} \left[ T_{p+1,1}(t) + T_{p-1,1}(t) \right], \quad (5.101)$$

где

$$\{T_{2m,1}(t), T_{0,1}(t)\} \quad (5.102)$$

известные функции, характеризующие изменение температуры на границах рассматриваемой области. Математически модель (5.101), (5.102) тождественно совпадает с конечноразностной для уравнения (5.89), построенной методом центральных разностей с погрешностью второго порядка точности  $O(Dx^2)$ .

С увеличением значения  $N$  в (5.100) можно конструировать схемы и более высокого порядка точности по порядкам аппроксимации. Следовательно, этот анализ можно продолжить и с целью получения полезных результатов для построения методов, имеющих переменный шаг и переменный порядок.

Отметим, что решение задачи Коши для уравнения (5.89), в форме (5.97) можно рассматривать как локальное. Это характеризуется тем, что оно определено только окрестностью сеточных  $p$ - $x$  узлов. С другой стороны, если принять параметр  $m = 1$ , а поверхность  $x = x_1$  рассматривать как срединную

( $Dx_1 = 1/2$ ), то решение (5.97) можно рассматривать как определенное по всей области. Построенное таким образом решение назовем глобальным. При оценке полной погрешности в первом случае можно использовать метод переменных шагов и переменных порядков; во-втором случае – только метод переменных порядков. Покажем, как это решение можно использовать при построении алгоритма решения задачи Стефана.

### 6.5.9. Решение задачи Стефана

Рассмотрим задачу о перемещении фронта фазового перехода в среде, заполняющей в начальный момент полупространство  $x > 0$ , находящейся при температуре перехода  $T_\phi$  и охлаждаемой и нагреваемой с поверхности  $x = 0$ . Будем считать, что процесс зависит от координаты  $x$  и что обе фазы отделяются друг от друга плоскостью  $x = \xi(t)$ . Для левой стороны плоскости решения первого уравнения (5.82) представляется в виде решения задачи Коши (5.97), совмещенного с левым граничным условием и началом системы координат ( $x = 0$ ). В этом случае поверхность  $\xi(\tau)$  будет представлять собой адиабатическую поверхность, а в выражении (5.97) остается только ряд, содержащий градиентную функцию. Таким образом, вместо соотношения (5.97), для первой фазы имеем:

$$T_{0+\varepsilon_{x,1}}(x, \tau) = f_w - \frac{I}{\lambda_1} \sum_{n=0}^N \frac{\varepsilon_x^{2n+1}}{(2n+1)!} q_0^{(n)}(\tau), \quad (5.103)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{x}{Dx_1}, \quad \tau_0 = \frac{a_1}{Dx_1^2} t, \\ q_0(\tau) &= -\frac{\lambda_1}{Dx_1} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}, \end{aligned} \right\} \quad (5.104)$$

а  $f_w$  – известная граничная функция (5.83).

После подстановки (5.103) в условие (5.85) получим обыкновенное дифференциальное уравнение относительно неизвестной функции  $q_0(\tau)$ :

$$\frac{1}{\lambda_1} \sum_{n=0}^N \frac{\varepsilon^{2n+1}(\tau)}{(2n+1)!} q_0^{(n)}(\tau) = f_w - T_\phi \quad (5.105)$$

Аналогичным образом формируется математическая модель и для второй фазы системы (5.82) – (5.86). Искомое решение ищется в виде соотношения (5.97). После согласования со вторым граничным условием (6) при  $x = x_L$ , получим:

$$T_{1+\varepsilon_{x,1}}(x, \tau) \left\{ TL - \frac{1}{\lambda_2} \sum_{n=0}^N \frac{\varepsilon_x^{2n+1}}{(2n+1)!} \left( \frac{a_1}{a_2} \right) q_1^{(n)}(\tau) \right\}, \quad (5.106)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\bar{x}} &= \frac{x-l}{Dx l}, \quad \tau = \frac{a_1}{Dx l^2} t, \\ q(\tau) &= -\frac{\lambda_2}{Dx l} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=1}, \end{aligned} \right\} \quad (5.107)$$

а  $TL$  – известная граничная функция (5.83). Окончательно, учитывая условие (5.85), получим обыкновенное дифференциальное уравнение относительно неизвестной функции  $q_1(\tau)$ :

$$\frac{1}{\lambda_2} \left\{ \sum_{n=0}^N \frac{[\xi(\tau)-1]^{2n+1}}{(2n+1)!} \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^n q_1^{(n)}(\tau) \right\} = TL - T_\phi. \quad (5.108)$$

Таким образом, если к уравнениям (5.103)–(5.105) и (5.106)–(5.108) присовокупить уравнение перемещения границы фазового перехода (5.86):

$$\frac{\partial \xi(\tau)}{\partial \tau} = \frac{-l}{K_0} \sum_{n=0}^N \left\{ \frac{\xi^{2n}(\tau)}{(2n)!} q_0^{(n)}(\tau) - \frac{\xi^{2n}(\tau)-1}{(2n)!} \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^n q_1^{(n)}(\tau) \right\}, \quad (5.109)$$

где  $K_0 = Q_\phi / C_1 Dx l T_\phi$  – критерий Коссовича, а также начальное условие:

$$\xi(\tau) \Big|_{\tau=\tau_0} = \xi_0, \quad (5.110)$$

то получим решение поставленной задачи (5.78) – (5.86) в замкнутом виде.

С математической точки зрения краевые задачи теплопроводности в области с движущейся границей принципиально отличны от классических. В диссертационной работе общее решение задачи Стефана сведено к стандартной процедуре – интегрированию задачи Коши (5.105) – (5.109) с начальными условиями (5.83) и (5.110). Вместо дифференциальных уравнений (5.105), (5.108) целесообразно перейти к системе  $n$  уравнений первого порядка. При этом решение задачи Коши для СЛАУ первого порядка можно рассматривать как некоторую элементарную операцию.

Для апробации разработанного алгоритма проиллюстрируем его на примере решения симметричной задачи теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{m}{x} \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad x \in [0, 1], \quad (5.111)$$

где  $m$  – параметр унификации, характеризующий форму тела ( $m = 0$  – пластина,  $m = 1$  – цилиндр,  $m = 2$  – шар).

Граничные и начальные условия зададим в следующем виде:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad (5.112)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=1} = Bi \left[ T_{cp}(\tau) - T \right], \quad (5.113)$$

$$T|_{\tau=0} = \phi(x). \quad (5.114)$$

В режиме фазового перехода ( $\tau > \tau_\phi$ ) вторая фаза уносится потоком; при этом условия Стефана преобразуются к виду:

$$T|_{x=\xi(\tau)} = T_\phi, \quad (5.115)$$

$$\frac{\partial \xi(\tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{K_0} \left( \frac{1}{T_\phi} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\xi} - Q \right), \quad (5.116)$$

где

$$\left. \begin{aligned} Q &= B_i \left( \frac{T_c}{T_\phi} - \frac{T(\xi, \tau)}{T_\phi} \right), \\ K_0 &= Q_\phi / CRT_\phi. \end{aligned} \right\} \quad (5.117)$$

Решение задачи Коши относительно точки  $x = 0$  принимает следующий вид:

$$T_{0+\xi_{x,1}}(x, \tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(\tau)}{S_n} x^{2n}, \quad (5.118)$$

где

$$S_0 = 1, \quad S_n = \xi^n (n!)(m+1)(m+3)\dots(m+2n-1), \quad (5.119)$$

$f(\tau)$  – неизвестная функция.

После постановки соотношения (5.118) в условия (5.115), (5.116) получим относительно неизвестных  $f(\tau)$  и  $\xi(\tau)$  соответственно обыкновенные дифференциальные уравнения  $N$ -го и первого порядка:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\xi^{2n}(\tau)}{S_n} f^{(n)}(\tau) = T_\phi, \quad (5.120)$$

$$\frac{\partial \xi(\tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{K_0} \sum_{n=1}^N ((2n) \frac{\xi^{n-1}}{S_n} f^{(n)}(\tau) - Q(\tau)) \quad (5.121)$$

с начальными условиями:

$$f^{(n)}(\tau) \Big|_{\tau=0} = \phi_n, \quad (5.122)$$

$$\xi(\tau) \Big|_{\tau=\tau_\phi} = 1. \quad (5.123)$$

Для апробации разработанного алгоритма (5.120)–(5.123) были проведены методические расчеты при разных значениях параметров  $m, N$  с входными данными:

$$B_i(\tau) = 1,2 \cdot \exp(-\tau/x), \quad K_0 = 3,$$

$$T_\phi = \text{const}, \quad \phi(x) = 0, \quad (5.124)$$

$$T_{cp}(\tau) / T_\phi = 1 + 0,5\tau + 0,4\tau^2 + 0,3\tau^3.$$

Результаты расчетов, выполненные на персональном вычислительном кластере, приведены на рис. 5.17, 5.18, где сравниваются с решением, полученным конечноразностным методом. Уравнение (5.120) преобразовалось к системе уравнений первого порядка, которые интегрировались методом Рунге-Кутты.

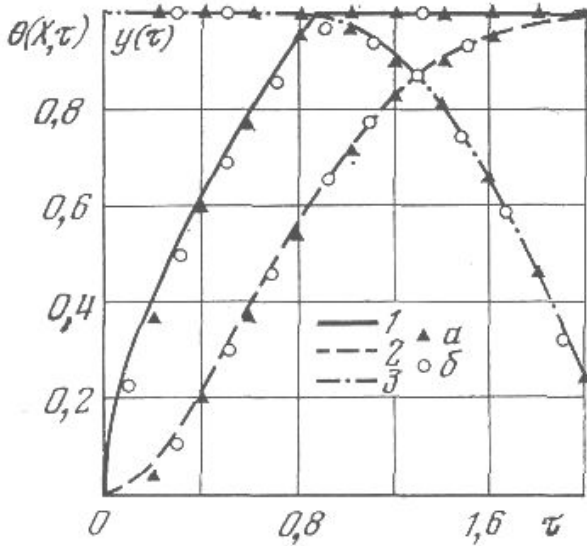


Рис. 5.17. Изменение температуры и закона перемещения границы тела в зависимости от времени  $\tau$  для плоского тела ( $\tau = 0$ ):

- 1 – температура поверхности ( $X = \xi(t)$ ),  $N = 5$ ,  
а –  $N = 2$ , б – метод конечных разностей;
- 2 – температура срединной поверхности ( $X = 0$ ),  $N = 5$ ,  
а –  $N = 2$ , б – метод конечных разностей;
- 3 – закон перемещения границы тела,  $N = 5$ ,  
а –  $N = 2$ , б – метод конечных разностей.

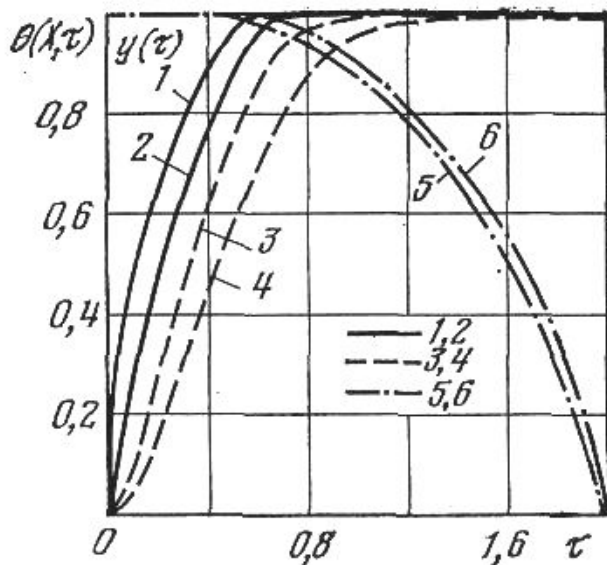


Рис. 5.18. Изменение температуры тела и закона перемещения границы тела в зависимости от времени  $\tau$  для цилиндра и шара ( $N = 5$ ):

- 1, 2 – температура поверхности ( $X = Y(t)$ ),  $m = 2, 1$ ;
- 3, 4 – температура срединной поверхности ( $X = 0$ ),  $m = 2, 1$ ; 5, 6 – закон перемещения границы,  $\underline{m} = 2, 1$

Из анализа результатов следует, что уже при  $N = 2$  погрешность решения не превышает 3%. С увеличением  $N$  погрешность решения убывает пропорционально невязке между  $N$  и  $N-1$  реализациями.

### 6.5.10. Метод движущихся источников тепла

Задачу Стефана можно рассматривать и с несколько других позиций [51]. Рассмотрим постоянный источник тепла  $S$ , расположенный на оси  $\xi$  прямоугольной системы координат, движущейся с неизменной скоростью  $v$  относительно неподвижной системы координат  $(x, y, z)$ . Пусть направление вектора скорости параллельно оси  $x$ . При наличии такой схемы наблюдатель, неподвижно стоящий на оси  $x$ , отметит изменение окружающей его среды по мере того, как продвигается источник, тогда как наблюдатель, находящийся в точке, расположенной на движущейся оси  $\xi$ , не заметит никакого изменения температуры. Такое состояние движущейся системы координат математически выражается условием  $\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0$ .

Рассмотрим теперь предполагаемое преобразование от неподвижных стационарных к движущимся координатам. В неподвижной системе координат температура должна удовлетворять уравнению:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau}. \quad (5.125)$$

Если мы введем две новые переменные (из которых только одна взята произвольно), в виде:

$$\xi = x - \vartheta Q, \quad Q' = 0,$$

то

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} = 1, \quad \frac{\partial Q'}{\partial Q} = -\vartheta, \\ \frac{\partial Q'}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial Q'}{\partial Q} = 1, \end{aligned} \right\}$$

Так что имеем:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial Q'} \frac{\partial Q'}{\partial \xi} = \frac{\partial T}{\partial \xi}, \\ \frac{\partial T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial \xi^2}, \end{aligned} \right\}$$



и

$$\frac{\partial T}{\partial Q} = \frac{\partial T}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial Q} + \frac{\partial T}{\partial Q'} \frac{\partial Q'}{\partial Q} = 9 \frac{\partial T}{\partial \xi} + \frac{\partial T}{\partial Q}.$$

Подставим эти частные производные в (5.125), получим:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{9}{a} \frac{\partial T}{\partial \xi} + \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial Q'}.$$

Так как осуществляется переход в движущуюся систему координат, то  $\frac{\partial T}{\partial Q'} = 0$ , следовательно, имеем:

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} + \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial T}{\partial z} = -\frac{9}{a} \frac{\partial T}{\partial \xi}. \quad (5.126)$$

Этот результат дает характеристическое уравнение в частных производных для квазистационарного состояния.

Как пример применения уравнения (5.126) рассмотрим неограниченное твердое тело с начальной температурой  $T$ , через которое перемещается плоский источник тепла  $S$  калл/м<sup>2</sup>с, движущийся с постоянной скоростью  $U$  м/с. Для неограниченного

твердого тела  $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ ,  $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$  и уравнение (5.126) превращается в обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} + \frac{9}{a} \frac{\partial T}{\partial \xi} = 0 \quad (5.127)$$

общее решение, которого имеет вид:

$$T = C_1 e^{\dots} + C_2. \quad (5.128)$$

Константы интегрирования  $C_1$ ,  $C_2$  определяются из условий:

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} = 0, \quad (5.129)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = S, \quad (5.130)$$

Две части конечного решения принимают, таким образом, вид:

$$T = T_0 + \frac{a}{\lambda g} S, \quad (5.131)$$

$$T = T_0 + \frac{a}{\lambda g} e^{\dots}$$

Из решения (5.131) для  $T$  видно, что на участке позади источника ( $\xi < 0$ ) температура сохраняется без изменения. Следовательно, имеется максимально допустимый избыток температуры, равный  $S \frac{a}{\lambda g}$ , как это следует из выражения для  $T$  при  $\xi = 0$ .

В случае двумерной проводимости температурное поле должно удовлетворять дифференциальному уравнению:

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} + \frac{\partial T}{\partial y} = -\frac{g}{a} \frac{\partial T}{\partial \xi}. \quad (5.132)$$

Чтобы проинтегрировать это уравнение, искомое решение представляется в виде:

$$T = e^{-f} f(\xi, Y), \quad (5.133)$$

где  $f$  – неопределенная пока функция.

С учетом (5.133) дифференциальное уравнение (48) преобразуется к виду:

$$\frac{\partial f}{\partial \xi} + \frac{\partial f}{\partial y} - \left(\frac{g}{2a}\right) f = 0 \quad (5.134)$$

Удобнее, однако, в (5.134) перейти к цилиндрическим координатам:

$$f(r, \phi), \quad x + y = r = \phi \operatorname{arctg}(y/x).$$

Преобразованное уравнение (50) тогда запишется в виде:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} - \left(\frac{g}{2a}\right)^2 f = 0. \quad (5.135)$$

Допустив симметрию относительно  $r = 0$ , получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{d f}{d r} + \frac{1}{r} \frac{d f}{d r} - \left(\frac{g}{2 a}\right) f = 0. \quad (5.136)$$

Это уравнение есть уравнения типа Бесселя с общим решением [54]:

$$T = e^{-r} \left( C I \left(\frac{g}{2 a} r\right) + C K \left(\frac{g}{2 a} r\right) \right), \quad (5.137)$$

где  $I, K$  – модифицированные функции Бесселя.

Константы интегрирования  $C_1, C_2$  определяются из условий:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad (5.138)$$

$$-\lambda(2 \pi \Gamma) \frac{\partial T}{\partial r} = S. \quad (5.139)$$

Имеем  $C = 0$  и  $C = S / 2 \pi \lambda$ . Окончательное решение принимает следующий вид:

$$T = T + \frac{S}{2 \pi \lambda} e^{-r} K \left(\frac{g}{2 a} r\right). \quad (5.140)$$

После перехода к прямоугольным координатам это решение принимает форму:

$$T = T + \frac{S}{2 \pi \lambda} e^{-r} K \sqrt{(x-g \tau) + y}. \quad (5.141)$$

Для вычисления функции  $K_0(x)$  можно использовать аппроксимацию многочленами [55, ф. 9.8.6.]:

$$\begin{aligned} x^{1/2} e^x K_0(x) = & 1.25331414 - 0.07832358(2/x) \\ & + 0.02189568(2/x)^2 - 0.01062446(2/x)^3 + \\ & + 0.00587872(2/x)^4 - 0.00251540(2/x)^5 + \\ & + 0.00053208(2/x)^6 + \varepsilon, \end{aligned} \quad (5.142)$$

где

$$|\varepsilon| \leq 1.9 \cdot 10^{-6}, \quad x \in [2, \infty].$$

Пример. Неограниченная пластина с изолированными лицевыми поверхностями имеет коэффициент теплопроводности

$\lambda = 1.488$  ккал/м·час. $^{\circ}\text{C}$ , коэффициент температуропроводности  $a = 0.186$  м<sup>2</sup>/час и равную начальную температуру  $T_0 = 26,7^{\circ}\text{C}$ . За время  $\tau > 0$  вдоль пластины с постоянной скоростью  $v = 3$  м/час движется линейный источник тепла постоянной мощности  $S = 828$  ккал/м·час. $^{\circ}\text{C}$ ,

Картина температурного в пластине спустя 3 мин. имеет вид, изображенный на рис. 5.19

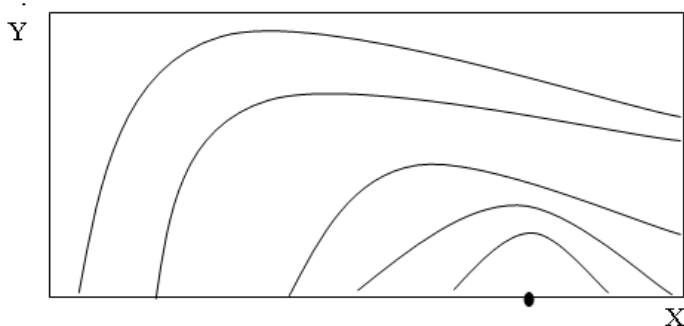


Рис. 5.19. Мгновенное распределение температурного поля, окружающего движущийся источник тепла

Из схемы изотерм мы видим, что температура пластины значительно более резко повышается впереди источника, чем снижается позади него. Легко также видеть, что точки максимального повышения температуры в пластине расположены тем больше позади источника, чем дальше мы отодвигаемся от источника в направлении  $Y$ .

### 6.5.11. Диффузионные процессы при фазовых превращениях

Создавая различные структурные состояния вещества, можно существенно менять его физические свойства и таким образом получать необходимые для практического использования материалы.

Для конкретности будем говорить о росте сферического центра феррита из переохлажденного аустенита ( $\gamma$ -фаза стали) доэвтектоидного состава. Концентрация углерода в феррите ( $\alpha$ -фаза стали) очень мала (сотые доли процента по массе). В то же время для аустенита она составляет десятые доли процента по массе.

Строго говоря, между аустенитом и ферритом имеется переходная двухфазная область, в которой структура и состав фаз постепенно меняются. Однако в нашей упрощенной схеме будет фигурировать резкая граница раздела фаз, на которой концентрация меняется скачком от равновесного значения, соответствующего новой фазе, до аналогичной величины, характерной для исходной фазы. Если не принимать во внимание поверхностные процессы и влияние кривизны поверхности раздела фаз, то внутри сферического центра радиуса  $\rho(t)$  сохраняется концентрация (при  $r < \rho(t)$ ), равная  $C_v^1$ . Поскольку в этом центре остается исходная концентрация в матрице, при  $r \rightarrow \infty$  значение  $C(r, t) \rightarrow C_v^H$ . Таким образом, в матрице концентрация меняется от  $C_v^1$  до  $C_v^H$ . Возникающий градиент концентрации обеспечивает отвод избыточной массы растворенного вещества от поверхности раздела фаз в матрицу, которая им обогащается.

Математическая задача формулируется следующим образом. Вдали от центра сохраняется исходная концентрация:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} C(r, t) = C_v^H. \quad (5.143)$$

У внешней стороны поверхности центра:

$$C[\rho(t), t] = C_v^1. \quad (5.144)$$

При  $r < \rho(t)$ :

$$C(r, t) = C_v^1. \quad (5.145)$$

Перераспределение растворенного вещества в области, окружающей центр  $\rho(t) < r \leq \infty$ , описывается уравнением диффузии, отражающим сферическую симметрию задачи:

$$\frac{1}{D} \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C}{\partial r}, \quad (5.146)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии растворенного вещества. Кроме того, на поверхности центра имеет место массовый баланс:

$$\left( C_v^H - C_v^1 \right) \frac{d\rho(t)}{dt} = -D \frac{\partial C}{\partial r} \Big|_{r=\xi(t)}. \quad (5.147)$$

Если ввести подстановку  $U = r / (2\sqrt{Dt})$  и положить  $\rho(t) = 2\beta / (2\sqrt{Dt})$ ,  $\beta = const$ , то:

$$\left. \begin{aligned} C(\beta) &= C_V^p, \quad C(\infty) = C_V^H, \\ \frac{d^2 C}{dU^2} + \left(\frac{2}{u} + 2U\right) \frac{dC}{dU} &= 0, \\ (C_V^p - C_\alpha^p) 2\beta &= -\frac{\partial C}{\partial U} \Big|_{U=\beta}. \end{aligned} \right\} \quad (5.148)$$

Используя (5.146) и два крайевых условия (5.148) получаем:

$$C(u) = C_V^H + \left(C_V^p - C_\alpha^H\right) \frac{U^{-1} e^{-U^2} - \sqrt{\pi} \operatorname{erfc} U}{\beta^{-1} e^{-\beta^2} - \sqrt{\pi} \operatorname{erfc} \beta}, \quad (5.149)$$

где

$$\operatorname{erfc} U = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_U^\infty e^{-\eta^2} d\eta = 1 - \operatorname{erf} U,$$

$\operatorname{erfc} U$  – табулированная функция [55].

Подстановка (5.149) в (5.148) приводит к трансцендентному уравнению для определения величины  $\beta$ :

$$2\beta \left(1 - \sqrt{\pi} \beta e^{\beta^2} \operatorname{erfc} \beta\right) = \frac{C_V - C_\alpha}{C_V - C_\alpha} = v. \quad (5.150)$$

Для больших значений  $\beta$ :

$$\operatorname{erfc} \beta = \frac{e^{-\beta^2}}{\sqrt{\pi} \beta} \left(1 - \frac{1}{2\beta} + \frac{1 \cdot 3}{2\beta^3} - \dots\right). \quad (5.151)$$

Получим:

$$v = \lambda - \frac{1 \cdot 3}{2\beta} + \dots \quad (5.152)$$

При  $\beta \ll 1$

$$\beta \approx \sqrt{v/2}. \quad (5.153)$$

Промежуточные значения  $\beta$  определяются удержанием большого числа слагаемых в соответствующих рядах (5.151)–(5.153).

Для иллюстрации полученного решения задачи проведем расчет скорости ферритного зерна в аустените в условиях лимитирующего влияния диффузии углерода. Пусть  $T = 993\text{K}$  и

концентрация углерода в исходном аустените  $C_V^H = 0.5 \text{ мас \% C}$ . Согласно выражению  $\rho(t) = 2p\sqrt{Dt}$ , имеем:

$$v = \frac{d\rho}{dt} = \frac{p\sqrt{D}}{\sqrt{t}}. \quad (5.154)$$

Полагая  $C' = 0.04 \text{ мас \% C}$ , а значение  $C'$  определим согласно диаграмме состояния системе Fe – C. Из (5.150) получим  $\beta \approx 0.8$ . При значении  $D = 10 \text{ см}^2/\text{с}$  получим по формуле (5.154):

$$v = \frac{9.4}{\sqrt{t}} 10^{-5} \text{ см/м} \quad (5.155)$$

На рис. 5.20 показана зависимость  $v(t)$  и полученная из опыта [56].

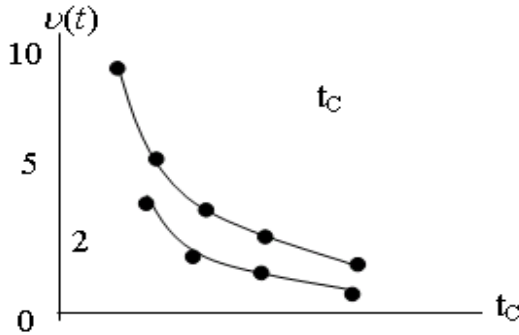


Рис. 5.20. Скорость роста ферритного центра из переохлажденного аустенита в зависимости от времени  $T = 993K$ ,  $C_V^H = 0.5 \text{ масс \% C}$ , I – данные опыта, Z – результаты расчета.

#### Список источников

1. Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах / В.В. Воеводин. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
2. Системы параллельной обработки / [Под ред. Д. Ивенса; пер. с англ.]. – М.: Мир, 1985. – 416 с.
3. Валях Е. Последовательно-параллельные вычисления / Е. Валях; пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 416 с.
4. Параллельные вычисления / [Под ред. Г. Родрига; пер. с англ.]. – М.: Наука, 1986. – 376 с.
5. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

6. Немнюгин С. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С. Немнюгин, О. Стесик. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2002. – 396 с.
7. Интернет-ресурс <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/85130>.
8. Интернет-ресурс [http://www.riskglossary.com/link/monte\\_carlo\\_method.htm](http://www.riskglossary.com/link/monte_carlo_method.htm).
9. Михайлов Г.А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло / Г.А.Михайлов, А.В.Войтишек. – М.: Академия, 2006. – 368 с.
10. Михайлов Г. А. Оптимизация весовых методов Монте-Карло по вспомогательным переменным / Г. А. Михайлов, И. Н. Медведев // Сиб. матем. журн. – 2004. – № 45. – С. 399 – 409.
11. Интернет-ресурс [http://ru.wikipedia.org/wiki/метод\\_Монте-Карло](http://ru.wikipedia.org/wiki/метод_Монте-Карло).
12. Интернет-ресурс [http://www.riskglossary.com/link/monte\\_carlo\\_method.htm](http://www.riskglossary.com/link/monte_carlo_method.htm).
13. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы / С.М. Ермаков. – М.: Наука, 1971. – 471 с.
14. Соболев И.М. Метод Монте-Карло / И.М. Соболев. – М.: Наука, 1968. – 64 с.
15. Браун Дж. Методы Монте-Карло / Дж. Браун // Современная математика для инженеров; под ред. Э.Ф. Беккенбаха. – М.: Изд-во ин. лит., 1958. – 500 с.
16. Демедович Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демедович, И.А. Марон. – М.: Физматиз, 1963. – 660 с.
17. Китов Н.А. Электронные цифровые машины и программирование / Н.А. Китов, Н.А. Криницкий. – М.: Физматиз, 1959. – 572 с.
18. Березин И.С. Методы вычислений / И.С. Березин, Н.П. Шибков. – М.: Наука. Т. 1. – 1966. – 632 с.
19. Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
20. Нестационарные тепловые процессы в энергетических установках летательных аппаратов / [Коваленко Н.Д., Шмукин А.А., Гужва М.И., Махин В.В.]. – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.
21. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности / П. Шнейдер; пер. с англ. – М.: Изд-во ин. лит., 1960. – 478 с.
22. Швачич Г.Г. Деякі аспекти кластерних технологій моделювання задач Монте-Карло / Г.Г. Швачич, О.Г. Холод // Питання прикладної математики і математичного моделювання: зб. наук. пр. – Д., 2011. – С. 300 – 322.
23. Швачич Г. Г. Модифікований алгоритм застосування методу Монте-Карло для розподіленого моделювання багатомірних| задач / Г.Г. Швачич // V International Conference [«Strategy of Quality in Industry



and Education»]; 6 – 30 June, 2009; Varna; Bulgaria. – Proceedings. – V. 1. – P. 260 – 266.

24. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

25. Штеттер Х. Анализ методов дискретизации для обыкновенных дифференциальных уравнений / Х. Штеттер; пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 461 с.

26. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / [Редакторы Дж. Холл, Дж. Уатт.; пер. с англ.]. – М.: Мир, 1979. – 312 с.

27. Бабенко К.И. Основы численного анализа / К.И. Бабенко. – М.: Наука, 1986. – 744 с.

28. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1987. – 840 с.

29. Шлихтинг Г. Ламинарный пограничный слой / Г. Шлихтинг. – М.: Физматгиз, 1969. – 711 с.

30. Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики несжимаемой жидкости / О.А. Ладыженская. – М.: Физматгиз, 1970. – 407 с.

31. Серрин Дж. Математические основы классической механики жидкостей / Дж. Серрин; пер. с англ. – М.: Изд-во ин. лит., 1962. – 256 с.

32. Кочин Н.Е. Теоретическая гидромеханика / Н.Е. Кочин, А.И. Кибель, И.В. Розе; пер. с англ. – М.: Физматиз, 1963. – 728 с.

33. Гинзбург И.П. Трение и теплопередача при движении смеси газов / И.П. Гинзбург. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1975. – 278 с.

34. Ландау Л.Д. Механика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – М.: Гостехтеориздат, 1985. – 795 с.

35. Абрамович Г.Н. Турбулентные течения при воздействии объемных сил и неавтономности / Г.Н. Абрамович, С. Ю. Крашеников, А.Н. Секундов. – М.: Машиностроение, 1975. – 96 с.

36. Себеси Т. Расчет сжимаемого турбулентного пограничного слоя при наличии тепло- и массопереноса / Т. Себеси // Ракетная техника и космонавтика. – 1971. – № 6. – С. 121 – 129.

37. Гиневский А.С. Теория турбулентных струй и слоев / А.С. Гиневский. – М.: Машиностроение, 1969. – 400 с.

38. Лапин Ю.В. Внутреннее течение газовых смесей / Ю.В. Лапин, М.Х. Стрелец. – М.: Наука, 1989. – 368 с.

39. Роди В. Модели турбулентности окружающей среды / В. Роди // Методы расчета турбулентных течений; под ред. В. Кольмана. – М.: Мир, 1984. – С. 227 – 322.

40. Коган М.Н. Динамика разреженного газа / М.Н. Коган. – М.: Наука, 1967. – 440 с.

41. Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов задач математической физики / [Под ред. К. И. Бабенко]. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
42. Роуч П. Вычислительная гидромеханика / П. Роуч; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
43. Пасконов В.М. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена / В.М. Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А. Чудов. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
44. Егоров Ю.Э. Применение метода дробных шагов для численного решения уравнений несжимаемой жидкости в естественных переменных / Ю.Э. Егоров, С.Б. Колешко. – Л.: ЛГУ, 1984. – 315 с. – (В кн.: Динамика неоднородных и сжимаемых сред; вып. 8: Газодинамика и теплообмен).
45. Пейре Р. Вычислительные методы в задачах механики жидкости / Р. Пейре, Т. Тейлор; пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 351 с.
46. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена / Д. Ши. – М.: Мир, 1988. – 540 с.
47. Рубинштейн Л.И. Проблема Стефана / Л.И. Рубинштейн. – Рига: Звайгзне, 1967. – 458 с.
48. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высш. шк., 1967. – 386 с.
49. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1966. – 724 с.
50. Шмукин А.А. Решение задачи Стефана для оплавливающих тел / А.А. Шмукин // Изв. АН СССР [Серия “Энергетика и транспорт”]. – № 2. – 1982. – С. 167 – 172.
51. Мучник Г.Ф. Методы теории теплообмена: учебное пособие для вузов / Г.Ф. Мучник, И.Б. Рубашов. – М.: Высш. шк., 1970. – 288 с.
52. Швачич Г.Г. Особливості конструювання і моделювання високопродуктивного інтегрованого середовища на базі персонального обчислювального кластера / Г.Г. Швачич // Сучасні проблеми металургії. Наук. пр. – Т. 10. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2007. – С. 151 – 170.
53. Ивашенко В.П. Персональный вычислительный кластер для моделирования многомерных нестационарных задач / В.П. Ивашенко, Г.Г. Швачич // Материалы XVI международной научно-технической конференции [Прикладные задачи математики и механики]. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – С. 235 – 239.
54. Швачич Г. Г. Про один підхід до розв'язку задачі Стефана / Г.Г. Швачич // V International Conference [«Strategy of Quality in Industry and Education»]; 6 – 30 June, 2009; Varna; Bulgaria. – Proceedings. – V. 1. – P. 267 – 273.

## **6.6. Некоторые аспекты организации информационной безопасности функционирования многопроцессорных вычислительных систем**

На современном этапе все большую роль в дальнейшем развитии информационных ресурсов играют параллельные вычислительные системы и вычисления. Подобные системы находят применение в сфере экономических, технологических и других процессов. В связи с их развитием, внедрением и совершенствованием широкое распространение получили методы задания вреда таким ресурсам. Наибольший интерес вызывают проблемы исследования методов и средств защиты информации в параллельных вычислительных процессах. В настоящее время подобные исследования не приобрели надлежащего развития. Изучение и разработка подобной проблематики предоставит возможности для дальнейшего развития новых и уже существующих методов защиты информации. Использование существующих алгоритмов их доработка изменения оптимизация, а также дальнейшая программная и аппаратная реализация.

Таким образом, одной из основных проблем использования многопроцессорной и параллельной вычислительной системы является реализация методов защиты информации.

Проблема реализации методов защиты информации имеет два аспекта:

- разработку средств, реализующих криптографические алгоритмы,

- методику использования этих средств.

Предложенные далее криптографические методы могут быть реализованы либо программным, либо аппаратным способом.

Возможность программной реализации обуславливается тем, что все методы криптографического преобразования формальны и могут быть представлены в виде конечной алгоритмической процедуры.

При аппаратной реализации все процедуры шифрования и дешифрования выполняются специальными электронными схемами. Наибольшее распространение получили модули, реализующие комбинированные методы.

Анализируя некоторые аспекты информационной безопасности модульных вычислительных систем можно отметить следующее:

1. Вычислительную сеть многопроцессорной системы можно считать безопасной с точки зрения обработки информации, если в ней предусмотрена централизованная система управляемых и

взаимоуязвимых препятствий, которая перекрывает с гарантированной надежностью (в соответствии с моделью потенциального нарушителя) количество возможных каналов несанкционированного доступа и угроз, направленных на потерю или модификацию информации, а также несанкционированное ознакомление с ней посторонних лиц [7].

2. При проектировании мероприятий защиты данных в параллельных вычислительных системах необходимо провести анализ мест хранения информации, интерфейса управления данными и каналами их передачи (локальными сетями или другими подобными средствами обмена данными). Причем основной аспект защиты данных должен быть, в первую очередь, направлен на защиту интерфейса управления данными, во вторую очередь, на защиту интерфейса обмена данными, и дальше на места хранения информации. Это объясняется наиболее уязвимыми местами для несанкционированного доступа в параллельных моделирующих средах, их своевременная защита позволит обеспечить надежность функционирования системы.

Цель данной главы монографии заключается в определении и использовании мероприятий по защите информации, которые могут быть эффективны при использовании многопроцессорных модульных вычислительных системах или при параллельных расчетах на многопоточных системах.

В данном параграфе монографии проведено сравнение методов защиты данных с последовательными системами, а также влияние применения различных криптографических методов на методы реализации защиты. В исследовании, в соответствии с некоторыми аспектами построения многопроцессорных систем, было рассмотрено и выявлено несколько ключевых элементов, которые требуют особого внимания при разработке системы безопасности. Показано, что их основной выбор определяется отличиями от последовательных систем в теоретической и аппаратной реализации.

На современном этапе комбинированные средства шифрования включающие программно - аппаратные средства являются наиболее актуальными как в плане использования так и в плане разработок. Выбор метода реализации криптозащиты для параллельной вычислительной системы зависит от ее направленности и конструктивных особенностей, использование блуждающих ключей предоставляет возможность повысить универсальность системы, при невысоких потерях производительности.

### **6.6.1. Анализ информационной безопасности функционирования многопроцессорных вычислительных систем**

Рассмотрим существующие виды информационных угроз.

Виды информационных угроз можно разделить на две больших группы:

1) отказы и нарушения работоспособности программных и технических средств;

2) преднамеренные угрозы, которые загодя планируются злоумышленниками для задания вреда.

Выделяют следующие основные группы причин сбоев и отказов в работе компьютерных систем :

нарушение физической и логической целостности структур данных, которые хранятся в оперативной и внешней памяти, что возникают вследствие старения или преждевременного износа их носителей;

нарушения, которые возникают в работе аппаратных средств из-за их старения или преждевременного износа;

нарушение физической и логической целостности структур данных, которые хранятся в оперативной и внешней памяти, что возникают вследствие некорректного использования компьютерных ресурсов;

нарушения, которые возникают в работе аппаратных средств из-за неправильного использования или повреждения, в том числе из-за неправильного использования программных средств;

не устраненные ошибки в программных средствах, не выявленные в процессе отладки и испытаний, а также что остались в аппаратных средствах после их разработки.[3]

Рассмотрим теории последовательного и параллельного программирования.

Параллельная программа - огромное количество параллельных процессов, которые взаимодействуют (что синхронизируют свою работу и обмениваются данными) с помощью передачи сообщений.

Идея распараллеливания вычислений основана на том, что большинство заданий могут быть разделена на набор меньших заданий, которые могут быть решены одновременно. Обычно параллельные вычисления требуют координации действий.

Параллельное программирование включает все черты больше традиционного, последовательного программирования, но в

параллельном программировании есть три дополнительных, четко определенных этапы.

Определение параллелизма : анализ задания с целью выделить подзадачи, которые могут выполняться одновременно

Выявление параллелизма : изменение структуры задания так, чтобы можно было эффективно выполнять подзадачи. Для этого часто требуется найти зависимости между подзадачами и организовать начальный код так, чтобы ими можно было эффективно управлять

Выражение параллелизма: реализация параллельного алгоритма в начальном коде с помощью системы обозначений параллельного программирования

Из предыдущих изложений можно сделать вывод, что основное отличие параллельной системы - это увеличение количества подзадач, которые пересылаются, которые могут выполняться одновременно и наличие отдельной системы управления этими подзадачами.

Рассмотрим зависимости параллельных технологий от аппаратных средств.

Часто выделяют три технологии обеспечения параллельной работы : симметричные многопроцессорные системы (SMP - symmetrical multiprocessing), кластерные конфигурации и распределены вычислительные системы (Grid). SMP требует поддержки как со стороны аппаратуры, так и со стороны операционной системы, а кластеры и Grid - среды больше зависят от организации сетевого взаимодействия [1].

С точки зрения ядра операционной системы поддержка кластеров и распределенных систем заключается в эффективной работе с сетью.

С некоторым упрощением любую современную высокопроизводительную вычислительную систему можно представить как огромное количество многопроцессорных вычислительных узлов, связанных одной или несколькими коммуникационными сетями.

## 6.6.2. Организация информационной безопасности ресурсов МВС

Вычислительную сеть можно считать безопасной в смысле обработки информации, если в ней предвидена централизованная система управляемых и взаимосвязанных препятствий, которые перекрывают с гарантированной прочностью заданное в соответствии с моделью потенциального нарушителя количество возможных каналов несанкционированного доступа и угроз, направленных на потерю или модификацию информации, а также несанкционированное ознакомление с ней посторонних лиц [4].

При проектировании защиты параллельных систем, необходимо провести анализ мест хранения информации, интерфейса управления данными, и каналами передачи (локальными сетями или другими подобными средствами обмена). При этом основной аспект защиты должен быть в первую очередь направлен на защиту интерфейса управления данными во вторую очередь, на защиту интерфейса обмена данными, и в дальнейшем на места хранения информации, поскольку они определяются как наиболее уязвимые места для несанкционированного доступа в параллельные системы их своевременная защита позволит обеспечить, надежность и отказоустойчивость системы.

Упрощенную систему защиты информационных ресурсов МВС в общем виде представлена на рис. 6.1.

При определении защиты интерфейса управления возможно использовать рекомендации корпорации Intel которая предлагает следующие уровни привилегий :

- 0 - ядро операционной системы;
- 1 - операционная система;
- 2 - системы программирования и базы данных;
- 3 - прикладные (предназначены для пользователя) программы.
- 4 - На уровне коммутации оптимально использовать в качестве криптографические так и аппаратные методы защиты;
- 5 - на уровне хранения желательно использовать криптографические и аппаратные методы в системе распределенного хранения информации.

Подобные системы предусматривают внешний доступ и управление соответственно должны использоваться и методы защиты удаленных подключений.

Поскольку система содержит большое количество средств защиты нужен мониторинг не только системы управления и коммутации, а также содержимого, записываемого на носителе.

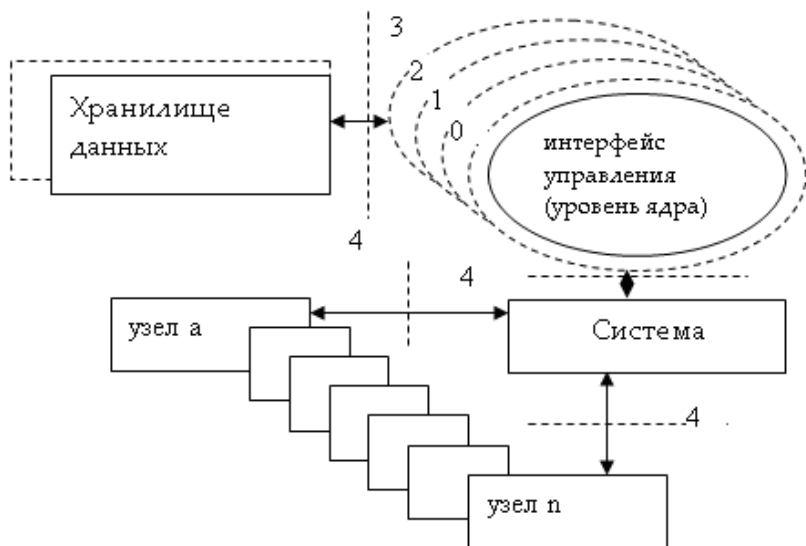


Рис. 6.1. Упрощенная система защиты информационных ресурсов МВС

Параметры системы коммутации при введении мероприятий защиты в параллельную систему будут меняться. Наиболее полная транспортная среда описана Н.И.Алишовим[4].

Основными параметрами транспортной среды с коммутацией пакетов являются количество коммутаторов ( $\Gamma$ ) и длина заголовка ( $h$ ), от которых непосредственно зависит время доставки массиву информации. Именно величины  $\Gamma$  и  $h$  предопределяют возможность адаптации времени доставки массиву данных  $D$  к конкретным этапам функционирования дополнений. Поэтому процесс выбора необходимого времени доставки массиву данных объемом  $D$  байтов выходя из заданных значений величин  $\Gamma$  и  $h$ , а также из ограничений, существующих как для этих величин, так и для нескольких технических характеристик транспортной среды с коммутацией пакетов, назовем  $gh$  - оптимизацией.



$$T_{A \rightarrow B}^D = D(r + 1) + \sum_{i=1}^{r+1} h_i$$

байтовым тактам

Также величина  $D$  будет изменяться и для систем многоканальной доставки данных с одинаковым и разностным количеством транзита но на постоянную величину которая будет непосредственно зависеть от времени обработки информации (например методы шифровки, архивации) как в сторону увеличения так и в сторону уменьшения  $D$  при увеличении времени обработки ядра и подчиненных узлов в случае использования распределенных хранилищ и соответственно дополнительных мероприятий, безопасности время обработки ядром еще больше увеличится. Соответственно количество байт- тактов изменится.

### 6.6.3. Организации безопасности информационных ресурсов в корпоративных сетях

Рассмотрим подсистему организации безопасности информационных ресурсов в корпоративных сетях, в частности РВС. Подсистема включает: данные, средства обработки (аппаратные и программные), активные компоненты (процессы и действия пользователей). Представим параллельную систему в виде схемы (рис. 6.2).

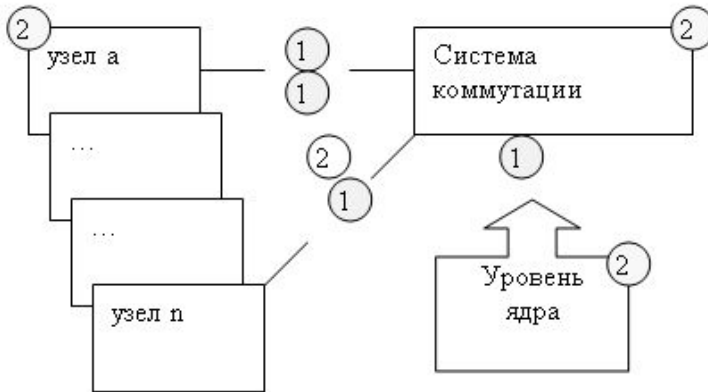


Рис. 6.2. Подсистема организации безопасности информационных ресурсов в корпоративных сетях

На схеме цифрами отмечены:

– аппаратные и программные средства обработки в системе коммутации;

– процессы и действия пользователей.

Для параллельной системы аппаратных и программных средств требуется больше, с каждым дополнительным модулем вычисления, которое еще больше усложняет систему защиты, снижая в некоторой степени общую вычислительную мощность системы в целом.

Для защиты данных используется ряд методов, таких как:

Алгоритмы запутывания - используются хаотические переходы в разные части кода, внедрения ошибочных процедур – «пустышек», неженаты циклы, искажение количества реальных параметров процедур ПО, разброс участков кода по разным областям ОЗУ и тому подобное

Алгоритмы мутации - создаются таблицы соответствия операндов - синонимов и замена их друг на друга при каждом запуске программы по определенной схеме или случайному образу, случайные изменения структуры программы.

Алгоритмы компрессии данных - программа упаковывается, а потом распаковывается по мере выполнения.

Алгоритмы шифровки данных - программа шифруется, а потом расшифровывается по мере выполнения.

Вычисление сложных математических выражений в процессе отработки механизма защиты - элементы логики защиты зависят от результата вычисления значения какой-либо формулы или группы формул.

Методы затруднения дизассемблирования - используются разные приемы, направленные на предотвращение дизассемблирования в пакетном режиме.

Методы затруднения отладки - используются разные приемы, направленные на осложнение отладки программы.

Эмуляция процессоров и операционных систем - создается виртуальный процессор и операционная система (не обязательно реально существующие) и программа-переводчик из системы команд IBM в систему команд созданного процессора или ОС, после такого перевода ПО может выполняться только с помощью эмулятора, который резко затрудняет исследование алгоритма ПО.

Нестандартные методы работы с аппаратным обеспечением - модули системы защиты обращаются к аппаратуре ЭВМ, минуя процедуры операционной системы, и используют малоизвестные или недокументированные ее возможности.

Из рассмотренного выше можно заключить, что основным отличительным звеном уязвимости параллельных систем, являются аппаратно-программные средства системы коммутации (так как увеличивается их число) в соответствии с требованиями решаемых задач.

Потому для средств коммутации актуальным является применение методов шифрования данных.

Существует симметричное (традиционное) и асимметричное шифрование данных нет смысла останавливаться на данных методах они известны и применяются во многих последовательных системах. Но наиболее перспективным для исследования и дальнейших модификаций в параллельных системах является метод блуждающих ключей.

#### **6.6.4. Защита данных при помощи метод блуждающих ключей**

Проблема распределения ключей является наиболее острой в больших информационных системах к которым возможно отнести большую часть параллельных. Частично эта проблема решается (а точнее снимается) за счет использования открытых ключей. Но наиболее надежные криптосистемы с открытым ключом типа RSA достаточно трудоемки, а для шифрования мультимедийных данных и вовсе не приспособлены.

Оригинальные решения проблемы "блуждающих ключей" активно разрабатываются специалистами. Эти системы являются некотором компромиссом между системами с открытыми ключами и обычными алгоритмами, для которых требуется наличие одного и того же ключа и у отправителя и получателя.

Рассмотрим суть идеи метода. После того, как ключ использован в одном сеансе по некоторому правилу он изменяется другим. Это правило должно быть известно и отправителю, и получателю. Зная правило, при получении очередного сообщения получатель тоже меняет ключ. Если правило изменения ключей придерживается и отправителем и получателем, то в каждый момент времени они имеют одинаковый ключ. Постоянное изменение ключа затрудняет раскрытие информации злоумышленником.

Основное задание в реализации этого метода - выбор эффективного правила изменения ключей. Наиболее простой путь - генерация случайного списка ключей. Изменение ключей осуществляется в порядке списке. Однако, очевидно список придется каким-то образом передавать.

Другой вариант - использование математических алгоритмов, основанных на так называемых перебирающих последовательностях. На огромном количестве ключей путем одной и той же операции над элементом выходит другой элемент. Последовательность этих операций позволяет переходить от одного элемента к другому, пока не будет перебрано все множество.

### ***Реализация криптографических методов***

Проблема реализации методов защиты информации имеет два аспекта (рис. 6.3):

1. разработку средств, реализующих криптографические алгоритмы,
2. методику использования этих средств.



Рис. 6.3. Схема реализации криптографических методов защиты данных

Каждый из рассмотренных криптографических методов может быть реализован или программным, или аппаратным способом.

Возможность программной реализации обуславливается тем, что все методы криптографического превращения формальны и могут быть представлены в виде конечной алгоритмической процедуры.

При аппаратной реализации все процедуры шифрования и дешифрования выполняются специальными электронными средствами. Наибольшее распространение получили модули, реализующие комбинированные методы.

Перейдем к практической реализации данных методов.

Возьмем несколько базовых алгоритмов шифрования применяемых на сегодняшний день [5, 6].

### ***Алгоритм DES***

DES (Data Encryption Standart) – это симметричный алгоритм шифрования, т. е. один ключ используется как для зашифровки, так и для расшифровки сообщений. Разработан фирмой IBM и утвержден правительством США в 1977 как официальный стандарт. DES имеет блоки по 64 бит и основан на 16-ти кратной перестановке данных, также для зашифровки использует ключ в 56 бит. Существует несколько режимов DES, например Electronic Code Book (ECB) и Cipher Block Chaining (CBC). 56 бит - это 8 семибитовых ASCII символов, т. е. пароль не может быть длиннее 8 букв. Если вдобавок использовать только буквы и цифры, то количество возможных вариантов будет гораздо меньше максимально возможных 256.

Рассмотрим один из шагов алгоритма DES. Входной блок данных делится пополам на левую (L') и правую (R') части. После этого формируется выходной массив так, что его левая часть L'' представлена правой частью R' входного, из 32-битового слова R' с помощью битовых перестановок формируется 48-битовое слово. К полученному 48-битовому слову и 48-битовому раундовому ключу применяется операция XOR. Результирующее 48-битовое слово разбивается на 8 6-битовых групп, каждая 6-битовая группа с помощью соответствующего S-box'a заменяется на 4-битовую группу и из полученных восьми 4-битовых групп составляется 32-битовое слово. К полученному слову и L' применяется XOR, в результате получается R''. Можно убедиться, что все проведенные операции могут быть обращены, и расшифровка может осуществляться за число операций, линейно зависящее от размера блока. После нескольких таких проходов можно считать, что каждый бит выходного блока шифровки может зависеть от каждого бита сообщения.

### ***Алгоритм «тройной DES»***

Так как текст, зашифрованный двойным DES (встреча на середине (meet in the middle)), оказывается хрупким при криптографической атаке, то текст шифруется 3 раза DES. Таким образом, длина ключа возрастает до 168-бит (56x3). Не всегда применение тройного DES означает увеличение уровня безопасности сообщения. Типы тройного шифрования DES:

– DES-EEE3: шифруется 3 раза с 3 различными ключами.

– DES-EDE3: 3 DES операции шифрование - дешифрование - шифрование с 3 различными ключами.

– DES-EEE2 и DES-EDE2: как и предыдущие, за исключением того, что первая и третья операции используют одинаковый ключ.

В табл. 6.1 приведено сравнение различных видов DES шифрования.

Таблица 6.1

Сравнение различных видов DES шифрования

# Шифрования	# Ключей	Вычисление (Computation)	Хранение (Storage)	Тип атаки
Одиночный	1	256	-	known plaintext
Одиночный	1	238	238	chosen plaintext
Одиночный	1	-	256	chosen plaintext
Двойной	2	2112	-	known plaintext
Двойной	2	256	256	known plaintext
Двойной	2	-	2112	chosen plaintext
Тройной	2	2112	-	known plaintext
Тройной	2	256	256	256 chosen plaintext
Тройной	2	2(120- t)	-	2t known plaintext
Тройной	2	-	256	chosen plaintext
Тройной	3	2112	256	known plaintext
Тройной	3	256	2112	chosen plaintext

### *Алгоритм ГОСТ*

ГОСТ предусматривает 3 режима шифрования (простая замена, гаммирование, гаммирование с обратной связью) и один режим выработки имитовставки. Первый из режимов шифрования

предназначен для шифрования ключевой информации и не может использоваться для шифрования других данных, для этого предусмотрены два других режима шифрования. Режим выработки имитовставки (криптографической контрольной комбинации) предназначен для имитозащиты шифруемых данных, то есть для их защиты от случайных или преднамеренных несанкционированных изменений.

Алгоритм построен по тому же принципу, что и DES – это классический блочный шифр с секретным ключом – однако отличается от DES'a большей длиной ключа, большим количеством раундов, и более простой схемой построения самих раундов.

Из-за намного большей длины ключа ГОСТ гораздо устойчивей DES'a к вскрытию «грубой силой» – путем полного перебора по множеству возможных значений ключа.

Функция шифрования ГОСТа гораздо проще функции шифрования DES'a, она не содержит операций битовых перестановок, коими изобилует DES и которые крайне неэффективно реализуются на современных универсальных процессорах (хотя очень просто аппаратно - путем разводки проводников в кристалле или на плате). В силу сказанного, при вдвое большем количестве раундов (32 против 16) программная реализация ГОСТа на процессорах Intel x86 более чем в 2 раза превосходит по быстродействию реализацию DES'a. Естественно, сравнивались близкие к оптимуму по быстродействию реализации.

Из других отличий ГОСТа от DES'a надо отметить следующие:

На каждом раунде шифрования используется «раундовый ключ», в DES'e он 48-битовый и вырабатывается по относительно сложному алгоритму, включающему битовые перестановки и замены по таблице, в ГОСТе он берется как фрагмент ключа шифрования. Длина ключа шифрования в ГОСТе равна 256 битам, длина раундового ключа - 32 битам, итого получаем, что ключ шифрования ГОСТа содержит  $256/32=8$  раундовых ключей. В ГОСТе 32 раунда, следовательно, каждый раундовый ключ используется 4 раза, порядок использования раундовых ключей установлен в ГОСТе и различен для различных режимов.

Таблица замен в ГОСТе - аналог S-блоков DES'a - представляет собой таблицу (матрицу) размером  $8 \times 16$ , содержащую число от 0 до 15. В каждой строке каждое из 16-ти чисел должно встретиться ровно 1 раз. В отличие от DES'a, таблица замен в ГОСТе одна и та же для всех раундов и не зафиксирована в стандарте, а является сменемым секретным ключевым элементом. От качества этой таблицы зависит качество шифра. При «"сильной"» таблице

замен стойкость шифра не опускается ниже некоторого допустимого предела даже в случае ее разглашения. И наоборот, использование «слабой» таблицы может уменьшить стойкость шифра до недопустимо низкого предела. Никакой информации по качеству таблицы замен в открытой печати России не публиковалось, однако существование «слабых» таблиц не вызывает сомнения - примером может служить «тривиальная» таблица замен, по которой каждое значение заменяется самим собой. Это делает ненужным для компетентных органов России ограничивать длину ключа – можно просто поставить недостаточно «сильную» таблицу замен.

### ***Шифр Blowfish***

Blowfish – это 64-битный блочный шифр разработанный Шнайером (Schneier) в 1993 году. Это шифр Файстела (Feistel), и каждый проход состоит из зависимой от ключа перестановки и зависимой от ключа с данными замены. Все операции основаны на операциях XOR и прибавлениях к 32-битным словам (XORs and additions on 32-bit words). Ключ имеет переменную длину (максимально 448 бит) и используется для генерации нескольких подключевых массивов (subkey arrays). Шифр был создан специально для 32-битных машин и существенно быстрее DES.

### ***Шифр RC5***

RC5 – это довольно быстрый блочный шифр разработанный Ривестом для RSA Data Security. Этот алгоритм параметричный, т.е. с переменным размером блока, длиной ключа и переменным числом проходов. Размер блока может быть 32, 64, или 128 битов. Количество проходов в промежутке от 0 до 2048 бит. Параметричность такого рода дает гибкость и эффективность шифрования.

RC5 состоит из ввода ключа (key expansion), шифрования и дешифровки. При вводе ключа вводятся также количество проходов, размер блока и т.д. Шифрование состоит из 3 примитивных операций: сложения, побитового XOR и чередования (rotation). Исключительная простота RC5 делает его простым в использовании. RC5 текст, также как и RSA, может быть дописан в конец письма в зашифрованном виде.

Безопасность RC5 основывается на зависящих от данных чередования и смешивания результатах различных операций. RC5 с размером блока 64 бита и 12 или более проходов обеспечивает хорошую стойкость к дифференциальному и линейному криптоанализу.



### ***Шифр IDEA***

IDEA (International Data Encryption Algorithm) - это вторая версия блочного шифра, разработанная К. Лейем (Lai) и Д. Мессе (Masse) в конце 80-х. Это шифр, состоящий из 64-битных повторяющихся блоков со 128-битным ключом и восемью проходами (rounds). Хотя этот шифр не является шифром Файстела, дешифровка выполняется по тому же принципу, что и шифрование. Структура шифра была разработана для легкого воплощения как программно, так и аппаратно, и безопасность IDEA основывается на использовании трех не совместимых типов арифметических операций над 16-битными словами. Скорость программного IDEA сравнима со скоростью DES.

Один из принципов создания IDEA – затруднить дифференциальный криптоанализ. Ни одна линейная криптоаналитическая атака не закончилась успешно, как и не было выявлено алгебраически слабых мест. Самый полный анализ провел Daemen. Он открыл большой класс 251 слабых ключей, при использовании которых в процессе шифрования ключ может быть обнаружен и восстановлен. Однако, в IDEA существует 2128 возможных вариантов ключей, поэтому это открытие не влияет на практическую безопасность шифра.

### ***Шифр RSA***

RSA (авторами являются Rivest, Shamir и Alderman) – это система с открытым ключом (public-key), предназначенная как для шифрования, так и для аутентификации. Была разработана в 1977 году. Она основана на трудности разложения очень больших целых чисел на простые сомножители.

RSA очень медленный алгоритм. Для сравнения: на программном уровне DES по меньшей мере в 100 раз быстрее RSA, на аппаратном – в 1000-10000 раз, в зависимости от выполнения.

Алгоритм RSA состоит в следующем:

– Для двух очень больших целых чисел  $P$  и  $Q$  определяются  $N=PQ$  и  $M=(P-1)(Q-1)$ .

– Выбирается случайное целое число  $D$ , взаимно простое с  $M$ , и вычисляется  $E = (1 \bmod M)/D$ .

–  $D$  и  $N$  публикуются как открытый ключ, а  $E$  сохраняется в тайне.

– Пусть  $S$  – сообщение. Его длина определяется значением выражаемого им целого числа и находится в интервале  $(1, N)$ .  $S$  превращается в шифровку возведением в степень  $D$  по модулю  $N$  и отправляется получателю  $S' = (SD \bmod N)$ .

– Получатель сообщения расшифровывает его, возведя в степень  $E$  (число  $E$  ему уже известно) по модулю  $N$ , т. к.  $S = ((S')^D \bmod N) = (S^E \bmod N)$ .

### ***Шифрование PGP***

Pretty Good Privacy (PGP) - это программный пакет разработанный Филипом Циммерманом (Philip Zimmermann), который обеспечивает шифровку почты и файлов. Циммерман взял существующие криптосистемы и криптографические протоколы и разработал бесплатную (freeware) программу для различных платформ. Она обеспечивает шифрование сообщений, цифровые подписи и совместимую почту (email compatibility).

Алгоритмы, используемые для шифрования сообщений - это RSA для передачи ключа и IDEA для самого шифрования сообщений. Цифровые подписи достигаются при использовании RSA для подписи и MD5 для вычисления дайджеста сообщения (message digest). PGP использует ZIP компрессию, а также маскирует координаты и данные отправителя, что немного осложняет процесс анализа трафика. Совместимость почты достигается путем использования Radix-64 конвертации (conversion).

*Таким образом, в ходе исследования показано, что потребность в использовании высокопроизводительных вычислений во всем мире относится к фундаментальным факторам развития стратегического потенциала и имеет важное научно-техническое и народно-хозяйственное значение. На сегодняшний день известны два основных метода повышения производительности и быстродействия вычислительных систем:*

- использование все более совершенной элементной базы;
- параллельное выполнение вычислительных операций.

Первый способ связан с весьма значительными капиталовложениями. Опыт фирмы CRAY, создавшей суперкомпьютер на базе арсенида галлия, показал, что разработка принципиально новой элементной базы для высокопроизводительных вычислительных систем является непосильной задачей даже для таких именитых корпораций. Второй способ стал доминировать после объявления в США правительственной программы «Ускоренная стратегическая компьютерная инициатива» (ASCI).

*На сегодняшний день оказался более перспективным следующий подход.* Для построения суперкомпьютеров берутся серийные микропроцессоры, снабженные каждый своей локальной памятью, и соединяются посредством некоторой коммуникационной

среды. У такой архитектуры достоинств много: при необходимости можно добавлять процессоры, увеличивая производительность такого кластера; если ограничены финансовые возможности или заранее известна требуемая вычислительная мощность, то легко подбирать требуемую конфигурацию системы. Название таких систем подчеркивает теоретически неограниченную масштабируемость устройств такого класса.

#### Список источников

1. Лацис А.О. Как построить и использовать суперкомпьютер / А.О. Лацис. – М.: Бестселлер, 2003. – 240 с.
2. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем: учеб. пособие / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – Н.Новгород: Н.НГУ, 2003. – 184 с.
3. Beowulf Introduction & Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.beowulf.org>.
4. Алишов Н.И. Развитые методы взаимодействия ресурсов в распределенных системах / Н.И. Алишов. – К.: Сталь, 2009. – 448 с.
5. Ковалевский В., Максимов В. Криптографические методы. // КомпьютерПресс. - 1993. - № 5. - с. 31-34.
6. Мафтик С. Механизмы защиты в сетях ЭВМ. - М.: Мир, 1996.
7. Малюк А.А. Информационная безопасность – концептуальные и методологические основы защиты информации / А.А. Малюк. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 280 с.

## Перечень обозначений к разделу 6

MPP - (Massively Parallel Processing). – массово-параллельная архитектура класс архитектур параллельных вычислительных систем. Особенность архитектуры состоит в том, что память физически разделена.

PCI шиной - Peripheral component interconnect шина ввода/вывода для подключения периферийных устройств к материнской плате компьютера.

Fast Ethernet — является эволюционным развитием классической технологии Ethernet.

ПЭВМ – сокр. персональная электронно вычислительная машина.

ЭВМ –электронная вычислительная машина.

ВКК - векторно-конвейерные компьютеры.

БИС - большая интегральная схема.

SMP - (Symmetric Multi Processing) Параллельные компьютеры с общей памятью.

MPP - (Massively Parallel Processing) Массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью.

MPI - (Message Passing Interface интерфейс передачи сообщений) программный интерфейс для передачи информации, который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу.

PVM - (Parallel Virtual Machine) параллельная виртуальная машина) общедоступный программный пакет, позволяющий объединять разнородный набор компьютеров в общий вычислительный ресурс («виртуальную параллельную машину») и предоставляющий возможности управления процессами с помощью механизма передачи сообщений.

Стек протоколов TCP/IP — набор сетевых протоколов передачи данных, используемых в сетях, включая сеть интернет.

Linux (Линукс) — общее название Unix-подобных операционных систем, основанных на одноимённом ядре

Flops (флопс) (FLoating-point Operations Per Second) — внесистемная единица используемая для измерения производительности компьютеров,

Channel bonding - соединение (объединение) каналов

VLAN (Virtual Local Area Network) — логическая («виртуальная») локальная компьютерная сеть, представляет собой группу хостов с общим набором требований, которые взаимодействуют так, как если бы они были подключены к широковещательному домену, независимо от их физического местонахождения.

CPU – (central processing unit) центральное процессорное устройство ЦПУ

ATX (Advanced Technology Extended) — форм-фактор персональных настольных компьютеров.

DVD (Digital Versatile Disc — цифровой многоцелевой диск.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol — протокол динамической настройки узла) — сетевой протокол, позволяющий компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP.

ПВК - персональный вычислительный кластер.

NetBIOS (Network Basic Input/Output System) — протокол для работы в локальных сетях, разработан в виде интерфейса, который не зависит от фирмы-производителя.

UPS (Uninterruptible Power Supply) бесперебойный блок питания.

LINPACK — программная библиотека содержит набор подпрограмм для анализа и решения плотных систем линейных алгебраических уравнений.

SONET (Synchronous Digital Hierarchy) - Синхронная цифровая иерархия — это система передачи данных, основанная на синхронизации по времени передающего и принимающего устройства.

Fibre Channel (FC) — волоконный канал, семейство протоколов для высокоскоростной передачи данных.

СОДУ - системам обыкновенных дифференциальных уравнений.

Grid -кластерные конфигурации и распределены вычислительные системы.

NUMA (NUMA – Non-uniform Memory Access) — «неравномерный доступ к памяти» или «Архитектура с неравномерной памятью») — схема реализации компьютерной памяти, используемая в мультипроцессорных системах, когда время доступа к памяти определяется её расположением по отношению к процессору.

Алгоритм DES (Data Encryption Standart) – это симметричный алгоритм шифрования.

Blowfish – это 64-битный блочный шифр разработанный Шнайером (Schneier) в 1993 году.

RC5 – алгоритм параметричный, т.е. с переменным размером блока, длиной ключа и переменным числом проходов.

IDEA (International Data Encryption Algorithm) - это вторая версия блочного шифра.

RSA (авторами являются Rivest, Shamir и Alderman) – это система с открытым ключом (public-key), предназначенная как для шифрования, так и для аутентификации.

PGP (Pretty Good Privacy) — компьютерная программа, также библиотека функций, позволяющая выполнять операции шифрования и цифровой подписи сообщений, файлов и другой информации.

## Відомості про авторів монографії

### РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІЙ РЕАЛЬНОСТІ ПОСТІНДУСТРІАЛЬНОГО СУСПІЛЬСТВА

- 1.1 **Білоцерківець Володимир Вікторович**, к.е.н., доцент кафедри політичної економії,
- Завгородня Олена Олександрівна**, к.е.н., доцент кафедри політичної економії, Національна металургійна академія України
- Тимошенко Лідія Михайлівна**, д.е.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри економіки та управління національним господарством,
- 1.2 **Більська Ольга Володимирівна**, доцент кафедри економіки та управління національним господарством, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
- Шкіль Роман Анатолійович**, м.н.с., пошукач,
- 1.3 **Бандоріна Лілія Миколаївна**, к.е.н., доцент кафедри економічно інформатики, Національна металургійна академія України
- Горбонос Федір Володимирович**, д.е.н., професор, перший проректор, завідувач кафедри бухгалтерського обліку,
- Павленчик Надія Федорівна**, к.е.н., Львівський університет бізнесу та права,
- 1.4 **Павленчик Наталія Федорівна**, к.е.н., доцент кафедри економіки підприємства, Львівський національний аграрний університет
- Павленчик Анатолій Олександрович**, к.е.н., в.о. доцента кафедри менеджменту ЗЕД, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького
- Дуброва Наталія Петрівна**, к.е.н., доцент кафедри фінансів,
- 1.5 **Максимова Світлана Василівна**, асистент кафедри фінансів, Дніпропетровський державний аграрний університет

### РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ

- 2.1 **Задорожнюк Наталія Олексіївна**, к.е.н., доцент кафедри економічних систем і управління інноваційним розвитком, Одеський національний політехнічний університет
- Карасьов Олексій Павлович**, к.е.н., доцент кафедри менеджменту організацій,
- 2.2. **Миронова Руслана Миколаївна**, к.е.н., професор кафедри менеджменту організацій, Дніпропетровський державний аграрний університет
- 2.3. **Гришук Діана Валеріївна**, аспірант кафедри економетрії та статистики, Львівська комерційна академія

- 2.4 **Пішенін Ігор Константинович**, к.е.н., доцент кафедри менеджменту, Інститут економіки та менеджменту, Міжнародний університет «Україна»
- 2.5 **Маслій Наталя Дмитрівна**, к.е.н., старший викладач кафедри економіки та моделювання ринкових відносин, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

### **РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ДІАГНОСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО БІЗНЕСУ**

- Савчук Лариса Миколаївна**, к.е.н., декан факультету комп'ютерних систем, енергетики та автоматизації, професор кафедри економічної інформатики,
- 3.1. **Краплина Тетяна Михайлівна**, старший викладач кафедри економічної інформатики,
- Гришко Тетяна Євгенівна**, старший викладач кафедри економічної інформатики, Національна металургійна академія України
- 3.2. **Лозовська Людмила Іванівна**, к.ф.-ф.н., доцент кафедри економічної інформатики, Національна металургійна академія України
- 3.3. **Вишнякова Ірина Володимирівна**, к.е.н., доцент кафедри фінансів, Національна металургійна академія України
- 3.4. **Вартанян Василь Михайлович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри економіки та маркетингу,
- Ревенко Даниїл Сергійович**, к.е.н., старший викладач кафедри економіки та маркетингу,
- Грищенко Марина Анатоліївна**, аспірант, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»
- 3.5. **Сокиринська Ірина Геннадіївна**, к.е.н., доцент кафедри фінансів, Національна металургійна академія України
- 3.6. **Сітак Ірина Леонідівна**, асистент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
- 3.7. **Бандоріна Лілія Миколаївна**, к.е.н., доцент кафедри економічної інформатики,
- Возьянова Вікторія Ігоревна**, пошукач, Національна металургійна академія України
- 3.8. **Бандоріна Лілія Миколаївна**, к.е.н., доцент кафедри економічної інформатики,
- Гапонова Марина Анатоліївна**, Національна металургійна академія України

#### РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНЕ ВИМІРЮВАННЯ РОЗВИТКУ НАНОЕКОНОМІКИ, МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ І ПІДПРИЄМСТВ

- Павлов Константин Викторович**, д.э.н., заслуженный деятель науки Удмуртской Республики, академик АЭН Украины, профессор, заведующий кафедрой экономики, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Россия
- 4.1
- 4.2. **Савчук Роман Вячеславович**, асистент кафедри економічної інформатики, Національна металургійна академія України
- 4.3. **Корнєєв Максим Валерійович**, к.е.н., доцент кафедри фінансів, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
- 4.4. **Никитенко Олексій Костянтинович**, аспірант кафедри економічної інформатики, Національна металургійна академія України
- 4.5. **Трофименко Ганна Сергіївна**, аспірантка кафедри економічної інформатики, Національна металургійна академія України
- Корзаченко Ольга Володимирівна**, старший викладач кафедри інформаційного менеджменту, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
- 4.6.
- 4.7. **Синиціна Юлія Петрівна**, к.т.н., с.н.с., доцент кафедри менеджменту,
- Алексєєнко Іна Анатоліївна**, асистент кафедри менеджменту, Національна металургійна академія України
- 4.8. **Мищенко Володимир Акимович**, д.е.н., професор, завідувач кафедри фінансів,
- Іменинник Анна Михайлівна**, здобувач, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

#### РАЗДЕЛ 5. ТЕОРИЯ І ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ В ТЕХНІЦІ

- 5.1 **Бейцун Сергій Вікторович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів,
- Кукушкін Олег Миколайович**, д.т.н., професор кафедри автоматизації виробничих процесів,
- Міхайловський Микола Владимирович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів,
- Шибакінський Володимир Іванович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, Національна металургійна академія України



- 5.2. **Потап Олег Юхимович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів,  
**Сгоров Олександр Петрович**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів,  
**Меледін Микола Вячеславович**, аспірант кафедри автоматизації виробничих процесів, Національна металургійна академія України  
**Радченко Вікторія Петрівна**, асистент кафедри автоматизації виробничих процесів,
- 5.3. **Щербіна Генадій Семенович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів,  
**Тригуб Ірина Григорівна**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, Національна металургійна академія України  
**Должанський Анатолій Михайлович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація»,
- 5.4.1 **Бондаренко Оксана Анатоліївна**, асистент кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація», Національна металургійна академія України  
**Должанський Анатолій Михайлович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація»,
- 5.4.2 **Бондаренко Оксана Анатоліївна**, асистент кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація»,  
**Гладких Володимир Андрійович**, д.т.н., професор кафедри «Електрометалургія», Національна металургійна академія України  
**Должанський Анатолій Михайлович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація»,
- 5.4.3 **Бондаренко Оксана Анатоліївна**, асистент кафедри «Якість, стандартизація та сертифікація»,  
**Расчубкін Віталій Геннадійович**, к.т.н., доцент кафедри «Прикладна математика та обчислювальна техніка»,  
**Ясєв Олександр Георгійович**, к.т.н., професор, начальник навчально-аналітичного управління,  
**Чухлеб Віталій Леонідович**, к.т.н., доцент кафедри «Обробка металів тиском», Національна металургійна академія України

- 5.5. **Пінчук Валерія Олександрівна**, к.т.н., доцент кафедри виробничої теплоенергетики,  
**Шарабура Тетяна Андріївна**, асистент кафедри виробничої теплоенергетики, Національна металургійна академія України
- 5.6. **Полішко Сергій Олексійович**, к.т.н., доцент кафедри технології виробництва фізико-технічного факультету, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
**Верховська Аліна Олександрівна**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів,
- 5.7. **Головко Вячеслав Ілліч**, д.т.н., професор кафедри автоматизації виробничих процесів,  
**Кукушкін Олег Миколайович**, д.т.н., професор кафедри автоматизації виробничих процесів,  
**Міхайловський Микола Володимирович**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, Національна металургійна академія України
- 5.8. **Сіроджа Ігор Борисович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри економічної кібернетики,  
**Зеврієв Тимур Яшарович**, старший лаборант, пошукач кафедри економічної кібернетики, Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

## РАЗДЕЛ 6. **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ**

- Івашенко Валерій Петрович**, д.т.н., професор, перший проректор,  
**Швачич Геннадій Григорович**, д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної математики та обчислювальної техніки,  
**Ткач Максим Олександрович**, завідувач лабораторією Інтернет- технологій,  
**Щербина Павло Олександрович**, інженер лабораторії Інтернет- технологій, Національна металургійна академія України

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	3
<b>РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІЙ РЕАЛЬНОСТІ ПОСТІНДУСТРІАЛЬНОГО СУСПІЛЬСТВА</b>	7
1.1. Інформація та знання як провідні конструкційні елементи сучасної соціально-економічної реальності	7
1.2. Інформаційні аспекти забезпечення взаємозв'язку між економічними і соціальними результатами діяльності суб'єктів господарювання	23
1.3. Інформація як вирішальна змінна постіндустріального суспільства	35
1.4. Організаційно-інформаційна служба як неодмінний компонент розвитку економічного простору і ринку сільськогосподарської продукції	44
1.5. Становлення та розвиток служби дорадництва в Україні	57
<b>РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ</b>	73
2.1. Сучасний стан та проблеми розвитку інформаційного сектору національної економіки	73
2.2. Проблеми формування державної інформаційної політики на сучасному етапі	79
2.3. Роль державної інформаційної політики України для успішного розвитку підприємств сфери телекомунікацій та зв'язку	90
2.4. Державна інформаційна політика в системі інтернаціоналізації освіти	99
2.5. Політика розвитку бізнес-взаємодії підприємств галузі зв'язку з партнерами ринку інформаційного бізнесу України в умовах е-економіки	110
	119
<b>РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ДІАГНОСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО БІЗНЕСУ</b>	
3.1. Особливості сучасного стану розвитку фірм інформаційного бізнесу	119

3.2. Інформаційні технології та програмне забезпечення інформаційного бізнесу	126
3.3. Інформаційна система моніторингу економічно-управлінських процесів інноваційного кластеру	142
3.4. Метод комплексної діагностики рівня разрывов в формировании эффективного управления предприятием	150
3.5. Інформаційна система як елемент стратегії управління динамічною рівновагою підприємства	160
3.6. Діагностика економічної стійкості підприємств на основі руху грошових коштів	167
3.7. Аналіз методів ціноутворення з урахуванням факторів, що впливають на цінову політику підприємства-виробника інформаційних продуктів та послуг	175
3.8. Управління збутовою політикою підприємств інформаційного бізнесу з використанням маркетингової стратегії	189

**РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНЕ ВИМІРЮВАННЯ РОЗВИТКУ НАНОЕКОНОМІКИ, МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ І ПІДПРИЄМСТВ** 199

4.1. Статистическое измерение развития наноэкономики	199
4.2. Моделювання системи класифікації регіональних інвестиційних проектів	208
4.3. Прогнозування розвитку сегментів фінансового та реального секторів як основа прийняття управлінських рішень їх суб'єктами	222
4.4. Побудова та використання систем видобутку знань для прогнозування фінансових ринків	249
4.5. Моделювання системи інтегральних показників та оцінка регіонального розвитку галузі охорони здоров'я України	267
4.6. Ефективність моделювання бізнес-процесів підприємств інформаційного бізнесу	281
4.7. Моделирование воздействия количественных факторов на систему формирования персонала предприятий информационного бизнеса	289
4.8. Методический инструментарий контроллинга производительности факторов производства	297

**РАЗДЕЛ 5. ТЕОРИЯ І ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ В ТЕХНІЦІ** 307

5.1. Інформаційна система підтримки прийняття рішень при внепечной обробці сталі	307
5.2. Інформаційне забезпечення системи прийняття рішень о якості налаштування режиму прокатки в чорнової групі клітей мелкосортного стану	315
5.3. Адаптивні методи в системах управління геометричними розмірами профілів на сортових станах	323
5.4. Кваліметричне забезпечення ефективності управляючих рішень при совершенствовании об'єктів	329
5.4.1. Теоретичні основи усовершенствованного методу оптимізації управляючих впливів на об'єкти	329
5.4.2. Застосування методу в сфері металургії з використанням відомих даних	332
5.4.3. Повний цикл застосування методу в рамках організаційної системи	341
5.5. Комп'ютерне моделювання процесу газифікації водоугольного палива з використанням рівноважної термодинамічної моделі	354
5.6. Вплив модифікування на стабілізацію і підвищення рівня механічних властивостей колесної сталі КК-Т	371
5.7. Керування процесами металургічного виробництва при допомозі радіолокаційних засобів контролю	380
5.8. Знання орієнтоване виявлення емпіричних закономірностей в задачах економіки і структуроутворення будівельних композитів	391
	411

**РАЗДЕЛ 6. ВИСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ**

6.1. Деякі аспекти і проблеми розвитку високопродуктивних обчислень на базі багатопроцесорних обчислювальних систем	411
6.1.1. Особливості розвитку високопродуктивних обчислювальних систем	413
6.1.2. Суперкомп'ютери і високопродуктивні обчислювальні системи	419

6. 2. Модульная многопроцессорная вычислительная система	425
6.2.1. Обзор современных модульных многопроцессорных систем	426
6.2.2. Конструктивные особенности многопроцессорной системы	427
6.2.3. Особенности функционирования модуля многопроцессорной вычислительной системы	431
6.2.4. Режимы работы многопроцессорной системы	432
6.2.5. Некоторые особенности концепции построения коммутационной сети	433
6.2.6. Особенности рассматриваемой кластерной системы	434
6.2.7. Особенности энергопитания кластерной системы	435
6.2.8. Вычислительные эксперименты	436
6.3. Исследование эффективности модульной кластерной системы	437
6.3.1. Исследование эффективности многопроцессорной системы для задач с критичным временем решения	440
6.3.1.1. Исследование особенностей организации граничного обмена данными	444
6.3.1.2. Исследование особенностей реализации дуплексного режима работы системы	448
6.3.1.3. Исследование особенностей формирования коммуникационной сети многопроцессорной системы	452
6.3.2. Исследование загрузки линий связи кластерной системы	457
6.3.3. Исследование эффективности многопроцессорной системы для задач с расширяемой областью вычислений	459
6.4. Перспективы применения современных коммуникационных технологий и исследование их влияния на эффективность многопроцессорных кластерных систем	469
6.4.1. Обзор особенностей применения современных коммуникационных технологий	471
6.4.2. Особенности организации сетевого интерфейса в многопроцессорных вычислительных системах	472
6.4.3. Сетевая технология Myrinet	480
6.4.4. Сетевая технология Fibre Channel	480

6.4.5. Сетевая технология 10Gb Ethernet	489
6.5. Математическое моделирование прикладных задач металлургического производства и параллельные вычисления	493
6.5.1. Метод Монте – Карло в параллельных вычислениях задач металлургического производства	499
6.5.2. Оценка интегралов методом Монте – Карло	503
6.5.3. Решение систем линейных алгебраических уравнений	504
6.5.4 Проблема блужданий и решение краевых задач	508
6.5.5. Особенности реализации параллельных вычислений	518
6.5.6. Моделирование задач, связанных с решением уравнений Навье – Стокса	522
6.5.7. Теплопроводность в системах с подвижными границами	539
6.5.8. Построение решения задачи Коши	542
6.5.9. Решение задачи Стефана	546
6.5.10. Метод движущихся источников тепла	552
6.5.11. Диффузионные процессы при фазовых превращениях	556
6.6. Некоторые аспекты организации информационной безопасности функционирования многопроцессорных вычислительных систем	563
6.6.1. Анализ информационной безопасности функционирования многопроцессорных вычислительных систем	565
6.6.2. Организация информационной безопасности ресурсов МВС	567
6.6.3. Организации безопасности информационных ресурсов в корпоративных сетях	569
6.6.4. Защита данных при помощи метод блуждающих ключей	571
Перечень обозначений к разделу 6	580
<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ МОНОГРАФІЇ</b>	<b>582</b>

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Інформаційне забезпечення систем прийняття  
рішень в економіці, техніці та організаційних сферах**

*КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ*

*Українською та російською мовами*

Технічний редактор: **Вишнякова І.В.**, к.е.н., доцент кафедри фінансів,  
Національна металургійна академія України,  
e-mail: vichnykova@mail.ru

*Матеріали подано в авторській редакції.  
При повному або частковому відтворенні матеріалів даної монографії  
посилання на видання обов'язкове  
Висловлені у виданні думки належать виключно авторам*

Відповідальний за випуск *Вишнякова Ірина Володимирівна*

Підписано до друку 21.11.2013 р.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Гарнітура «Times New Roman». Друк – лазерний.  
Ум.-друк. арк. 34,41 Обл.-вид. арк. 33,37  
Наклад 300 прим. Вид. № 214. Зам. № 217.

---

Видавництво та друк ПП "ЛАНДОН-XXI"  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ДЦ №159 від 22.10.2010 р.  
83120, м. Донецьк, вул. Петровського, 126-А/32.  
Тел.: (062) 334-49-66 (095)295 -58-12, e-mail: elenah66@gmail.com