

СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Монографія

У 2 частинах

Частина 2

За ред. д-ра екон. наук, проф. А.О. Єніфанова

Суми
ДВНЗ “УАБС НБУ”
2008

УДК 330.4
ББК 65.050
С91

Рекомендовано до друку вченою радою
ДВНЗ “Українська академія банківської справи
Національного банку України”,
протокол № 9 від 26.05.2008

Рецензенти:
доктор економічних наук, професор
С.М. Козьменко;
доктор економічних наук, професор
О.М. Теліженко

С91 **Сучасні та перспективні методи і моделі управління в економіці :**
[Текст] : монографія : у 2 ч. / за ред. д-ра екон. наук, проф.
А.О. Єпіфанова. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2008. – Ч. 2. – 256 с.

ISBN 978-966-8958-34-2

У колективній монографії розглядаються проблеми моделювання систем управління соціально-економічними об'єктами та процесами в економіці України, подані практичні рекомендації щодо створення ефективних моделей на основі використання сучасних підходів Fuzzy-технології, нейронних мереж, методу аналізу ієрархій, байєсівського аналізу, інтервальної арифметики та синергетики. Описано економіко-математичні методи і моделі прийняття ризикованих фінансових рішень.

Видання розраховане на широке коло економістів, менеджерів, студентів, аспірантів економічних спеціальностей, а також тих, хто цікавиться питаннями моделювання в економіці та створення автоматизованих інформаційних систем.

УДК 330.4
ББК 65.050

ISBN 978-966-8958-34-2

© Відмічені у змісті знаком * прізвища, 2008

© ДВНЗ “Українська академія банківської справи
Національного банку України”, 2008

ЗМІСТ

Розділ 1. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ І ЗБУТОМ	4
Особливості моделювання економічних процесів (В.М. Вовк [*])	4
К вопросам статистической теории описания производственных систем (О.М. Пигнастый [*] , В.Я Заруба [*])	25
Математические модели и информационные технологии эколого-экономического управления производственной системой в нестабильной среде (С.К. Рамазанов [*])	55
Поєднання симульвативного та генетичного алгоритмів при розв'язанні задачі календарного планування (І.О. Ліпецька [*])	70
Модели оценки экономической целесообразности развития водопроводно-канализационной сети (Е.И. Славута [*])	76
Формування параметричної моделі індексу прибутку підприємств теплопостачання з метою удосконалення ціноутворення на житлово-комунальні послуги (Н.М. Матвеева [*])	84
Инвестиционный проект как объект управления (А.Б. Ковалик [*])	96
Моделирование плановых оперативных решений при ограниченных ресурсах (А.Я. Берсуцкий [*])	106
Оцінка потенціалу мережі дистрибуції підприємства з урахуванням етапів розвитку цільового роздрібного ринку (В. Божкова [*] , Т.О. Башук [*])	123
Концептуальна модель дослідження макросередовища туристичного підприємства (О.Ю. Полякова [*] , Н.В. Кулешова [*])	135
Використання імітаційної моделі фінансово-господарської діяльності молокопродуктового холдингу як елемента системи контролінгу (С.О. Хайлук [*])	144
Розділ 2. ПЕРСПЕКТИВНІ АВТОМАТИЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЕКОНОМІЦІ	156
Моделирование распределенной структуры принятия решений (А.В. Милов [*])	156
Перспективи автоматизації внутрішнього контролю на підприємствах (Г.М. Яровенко [*])	166
Впровадження електронної системи розкриття інформації на шляху розбудови ринку цінних паперів (І.М. Волик [*])	175
Проблемні питання та напрями розвитку інфраструктур з відкритими ключами (І.Д. Горбенко [*] , Ю.І. Горбенко [*] , К.А. Погребняк [*] , С.С. Батюшко [*] , О.Є. Іясова [*] , П.О. Кравченко [*])	184
Розв'язання основних рівнянь фінансової математики методами інтервальних обчислень (В.Ю. Дубницький [*] , А.М. Кобилін [*])	230

Розділ 1

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ І ЗБУТОМ

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ*

Спроби досягти бажаного практичного результату у дослідженні економічних систем пов'язані з необхідністю обмежувати галузь досліджень, виокремлювати менші, особливі їх класи. Одними із найважливіших класів великих систем є системи організаційного управління, що вирішують задачі управління системами. Суть найголовніших з цих задач управління полягає у визначенні цілей розвитку систем і виборі ефективних рішень, які направлені на досягнення визначених цілей.

Окремі економічні об'єкти функціонують не ізольовано, а в тісному зв'язку з навколишнім середовищем, з іншими економічними об'єктами. Ці зв'язки виражаються через потоки інформації, які циркулюють між об'єктами. Планування і управління ґрунтується на перетворенні інформації, від кількісної і якісної характеристик якої залежить ефективність визначених рішень. На думку С. Біра, "інформація знищує різноманітність, а зменшення різноманітності є одним з основних методів регулювання і не тому, що при цьому спрощується керуюча система, а тому, що поведінка системи стає більш прогнозованою" [1]. Багато провідних учених вважають, що із завдань, поставлених інформацією, її передачею, збереженням і опрацюванням виник

*В. М. Вовк, д-р екон. наук, проф., Львівський національний університет імені Івана Франка

головний напрям кібернетики. Оскільки інформацію можна вважати сигналом про можливий або дійсний факт, то від того, наскільки добре продумана система інформації, залежить міра перетворення економічної системи, яку вивчаємо, з імовірнісної в детерміновану.

Найважливіші особливості економічної інформації – це її велика розмірність, динамічність, різноманітність видів призначення, періодичність, велика кількість джерел і каналів передачі. До того ж економічна інформація відображає не тільки стан матеріального виробництва, але й виробничі відносини. Досліджують інформацію у напрямі забезпечення адекватності відображення економічних процесів, задоволення потреб планування й управління. Подають її у вигляді, зручному для використання.

Необхідно розрізняти дві групи економічної інформації: перша – для розроблення планових завдань; друга – для зворотного зв'язку про хід виконання цих завдань.

Вимоги до інформації зумовлені тією важливою роллю, яку вона відіграє у вирішенні питань планування та управління. Головні з них такі: а) достовірність; б) своєчасність надходжень; в) необхідність і достатність повноти; г) змістовність; г) економічність.

Функціонування економічного об'єкта як складної системи залежить певною мірою від великої кількості чинників, через які виражаються зв'язки цієї системи з навколишнім середовищем. Для вивчення поведінки цієї системи у разі зміни вказаних чинників необхідно всі ці зв'язки подати у кількісному виразі, тобто зобразити у вигляді точних математичних залежностей і функцій. Цей процес, який являє собою економіко-математичне моделювання, є дуже відповідальним.

Математичне моделювання усіх внутрішніх і зовнішніх зв'язків і залежностей, наявних, наприклад, у промисловому підприємстві, якби це стало можливим, привело б до таких розмірів економіко-математичної моделі, що її розв'язок був би неможливий.

Водночас, будь-яке спрощення зв'язків, відкидання навіть незначних із них знижує рівень адекватності математичної моделі економічному процесу, а розв'язок задачі, знайдений за допомогою цієї моделі – приблизним. Необхідно моделювати ті залежності і зв'язки, які мають суттєвий вплив на шукані величини, але при цьому розв'язок задачі повинен мати практичну цінність.

Оптимізація окремих ланок виробництва не забезпечує оптимального функціонування системи загалом. Тому найціннішими є роботи, спрямовані на створення комплексів взаємопов'язаних економіко-математичних моделей і методів оптимізації планування і управління виробництвом.

Для успішного проведення цих робіт потрібно дотримуватись таких обов'язкових засад:

- а) детальне вивчення самого об'єкта дослідження і особливостей його функціонування;
- б) одержання необхідної і достовірної інформації про стан об'єкта, про його зовнішні та внутрішні зв'язки;
- в) інтеграція інформації з метою подальшого комплексного її використання;
- г) визначення залежностей між параметрами стану та управління;
- д) визначення мети оптимізації функціонування об'єкта через параметри, які характеризують його функціонування;
- е) побудова об'єктивно обґрунтованих економіко-математичних моделей (або систем цих моделей) оптимізації діяльності економічного об'єкта;
- є) забезпечення необхідними методами пошуку оптимальних розв'язків за допомогою побудованих моделей;
- ж) оцінка впливу на одержані розв'язки відхилення змодельованого економічного процесу від реально наявного;
- з) забезпечення можливості реалізації прийнятих рішень для реалізації поставленої мети;
- и) проведення своєчасного і періодичного аналізу функціонування економічного об'єкта або процесу з метою його вдосконалення.

Отже, завданням оптимального планування є пошук варіанта рішення, найефективнішого для економічної системи. Зауважимо, що застосування математичних методів, положень кібернетики позитивно впливає на економічну науку і практику.

Одним із головних принципів побудови економіко-математичних моделей є принцип обґрунтованого вибору критерію оптимальності. Вибір певного критерію при моделюванні будь-якого процесу в економіко-виробничій системі повинен бути підпорядкований меті функціонування всієї економічної системи країни, тобто підвищенню міри задоволення потреб суспільства в певному виді продукції, підвищенню якості цієї продукції. А це змушує робити конкурентна боротьба на ринку продукції. Стати переможцем на цьому ринку можна лише шляхом застосування нової техніки, збільшення ефективності головних фондів, раціонального використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, зменшення витрат тощо. Із цього витікає, що поняття оптимальності плану є комплексним і стосується найрізноманітніших напрямів економічного і політичного життя країни.

Для розв'язання кожної конкретної задачі в аспекті оптимальності функціонування економічних систем треба мати в чіткому, математичному представленні критерій оптимальності, який повинен

відображати адекватну оцінку всіх видів матеріальних благ і всіх видів потреб для кожного моменту часу.

Проблема розробки такого критерію внаслідок своєї надзвичайної складності на сьогодні не вирішена. Але головним є те, що зроблений висновок про можливість побудувати такий критерій.

Оскільки економічна система містить велику кількість взаємодіючих підсистем, то взаємодія їх повинна бути організована за допомогою обґрунтованих економічних рішень таким чином, щоб функціонування цих підсистем було підпорядковане завданню всієї системи. Але для цього треба мати такий частковий, локальний критерій оптимальності, який найбільшою мірою відповідав би глобальному. Він повинен відображати правильну оцінку господарської діяльності всіх окремих економічних об'єктів, максимально стимулювати функціонування кожного з них в інтересах всієї економічної системи. У роботі В. Ф. Пугачова "Оптимізація планування", яка присвячена теоретичним проблемам побудови глобального і локального критеріїв оптимальності, вказано на те, що локальний критерій оптимальності повною мірою може себе проявити лише в умовах оптимального режиму функціонування економіки, тобто в умовах, якщо кожний елемент економічної системи діє відповідно до глобального критерію оптимальності. Такий локальний критерій можна побудувати у разі наявності оптимальних цін на продукцію, оптимальних оцінок ресурсів, що використовуються. Оскільки таких цін й оцінок у сучасних умовах немає, доводиться використовувати більш прості локальні критерії оптимальності. Ними можуть бути: прибуток, приведені витрати, собівартість, рівень використання ресурсів тощо. У процесі економіко-математичного моделювання дуже важливим є вибір такого критерію оптимальності, який найбільшою мірою поєднував би інтереси поданого економічного об'єкта з інтересами економічної системи вищого рівня.

У виробничих системах найуживанішим критерієм є прибуток, який залежить від ринкових цін.

Але в сучасних умовах, коли оптимальних цін немає, при практичній реалізації виробничого планування аналізують комплекс моделей на підставі декількох різних критеріїв. Знайдені таким чином плани формують в один план, в якому найбільшою мірою враховані вимоги та можливості підприємства та економічної системи загалом. За вибраним планом формують систему оптимальних оцінок, які, наприклад, можуть бути використані як вагові коефіцієнти критеріїв для завдань підрозділів підприємства.

Модель, як штучний, створений людиною об'єкт довільної природи (уявний чи матеріально реалізований), замінює або відтворює

досліджуваний об'єкт-оригінал так, що вивчення його природи здатне давати нову інформацію щодо об'єкта-оригіналу.

Модель відіграє роль інструмента дослідження об'єкта способом його опосередкованого пізнання через об'єкт-замінник. Саме ця властивість методу моделювання визначає особливі форми використання абстракцій, аналогій, припущень і гіпотез. Ця ж особливість визначає способи створення і розвитку теорій побудови моделей, створення інструментарію дослідження об'єкта.

Моделювання, як метод наукового пізнання, ґрунтується на здатності людини абстрагувати схожі ознаки і властивості різних об'єктів і встановлювати між ними певні зв'язки. Завдяки цьому з'являється можливість досліджувати деякі властивості об'єктів не безпосередньо, а опосередковано, тобто через вивчення інших, доступніших для дослідження моделей об'єктів, подібних до об'єктів-оригіналів.

Очевидно, що модель та оригінал не є тотожними. Тому висновки щодо структури чи поведінки оригіналу, зроблені на підставі вивчення його моделі, є не абсолютно достовірними, а приблизними. Ці висновки вимагають подальшого уточнення, конкретизації та коректування.

Характерною рисою моделей є спрощеність щодо оригіналу. Спрощеність є неминучою тому, що оригінал тільки у скінченій кількості відношень відображається у разі моделювання, ресурси моделювання також обмежені.

Унаслідок спрощеності виникають якісні розбіжності моделі й оригіналу. Модель, за допомогою якої успішно досягають мети, називають адекватною до мети. Адекватність означає, що вимоги точності, повноти, сутності моделі виконано у достатньому обсязі для досягнення мети.

Мета моделювання визначає набір характеристик оригіналу, що повинні бути відображені у моделі. Різним цілям відповідають різні моделі об'єкта. Їх будують засобами мислення (абстрактні) або засобами матеріального світу (реальні моделі).

Суть методу моделювання є відтворення або імітування якоїсь реально наявної або уявної системи чи об'єкта на спеціально побудованому за певними правилами аналогові.

Головне призначення моделі – забезпечити отримання нової інформації щодо модельованого об'єкта.

Ще стародавні вчені будували численні моделі атомів, прагнули пояснити за їхньою допомогою фізичні властивості предметів. Бурхливий розвиток механіки (XII–XIX ст.) спричинив уявлення, що всі явища природи зводяться до механічного руху, і що пояснення будь-яких явищ можливе за допомогою механічних (наочних) моделей.

У XIX ст. і особливо у XX ст. метод моделювання широко входить у практику наукового експерименту. Поява теорії відносності та квантової механіки зумовило усвідомлення непридатності механічних моделей. Головними є більш універсальні знакові моделі, що описують явища за допомогою математичних символів.

З розвитком математики, виникненням кібернетики і широким застосуванням обчислювальної техніки моделювання сформувалось як самостійна наукова теорія, яка дає головні відомості щодо методів конструювання моделей.

Теорія моделювання відкрила широкі можливості для імітації найрізноманітніших процесів.

Створення моделей значно полегшує вивчення об'єкта, часто стає єдиним способом його дослідження, дає змогу розглянути його поведінку за різних умов і станів, що робить метод моделювання одним з найважливіших методів пізнання.

Головні переваги моделей у тому, що вони дають змогу здійснювати випробовування об'єкта без його "руйнування", експериментувати без значних втрат (матеріальних, моральних та ін.).

Схему проведення модельного експерименту показано на рис. 1. Щоб отримати придатну до експериментування модель, необхідно визначити числові значення параметрів, які використовують під час розв'язування задачі. Коли схему експериментування описано математично і визначено необхідні числові значення параметрів, то для вирішення завдання необхідно використати відповідний метод чи алгоритм здійснення модельного експерименту.



Рис. 1. Схема модельного експерименту

Під час *модельних експериментів* корисно пам'ятати, що: використання готових моделей не потребує знання їхньої історії, проте для їх розробки необхідні знання перспектив розвитку; на етапі створення моделей вирішальну роль відіграють здібності людського інтелекту, які не формалізуються; неможливість повної формалізації головних етапів моделювання перетворює його в мистецтво; мистецтво та наука моделювання полягають у розділенні цього процесу на окремі етапи, їхньому детальному вивченні й описі залежностей між величинами з максимально можливим ступенем формалізації, а також вивченні та оцінюванні варіантів можливих розв'язків; моделювання загалом є неподільним сполученням науки, мистецтва та досвіду. Від характеру об'єкта дослідження і від можливостей дослідника залежить вибір тієї чи іншої моделі, серед яких є:

- фізичні, або моделі зовнішньої схожості, які певною мірою з огляду на потреби і мету дослідження, характеризують фізичну суть явища, об'єкта;
- схематичні, або двовимірні моделі, які схематично, графічно відображають певний аспект суті реального процесу чи об'єкта;
- математичні, або ідеальні, абстрактні моделі, які в математичній формі відображають суттєві аспекти й характеристики процесу чи явища, що вивчають, використовують її кількісне вираження.

Дослідження економічних процесів потребують проведення експерименту. В економічному процесі беруть участь різні виробничі ресурси, відбувається він протягом значного періоду, який вимірюється навіть роками, і, як правило, не може бути відтворений в ідентичних умовах. У математичних моделях, якщо вони достатньо повно відображають модельований процес (оригінал), отримують числовий результат взаємодії відповідних параметрів і саму взаємодію. Будучи простими, моделі дають змогу проводити найрізноманітніші дослідження. До того ж, які б помилки не виникали на різних етапах експерименту, завжди можна встановити причину їхньої появи.

Процес опису зв'язків між параметрами, які характеризують модельований об'єкт чи окремий аспект його діяльності, є одним із найважливіших і трудомістких етапів складання економіко-математичних моделей. Для кількісного вираження зв'язків між параметрами використовують інструментарій математичного, економіко-математичного, економіко-статичного, статистичного аналізу, а також інші підходи до розв'язання цього питання. Очевидно, є виправданими намагання спростити функціональні залежності між параметрами, зменшити число врахованих чинників і зв'язків, які зумовлені обмеженістю можливостей числових методів реалізації

економіко-математичних моделей та засобів обчислень. Тому важливо на початку процесу моделювання вибрати наявні можливості з названих питань. Як уже було сказано раніше, доцільність використання математичних моделей значною мірою визначається рівнем компромісу між її адекватністю і простотою. Тому процес складання моделі є одним з досить важких і відповідальних моментів дослідження економічних процесів.

Оскільки можливості числових методів реалізації економіко-математичних моделей є досить обмеженими, а також обмежені можливості і засоби обчислення, доводиться спрощувати моделі. Тому важливо на початку процесу дослідження з'ясувати ці можливості. Спрощувати модель можна й тоді, коли необхідно зменшити витрати на моделювання та одержання необхідної інформації. Але кожне спрощення моделі зумовлює відхід від реальної дійсності, як правило, зменшує її цінність і може призвести до того, що одержані результати будуть неточними, а висновки, зроблені за їхньою допомогою – помилковими. Отже, в процесі моделювання необхідно знаходити компромісне вирішення таких питань.

Відзначимо іншу сторону проблеми моделювання економічних процесів.

Кожний економічний процес залежить від фактора часу. Врахування динаміки процесу значно ускладнює економіко-математичну модель. Таку динамічну модель можна зобразити як багатокрокову задачу, в якій розв'язок на кожному наступному кроці залежить від інформації, одержаної на попередньому. У статичних моделях, в яких відсутнє врахування фактора часу, розв'язок одноразовий.

Як уже було сказано, промислове підприємство є імовірнісною системою, тобто явищам і процесам, які відбуваються в ньому, властивий імовірнісний характер. Стохастичні моделі, які це враховують, значно складніше реалізувати, ніж детерміновані моделі. Тому часто імовірнісний характер системи ігнорують. Значення параметрів приймають за достовірні.

У деяких випадках залежність між чинниками і параметрами не чітко виявляється або піддається кількісному опису за допомогою математичних формул і залежностей. Тоді побудова математичних, оптимізаційних моделей дуже ускладнена або просто неможлива. У таких випадках, як правило, застосовують імітаційне моделювання, яке на ЕОМ відтворює, імітує хід процесу, визначає зміну результату від вхідних параметрів. Знайдені значення параметрів на підставі машинного експерименту є основою для вироблення оптимальних рішень. З допомогою методу імітаційного моделювання можна

розв'язувати задачі виняткової складності, у яких не вдається формалізувати певні залежності, не можна з достатньою достовірністю визначити певні параметри.

На відміну від аналітичного дослідження математичні моделі економічної ситуації з застосуванням числових методів, імітаційне моделювання не вимагають побудови математичних рівнянь чи нерівностей щодо шуканих величин. В імітаційних моделях залежності між певними величинами, які характеризують економічну ситуацію, відтворюються за допомогою ЕОМ збереженням логічних співвідношень і динаміки розвитку ситуації. Оцінку шуканих величин здійснює аналітик на підставі інформації, яка циркулює в ЕОМ. А це означає, що в цьому випадку має місце людино-машинна система, у якій задача розв'язується методами математичного моделювання і всі математичні залежності можуть бути використані, а на тих етапах розв'язування задачі, де залежності не піддаються формалізації або відсутня достовірна інформація, рішення приймає аналітик.

Під час дослідження прогнозу розвитку ситуації, здійснюється велике число імітації її розвитку і на підставі цього досягається стійка допустима статистична оцінка шуканих величин.

Відзначимо також, що під час моделювання доводиться стикатись з відносною точністю конкретної моделі, окремих параметрів, числових методів реалізації моделей. І це питання необхідно особливо детально досліджувати для чіткого уявлення, в якому випадку, на якому етапі і наскільки є допустима та чи інша похибка.

Суть моделювання полягає в побудові математичних схем, адекватних процесу. Тому передбачається наявність знань про природу і сутність процесу, його структуру, умови і чинники впливу на нього. Проте варто мати на увазі, що за всіх переваг методу математичного моделювання у разі вивчення функціонування системи вони не забезпечують універсального розв'язку всіх виробничих проблем. Крім цього, коректну математичну модель можна побудувати лише у випадку усвідомлення наявних обмежень, зв'язків і мети, за наявності достовірної інформації й забезпеченні акуратності в процесі моделювання. Модель дає об'єктивний науково обґрунтований допоміжний матеріал для вироблення потрібного рішення. Успіх функціонування всієї системи залежить від вдалого використання цього допоміжного матеріалу у разі вироблення рішення і від якості його виконання.

Комплекс наукових методів, призначених для пошуку розв'язків названих задач організаційного управління має назву *дослідження операцій*.

У своїй доповідній записці “Про деякі аспекти методології дослідження операцій” (1941 р.) англійський фізик П. Блеккет (пізніше йому буде присуджено Нобелівську премію за роботи у напрямі дослідження космічних променів) писав: “Очевидно особливістю дослідження операцій у тому вигляді, у котрому воно проводиться у даний час, є те, що воно повинно мати строго практичний характер. Його мета – сприяти знаходженню способів підвищення ефективності бойових операцій, які виконуються у даний момент або плануються на майбутнє. Щоб добитися цього, вивчаються попередні операції, потім розробляються теорії, які пояснюють факти спостереження, і, врешті, факти і теорії використовуються для прогнозу відносно майбутніх операцій”.

Прогнозування майбутніх подій пов’язане з певною невизначеністю. Але, як свідчить досвід, ці прогнози можна зробити досить точно, незважаючи на багаточисельність і випадковість цих подій з їхніми індивідуальними особливостями, а також на індивідуальні здібності досліджень [58].

Дослідження операцій використовує науковий метод для вивчення і аналізу явищ, пов’язаних із функціональними системами реальної дійсності, для надання кількісної оцінки явищам, цілеспрямованим діям, розробленим операціям.

У дослідженні кожної операції можна виділити сім етапів:

- 1) поставлення завдання з дослідження операції;
- 2) побудова математичної моделі завдання;
- 3) підготовка і опрацювання початкової інформації;
- 4) проведення експериментів над математичною моделлю для отримання нових знань про операцію та її наслідки;
- 5) формування розв’язку завдання;
- 6) коректування моделі і розв’язку на підставі отриманих нових знань про завдання і операцію;
- 7) вироблення управлінського рішення стосовно досліджуваної операції.

На *першому етапі* з різноманітних завдань, які важливі під час виконання певної операції, виявляють серед різноманітних те завдання, яке має бути розв’язане. Це завдання пов’язане з іншими завданнями чи ситуаціями, які належать до одного рівня з цим завданням, так і на інших рівнях. Ці зв’язки виражаються умовами, обмеженнями, залежностями. Локалізувавши це завдання, здійснюють його постановку, використовуючи для опису її формалізований апарат. Під час поставлення завдання здійснюється перелік наявних умов і обмежень, шуканих величин. Одночасно визначаються критерій оцінки варіантів

розв'язку завдання, мета їхнього відбору, оцінка кожного варіанта розв'язку. Представлення завдання у вигляді математичних функцій і залежностей є *другим етапом* з цього переліку. Суть математичного моделювання полягає у побудові математичних схем, адекватних процесу чи ситуації. Тому передбачено наявність знань про природу і сутність процесу, його структуру, умови й чинники впливу на нього.

Під час формалізованого моделювання в загальних рисах впорядковується інформаційне забезпечення. Умови, обмеження й залежності, критерії оптимальності записують у вигляді математичних наявних функцій. Конкретизуючи ці функції, треба мати уявлення про арсенал числових методів реалізації майбутньої моделі, щоб можна було конструювати математичні вирази зі знаннями можливостей інструментарію аналізу. При цьому показники і параметри доцільно використовувати в умовних позначеннях. Після відповіді на всі питання раціональної організації отримання, нагромадження і опрацювання інформації, що є *третьим етапом* дослідження операції, замінюють умовні позначення на реальні і проводять експерименти над математичною моделлю для отримання розв'язку задачі.

Пошук розв'язку задачі (*четвертий етап*), передбачає застосування дійового інструментарію, вибір і ефективність якого залежить від визначеності задачі, ситуації, явища чи всієї операції (проблеми), а також від наявності інформації. Рівень цієї визначеності залежить від визначеності з таких питань:

- мета, досягнення якої означає знаходження розв'язку;
- альтернативи досягнення мети;
- витрати ресурсів на кожному альтернативному досягненні мети;
- модель, або сукупність моделей, які відображають залежності між метою, альтернативами її досягнення і величиною витрат на це ресурсів;
- критерій, виражений у кількісній формі кожної з можливих альтернатив досягнення мети для визначення її пріоритетності.

На підставі отриманих результатів експериментів над моделлю формується розв'язок проблеми (*п'ятий етап*), а також коректується модель і розв'язок у випадку необхідності (*шостий етап*).

Результати проведення експерименту є допоміжним, але дуже важливим, науково обґрунтованим матеріалом для вироблення ефективного управлінського рішення (*сьомий етап*).

Задачі і методи дослідження операцій розподіляють на окремі наукові напрями залежно від типу явища й операції, яку досліджують. Такими напрямками є:

- а) операції вироблення рішень для управління виробничими процесами;

- б) операції управління запасами;
- в) операції масового обслуговування;
- г) операції підбору використання виробничого обладнання;
- д) операції складання розкладів тощо.

Протягом усієї історії розвитку методів дослідження операцій ця наука, як і будь-яка інша наука, не використовувала точних копій аналітичних методів інших наук, а створювала свій математичний апарат відповідно до специфіки і завдань своєї галузі дослідження.

Методи дослідження операцій не тільки сформувалися в новий і дуже важливий науковий напрям, але також стали ефективним засобом розв'язування широкого кола практичних задач в економіці, у військовій справі, медицині, соціології і т. д.

Хоча теорія дослідження операцій займає значну частину кібернетики, але вона має свій предмет і метод дослідження, що суттєво її відрізняє від інших теорій науки, зокрема, від інших розділів кібернетики. Якщо предметом дослідження кібернетики є процеси управління і зв'язку у технічних, біологічних і соціальних системах, то дослідження операцій володіє математичними моделями і методами обґрунтування вибору цілей і рішень їхнього досягнення. Отже, предмет дослідження операцій не обмежується лише соціальними процесами. Як частина кібернетики, дослідження операцій вивчає відповідні аспекти будь-якої цілеспрямованої діяльності, у тому числі і у біологічних системах, автоматах тощо.

Як наука про цілеспрямоване оптимальне управління складними системами, кібернетика стосовно економіки вивчає закономірності оптимального її функціонування і розвитку. У великій і складній економічній системі окремі елементи і підсистеми, взаємодіючи між собою, створюють глибокі і складні внутрішні зв'язки. Ці зв'язки не дають змогу розчленувати економічну систему і систему будь-якого рівня на незалежні елементи і не дають можливостей змінювати впливові чинники відокремлено, локально.

Усім процесам, що відбуваються у будь-яких складних системах, властиві загальні ознаки: наявність мети; пошук ефективних управлінських рішень на множині допустимих, що здійснюється, реалізуючи алгоритми управління; корекція управлінських рішень відповідно до принципу зворотного зв'язку й адаптація системи до випадкових змін у зовнішньому середовищі.

Роль формалізації задач, математичних методів і комп'ютерних технологій у визначенні ефективних управлінських рішень для досягнення поставленої мети величезна. Але все це має сенс лише під час об'єктивного дослідження природи, явищ, процесів, що відбуваються

у складній системі. Їхня різноманітність потребує узагальнюючого підходу. Дослідження складних систем, процесів, явищ потребує адекватного інструментарію, яким насамперед виступає метод моделей у найширшому розумінні і який є основою кількісного опису та інтерпретації отриманих фактів.

Отже, моделювання є найважливішою складовою кібернетики, яку розчленовують на декілька розділів, пов'язаних між собою, але які мають свої особливості.

На сучасному етапі розвитку науки стало загальновизнаним те, що найважливішим вкладом кібернетики в наукове пізнання є вдосконалення традиційного методу моделювання. Збагачене інструментарієм кібернетики моделювання сприяє не тільки глибшому й адекватному відображенню реальної дійсності і думки, але і трансформується в засіб оптимального управління технічними системами та незрівнянно складнішими системами: економічними системами державного управління, системами людина – природа тощо. Моделювання стає важливою характеристикою способу мислення у сучасній науці. Через це особливого значення набуває аналіз загальних рис методу моделювання, особливостей моделювання і прийняття рішень з метою забезпечення ефективного чи навіть оптимального розвитку реальних ситуацій, процесів та об'єктів різноманітної природи.

У разі вибору оптимальних рішень досить реально проявляється взаємозв'язок різноманітних явищ, що для адекватного моделювання вимагає взаємодії методів дослідження з різних наук, з різних сфер знань.

Моделювання як метод наукового пізнання, як інструмент оптимізації складних систем, сприяє інтеграції знань на підставі зближення різноманітних аспектів пізнання через взаємозв'язок внутрішніх механізмів об'єктивних процесів, що відбуваються в реальній дійсності. Інтеграція знань при цьому реалізується двома напрямками. З одного боку, завдяки формалізації характеристик явищ різноманітної за формою і змістом природи наукові підходи зближуються. З іншого боку, синтез знань пов'язаний з поглибленим пізнанням загальної фізичної суті якісно відмінних природних явищ. Це дає підстави стверджувати, що у сучасній науці моделювання та ідеї оптимізації виконують інтегруючу роль.

На сучасній мові науки термін “моделювання” набув статусу методологічного способу, що пронизує все наукове пізнання від соціології і мистецтвознавства до теорії елементарних частин і прикладних інженерних розробок. Надзвичайно цікавий безпосередній зв'язок моделювання з філософськими питаннями, прикладом якого можуть бути питання, що виникають під час аналізу функцій людського мозку.

Справедливо вважають окремі вчені, що зрозуміти функції мозку досить досконало можна лише тоді, коли технічні досягнення дадуть можливість його моделювати.

Охопленням емпіричного і теоретичного пізнання виражається універсальна та евристична роль моделей, завдяки якій зближуються фундаментальні дослідження і прикладні розробки [2].

Поширення методу математичного моделювання по горизонталі не є роздробленням моделювання на численні емпіричні підходи, а різноманітністю моделей, за якою приховано охоплення наукового пізнання. Моделі є базою для здійснення експериментів, пов'язаних з обґрунтуванням теоретичних засад.

Метод моделей динамічно розвивається. Зауважимо, що моделі Леонардо да Вінчі і сучасні моделі складних систем багато в чому відрізняються, але водночас їх об'єднує наявність об'єктивної відповідності між моделлю та оригіналом. Саме ця відповідність є виразником визначальної, евристичної, ролі моделі.

Сучасний стан наукового пізнання характеризується тенденцією універсалізації методу моделювання.

Модель, як образ об'єкта, може бути представлена у натуральному вигляді або у вигляді поєднання знаків. Через це немає підстав різко протиставляти модельне пізнання аналітичному пізнанню складних систем, яке ґрунтується на аналітичних точних процедурах. Його можна розглядати як вищу форму загального методу моделювання.

Модель в її речовій чи знаковій модифікації слугує ефективним засобом зближення різних наукових дисциплін у дослідженні складних динамічних систем.

Відносно легка формалізованість і універсальність – це дві найважливіші риси моделей, що визначають ефективність їхнього використання в дослідженні складних систем, процесів, ситуацій. Ці риси найсприятливіше проявляються в ідеях кібернетики, призначення якої – пізнання складних динамічних систем і вироблення ефективних впливів для забезпечення цілеспрямованого розвитку. Пізнання такої системи, процесу чи явища неминуче приводить до їхнього спрощення, ідеалізації тих чи інших аспектів. У такому випадку стає важливим відшліфований діалектикою наукового пізнання метод апроксимації явищ, їхнього наближеного представлення за допомогою моделі. І тут вирішальну роль у трактуванні сучасних форм моделювання складних систем відіграють методологічні проблеми апроксимації. Очевидно, що чим складніші досліджуються явища, тим гостріше постає проблема апроксимації. Зауважимо, що спрощення властиве всьому пізнавальному процесу загалом і не є виправданим протиставленням

моделі і теорії, бо модель завжди повноцінне знання, а не сурогат теорії. В моделі елемент свідомого введення спрощеного допущення присутнє в чітко обґрунтованому вигляді, а в теорії такий момент спрощення існує завжди, до того ж, часто в неявному вигляді.

Раціональна і цілеспрямована апроксимація виступає як головна пізнавальна процедура, по відношенню до якої дискретизація системи чи процесу відіграє роль допоміжного, але ефективного засобу. Спрощення системи здійснюється по можливості на кількісній формалізованій основі. А моделі виступають інструментом відносно строгого спрощення системи, яку аналізують. Модель при цьому стає найвищої міри узагальненням і дискретним “зрізом”, власне, досліджуваного об’єкта з відповідною точністю апроксимації. Дискретизація об’єкта, тобто представлення його у вигляді дискретних множин, величин, які слугують основою модельних експериментів, зумовлена недоцільністю або недопустимістю відображення динамічності і неперервності процесів, що мають місце у досліджуваному об’єкті.

Можна розрізнити метод моделювання у спеціальному розумінні як узагальнення і розвиток аналогії і в розумінні загальному, що являє собою не окрему пізнавальну форму (поняття, теорію і т. д.), а деякий загальний аспект пізнавального процесу з погляду дискретизації й апроксимації. В цьому розумінні моделювання охоплює пізнання загалом, але не вичерпує його глибину.

Універсалізація узагальненого методу моделей сприяє цілісності в науковому пізнанні, відпрацюванню єдиного понятійного ряду всієї науки, а розвиток суворої і стрункої логіки апроксимації є генеральним і визначальним напрямом прогресу наукової думки у перспективі. У процесі уточнення і поглиблення способів апроксимації щоразу складніших систем різні наукові дисципліни будуть зближуватися. Це тільки підтверджує думку, що одним із найважливіших шляхів синтезу наукових знань є розвиток загального методу моделей для різних наук.

Віддавши належне визначальній ролі методу моделей у теорії дослідження операцій, зауважимо, що навіть філософи звернули увагу на те, що у її предметі і методах тісно переплітаються суб’єктивні й об’єктивні чинники. Причиною цього є те, що вибір рішень за допомогою методів дослідження операцій відбувається в умовах певного рівня невизначеності, але у сфері свого аналізу містить лише деякі види невизначеності. Інші, особливо ті, що стосуються практики прийняття рішень, лишилися ще невивченими. Крім того, довгий час навіть спеціалісти у сфері дослідження операцій не усвідомлювали фундаментальної ролі аналізу проблеми невизначеності, вважали її одним із видів неконтрольованих чинників, представляли і ототожнювали її з

непоінформованістю. А це є невиправданим спрощенням проблеми суб'єктивно-об'єктивних взаємодій у вивченні зв'язку невизначеності і вибору рішень.

У сучасній науці суттєво зростає роль аналізу невизначеності і особливо в кібернетиці. У разі використання категорії невизначеності інтерпретується поняття інформації. Без цієї категорії не обходиться теорія автоматичного регулювання, теорія алгоритмів, кібернетика.

Широке використання поняття невизначеності в кібернетиці зовсім не означає, що воно є тільки кібернетичним, локально науковим. Категорія визначеності і невизначеності виступає як загальнонаукова і, навіть, як філософська. Беручи до уваги невизначеність у виборі рішень, створено різні класифікації видів невизначеності [3].

Варто більш детально розглянути гносеологічну класифікацію різних видів невизначеності в теорії дослідження операцій, використовуючи результати наукових досліджень спеціалістів у цій галузі знань. Так, в теорії ігор використовують поняття невизначеності в розумінні нестачі знань стосовно об'єктів, відносно яких приймають рішення. Але також варто зауважити, що спостерігається створення невизначеності у партнера, учасника ігрової ситуації. Це приклад того, що в теорії ігор невизначеність має гносеологічну сутність і є однією з характеристик відношення суб'єкта і об'єкта. Хоча у цьому випадку поняття суб'єкт (гравець) використовують у розумінні спрощеної моделі, що має спрощене наукове пояснення і приводить до зосередження уваги на зменшенні невизначеності в процесі прийняття рішення. Вибір рішення виступає в ролі визначеної дії на усунення відповідної невизначеності. Тим самим категорії “визначеність–невизначеність” в теорії дослідження операцій є змістовнішими, ніж у теорії інформації, де вони проявляються лише під час аналізу передавання повідомлення. У дослідженні операцій поряд з комунікативним моментом поняття невизначеності беруть до уваги її гносеологічні й управлінські аспекти, тобто стає можливим пояснювати, пізнавати невизначеність у трьох аспектах як одну з характеристик розвитку кібернетичних систем.

Деякі науковці твердять, що визначеність і невизначеність мають лише гносеологічну суть і існують тільки разом із суб'єктом пізнання, тобто ототожнюють визначеність зі знанням, а невизначеність – із незнанням. Причиною цього слугувало представлення отримання інформації процесом зменшення невизначеності. Хибним таке трактування визначеності і невизначеності виявилось під час розуміння процесу пізнання як процесу відображення. У процесі відображення в знанні може відтворюватися як визначеність, так і невизначеність, які

об'єктивно властиві предмету пізнання. За твердженням спеціалістів в галузі дослідження операцій, об'єктивну невизначеність неможливо усунути поглибленням аналізу, вона завжди властива будь-якому дослідженню проблем реальної дійсності. Її потрібно виявити і, в результаті аналізу, чітко визначити можливі її впливи.

Математичними моделями у дослідженні операцій відображається об'єктивна невизначеність з метою вибору ефективних рішень для впливу на поведінку керованих систем.

Невизначеність породжується різноманітністю наслідків прийнятих рішень, хоча умови, в яких приймають рішення, відомі для особи, що приймає рішення. Не можна твердити, що навіть в умовах визначеності знання не відбувається вибору і вважати у такому випадку, що маємо детермінованість у всіх відношеннях. Вибір завжди відбувається в умовах невизначеності, бо є хоча б два варіанти рішення. Відсутність можливості вибору призводить до однозначної необхідності. Основою вибору є знання різноманітності, але сам вибір є можливим лише у разі наявності певної мети чи критерію вибору.

Якщо використати термінологію теорії ігор, можна розглянути три види невизначеності, що дають можливість класифікувати, відповідно, і види ігор. Так, комбінаторні ігри характеризуються невизначеністю, що породжується різноманітністю наслідків гри. Але умови, у яких приймають рішення, для децидента (особи, що приймає рішення) відомі повністю. Такі ігри вважають найпростішими в теорії ігор, бо децидент повністю володіє інформацією, на підставі якої здійснюється вибір.

На відміну від комбінаторної невизначеності, імовірнісна, або інакше стохастична, пов'язана з впливом на вибір рішення випадкових чинників. Хоча ігрові ситуації у цьому випадку не є повністю випадковими і мають властивість взаємопов'язаного необхідного і випадкового. Тобто до вибору рішення в умовах різноманітності, а значить пов'язаної з цим невизначеності, додається невизначеність, зумовлена впливом випадкових чинників, що можуть характеризуватися відповідними законами розподілу ймовірностей. І вони дають змогу вести пошук відповідних параметрів, які надають екстремального значення математичному сподіванню певного функціонала.

Третій тип невизначеності наслідків рішень у ситуаціях, що носять назву конфліктних, мають стратегічне походження. Суб'єкт рішення, децидент, може не мати інформації про наміри в діях свого противника.

Усі названі типи невизначеностей мають об'єктивний характер відносно децидента, оскільки їхні джерела існують об'єктивно. Але

дослідження операцій вивчає випадки, що беруть до уваги суб'єктивну невизначеність. Їхнім прикладом є ситуації, коли відомо множину допустимих рішень, але іншої інформації, що характеризує цю множину чи її елементи (варіанти рішень), немає. Якщо ж невідомою є і множина допустимих варіантів, то вибір рішення не є можливим, точніше, усвідомлений вибір.

Вибір рішення як усвідомлена дія може здійснюватися у межах між повною визначеністю, коли немає альтернативи рішень, і повною невизначеністю, коли немає знання про можливості, альтернативи рішень. Названі крайні випадки унеможливають вибір, бо вибір у формі свідомої ціленаправленої дії детермінований як об'єктивно, так і суб'єктивно, визначеністю і невизначеністю.

Будь-який критерій вибору рішень є певною мірою усуненням суб'єктом незнання дійсного стану справ. Але якщо про об'єкт майже нічого не відомо, то доводиться шукати критерії раціональної поведінки, ґрунтуючись на погляді самого суб'єкта. Але такі критерії можуть бути настільки суб'єктивними і суперечливими, що рішення, вибрані за їхньою допомогою, виявляються незадовільними.

Поряд із невизначеністю стосовно об'єкта дослідження може мати місце невизначеність цілей і критеріїв вибору рішень децидентом. Це може відбуватися і в умовах конфліктних ситуацій при взаємодії декількох учасників, цілі яких не збігаються. Певного рівня невизначеність таких цілей призводить до невизначеності колективної цілі. Вважається, що невизначеність цілі є найсерйознішою з усіх видів невизначеності. І через це найскладнішою ситуацією є та, що потребує прийняття ефективного рішення в умовах невизначеності цілей. Зауважимо, що ціль у дослідженні операцій відображається в математичній моделі цільовою функцією, і якщо ціль є невизначеною, то і цільова функція через це буде неточною у своїй математичній формалізації. Широке використання алгоритмічного підходу спричинене проникненням ідей і методів кібернетики в природничі науки і в науки про суспільство. Алгоритмічний підхід підпорядковує опрацювання інформації регламентованим правилам, які становлять детермінований алгоритм. Цей підхід є об'єктом дослідження і робочим методом не тільки в кібернетиці, але має глибокий вплив у всій методології наук про природу і суспільство.

На сьогоднішній день однією з основних задач методології науки, що ґрунтується на використанні кібернетичного апарату у природничих і гуманітарних областях, є застосування логічних і алгоритмічних понять в системах навчання різноманітних систем і в поясненнях певних аспектів їх поведінки.

Класичне трактування алгоритму – це припис, як однозначно визначений процес перероблення інформації, що має на меті привести дослідника чи користувача від початкових значень відповідних показників до кінцевого очікуваного результату. Таке розуміння алгоритму має математизований аспект і носить характер абсолютності, суть якої полягає у вимозі безумовної простоти і чіткості операцій, передбачених основними правилами.

Аналізуючи форми поведінки за правилами, чи поведінки у відповідності до інструкцій, ми приходимо до задач алгоритмічного моделювання. Але кібернетична наука вказує на те, що для різних систем, які підлягають аналізу, та і для однієї і тієї ж системи можна розглядати задачі аналізу поведінки різного ступеня алгоритмічності: – від абсолютної до майже алгоритмічної. Наприклад, пошук розв'язку квадратного рівняння з постійними коефіцієнтами може бути абсолютно алгоритмічним, в свою чергу пошук розв'язку системи алгебраїчних рівнянь може бути вже не зовсім строго алгоритмічним, бо вибір процедур залежатиме від дослідника. А пошук букету квітів для нареченої може бути майже не алгоритмічним. Для оцінки поведінки рівня алгоритмічності певного процесу Л. Заде ввів поняття розпливчатого алгоритму.

Рівень розпливчатості, нечіткості алгоритму, на нашу думку, залежить також і від рівня деталізації операцій. Певну недетермінованість можна “сховати” у певну операцію більш укрупненого алгоритму, що приведе цей укрупнений алгоритм до вищого рівня детермінованості. В свою чергу, недетермінований алгоритм може складатися з відповідного числа детермінованих алгоритмів, поєднання яких містить елементи випадковості. Може існувати можливість градації випадковості, або застосування трьохзначної чи багатозначної логіки.

Прийняття рішення завжди передбачає у цьому процесі участь людини. Вибір рішення на множині детермінованих варіантів можна здійснювати через звуження цієї множини, виключення з неї елементів, які можуть вважатися неконструктивними. Інтуїція дослідника при виборі конструктивних рішень направлена на визначення міри приналежності певного рішення з множини можливих до підмножини конструктивних. Роль дослідника в даному випадку асоціюється з розпізнаванням образу з різною мірою впевненості. В даному випадку значення функції приналежності можна трактувати як міру приналежності. В даному випадку значення функції приналежності можна трактувати, як міру приналежності варіанта рішення до підмножини конструктивних рішень.

Алгоритмічна поведінка, яка регламентується розпливчатими алгоритмами, може не тільки знаходитися у ситуації вибору, але також можуть бути визначені правила прийняття рішень в таких ситуаціях. У даному випадку алгоритмічна поведінка подібна до евристичної поведінки.

Аналітик, використовуючи методи дослідження операцій, обмежується математичним аналізом лише певного вузького аспекту варіантів рішень, а частина якісної різноманітності ситуацій залишається поза увагою. Через це, очевидно, результати тільки кількісного аналізу ніколи не можуть бути повним обґрунтуванням вибору стратегічних рішень.

Досить часто виникають серйозні претензії до якості формалізованих постановок задач, які слугують основою пошуку оптимальних рішень. Розвиток і використання математичного інструментарію дослідження операцій значною мірою підтверджують тезу, що дуже часто спостерігається володіння досконалыми засобами аналізу при незрозумілих цілях.

Аналітики головну увагу звертають на аспект формалізації з метою адекватного відображення суб'єктивних елементів знання, яке відображає реальний світ. Така увага адекватності була виправдана на певному етапі пізнання, бо обґрунтовані рішення і рішення, що їм відповідають, ґрунтуються на інформації про об'єкт дослідження. Але дослідження операцій свідчить, що однієї формалізації знання про об'єкт дослідження замало. Необхідно збагачувати арсенал формалізації, який має зазвичай суб'єктивне походження. А така проблема є набагато важчою за формалізацію знань про об'єкт дослідження, бо потрібно дослідити не тільки процес відображення об'єкта аналітиком, але і процеси відображення суб'єкта в об'єкті, зокрема, адекватного відображення цілей і бажань. Це потребує поглиблення вивчення проблеми відображення, що ставить низку проблем перед філософією. Першою з цих проблем постає розвиток поняття суб'єктивного, що виражає адекватне відображення об'єктивного. Під суб'єктивним часто розуміють одностороннє відображення об'єкта в знанні, можливо, неповне і спотворене. Також доцільно звернути увагу на такий особливий зміст суб'єктивного, який може відображати особисті характеристики і властивості самого суб'єкта (цілі, бажання, волю).

Дослідження операцій на науковому рівні підкреслює необхідність головної орієнтації у практичних діях на об'єкт пізнання, бо вибір критеріїв рішень без належних знань про об'єкт допускає невизначеність і можливість вибору рішень без належної оцінки реальної дійсності. Зрозуміло, що такі волюнтаристські критерії вибору можуть призвести до небажаних результатів.

Теорія дослідження операцій також розвиває ідею про те, що для вироблення ефективного рішення необхідні знання не тільки про об'єкт, але й про суб'єкт дослідження, про його особливості і характеристики.

Зауважимо, що вибір рішення відбувається для досягнення певних цілей, для впливу на внутрішні причини вибору поведінки самокерованих систем. Наявність невизначеності об'єкта, суб'єкта і їхніх взаємовідносин зумовлюють особливості вибору рішення самокеруючої системи. А оскільки діяльність її направлена на досягнення мети, то вона орієнтована на позитивний результат. Вибір рішення відбувається таким чином, щоб можна було оптимізувати гарантований рівень досягнення результату в умовах невизначеності. Такий результат можливий під час вибору рішення з метою забезпечення максимального рівня мінімального значення показника ефективності, який може собі забезпечити децидент у найнесприятливіших умовах.

Якщо існує повна визначеність знань, але є невизначеність вибору дій, такий вибір можливий через максимізацію цільової функції. Але у випадку невизначеності знань орієнтуються на вибір ліпшого серед найгірших варіантів. У цьому полягає суть принципу гарантованого результату, який визначений у розумінні ідей кібернетики, а саме, що всяка управлінська дія повинна бути орієнтована на позитивний результат. Але цей принцип далеко не повністю вичерпує всі ситуації, коли можна досягнути позитивний результат не таким обережним шляхом. З іншого боку, цей принцип гарантованого результату також не позбавлений елементів ризику і невизначеності. Хоча, наприклад, у цьому випадку математична модель виключає випадковість і ризик на етапі теоретичного дослідження операцій, але вони можливі в умовах прийняття рішень. Результати модельних експериментів не можуть бути застосовані однозначно у виробленні рішення, адже у математичній моделі багато чинників не взято до уваги, що також є важливим. Тому їх беруть до уваги на інтуїтивно-змістовному рівні.

Під час вивчення процесів вибору оптимальних операцій, де не можна дати надійних рішень, потрібно здійснювати теоретичні та методологічні дослідження, на шляху яких можливі поєднання математичних теорій і філософії.

У багатьох наукових працях з проблем прийняття рішень здійснюється абстрагованість від багатьох важливих чинників, що мають вплив на процес прийняття рішення. Через це абсолютизується інформаційний аспект, при якому вважають, що всі учасники ситуації однаково проінформовані та діють доброзичливо по відношенню один до одного. Слід зауважити, що отримані результати застосування

методу моделей є дорадчими у процесі прийняття рішень і виступають кількісним аспектом цього процесу, а якісний аспект, причиною якого є неоднаковість характеристик в учасників ситуацій (навики, традиції, моральні і правові норми, психологічний стан, кон'юнктурні чинники, думка впливових осіб і т. д.) включається у процес вибору самим децидентом. Адже реальна ситуація є набагато складнішою від її теоретичного аналога.

Вибір рішення завжди передбачає появу його наслідку у перспективі, тобто завжди є прогнозуванням. Рішення завжди направлене у майбутнє і його головне призначення – це зменшення невизначеності.

Аналітик під час застосування математичного апарату представляє кількісний аспект прогнозу, який може бути виражений цілим спектром характеристик при різній градації умов майбутнього. А децидент, беручи до уваги якісний аспект прогнозу, який є наслідком дії якісних чинників, неврахованих у модельних експериментах, синтезує ці два аспекти у вироблене рішення.

Список літератури

1. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах : монографія / В. М. Вовк. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 584 с.
2. Вовк В. М. Основи системного аналізу / В. М. Вовк, З. Б. Дрогомирецька. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 248 с.
3. Геєць В. М. Економічна кібернетика : підручник у 2-х томах / В. М. Геєць, Ю. Г. Лисенко, В. М. Вовк та ін. – Донецьк : ТОВ “Юго-Восток Лтд”, 2005. – 508 с.
4. Економічна енциклопедія. Т. 3. – К. : Академія, 2001. – 952 с.

К ВОПРОСАМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПИСАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ*

Развитие экономической теории на основе сведений о технологических процессах дало повод к разработке производственных функций с использованием технических достижений инженерной науки. Подход к производственной функции на технической основе обладает значительными преимуществами. Во-первых, известна область применимости производственных функций, а во-вторых, он позволяет относительно легко использовать результаты технического прогресса.

*О. М. Пигнастый, канд. техн. наук, НПФ “Технология”, Харьков; В. Я. Заруба, д-р экон. наук, проф., академик АН Технической кибернетики Украины, НТУ “ХПИ”

Основной предмет изучения, производственный процесс, определяется так, как это удобно с точки зрения инженерного анализа. Первой задачей является перевод технических единиц в величины, более подходящие для экономического анализа. Вторая и наиболее важная задача заключается в том, чтобы путем объединения этих процессов на отдельном предприятии получить производственную функцию предприятия.

Традиционная производственная функция описывает эффективные технические способы производства, при которых производится максимум желаемого товара при заданных затратах ресурсов. Процесс поиска технических способов производства в экономической теории не рассматривается. Долгие годы эти вопросы считались задачами управления, выходящими за рамки экономики. Основные ограничения инженерных данных подобны ограничениям данных бухгалтерских затрат.

Действительно, эти два набора данных часто очень тесно связаны. Бухгалтеры оценивают товарные затраты, разделяя производство на отдельные операции, и описывают затраты каждой операции, оценивая вложения труда, сырья, материалов и т.п. Инженерные данные, подобно цифрам бухгалтерских калькуляций, относятся к процессам. Одна из трудностей перевода этих результатов в функции затрат для некоторых отраслей заключается в том, что процессы и затраты на эти процессы могут взаимодействовать друг с другом и могут не быть сепарабельными. Однако на практике это может служить вполне достаточным приближением для множества разных отраслей. Второй главной трудностью является произвольность распределения комплексных затрат. Кажется, именно это послужило причиной того, что существует очень мало синтетических или инженерных исследований затрат многопродуктовых фирм.

Важным шагом в применении экономистами синтетического подхода к исследованию затрат стали работы Мейера, Пека, Стенасона и Цвика [1]. Несмотря на все возражения, которые могут быть высказаны против синтетического подхода к затратам, во многих случаях он оказывается единственным приемлемым методом. Кроме того, построение новых моделей производственных систем тесно связано с экспериментальным изучением организации и технологии производства [2-5] и вызвано требованиями пятого этапа развития экономической теории [6]. Для построения таких моделей необходимо использовать известные общие принципы механики и физики, например термодинамические соотношения [7]. Полезным оказывается использование

вариационных принципов [8]. Большая разнообразность и сложность технологии изготовления конечного продукта производственной системы требует строить теорию функционирования производственной системы на базе представления о производственной системе предприятия как совокупности предметов труда, находящихся в разных стадиях технологической обработки [4, 9]. Однако следить за поведением каждого предмета труда (базового продукта производственной системы) из-за их весьма большого количества и вероятностного характера воздействия на базовый продукт технологического оборудования невозможно.

Одним из общих методов подхода к исследованию поведения больших систем является довольно развитый аппарат статистической механики. В нем применяется вероятностный подход к изучаемым явлениям и вводятся средние по большому ансамблю частиц характеристики. Данный подход позволяет получить путем агрегирования микропараметров рассматриваемого производства модель функционирования производственной системы с конкретным технологическим процессом в рамках существующего на предприятии производственного оборудования [10], исключить подбор из существующих моделей описания производственных систем такую модель, которая наиболее близко соответствует рассматриваемому объекту. При этом с практической точки зрения интересно получить характерные числа для функционирования производственных систем, позволяющие обосновать выбор соответствующей модели описания реального производственного объекта.

Инженерно-производственная функция производственной системы

Функционирование современного производства может быть представлено в виде процесса, в ходе которого производственная система переходит из одного своего состояния в другое. Состояние системы можно определить как состояние общего числа N базовых продуктов производственной системы [4, с. 178]. Под базовым продуктом [5, с. 183] понимается элемент производственной системы, на который происходит перенос стоимости живого труда, сырья, материалов и орудий труда при его движении по операционной цепочке технологических карт. В ходе такого движения происходит целенаправленное превращение исходного сырья и материалов (межоперационной заготовки) в готовый продукт путем целенаправленного воздействия общественно-полезного труда. Состояние j -го базового продукта может быть описано микроскопическими величинами

нами (производственно-технологическими параметрами) (S_j, m_j) [10], где S_j (грн.) и $m_j = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S_j}{\Delta t}$ (грн./час) соответственно сумма общих затрат и затрат в единицу времени, перенесенные производственной системой на j -й базовый продукт, $0 < j \leq N$. Рассматриваемую производственную систему будем характеризовать функцией $J_{II}(t, S_1, S_2, \dots, S_N, m_1, m_2, \dots, m_N, S_0, m_0)$ [8]. Через переменные S_0 и m_0 задана технология производства базового продукта [11] в фазовом технологическом пространстве (S, μ) . Переменные S_0 и m_0 в этом пространстве определяют для производственного процесса нормативную технологическую траекторию

$$S_0 = S_0(t), m_0 = \frac{dS_0(t)}{dt}. \quad (1)$$

Нормативная технологическая траектория является детерминированной. Детерминированность нормативной технологической траектории вытекает из однозначности заданной технологии изготовления базового продукта. Каждая технологическая операция имеет нормативные технологические параметры производства базового продукта и допустимые отклонения от нормативных технологических параметров. Технологическая операция, выполненная с превышением значений предельных отклонений, приводит к нарушению технологического процесса, и как следствие, к появлению бракованной заготовки. Пусть технологический процесс на каждой m -ой технологической операции задан k технологическими факторами $Z_{m,k}$ с определяющими их параметрами

$$\langle Z_{m,k} \rangle - \Delta Z_{2m,k} \leq Z_{m,k} \leq \langle Z_{m,k} \rangle + \Delta Z_{1m,k}, \quad m=1..N_m, \quad k=1..N_k, \quad (2)$$

где N_m и N_k соответственно, количество технологических операций и количество технологических факторов, которое допускается технологической операцией. Каждый технологический фактор $Z_{m,k}$ является случайной величиной с математическим ожиданием (нормативным значением) $\langle Z_{m,k} \rangle$. Верхние и нижние допуски $\Delta Z_{1m,k}$ и $\Delta Z_{2m,k}$ определяют позволяемые технологией изготовления базового продукта верхние и нижние отклонения параметров технологического процесса от заданной нормативной технологической траектории. При изготовлении базового продукта с технологическими параметрами в пределах допустимых технологией производства

верхних $DZ_{1m,k}$ и нижних $DZ_{2m,k}$ отклонений от нормативных значений считается, что базовый продукт изготавливается в соответствии с заданной технологией. Тогда с использованием аппарата теории случайных процессов [12] могут быть получены значения технологических параметров $\mu_{0m} - \sigma_{\mu_{0m}} \leq \mu_m \leq \mu_{0m} + \sigma_{\mu_{0m}}$ для m -ой технологической операции [12, стр.294]

$$m_{0m} = m_{0m}(Z_{m,k}, DZ_{1m,k}, DZ_{2m,k}), \quad (3)$$

$$y_{m_{0m}} = y_{m_{0m}}(Z_{m,k}, DZ_{1m,k}, DZ_{2m,k}), \quad \kappa=1..N_k.$$

При большом количестве технологических операций $N_m \gg 1$ удобен переход от дискретного описания значений технологического процесса через величины $m_{0m}, y_{m_{0m}}$ к непрерывному описанию через функции $m_0(t), y_m(t)$ [10]. Значения технологического процесса $S_0(t), y_S(t)$ могут быть получены путем интегрирования технологических параметров $m_0(t), y_m(t)$ [12, с. 287]. Каждый j -й базовый продукт в процессе технологической обработки переходит из своего начального состояния (начальной заготовки) в конечное состояние (готовое изделие) в соответствии с заданной технологией производства базового продукта и образует в фазовом технологическом пространстве (S, m) технологическую траекторию. Данная технологическая траектория является реализацией технологического процесса для j -го базового продукта. Технологический процесс реализуется в окрестности известной технологии производства базового продукта, которая ограничивается зоной допустимых технологических траекторий (рис.1). Производственный процесс определяется совокупностью состояний базовых продуктов. Если известно все о состоянии каждого базового продукта в любой момент времени, то разумно полагать, что все известно и о состоянии производственной системы. Изменение во времени свойств каждого базового продукта производственной системы может быть представлено в виде движения базового продукта в фазовом пространстве (S, m) , а закон движения может быть получен с помощью методов вариационного исчисления. Если в моменты времени t_1 и t_2 система находится соответственно в состояниях $J_{II}(t_1, S_1(t_1), S_2(t_1), \dots, S_N(t_1), m_1(t_1), m_2(t_1), \dots, m_N(t_1), S_0(t_1), m_0(t_1))$ и $J_{II}(t_2, S_1(t_2), S_2(t_2), \dots, S_N(t_2), m_1(t_2), m_2(t_2), \dots, m_N(t_2), S_0, m_0)$, тогда

между этими положениями реализация технологического процесса должна осуществляться таким образом, чтобы целевой функционал

$$I = \int_{t_1}^{t_2} J_{II}(t, S_1(t), S_2(t), \dots, S_N(t), m_1(t), m_2(t), \dots, m_N(t), S_0(t), m_0(t)) dt \quad (4)$$

имел минимум по отношению к возможным отклонениям от нормативной технологии.



Рис. 1. Зона допустимых технологических траекторий

Такой подход, который при построении законов движения механических систем называется принципом наименьшего действия, используется в построении экономических теорий производственных систем [8]. Вариация целевого функционала (4) позволяет определить уравнения движения каждого отдельно взятого базового продукта в фазовом пространстве (S, μ) . Интегрируя уравнения движения базовых продуктов, получаем сведения о параметрах состояния каждого базового продукта, а значит и сведения о состоянии производственной системы в целом. Так как все известно о состоянии каждого базового продукта, то известно все и о состоянии производственной системы. В большинстве случаев целевой функционал (4) содержит параметры, которые описывают случайные факторы реализации технологического процесса. В таком случае при вариации целевого функционала (4) получаются уравнения движения базового продукта, включающие в себя случайные функции реализации технологического процесса. В результате интегрирования уравнений движения получается технологическая траектория для j -го базового продукта, которая является реализацией технологического процесса.

Пусть нормативная технологическая траектория (1) изготовления базового продукта в фазовом пространстве (S, m) определяется функцией возрастания затрат при движении базового продукта вдоль технологической цепочки. Функция возрастания затрат строится на основании операционных карт технологического процесса, которые определяют последовательность операций производства базового продукта и необходимые производственные ресурсы для выполнения технологических операций (сырье, трудовые ресурсы, электроэнергия и т.д.) [10]. Функция возрастания затрат описывает процесс накопления затрат в соответствии с выбранной технологией изготовления базового продукта. Потребуем, чтобы целевой функционал (4) имел для производственного процесса с нормативной технологией производства базового продукта экстремальное значение (рис. 2) на множестве возможных траекторий $S_j(t, \alpha)$. Целевой функционал (4), вычисленный вдоль конкретной технологической траектории, представляет собою функцию параметра α :

$$I(\bar{\alpha}) = \int_{t_1}^{t_2} J_{\Pi}(t, S_1(t, \bar{\alpha}), S_2(t, \bar{\alpha}), \dots, S_N(t, \bar{\alpha}), M_1(t, \bar{\alpha}), M_2(t, \bar{\alpha}), \dots, M_N(t, \bar{\alpha}), S_0(t), M_0(t)) dt. \quad (5)$$

Вычислим вариацию функционала (4), т.е. дифференциал по α функционала (5):

$$\begin{aligned} \delta I = \int_{t_1}^{t_2} \delta J_{\Pi} dt &= \int_{t_1}^{t_2} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} \cdot \delta S_j + \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \cdot \delta M_j \right) dt = \sum_{j=1}^N \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \cdot \delta S_j \Big|_{t_1}^{t_2} + \\ &+ \int_{t_1}^{t_2} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} - \frac{d}{dt} \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \right) \delta S_j dt = \int_{t_1}^{t_2} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} - \frac{d}{dt} \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \right) \delta S_j dt. \quad (6) \end{aligned}$$

Интеграл преобразован при помощи интегрирования по частям, с использованием для этого перестановочности операций варьирования δ и дифференцирования по времени $\frac{d}{dt}$:

$$\delta M_j = \delta \frac{d}{dt} S_j(t, \bar{\alpha}) = \frac{d}{dt} \frac{\partial}{\partial \bar{\alpha}} S_j(t, \bar{\alpha}) \cdot \delta \bar{\alpha} = \frac{d}{dt} \delta S_j. \quad (7)$$

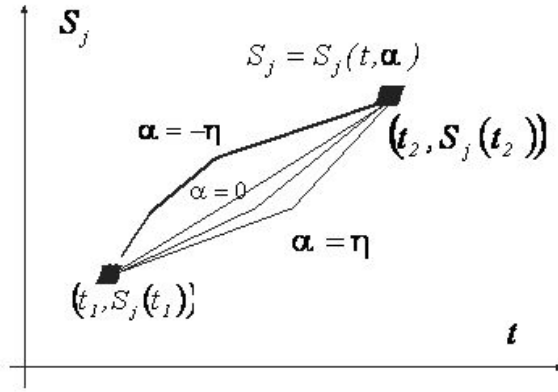


Рис. 2. Вариация целевого функционала производственной системы

Технологические траектории $S_j(t, \delta)$ для отдельного j -го базового продукта производственной системы имеют общее начало $(t_1, S_j(t_1))$ и общее окончание $(t_2, S_j(t_2))$. Поэтому при $t = t_1$ и при $t = t_2$ вариации δS_j равны нулю и проинтегрированная часть обращается в ноль.

Так как реализация технологического процесса должна осуществляться таким образом, чтобы целевой функционал (4) для производственного процесса имел минимум, следует равенство нулю вариации целевого функционала (5)

$$\int_{t_1}^{t_2} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} - \frac{d}{dt} \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial m_j} \right) \delta S_j dt = 0, \quad (8)$$

которое определяет уравнения Эйлера для каждого отдельного базового продукта

$$\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} - \frac{d}{dt} \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial m_j} = 0, \quad \frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} = f_j(t, S), \quad f(t, S) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_j(t, S), \quad (9)$$

где $f(t, S)$ – инженерно-производственная функция, характеризующая установленный на предприятии технологический процесс изготовления продукции в соответствии с производственным планом, наличием трудовых ресурсов и оборудования.

Для производственных систем известна как технология производства базового продукта, так и критерии, характеризующие отклонения технологических параметров базового продукта при его движении вдоль технологической цепочки. Последнего достаточно,

чтобы построить функцию Лагранжа $J_{\Pi}(t, S_1, S_2, \dots, S_N, M_1, M_2, \dots, M_N, S_0, M_0)$ в явном виде и записать уравнения Эйлера (9) для каждого отдельного базового продукта, определяющие состояния базового продукта при его движении от одной технологической операции к другой.

Уравнения Эйлера для каждого отдельного базового продукта (9) могут быть получены и при помощи дифференциальных уравнений движения базовых продуктов вдоль технологической цепочки. Однако, между дифференциальными уравнениями и вариационными принципами имеется одно принципиальное различие: дифференциальные уравнения выражают некоторую зависимость, связывающую между собой положение базовых продуктов вдоль технологической цепочки производственной системы, скорости переноса затрат и ускорения переноса затрат на базовый продукт в момент времени t . Вариационный же принцип характеризует нормативный технологический процесс в целом. Он формулирует стационарное свойство целевого функционала для заданного технологического процесса. Вариационный принцип имеет более обобщимую и компактную форму и часто используется в качестве фундамента для построения новых методов описания систем.

При движении базовых продуктов производственной системы вдоль технологической цепочки в фазовом пространстве (S, M) существуют функции (S_j, M_j) экономических величин S_j, M_j , которые сохраняют при движении системы постоянные значения, зависящие только от начальных условий. Такие функции будем называть первыми интегралами движения производственной системы. Если функция Лагранжа производственной системы не зависит явно от времени, то полная производная от нее может быть записана в виде:

$$\frac{dJ_{\Pi}}{dt} = \sum_{j=1}^{N_1} \left[\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_j} \cdot \frac{dS_j}{dt} \right] + \sum_{j=1}^{N_2} \left[\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \frac{dM_j}{dt} \right]. \quad (10)$$

В силу уравнений Эйлера (9) заменяем производные $\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S}$ на их значения $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \right)$, получаем

$$\frac{d}{dt} \sum_{j=1}^{N_2} \left[\left(\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial M_j} \right) \frac{dS_j}{dt} - J_{\Pi} \right] = 0. \quad (11)$$

Откуда величина

$$\sum_{j=1}^{N_2} \left[\left(\frac{\partial J_{II}}{\partial M_j} \right) \frac{dS_j}{dt} - J_{II} \right] = \text{const} \quad (12)$$

является постоянной при движении базовых продуктов вдоль технологической цепочки. Системы, имеющие интеграл указанного вида, называются консервативными. Интеграл движения (12) имеет экономическую интерпретацию: потребляемые в единицу времени оборудованием на технологической операции ресурсы (сырье, материалы, трудовые затраты) полностью переносятся на базовые продукты. Интенсивность переноса затрат на базовые продукты в пределах межоперационных технологических заделов равна потреблению ресурсов в единицу времени технологическим оборудованием.

Следующий интеграл движения производственной системы возникает вследствие однородности фазового технологического пространства. Как следствие однородности фазового пространства по координате S потребуем, чтобы функция Лагранжа $J_{II}(t, S_1, S_2, \dots, S_N, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N, S_0, \mu_0)$ замкнутой системы осталась неизменной при переносе системы как целого на отрезок δS . Изменение целевой функции вследствие малого перемещения по фазовой координате S :

$$\delta J_{II}(t, S_j, M_j) = \sum_{j=1}^{N_I} \left[\frac{\partial J_{II}}{\partial S_j} \cdot \delta S \right] = \delta S \cdot \sum_{j=1}^{N_I} \frac{\partial J_{II}}{\partial S_j} . \quad (13)$$

В силу произвольности δS следует $\delta J_{II} = 0$. Последнее означает, что сумма всех технологических воздействий на базовые продукты производственной системы равна нулю.

$$\sum_{j=1}^{N_I} \frac{\partial J_{II}}{\partial S_j} = 0 . \quad (14)$$

Тогда в силу уравнений Эйлера (9) получаем

$$\sum_{j=1}^{N_I} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial J_{II}}{\partial M_j} \right) = \frac{d}{dt} \sum_{j=1}^{N_I} \left(\frac{\partial J_{II}}{\partial M_j} \right) = 0, \quad C_S = \sum_{j=1}^{N_I} \left(\frac{\partial J_{II}}{\partial M_j} \right) = \text{const} . \quad (15)$$

Исходя из (15), следует, что параметры работы технологического оборудования не зависят от суммарных затрат, перенесенных на базо-

вые продукты, находящиеся в межоперационном заделе. Производственные ресурсы (сырье, материалы, труд, электроэнергия ...) от технологического оборудования воспринимаются полностью общим количеством базовых продуктов, находящихся в межоперационном технологическом заделе.

Еще один интеграл движения производственной системы возникает вследствие однородности фазового пространства по фазовой скорости

$$\sum_{j=1}^{N_I} \frac{\partial J_{II}}{\partial M_j} = 0 \quad (16)$$

и является необходимым условием экстремума микропараметров производственной системы.

Характерные числа в моделях описания производственных систем

Обширные разделы теории организации, планирования и управления производственным предприятием развиты в рамках простых моделей [2, 3, 5, 13]. Однако не всегда поведение реальных производственных систем может быть с достаточной точностью описано с помощью этих простейших моделей [6, 14-16]. Различные производственные системы при одних и тех же внешних условиях ведут себя по-разному. Следовательно, одних и тех же уравнений, даже с добавлением соответствующих граничных условий, недостаточно для описания функционирования конкретной производственной системы [9]. Этот факт проявляется в том, что число уравнений меньше числа входящих в них неизвестных, система уравнений незамкнута. Построение замкнутой системы уравнений, описывающей функционирование рассматриваемой производственной среды, связано с поисками дополнительных соотношений между параметрами данной производственной среды. Построить замкнутую систему уравнений – это значит построить математическую модель изучаемой производственной среды. Тот факт, что функция Лагранжа производственной системы $J_{II}(t, S_1, S_2, \dots, S_N, M_1, M_2, \dots, M_N, S_0, M_0)$ содержит только $S_j(t)$, $M_j(t)$, но не более высокие производные, является выражением утверждения, что состояние производственной системы предприятия полностью определяется знанием координат $S_j(t)$ и их скоростей изменения во времени $M_j(t)$. Состояние системы в некоторый момент времени будет определено, если определены микроскопические величины $(S_1, M_1; \dots; S_N, M_N)$, а в любой другой момент времени найдено из

уравнений состояния базовых продуктов (9). Однако если количество базовых продуктов N много больше единицы, то решить систему (9) из $2 \cdot N$ -уравнений практически невозможно. Последнее уточнение требует перехода от микроскопического описания производственной системы к макроскопическому с элементами вероятностной природы. Вместо того, чтобы рассматривать состояние производственной системы с микровеличинами $(S_{1, m_1}; \dots; S_{N, m_N})$, введем соответствующим образом нормированную функцию распределения числа N базовых продуктов $\chi(t, S, m)$ в фазовом пространстве (S, m) . Каждая точка в данном пространстве будет задавать состояние базового продукта. В силу того, что величина $\chi(t, S, m) \cdot d\Omega$ представляет собой число базовых продуктов в бесконечно малой ячейке $d\Omega$ фазового технологического пространства (S, m) , можно по изменению фазовой координаты S и фазовой скорости m базового продукта со временем судить и об изменении самой функции $\chi(t, S, m)$ [10]:

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot f(t, S) = J_{gen}(t, S, m) \quad (17)$$

Уравнение (17) есть кинетическое уравнение для функции распределения $\chi(t, S, m)$. Скорость изменения затрат μ базового продукта и функция $f(t, S)$ может быть найдена из системы уравнений состояния центрального базового продукта (9) [8]:

$$\frac{\partial J_{\Pi}}{\partial S_0} = f(t, S_0), \quad (18)$$

$$f(t, S) = \left(\frac{[\chi]_{l_{uu}} \cdot k_{uu}}{[\chi]_0} \right) \cdot \frac{\partial}{\partial S} \left(\frac{[\chi]_{l_{uu}} \cdot k_{uu}}{[\chi]_0} \right) + o \left(\frac{P \cdot [\chi]_0}{([\chi]_{l_{uu}} \cdot k_{uu})^2} \right),$$

где $[\chi]_{l_{uu}}$ – производительность работы технологического оборудования, усредненная по единичному производственному участку; k_{uu} – коэффициент загрузки оборудования [5,10];

$o \left(\frac{P \cdot [\chi]_0}{([\chi]_{l_{uu}} \cdot k_{uu})^2} \right)$ – члены более высокого порядка малости,

определяемые отношением величины дисперсии P потока базовых продуктов плотности $[\chi]_0$ к производительности работы $[\chi]_{l_{uu}} \cdot k_{uu}$ технологического оборудования.

Генераторная функция $J_{gen}(t, S, m)$ определяется плотностью размещения оборудования вдоль технологической цепочки и его техническими характеристиками [9], стремится при $t \rightarrow \infty$ свести начальное распределение базовых продуктов по скоростям изменения затрат к состоянию с равновесной функцией распределения в соответствии с технологическим процессом. Функция $\chi(t, S, \mu)$ является нормированной [9]:

$$\int_0^{\infty} dS \cdot \int_0^{\infty} dm \cdot \chi(t, S, m) = N. \quad (19)$$

Условие нормировки (19) представляет собой закон сохранения количества базовых продуктов, находящихся в производственном процессе. Инженерно-производственная функция $f(t, S)$ определяется из сводного графика технологического процесса. По своему смыслу инженерно-производственная функция представляет собой некий аналог силы, перемещающий базовый продукт вдоль технологической цепочки производственного процесса. При таком перемещении на базовый продукт оказывается воздействие со стороны орудий труда (оборудования). Таким образом, происходит увеличение затрат, перенесенных на базовый продукт при его движении вдоль технологической цепочки производственного процесса. Оборудование воздействует на базовый продукт, изменяя его качественно и количественно. Можно говорить только о вероятности того, что после воздействия со стороны технологического оборудования базовый продукт будет находиться в том или ином состоянии. Процесс воздействия со стороны технологического оборудования на базовый продукт обозначаем как $[m \rightarrow \tilde{m}]$, где m и \tilde{m} – соответственно, скорости изменения затрат, которые несет базовый продукт до и после воздействия. Полное же количество базовых продуктов, находящихся в единице объема фазового пространства и испытавших в единицу времени воздействие со стороны технологического оборудования, можно написать в виде произведения потока базовых продуктов $\chi(t, S, m) \cdot m$ на вероятность для каждого из них испытать воздействие $[m \rightarrow \tilde{m}]$ в некотором малом элементе $d\Pi$ фазового технологического пространства (S, m) . Что касается вероятности испытать воздействие $[m \rightarrow \tilde{m}]$, то можно, по крайней мере, утверждать, что такая вероятность пропорциональна плотности расположения оборудования $\rho_{оборуд}$ вдоль технологической цепочки. Таким образом, число базовых продуктов, испытавших в единицу времени воздействие со стороны технологического оборудования и принявших значения в пределах $(\tilde{m}; \tilde{m} + d\tilde{m})$, можно записать в виде

$$u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot l_{оборуд} \cdot m \cdot \psi(t, S, m) \cdot d\tilde{m} \cdot dS \cdot dm, \quad (20)$$

где $u[m \rightarrow \tilde{m}]$ – функция, определяемая паспортными данными работы технологического оборудования. Некоторые свойства этой функции могут быть получены из весьма общих соображений, если представить, что полная вероятность перехода в любое состояние равна единице:

$$\int_0^{\infty} u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot d\tilde{m} = 1 \quad (\text{нулевой момент функции } u[m \rightarrow \tilde{m}]), \quad (21)$$

а производительность работы оборудования $[x]_{\psi}$ и среднеквадратичное отклонение σ_{ψ}^2 могут быть определены через первый и второй моменты функции работы технологического оборудования $u[m \rightarrow \tilde{m}]$:

$$\int_0^{\infty} u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot \tilde{m} \cdot d\tilde{m} = m_{uu} = \left(\frac{[x]_{\psi} \cdot k_{uu}}{[x]_0} \right) \quad (\text{первый момент функции } u[m \rightarrow \tilde{m}]),$$

$$\int_0^{\infty} u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot \tilde{m}^2 \cdot d\tilde{m} = m_{uu}^2 + y_{uu}^2 \quad (\text{второй момент функции } u[m \rightarrow \tilde{m}]). \quad (22)$$

Первый момент функции работы технологического оборудования $u[m \rightarrow \tilde{m}]$ характеризует зависимость скорости изменения затрат при прохождении базовым продуктом единицы технологического оборудования, второй – среднеквадратичное отклонение скорости изменения затрат при прохождении базовым продуктом единицы технологического оборудования от своего среднего значения m_{uu} , определяемого характеристиками оборудования и особенностями технологического процесса.

Наряду с переходом базовых продуктов $[m \rightarrow \tilde{m}]$ в элемент объема $dS \cdot dm$ поступают базовые продукты из объема $dS \cdot d\tilde{m}$ посредством обратного перехода $u[\tilde{m} \rightarrow m]$ в количестве

$$u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot l_{оборуд} \cdot \tilde{m} \cdot \psi(t, S, \tilde{m}) \cdot d\tilde{m} \cdot dS \cdot dm, \quad (23)$$

а общее число базовых продуктов в элементе объема dI_{ψ} изменяется в единицу времени на величину

$$dI_{\psi} J = dI_{\psi} l_{оборуд} \cdot \int_0^{\infty} \{u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot \tilde{m} \cdot \psi(t, S, \tilde{m}) - u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot m \cdot \psi(t, S, m)\} d\tilde{m}. \quad (24)$$

Принимая во внимание нормировочное свойство (21) функции $\psi[\mu \rightarrow \tilde{\mu}]$, уравнение (17) можно представить в виде

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot f(t, S) = \rho_{оборуд} \cdot \left\{ \int_0^{\infty} [u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot \tilde{m} \cdot \chi(t, S, \tilde{m})] \cdot d\tilde{m} - m \cdot \chi \right\} \quad (25)$$

В большинстве интересных с практической точки зрения случаев функция $u[\tilde{m} \rightarrow m]$ не зависит от состояния базового продукта до испытания воздействия \tilde{m} со стороны технологического оборудования, что приводит к упрощению интегро-дифференциального уравнения (25):

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot f(t, S) = \rho_{оборуд} \cdot \{u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot [\chi]_I - m \cdot \chi\}. \quad (26)$$

Нулевой $\int_0^{\infty} dm \cdot \chi(t, S, m) = [\chi]_0$ и первый $\int_0^{\infty} dm \cdot m \cdot \chi(t, S, m) = [\chi]_I$ моменты функции распределения имеют простую производственную интерпретацию: заделы базовых продуктов и их темп движения вдоль технологической цепочки. С помощью моментов функции распределения можно записать систему уравнений для описания макроразмеров производственной системы.

Решение уравнения относительно функции распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат $\chi(t, S, m)$ в фазовом технологическом пространстве (S, m) связано со значительными трудностями, и первый шаг анализа должен состоять в исследовании порядка величин различных слагаемых уравнения (25).

Обозначим через ϕ , z , o характерные время, скорость изменения затрат и шаг по переменной S . Введем безразмерные переменные t , S , m , связанные с переменными ϕ , z , o следующим образом:

$$t = \phi t; S = o \cdot S; m = o \cdot m; J_{gen}(\chi) = \langle \rho_{оборуд} \rangle \cdot z \cdot J_{gen}(\chi), \quad (27)$$

где $\langle \rho_{оборуд} \rangle$ – характерная плотность расположения оборудования вдоль технологической цепочки производственного процесса. Тогда кинетическое уравнение производственной системы принимает вид

$$\left[\frac{\partial \chi}{\tau \cdot \partial t} + \frac{\partial \chi}{\xi \cdot \partial S} \cdot \eta \cdot \bar{\mu} + \frac{\partial \chi}{\eta \cdot \partial m} \cdot \frac{\eta \cdot d\bar{\mu}}{\tau \cdot \partial t} \right] = \langle \rho_{оборуд} \rangle \cdot z \cdot J_{gen}(\chi). \quad (28)$$

Разделим слагаемые выше написанного приближенного равенства на $z \cdot o^{-1}$:

$$\frac{z}{o \cdot \langle \rho_{оборуд} \rangle} \cdot \left[\frac{o \cdot \partial \chi}{z \cdot \phi \partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{o \cdot \partial \chi}{z \cdot \phi \partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} \right] = z \cdot J_{gen}(\chi), \quad (29)$$

и после сокращения на η получим

$$\frac{I}{o \cdot \langle L_{оборуд} \rangle} \cdot \left[\frac{o \cdot \partial \chi}{z \cdot \phi \partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{o \cdot \partial \chi}{z \cdot \phi \partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} \right] = J_{gen}(\chi \chi \chi). \quad (30)$$

Введем обозначения

$$K_v = \frac{\left[\frac{I}{\langle L_{оборуд} \rangle} \right]}{o}, \quad P_m = \frac{o}{\phi z}, \quad (31)$$

с учетом которых кинетическое уравнение производственной системы (25) примет вид

$$K_v \cdot \left[P_m \cdot \frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + P_m \cdot \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} \right] = J_{gen}(\chi \chi \chi). \quad (32)$$

В предельных случаях вид кинетического уравнения производственной системы (32) представлен в табл. 1.

Таблица 1

Вид кинетического уравнения производственной системы в нулевом приближении по малому параметру $\varepsilon(K_v, P_m) \rightarrow 0$ относительно равновесного состояния производственной системы

	$P_m \rightarrow 0$	$P_m \rightarrow 1$	$P_m \rightarrow \infty$
$K_v \rightarrow 0$ $e \approx K_v$	$\frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m = 0,$ $J_{gen}(\chi \chi \chi) = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = 0,$ $J_{gen}(\chi \chi \chi) = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = 0$ $J_{gen}(\chi \chi \chi) = 0$
$K_v \rightarrow 1$	$\frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m = J_{gen}$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = J_{gen}$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = J_{gen}$
$K_v \rightarrow \infty$ $e \approx 1K_v$	$\frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial m} \cdot \frac{dm}{\partial t} = 0$

Умножив кинетические уравнения в табл. 1 соответственно на 1, m , $\frac{m^2}{2}$ и проинтегрировав по всему диапазону m , получим уравнения балансов макропараметров производственной системы [16] в нулевом приближении по малому параметру $e(K_v, P_m) \rightarrow 0$ относительно равновесного состояния, которые представлены в табл. 2. Данная таблица показывает, что вид уравнений макропараметров производственной

системы, описывающих функционирование технологического процесса, зависит от характерных чисел производственной системы.

В качестве ϕ , o , z (характерные время, шаг по переменной S и скорость изменения затрат) могут быть взяты время производственного цикла T_d , $\phi = T_d$, средняя себестоимость базового продукта S_d , $\xi = S_d$, и средняя скорость изменения затрат за период производственного цикла z_d , $z_d = z$. Величина $\frac{I}{\langle L_{оборуд} \rangle} = L_d$ есть среднее пере-

несение затрат на базовый продукт между единицами оборудования (или длина свободного перемещения базового продукта между технологическими воздействиями). Тогда характерные числа производственной системы примут вид:

$$K_v = \frac{L_d}{S_d}, P_m = \frac{S_d}{T_d \cdot z_d} \quad (33)$$

Подстановка значений времени производственного цикла T_d , средней себестоимости базового продукта S_d , средней скорости изменения затрат за период производственного цикла z_d и средней плотности расположения оборудования вдоль технологической цепочки $\langle L_{оборуд} \rangle$ в выражения для характерных чисел производственной системы (33) дает возможность обосновать выбор модели описания функционирования производственной системы. Данную оценку следует воспринимать скорее как качественную, чем количественную. Однако такой подход обладает тем преимуществом, что позволяет легко сравнивать результаты, соответствующие различным микромоделям, так как уравнение относительно функции распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат $ch(t, S, m)$ (17) в фазовом технологическом пространстве (S, m) , будучи выраженное через макроизмеряемые величины ϕ , o , z , не зависит от вида интеграла

$$L_{оборуд} \cdot \int_0^{\infty} [u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot \tilde{m} \cdot ch(t, S, \tilde{m}) - u[m \rightarrow \tilde{m}] \cdot m \cdot ch(t, S, m)] \cdot d\tilde{m}$$

и может быть представлено в виде уравнения относительно функции распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат через макроизмеряемые величины ϕ , o , z :

$$\frac{\partial ch}{\partial t} + \frac{\partial ch}{\partial S} \cdot m + \frac{\partial ch}{\partial m} \cdot f(t, S) \approx L_{оборуд} \cdot z \cdot [ch - ch_0]. \quad (34)$$

Таблица 2

Вид уравнений балансов макропараметров производственной системы в нулевом приближении по малому параметру $e(K_v, P_m) \rightarrow 0$ относительно равновесного состояния производственной системы

	$P_m \rightarrow 0$	$P_m \rightarrow 1$	$P_m \rightarrow \infty$
$K_v \rightarrow 0$ $\varepsilon \approx K_v$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S} = 0$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t} + \frac{\partial[\chi]_1}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[u]_l}{\partial t} + \frac{\partial[u]_2}{\partial S} =$ $= f(t, S) \cdot [u]_0$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[\chi]_2}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[\chi]_3}{\partial S} =$ $= f(t, S) \cdot [u]_l$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t} = 0,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t} = f(t, S) \cdot [\chi]_0,$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[\chi]_2}{\partial t} = f(t, S) \cdot [\chi]_1$
	$J_{gen}(u) = 0 \Rightarrow \{u[\tilde{m} \rightarrow m] \cdot [u]_l - m \cdot u\} = 0$		
$K_v \rightarrow 1$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[u]_2}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[u]_3}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M}^2 J_{gen}$	$\frac{\partial[u]_0}{\partial t} + \frac{\partial[u]_l}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[u]_l}{\partial t} + \frac{\partial[u]_2}{\partial S} =$ $= f(t, S) \cdot [u]_0 + \int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[u]_2}{\partial t} + \frac{\partial[u]_3}{\partial S} =$ $= 2 \cdot f(t, S) \cdot [u]_l +$ $\int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M}^2 J_{gen}$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t} + \frac{\partial[\chi]_1}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t} + \frac{\partial[\chi]_2}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M} J_{gen}$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t} + \frac{\partial[\chi]_3}{\partial S} = \int_0^\infty d\mathcal{M} \mathcal{M}^2 J_{gen}$
$K_v \rightarrow \infty$ $\varepsilon \approx 1/K_v$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S} = 0$	$\frac{\partial[u]_0}{\partial t} + \frac{\partial[u]_l}{\partial S} = 0,$ $\frac{\partial[u]_l}{\partial t} + \frac{\partial[u]_2}{\partial S} =$ $= f(t, S) \cdot [\chi]_0$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[\chi]_2}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[\chi]_3}{\partial S} =$ $f(t, S) \cdot [u]_l$	$\frac{\partial[u]_0}{\partial t} = 0,$ $\frac{\partial[u]_l}{\partial t} = f(t, S) \cdot [u]_0,$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial[u]_2}{\partial t} = f(t, S) \cdot [u]_l$
	Функция распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат $u(t, S, m)$ в нулевом приближении по $e(K_v, P_m) \rightarrow 0$ не зависит от функции $u[\tilde{m} \rightarrow m]$, описывающей работу технологического оборудования		

При $[c - c_0] = 0$ имеем случай равновесного состояния производственной системы, для которого справедливо тождество

$$J_{gen}(c_0, c_0) = 0. \quad (35)$$

Значение характерного числа K_v изменяется в пределах от нуля до бесконечности, и предусматривают два предельных случая: $K_v \rightarrow 0$ и $K_v \rightarrow \infty$. Эти два случая описывают ситуации, относящиеся к предельно малым и предельно большим изменениям затрат базового продукта между двумя основными операциями.

Класс производственных систем, для которых качественная оценка состояния дает значения коэффициентов $K_v \ll 1$, $P_m \approx 1$, соответствует плотному потоку базовых продуктов вдоль технологической цепочки производственного процесса с высокой концентрацией технологического оборудования. Случай $K_v \gg 1$, $P_m \approx 1$ соответствует производственному процессу, у которого, как правило, малая плотность обрабатывающего оборудования ($L_{оборуд} \rightarrow 0$) вдоль цепочки технологического процесса изготовления базового продукта. Тем самым, базовый продукт проходит большой путь между основными операциями, находясь в свободном, необрабатываемом состоянии, свободно перемещается вдоль технологической цепочки. Под свободным перемещением будем понимать такое движение базового продукта вдоль технологической цепочки производственного процесса, при котором перенос затрат на базовый продукт происходит наперед заданным способом, определяемым инженерно-производственной функцией технологического процесса $f(t, S)$ без наличия отклонения скорости изменения затрат от своего среднего значения. Такой перенос характеризуется функцией $u[m \rightarrow \tilde{m}] = u[m \rightarrow m]$, т.е. после технологической обработки скорость изменения затрат, отнесенных на базовый продукт, может принимать только значение, определенное паспортом оборудования, без каких-то отклонений от паспортной величины.

Таким образом, модель функционирования производственных систем может быть оценена характерными числами. Характерные числа дают качественную оценку функционирования производственного процесса, позволяют подобрать для описания реальной производственной системы соответствующую систему уравнений балансов макроскопических параметров производственной системы (см. табл. 2). Конкретный вид генераторной функции функционирующей производственной системы в случае, близком к равновесному состоянию, может быть заменен через значения времени производственного цикла

T_d , средней себестоимости базового продукта S_d , средней скорости изменения затрат за период производственного цикла z_d и средней плотности расположения оборудования вдоль технологической цепочки $\langle L_{оборуд} \rangle$ характерных чисел производственной системы. Такой подход дает возможность обосновать выбор модели описания функционирования производственной системы. Оценку выбора модели следует воспринимать скорее как качественную, чем количественную. Однако такой подход обладает тем преимуществом, что позволяет легко сравнивать результаты, соответствующие различным микромоделям.

Применение функции Лагранжа производственной системы для расчета продолжительности производственного цикла прямоочной линии предприятия с серийным или массовым выпуском продукции

Одним из основных календарно-плановых нормативов оперативного планирования производства является продолжительность производственного цикла изготовления базового продукта T_d [5, с. 161]. Нормативная продолжительность производственного цикла изготовления базового продукта T_d имеет вид [5, с. 170]:

$$T_d = \sum_{m=1}^{N_m} \frac{\left(\frac{D\phi_{иОм}}{c_m} + D\phi_{иСС} \right)}{s_m q_m} K_{парм} + D\phi_{иест} \quad (36)$$

где $D\phi_{иОм}$ – среднее операционное время;

$D\phi_{иСС}$ – межоперационное время;

c_m – число рабочих мест, параллельно занятых на выполнении операции;

s_m – число рабочих смен в сутках;

q_m – длительность рабочей смены;

$K_{парм}$ – коэффициент параллельности;

$D\phi_{иест}$ – время естественных процессов соответственно для m -й технологической операции ($m = 1, N_m$).

Определение межоперационного времени базового продукта $D\phi_{иСС}$ является наиболее сложным элементом в расчете длительности производственного цикла T_d и его часто устанавливают без должного обоснования [5, с. 170]. Как правило, нормативы среднего межоперационного времени базового продукта $D\phi_{иСС}$ рассчитывает-

ся с учетом особенностей производственных участков и характера обрабатываемых продуктов. Для этого используется обработка обширных статистических наблюдений методом множественной корреляции. Наиболее точно длительность производственного цикла может быть установлена на основании планов-графиков работы производственных участков, представляющих собою расписание прохождения базового продукта вдоль технологической цепочки. При наличии таких графиков длительность производственного цикла T_d и его структура для каждой партии базовых продуктов устанавливается в органическом сочетании с процессами изготовления других партий, обрабатываемых на том же производственном участке с учетом пропускной способности рабочих мест [1, с. 171].

В аналитическом виде движение базового продукта вдоль центральной технологической траектории может быть описано с помощью целевой функции производственной системы в нулевом приближении относительно отклонений технологических параметров производственного процесса от параметров, заданных центральной технологической траекторией [8]:

$$J_{u0}(S_{uv}, M_{uv}) = \frac{1}{2} \cdot \left(M_{uv} - \bar{b}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[y]_{Iuv}}{[y]_0} - \bar{b}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)^2, \quad (37)$$

где S_{uv} (грн) и $\mu_{\psi} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S_{\psi}}{\Delta t}$ (грн./час) соответственно усредненная сумма общих затрат и затрат в единицу времени, перенесенных производственной системой на центральный базовый продукт; $[y]_{Iuv}(S_{uv})$ (шт./час) – производительность технологического оборудования; $[y]_0(S_{uv})$ (шт./грн) – плотность межоперационных заделов; $k_{uc}(S_{uv})$ (грн./час) – средняя интенсивность переноса условно-постоянных затрат за среднее межоперационное время $D\phi_{uc}(S_{uv})$, в течение которого базовый продукт находится в межоперационном заделе между $(m-1)$ -й и m -й технологическими операциями; $\bar{b}_{uv}(S_{uv})$, $\bar{b}_{uc}(S_{uv})$ – коэффициенты пропорциональности между интенсивностью переноса затрат производственным оборудованием на элементы производственной системы и интенсивностью потребления затрат базовым продуктом при его обработке на m -й технологической операции [9]. Каждая технологическая операция характеризуется средним использованием производственных ресурсов $DS_{uv}(S_{uv})$ (грн.), необходимых для осуществления воздействия над базовым продуктом, и средней интенсивностью переноса данных

ресурсов $k_{uu}(S_{uv})$ (грн./час) производственным оборудованием на базовый продукт в соответствии с заданным технологическим процессом. Общая сумма средних затрат $DS_{uu}(S_{uv})$, перенесенных на базовый продукт на технологической операции с межоперационным заделом $N_{uv}(S_{uv})$ может, быть представлена в виде суммы условно-переменных $DS_{uv}(S_{uv})$ и условно-постоянных $DS_{uc}(S_{uv})$ затрат [17, с. 364]:

$$DS_{uu}(S_{uv}) = DS_{uv}(S_{uv}) + DS_{uc}(S_{uv}). \quad (38)$$

Таким образом, технология производства представлена в виде центральной технологической траектории $S_u = S_u(t)$, определяющей среднюю величину и последовательность переноса ресурсов производственной системы на базовый продукт при его движении в технологическом пространстве (S, m) :

$$S_{um} = \sum_{k=1}^m DS_{uk} = \sum_{k=1}^m (\delta_{uvkm} k_{uvkm} D\phi_{uOm} + \delta_{ucm} k_{ucm} D\phi_{uCC}) \quad (39)$$

Функция Лагранжа производственной системы (37) соответствует минимуму целевого функционала.

Соответствующее функции Лагранжа уравнение Эйлера (9) интегрируется в общем виде. При этом нет даже необходимости выписывать само уравнение Эйлера, а следует исходить сразу из его интеграла движения (12)

$$H_{u0} = M_{uu} \cdot \frac{\partial J_{u0}(S_{uv}, M_{uu})}{\partial M_{uu}} - J_{u0}(S_{uv}, M_{uu}) = \frac{1}{2} \cdot \mu_{\psi}^2 - \frac{1}{2} \cdot \left(\delta_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuu}}{[u]_0} + \delta_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)^2 \quad (40)$$

Функция Лагранжа определена с точностью до константы. Если, например, в качестве константы принять максимальное значение $C_1 = \text{Max} \left[\frac{1}{2} \cdot \mu_{\psi}^2 \right]$ вдоль технологической цепочки, то равенство (40) приобретет вид

$$H_{u0C} = \frac{1}{2} \cdot \mu_{\psi}^2 + \Pi(S_{uv}) \quad (41)$$

$$\begin{aligned} \Pi(S_{uv}) = C_1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} + \bar{\sigma}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)^2 > 0, \\ H_{u0c} = H_{u0} + \text{Max} \left[\frac{1}{2} \cdot M_{u^2} \right] \end{aligned} \quad (42)$$

Интегрируя (42) его путем разделения переменных, имеем

$$m_u = \frac{dS_{uu}}{dt} = \sqrt{2 \cdot \left(H_{u0} + \frac{1}{2} \cdot \left(\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} + \bar{\sigma}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)^2 \right)} \quad (43)$$

откуда

$$dt = \frac{dS_{uu}}{\sqrt{2 \cdot \left(H_{u0} + \frac{1}{2} \cdot \left(\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} + \bar{\sigma}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)^2 \right)}} \quad (44)$$

Производя интегрирование вдоль всей технологической цепочки производственного процесса базового продукта, находим длительность производственного цикла T_d

$$T_d = \int_0^{T_d} dt = \int_0^{S_d} \frac{dS_{uv}}{\sqrt{2 \cdot \left(H_{v0} + \frac{1}{2} \cdot \left(\alpha_{vV}(S_{vV}) \cdot \frac{[\chi]_{Iv}}{[\chi]_0} + \alpha_{vC}(S_{vV}) \cdot k_{vC}(S_{vV}) \right)^2 \right)}} \quad (45)$$

Рассматривая случай, при котором производственные ресурсы передаются от технологического оборудования к базовым продуктам без потерь, положим $H_{u0} = 0$. Последнее дает приближенное выражение для длительности производственного цикла T_d и средней скорости потребления затрат m_u .

$$T_d = \int_0^{S_d} \frac{dS_{uu}}{\left(\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} + \bar{\sigma}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right)} \quad (46)$$

$$m_u = \frac{dS_{uv}}{dt} = \left(\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} + \bar{\sigma}_{uc}(S_{uv}) \cdot k_{uc}(S_{uv}) \right) \quad (47)$$

Для большинства производственных систем с массовым выпуском продукции условно-постоянные затраты значительно меньше условно-переменных, откуда следует выражение

$$T_d \approx \int_0^{S_d} \frac{dS_{uv}}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv})} \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0}, \quad M_{uv} \approx \bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[u]_{Iuv}}{[u]_0} \quad (48)$$

Заменяв процедуру интегрирования суммированием и используя выражение для плотности межоперационных заделов

$$[u]_{0m} = \frac{N_{um}}{DS_{um}}; \quad (49)$$

получаем

$$T_d \approx \sum_{m=1}^M \frac{DS_{um}}{\bar{\sigma}_{uvm} [u]_{Iuum}} \sum_{m=1}^M \frac{N_{um}}{\bar{\sigma}_{uvm} [u]_{Iuum}}. \quad (50)$$

Производительность технологического оборудования $[u]_{Iuv}(S_{uv})$ обратно пропорционально среднему операционному времени $D\phi_{uOm}$

$$[u]_{Iuv}(S_{uv}) = \frac{c_m}{D\phi_{uOm}} \quad (51)$$

Для центральной технологической траектории в случае серийного или массового производства справедливо соотношение

$$\left(\frac{D\phi_{uOm}}{c_m} + D\phi_{uCC} \right) = H_{um} \cdot \frac{D\phi_{uOm}}{c_m} \quad (52)$$

Подставляя (10) и (11), получаем привычный вид для расчета длительности производственного цикла T_d технологического процесса в пренебрежении временем естественных процессов $D\phi_{uecm}$

$$T_d \approx \sum_{m=1}^M \frac{\frac{D\phi_{uOm}}{c_m} + D\phi_{uCC}}{\bar{\sigma}_{uvm}} \approx \sum_{m=1}^{N_m} \frac{\left(\frac{D\phi_{uOm}}{c_m} + D\phi_{uCC} \right)}{s_m q_m} K_{нарм} \quad (53)$$

Коэффициент пропорциональности $\bar{\sigma}_{uvm}$ несет следующий технологический смысл

$$\bar{\sigma}_{umVm} = \frac{S_m q_m}{K_{нарм}} \quad (54)$$

Для технологического процесса с серийным или массовым выпуском продукции количество базовых продуктов, находящихся в межоперационном заделе, много больше единицы, $H_{um} \gg 1$, откуда из (52) вытекает соотношение

$$\left(1 + \frac{\frac{D\phi_{uCC}}{\left(\frac{D\phi_{uOm}}{c_m}\right)}}{\left(\frac{D\phi_{uOm}}{c_m}\right)} \right) = H_{um}, \quad \frac{D\phi_{uCC}}{D\phi_{uOm}} \frac{H_{um}}{c_m} \gg 1 \quad (55)$$

Таким образом, длительность производственного цикла T_d (53) технологического процесса с серийным или массовым выпуском продукции определяется межоперационным временем $D\phi_{uCC}$ пребывания базового продукта на m -й технологической операции. Как уже подчеркивалось ранее, межоперационное время пребывания базового продукта на m -й технологической операции $D\phi_{uCC}$ является наиболее сложным элементом в расчете длительности производственного цикла T_d , часто устанавливается без должного обоснования [5, с. 170], связано с количеством базовых продуктов, находящихся в межоперационном заделе, приближенным соотношением (52). Изменение количества базовых продуктов, находящихся в межоперационном заделе, может быть представлено через производительность работы технологического оборудования

$$\frac{dH_{um}(t)}{dt} = [u]_{Iuu(m-1)} \partial_{(m-1)}(t, t_{1(m-1)}, t_{2(m-1)}) - [u]_{Iuuu} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m}), \quad m = 1, N_m, \quad (56)$$

$$[u]_{Iuuu} = \frac{c_m}{D\phi_{uOm}}, \quad (0 \leq t_{1m} < t_{2m} T_d)$$

с начальными условиями для количества базовых продуктов, находящихся в межоперационном заделе

$$H_{um}(0) = H_{um0}, \quad m = 1, N_m \quad (57)$$

Функция $\partial_m(t, t_{1m}, t_{2m})$ определяет членение периода производственного цикла T_d на фазы [5, с.206] с временами начала t_{1m} и оконча-

ния t_{2m} технологической обработки базового продукта на m -й технологической операции:

$$\begin{aligned} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m}) &= 1 \text{ при } t_{1m} \leq t \leq t_{2m} \\ \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m}) &= 0 \text{ при } 0 \leq t < t_{1m} \text{ или } t_{2m} < t \leq T_d \end{aligned} \quad (58)$$

Добавив систему уравнений (56) с начальными условиями (57) к выражению для определения длительности производственного цикла T_d (50), получаем полную систему уравнений расчета длительности производственного цикла T_d

$$T_d \approx \sum_{m=1}^M \frac{N_{um}}{\bar{\sigma}_{uv} [\chi]_{I_{uu}}}, \quad m = 1, N_m, \quad H_{um}(0) = H_{um0}, \quad (59)$$

$$\frac{dH_{um}(t)}{dt} = [\chi]_{I_{uu(m-1)}} \partial_{(m-1)}(t, t_{1(m-1)}, t_{2(m-1)}) - [\chi]_{I_{uu}} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m}).$$

Система уравнений (59) дает условия стационарности производственного процесса

$$\frac{dH_{um}(t)}{dt} = [\chi]_{I_{uu(m-1)}} \partial_{(m-1)}(t, t_{1(m-1)}, t_{2(m-1)}) - [\chi]_{I_{uu}} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m}) = 0, \quad (60)$$

которые могут быть выражены в виде равенств

$$H_{um}(t) = H_{um0} = const \quad (61)$$

или используя свойства (58) функции $\partial_m(t, t_{1m}, t_{2m})$

$$[\chi]_{I_{uu(m-1)}} = [\chi]_{I_{uu}} \quad (62)$$

Используя (51), условие стационарности (или синхронизации) можно записать в более привычном для управления производством виде [5, с. 192, формула (XXXIV-5)]

$$\frac{D\phi_{uO1}}{c_1} = \frac{D\phi_{uO2}}{c_2} = \frac{D\phi_{uO3}}{c_3} = \dots = \frac{D\phi_{uOm}}{c_m} = \dots = \frac{D\phi_{uON_m}}{c_{N_m}} \quad (63)$$

Условие стационарности (63) используется для расчета работы поточных технологических линий. Для того, чтобы работа поточной линии осуществлялась бесперебойно в заданном темпе, необходимо насыщение всех стадий производственного процесса заделами, уровень которых должен быть строго регламентирован. Постоянное значение операционных заделов (61) в течение всего производственного цикла позволяет без особых трудностей определить длительность производственного цикла T_d :

$$T_d \approx \sum_{m=1}^M \frac{H_{um0}}{\bar{\sigma}_{uv} V_m [u]_{Iuuu}}, \quad m = 1, N_m. \quad (64)$$

Величина межоперационных заделов H_{um0} определяется ограничениями, связанными с особенностями технологического процесса, размерами транспортных партий, страховыми заделами и т.д.

Условие стационарности (63) в общем случае построения технологического процесса производственных систем трудно реализуемо. На практике используется методика членения периода производственного цикла T_d на фазы [5, с. 206]. Величина межоперационных заделов $H_{um}(t)$ представляется в виде периодической функции с периодом колебания T_d . Полная система уравнений для расчета длительности производственного цикла T_d представляется в виде

$$T_d \approx \sum_{m=1}^M \frac{N_{um}}{\bar{\sigma}_{uv} V_m [u]_{Iuuu}}, \quad m = 1, N_m, \quad H_{um}(0) = H_{um0}, \quad (65)$$

$$\int_0^{T_d} \frac{dH_{um}(t)}{dt} dt \int_0^{T_d} ([u]_{Iuu(m-1)} \partial_{(m-1)}(t, t_{1(m-1)}, t_{2(m-1)}) - [u]_{Iuuu} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m})) dt = 0.$$

Система уравнений (65) дает условия квазистационарности производственного процесса

$$\int_0^{T_d} ([u]_{Iuu(m-1)} \cdot \partial_{(m-1)}(t, t_{1(m-1)}, t_{2(m-1)}) - [u]_{Iuuu} \partial_m(t, t_{1m}, t_{2m})) dt = 0 \quad (66)$$

Произведя интегрирование по периоду производственного цикла T_d , и учитывая, что характеристики работы производственного оборудования $[u]_{Iuu(m-1)}$ и $[u]_{Iuuu}$ за период производственного цикла не меняются со временем, получаем условия квазистационарности производственного процесса (условия синхронизации производственного процесса).

$$\begin{aligned} [u]_{Iuu(m-1)} \cdot (t_{2(m-1)} - t_{1(m-1)}) - [u]_{Iuuu} (t_{2m} - t_{1m}) &\approx 0 \\ [u]_{Iuu(m-1)} \cdot (t_{2(m-1)} - t_{1(m-1)}) &\approx [u]_{Iuuu} (t_{2m} - t_{1m}) \quad \text{или} \\ \frac{t_{2(m-1)} - t_{1(m-1)}}{[u]_{Iuuu}} &= \frac{t_{2m} - t_{1m}}{[u]_{Iuu(m-1)}} \end{aligned} \quad (67)$$

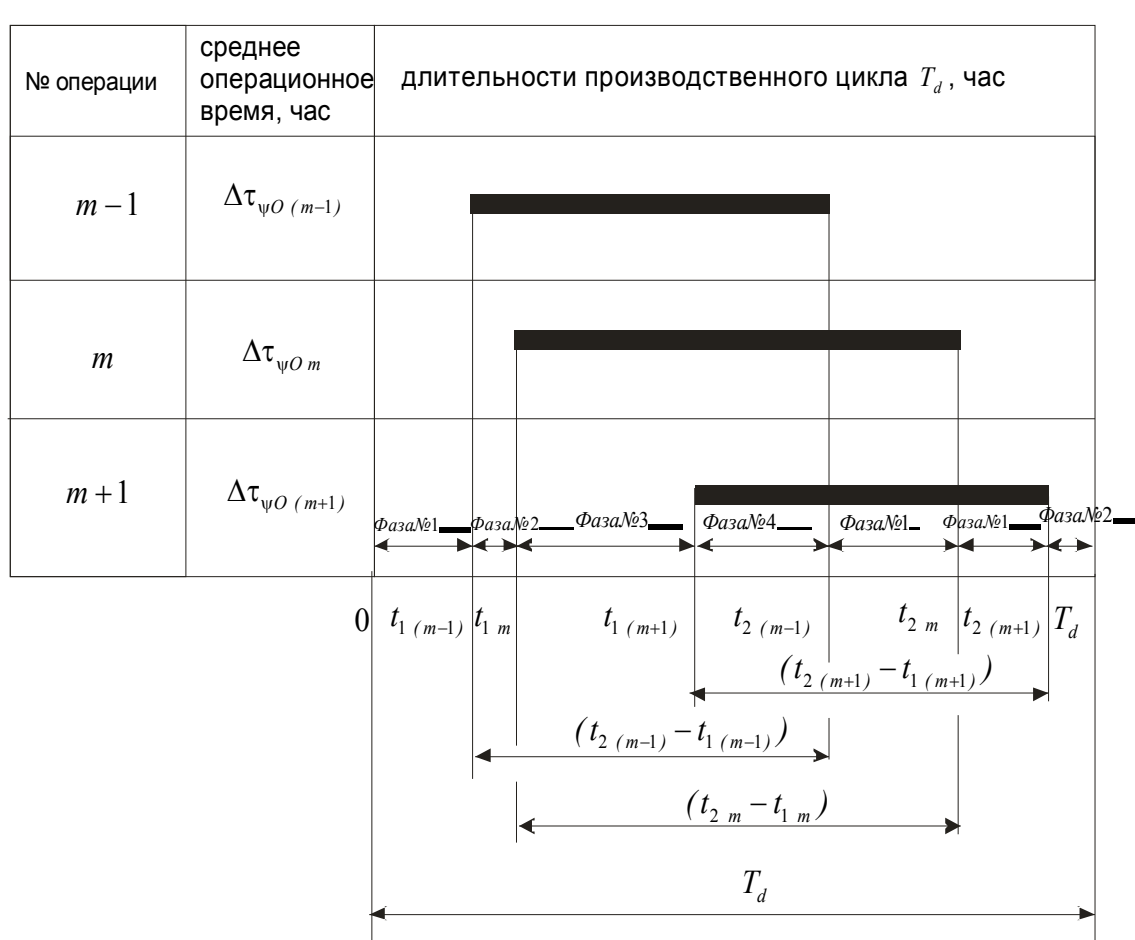


Рис. 3. Разделение производственного цикла на фазы при расчете межоперационных заделов базовых продуктов

Условия (67) можно с учетом (51) $[u]_{I_{sum}} = \frac{c_m}{D\phi_{\psi O m}}$ выразить через основное операционное время

$$\frac{(t_{2(m-1)} - t_{1(m-1)}) \cdot c_{(m-1)}}{D\phi_{\psi O(m-1)}} - \frac{(t_{2m} - t_{1m}) \cdot c_m}{D\phi_{\psi O m}} \quad (68)$$

Расчет изменений межоперационного задела за период производственного цикла T_d по фазам может быть представлен в привычном для управления производством виде [5, с.206, формула (XXXIV-11)]

$$H_{sum}(T_d) - H_{sum}(0) \approx \frac{(t_{2(m-1)} - t_{1(m-1)}) \cdot c_{(m-1)}}{D\phi_{\psi O(m-1)}} - \frac{(t_{2m} - t_{1m}) \cdot c_m}{D\phi_{\psi O m}} \quad (69)$$

Для определения длительности производственного цикла T_d нестационарного значения величины межоперационных заделов техно-

логической цепочки производственного процесса воспользуемся системой уравнений (59).

Как говорилось ранее, для большинства производственных систем с массовым выпуском продукции условно-постоянные затраты значительно меньше условно-переменных. Принимая это во внимание и дополняя равенство (39) выражением для плотности межоперационных заделов

$$T_d \approx \int_0^{S_d} \frac{dS_{uv}}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[q]_{Iuv}}{[q]_0}}$$

$$\frac{\partial [q]_0}{\partial t} = - \frac{\partial [q]_{Iuv}}{\partial S_{uv}} \partial_{uv}(t, S_{uv}, t_1(S_{uv}), t_2(S_{uv})) = \frac{\partial I(t, S_{uv})}{\partial t} \quad (70)$$

получаем систему уравнений для нестационарного состояния межоперационных заделов вдоль технологической цепочки производственного процесса.

Произведение $\frac{\partial [q]_{Iuv}}{\partial S_{uv}} \cdot \partial_{uv}(t, S_{uv}, t_1(S_{uv}), t_2(S_{uv}))$ есть наперед заданная табличная функция от времени t и координаты S_{uv} , определяющая последовательность работы оборудования. Произведя интегрирование выражения (70), получаем

$$[q]_0(t, S_{uv}) = I(t, S_{uv}) - I(0, S_{uv}) = [q]_0(0, S_{uv}) + I(t, S_{uv}). \quad (71)$$

Подставляя (71) в выражение (70)

$$T_d \approx \int_0^{S_d} \frac{dS_{uv}}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot \frac{[q]_{Iuv}}{[q]_0(0, S_{uv}) + I(t, S_{uv})}} \approx \int_0^{S_d} \frac{[q]_0(0, S_{uv}) + I(t, S_{uv})}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot [q]_{Iuv}} dS_{uv}$$

$$\int_0^{S_d} \frac{[q]_0(0, S_{uv})}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot [q]_{Iuv}} dS_{uv} + \int_0^{S_d} \frac{I(t, S_{uv})}{\bar{\sigma}_{uv}(S_{uv}) \cdot [q]_{Iuv}} dS_{uv}. \quad (72)$$

Выражение для определения длительности производственного цикла T_d содержит два слагаемых. Первое слагаемое соответствует длительности производственного цикла при условии сохранения неизменным первоначального состояния межоперационных заделов (64), второе слагаемое представляет собой поправку к длительности произ-

водственного цикла T_d за счет наличия нестационарного состояния межоперационных заделов вдоль технологической цепочки.**

Список литературы

1. Meyer J. R. The Economies of Competition in the Transportation Industries / J. R. Meyer, M. J. Peck, J. Stenason, C. Zwick. – Harvard, 1959. – 381 с.
2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1961. – 341 с.
3. Леонтьев В. В. Исследование структуры американской экономики / В. В. Леонтьев. – М. : Гос. стат. изд-во, 1958. – 640 с.
4. Прыткин Б. В. Техничко-экономический анализ производства / Б. В. Прыткин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 399 с.
5. Летенко В. А. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием / В. А. Летенко, Б. Н. Родионов : В 2 ч. – М. : Высш. шк., 1979; Ч. 2: Внутривзаводское планирование. – 232 с.
6. Занг В.-Б. Синергетическая экономика / В.-Б. Занг. – М. : Мир, 1999. – 335 с.
7. Юхновский И. Р. Термодинамические аналогии в экономике / И. Р. Юхновский // Тез. докл. Междунар. конф. НАНУ “Статистическая физика: Общие проблемы и новые применения”. – Л., 2005. – С. 51.
8. Пигнастый О. М. О построении целевой функции производственной системы / О. М. Пигнастый // Доповіді Національної академії наук України, 2007. – № 5. – С. 50–55.
9. Демуцкий В. П. Теория предприятия: Устойчивость функционирования массового производства и продвижения продукции на рынок / В. П. Демуцкий, В. С. Пигнастая, О. М. Пигнастый. – Х. : ХНУ, 2003. – 272 с.
10. Демуцкий В. П. Стохастическое описание экономико-производственных систем с массовым выпуском продукции / В. П. Демуцкий, В. С. Пигнастая, О. М. Пигнастый // Доп. Нац. акад. наук України. – 2005. – № 7. – С. 66–71.
11. Шананин А. А. Обобщенная модель чистой отрасли производства / А. А. Шананин // Математическое моделирование, 1997, том 9, № 9. – С. 117–127.
12. Венцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Венцель, Л. А. Овчаров. – М. : Высшая школа, 2000. – 383 с.
13. Балашевич В. А. Математические методы в управлении производством / В. А. Балашевич. – Минск : Вышэйш. шк., 1976. – 334 с.
14. Рушицкий Я. Я. Модифікована модель Філіпса-Лоренца для економічної системи (корпорації фірм) із стабільним капіталом / Я. Я. Рушицкий, Т. С. Мілованов // Доп. Нац. акад. наук України. – 1996. – № 12. – С. 36–40.
15. Гончар Н. С. Информационная модель в экономике / Н. С. Гончар // Тез. докл. Междунар. конф. НАНУ “Статистическая физика: Общие проблемы и новые применения”. – Л., 2005. – С. 33.
16. Чернавский Д. С. О проблемах физической экономики / Д. С. Чернавский, Н. И. Старков, А. В. Щербаков // Успехи физических наук. – 2002. – Т. 172. – № 12. – С. 1045–1066.
17. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г. В. Савицкая. – Мн. : Новое знание, 2002. – 704 с.

** Авторы искренне признательны и благодарны профессорам ХНУ им. В. Н. Каразина В. Г. Михаленко, Н. П. Дидиченко, А. А. Дубровину, В. П. Демуцкому и В. Д. Ходусову за обсуждение материалов и ценные замечания при подготовке статьи.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ В НЕСТАБИЛЬНОЙ СРЕДЕ*

В современных условиях трансформации экономики и перехода к рыночным отношениям функционирование и развитие производственно-экономических систем (ПЭС, ПС, предприятий) характеризуются нестабильностью, нелинейностью и динамичностью основных показателей и параметров. На финансово-производственную систему предприятия влияет большое количество возмущений конъюнктурного, инфляционного, социального и другого характера, что приводит к потерям предприятием финансовой стойкости, уменьшению объемов производства, снижению спроса на производимую продукцию и т.д. Поэтому нужно иметь эффективную систему управления и принятия оперативных решений. Актуальным направлением решения этой проблемы является разработка гибкой системы интеллектуального управления предприятием, которая позволяет оперативно диагностировать неблагоприятное состояние финансово-производственной системы предприятия и своевременно приводить в действие механизмы, которые возвращают систему к равновесию [1, 8-10]. При этом основным ресурсом управления предприятием становится информация, которая выполняет интегрирующую роль и является необходимой составляющей при использовании всех других ресурсов. Созданию каждого продукта или услуги предшествует создание информационного продукта, но не каждый информационный продукт принимает участие в материальном производстве.

Все это предопределяет применение для управления предприятием информационных технологий, которые должны быть реализованы с учетом “НЕ-факторов” [8-10]. При высокой динамичности и нестабильности внешней среды возникает необходимость применения методов и подходов новой науки управления, концентрирующей свое внимание на теории сложных систем и нелинейной динамики, с помощью которой сложные системы управления могут эффективно справляться с неопределенностью и быстрыми изменениями. Разработка и использование современных информационных технологий (ИТ) для управления предприятием основываются на внедрении интегрированной технологии обработки информации в условиях использования современных ИТ и создания математических методов и средств

*С. К. Рамазанов, д-р техн. наук, проф., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

компьютерного моделирования. В работе ИТ управления предприятием реализуются путем создания интегрированной интеллектуальной компьютеризированной системы на основе использования экономико-математических методов, компьютерной техники и средств коммуникации, т.е. реализуется принципиально новая платформа управления, что основывается на интеграции управленческой информации посредством механизма обобщения информационной базы данных и знаний. Проблема комплексной автоматизации управления в современных условиях стала более актуальной для каждого предприятия.

Актуализация синергетического подхода (парадигмы) в социально-экономических системах связана с особенностями современной эпохи – экологические кризисы, информационные и демографические взрывы, невиданные социальные и экономические потрясения, интенсивная трансформация общественных институтов, всей социально-культурной сферы приводит к возрастанию нестабильности и неустойчивости процессов функционирования и развития. Синергетический подход к развивающимся системам сейчас уже прочно зарекомендовал себя. Одним из основных методов этого подхода (как и в кибернетике) является математическое моделирование и использование современных информационных технологий. Его необходимость в социально-экономических системах обсуждается уже давно, хотя не всегда в явной форме. Однако бурное развитие оно получило сравнительно недавно.

Сегодня экономическая и экологическая ситуация требует решения ряда актуальных задач. При этом разрабатываемые математические модели исследуемых процессов должны обладать рядом важных свойств, в частности: модель описывает формирующую рыночную экономику с учетом социального (“человеческого”) фактора (через госрегулирование), т.е. с учетом коллективного поведения людей (как в активных системах); модель должна служить для прогнозирования и управления; модель должна давать адекватное и понятное описание механизмов трансформаций и переходных процессов; модель должна быть структурно устойчивой и т.д.

Модели, удовлетворяющие указанным и другим условиям, могут быть использованы как инструмент для принятия стратегических эколого-экономических решений для предприятий, региона, страны.

К сожалению, большинство предлагаемых моделей не удовлетворяют некоторым приведенным выше требованиям.

В ряде случаев основной причиной возникновения нестабильностей (экономико-экологической, социальной и т.п.) является сложность исследуемых процессов и систем из-за наличия нелинейностей, не-

определенностей, нечеткости информации и рисков (т.е. “НЕ-свойств” [8-10]).

В работе рассмотрена проблема создания системы эколого-экономического моделирования и управления предприятием, модель которого описана в общем виде и управление заключается в определении вектора компонент принимаемых эколого-экономических решений, обеспечивающих безопасное функционирование и развитие предприятия. Предложенная интегрированная система эколого-экономического мониторинга и управления безопасностью ПС включает в свою структуру подсистемы интеллектуального управления, поддержки принятия решений, наблюдений и измерений, обработки информации, экономико-экологического мониторинга, управления экономической безопасностью. Учитываются следующие потоки (переменные): переменные ресурсов, переменные информации, управленческие переменные, стохастические возмущающие переменные, переменные угроз и опасностей (как внешних, так и внутренних), переменные загрязнения, поведенческие переменные и др.

При всем этом очень важно отметить, что в современной экономике проблема охраны окружающей природной среды в техногенных регионах страны приобретает первостепенное и глобальное значение.

Реальным и возможно единственным путем преодоления кризиса в теории управления сложными системами является стимулирование интеграционных процессов и развитие современной прикладной теории управления, которая должна учитывать экономические, социальные, экологические требования, безопасность, энергосбережения и многое другое. Обострение опасности техногенных и природных катастроф предъявляет к современной прикладной теории управления весьма жесткие требования. При этом особо следует подчеркнуть, что учет процессов самоорганизации необходим для обеспечения безопасности. Поэтому важное значение для решения проблемы снижения вредного воздействия производственной деятельности производственно-транспортных комплексов (ПТК) на окружающую природную среду в условиях учета рыночных процессов приобретает создание интегрированной интеллектуальной автоматизированной системы экологического мониторинга, управления и принятия управленческих эколого-экономических решений на основе принципов системного и комплексного подхода и методов математического моделирования и идентификации, статистической обработки информации, систем управления базами данных и знаний, методов современной теории управления (в том числе с нечеткой логикой) и компьютерных и информационных технологий [2-5, 8-10]. Необходимо, чтобы разрабатываемые системы

удовлетворяли всем основным принципам, требованиям и стандартам создания систем эколого-экономического мониторинга (СЭЭМ) и управления и были применимы для аналогичных предприятий при создании локальных и региональных СЭЭМ. Заметим, что ПТК является разновидностью ПЭС, т.к. любая экономическая система может быть представлена как совокупность ресурсов и процессов, т.е. $\mathcal{E}C = \langle r, p \rangle$, где $r \in R$ – совокупность ресурсов, а $p \in P$ – совокупность процессов преобразований и обработки, причем в качестве p обычно выступают как производственно-информационные, так и транспортные процессы. В условиях трансформации экономики как и множество R , так P функционирует в условиях нестабильной и трудноформализуемой информации, информационной неопределенности и рисков. ПТК можно также представить как взаимосвязанную структуру, состоящую из производственной подсистемы (П), транспортной подсистемы (ТС) и системы управления (СУ): $\text{ПТК} = \langle \text{П}, \text{ТС}, \text{СУ} \rangle$. ПТК – динамичный микроэкономический объект, который функционирует во времени и пространстве макроэкономической среды.

Данное исследование посвящено актуальной проблеме разработки методов, моделей и информационных технологий экономико-экологического управления ПЭС в условиях нестабильной внутренней и внешней среды. Представляются в целом исследования и полученные решения следующих задач [3, 4, 8-10]:

- исследована и поставлена задача информационного и математического обеспечения систем экономического и экологического управления (ЭЭУ) предприятия с учетом факторов нестабильностей (на примере производственно-транспортных комплексов углеобогажительных фабрик);
- получены модели ЭЭУ предприятием в условиях неопределенностей и рисков, а именно: критерии оптимизация ЭЭУ предприятием, модель динамики управления предприятием с учетом рисков и неопределенностей, нелинейная стохастическая модель управления предприятием, подход анализа и моделирования влияния инновационных процессов на развитие предприятия, модели управления риском в условиях смешанной неопределенности, модели оптимизации инвестиционных проектов предприятия в условиях рисков, подход моделирования динамики риска при многокритериальной оптимизации и в условиях неопределенности и другие;
- получены некоторые решения проблемы интеллектуализации процессов ЭЭУ предприятием в условиях неопределенностей (в том числе смешанных) и рисков, а именно: алгоритмы интеллектуального управления предприятием (синтез гибридного управления

производственным процессом, фузи-нейронная система гибридного управления предприятием), интеллектуальная система моделирования и управления экономическими рисками, интеллектуальная система диагностики кризисного состояния предприятия, интегральная модель интеллектуального управления производственной системой, основанной на знаниях, нечеткая модель ПЭС в условиях корпоративного управления и другие;

- получена синергетическая модель управления эколого-экономической безопасностью предприятия, функционирующего в условиях нестабильности; предложена соответствующая интеллектуальная система управления;
- рассмотрены информационные технологии (ИТ) антикризисного управления (АКУ) предприятием, т.е. проблемы и особенности использования ИТ в АКУ, технология АКУ предприятием;
- исследована задача анализа моделирования процессов с хаотической динамикой для ПЭС и др.

Из-за ограниченности предложенного объема для представления результатов в печати рассмотрим здесь лишь один вопрос – задачу разработки модели и системы эколого-экономического управления безопасностью производственной системы, функционирующей в нестабильной и неопределенной среде. Остальные результаты в основном изложены в работах [8-10].

1. Модель эколого-экономического управления безопасностью ПЭС в условиях нестабильности. Обеспечение и управление безопасностью (экономической, экологической, технологической, информационной и др.), безрисковое функционирование и развитие экономических систем, в частности, промышленных предприятий разного масштаба и в условиях нестабильной внешнеэкономической, политической среды, глобализации и т.п. есть проблема актуальная. Сложность ее решения в том, что любое предприятие (производственно-экономическая система – ПЭС) с одной стороны представляет собой активную систему, а с другой – имеет в целом нестабильную внешнюю среду, обусловленную стохастическими и неопределенными факторами. Следует также подчеркнуть важность решения данной задачи как комплексной эколого-экономической. Поэтому рассмотрение проблемы без глубокого и всестороннего анализа и моделирования процессов контроля состояния и разработки систем управления безопасностью ПЭС с использованием современных методов, подходов моделирования и информационных технологий есть фикция. Сделана попытка изучения процессов моделирования и эколого-экономического управления указанных процессов с позиций теории

систем, методов нелинейной динамики и теории рисков и безопасности [6] и др.

Одной из важных задач данного исследования является комплексный анализ, разработка возможных подходов к мониторингу, моделированию и управлению процессом обеспечения безопасностью, безрисковому функционированию и развитию предприятия (ПЭС) для эффективного воздействия на потенциальные и реальные угрозы, что позволяет ему успешно функционировать в нестабильных условиях внешней и внутренней среды. При этом учитывается, что “безопасность” и “риск” – взаимосвязанные понятия, т.е. если Y – уровень безопасности ПЭС, а X – уровень риска, то $X+Y=I$, и для обеспечения уровня безопасности Y требует от ПС определенных затрат $z = Z(Y)$, где $Z(.)$ – возрастающая функция Y . Эти затраты включают в себя две составляющие – первая связана с переходом на новый уровень безопасности (смена технологии, закупка более совершенных систем контроля, обучение персонала и т.п.), а вторая – с поддержанием этого уровня в течение рассматриваемого периода времени (повышенные издержки при новой, более безопасной технологии, затраты на обслуживание систем контроля и т.д.).

Синергетическая управляемая модель динамики нелинейной ПЭС с учетом стохастичности и хаотичности поведения может быть в общем виде представлена как система уравнений:

$$\dot{x}_i = \left[\lambda_i \xi_i(t) x_i(t) \left[X^0 \pm \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) \prod_{k=1}^j x_k(t) \right] + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_l^2} + w_i \right] + b_i u_i(t), \quad i = \overline{1, n},$$

$$\overline{x}_i(0) = x_{i0}, \quad (1)$$

где $\langle \xi_i, w_i \rangle$ – стохастические возмущающие составляющие модели (как внутренние, так и внешние, т.е. мультипликативно-аддитивная смесь возмущений);

$\{a_{ij}(t)\}$ – нестационарные составляющие модели;

$\{d_{il}\}$ – диффузионные (распределяющие) коэффициенты;

X^0 – предельная величина;

λ_i – параметры, которые обуславливают хаотичность поведения системы.

Такая обобщенная модель позволяет также учесть и то, что как риск, так и уровень безопасности имеют свою динамику и являются стохастическими процессами, а не одномоментными величинами. Например, динамическую модель системы можно задать в виде уравнений $\dot{x} = F(x, u, v, \xi)$; $\dot{v} = g(v, t, \lambda)$, а уравнения наблюдений

(измерений) – как: $Y_x = h_x(x, \zeta_x, t)$, $Y_z = h_z(x, \zeta_z, t)$. Аналогично могут быть заданы другие модели измерений/наблюдений, причем систему уравнений обобщенной эколого-экономической модели можно представить как:

$$\begin{aligned} \dot{k} &= g^k(k, m, I, \tau, z, pr, \lambda), \quad \dot{m} = g^m(k, m, I, \tau, z, pr, \lambda), \\ \dot{I} &= g^I(k, m, I, \tau, z, pr, \lambda), \quad \dot{\tau} = g^\tau(k, m, I, \tau, z, pr, \lambda), \end{aligned} \quad (2)$$

где $x(t)$ – вектор состояния ПЭС, причем $x = (x_1, \dots, x_n)$;
 $y = y(t)$ – вектор выхода (продукция – полезный выход);
 $u = u(t)$ – вектор управляющих воздействий (переменных);
 $v = (k, m, I, pr, \tau)$ – вектор входных переменных;
 $k = k(t)$ – вектор количественных переменных;
 $m = m(t)$ – вектор монетарных переменных (финансы);
 $I = I(t)$ – поток знаний (информация);
 $\tau = \tau(t)$ – вектор технологий (знаний);
 $z = z(t)$ – вектор загрязнений (вредный выход),
 $pr = pr(t)$ – природные ресурсы.

В частности, динамическая модель, основанная на потоках знаний и финансов, может быть представлена как система уравнений вида:

$$\begin{aligned} \frac{d\tau_i}{dt} &= \alpha_1 \tau_i M_i + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \beta_{1k} \tau_k - \gamma_1 \tau_i + \xi_{1i} + u_{1i}, \\ \frac{dM_i}{dt} &= \alpha_2 \tau_i M_i + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \beta_{2k} M_k - \gamma_2 M_i + \xi_{2i} + u_{2i}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \{\beta_{1k}\}, \{\beta_{2k}\}, \gamma_1, \gamma_2$ – неотрицательные константы; τ_i – информационный ресурс (база данных и знаний), используемый для i -й подсистемы (фирмы); M_i – общий капитал (деньги), имеющийся у i -й подсистемы (фирмы); ξ_{1i}, ξ_{2i} – внешние возмущающие воздействия (т.е. влияние внешней среды); u_{1i}, u_{2i} – управляющие воздействия (или принимаемые решения); $\tau_{i0} \leq \tau_i \leq \tau_{iS}$ – обычный диапазон имеющейся для нормального функционирования i -й подсистемы; $M_{i0} \leq M_i \leq M_{iS}$ – необходимый объем капитала i -й подсистемы для нормального функционирования, причем: $\{\tau_{i0}, M_{i0}\}$ – необходимый минимальный объем ресурсов i -й подсистемы, а $\{\tau_{iS}, M_{iS}\}$ – пороговые значения ресурсов, за пределами которых i -я подсистема может быть разделена на несколько дочерних подсистем.

Отметим, что схема распределения i -го конечного продукта предприятия (или продукт i -го предприятия) в упрощенной форме можно представить как функцию вида: $Y_i(t) = I_i(t) + C_i(t) + Z_{iz}(t) + Z_{i\bar{o}}(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$, где Y_i – общий объем выпуска (в денежном выражении), I_i – инвестиционный поток, C_i – поток потребления, Z_{iz} – объем затрат на мониторинг загрязнений и природоохранные мероприятия, $Z_{i\bar{o}}$ – объем затрат на систему обеспечения безопасности ПС.

Обобщенная стохастическая производственная функция предприятия представлена как оператор: $Y_i(t) = F_i[K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i]$. Для интегральной модели динамики ПС в качестве координат вектора состояния и факторов влияния можно использовать следующие переменные: K_i – объем фондов, L_i – труд, I_{ih} – поток инвестиций, Z_i – поток загрязнений, S_i – поток угроз, опасностей и рисков (внешних S_i^1 и внутренних S_i^2), τ_i – банк технологий (знаний), C_i – поток социальных факторов, U_{iS} – поток управленческих решений, а ξ_i – стохастические возмущающие воздействия внешней среды.

Соответствующая динамическая модель предприятия представляется как система дифференциальных уравнений (4):

$$\begin{aligned} \dot{K}_i &= f_{iK}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i), \quad \dot{L}_i = f_{iL}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i), \\ \dot{I}_{ih} &= f_{iI}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i), \\ \dot{Z}_i &= f_{iZ}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i), \quad \dot{S}_i = f_{iS}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i), \\ \dot{\tau}_i &= f_{i\tau}(K_i, L_i, I_{ih}, \tau_i, U_{iS}, \xi_i). \end{aligned} \quad (4)$$

При этом основные технико-экономические переменные вектора состояния можно записать как $\dot{K}_i = -\mu_i(\tau_i, u_{iS})K_i + v_{ih}$, где μ_i – коэффициент амортизации, зависящий от используемых технологий и принимаемых решений; $v_{ih} = H_i(I_h, \chi_i, S_i, C_i, L_i, K_i, \xi_i)$ – темпы внедрения новых фондов, которые определяются оператором H_i , зависящим от ранга выделенных инвестиций I_h , функции распределения выделенных инвестиций по времени внедрения χ_i и сложившейся социально-экономической ситуации на предприятии.

Для описания динамики развития рабочего потенциала можно воспользоваться уравнением $\dot{L}_i = a_{li}MS_i - b_{li}T + \xi_i + u_i$, где MS_i – темпы изменения масштаба производства при сложившейся технологии и социально-экономической обстановке на предприятии $MS_i = MS_i(\bar{K}_i, \tau_i, C_i)$. T – темпы совершенствования технологии, которые

определяются использованием банка технологий знаний и темпами инвестиций, т.е. $T = T(\tau_i, I_{ih})$.

Динамику изменения потока инвестиций можно представить как

$$\dot{I}_{ih} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{d\sigma}{dt} \varphi_i(K_i, L_i) + \sigma \left(\frac{\partial \varphi_i}{\partial K_i} \dot{K}_i - \frac{\partial \varphi_i}{\partial L_i} \dot{L}_i \right) \right],$$

где $\sigma = \sigma(U_{is}, S_i, C_i)$ – нормативные координаты отчислений капитала на инвестиции, которые определяются не только управляющими воздействиями, но и потоком угроз, опасностей и рисков; $\varphi_i = \varphi_i(K_i, L_i)$ – производственные функции, значения которых определяются объемом задействованных производственных ресурсов (K_i, L_i) .

Для формирования уравнения, описывающего динамику потока загрязнений, необходимо в фондах выделить ту их часть, которая работает на снижение загрязнений – K_{zi} .

Тогда можно записать, что: $\dot{Z}_i = a_{zi} \dot{K} - b_{zi} I_{ih} + \xi_i$, где $a_{zi} = a_{zi}(K_i, K_{zi}, I_z)$ – коэффициент, учитывающий физико-химические возможности по снижению объемов загрязнений существующими технологиями. Следует отметить, что a_{zi} имеет сугубо нелинейный характер, а при достижении критических соотношений между параметрами K_i и K_{zi} , которые являются бифуркационными параметрами, $I_{ih} = I_{ih}(\dot{I}_z, T, \tau_i)$ – темпы внедрения новейших технологий, которые зависят от инвестиционных процессов в охране технологии, внедряемых новых производственных процессов и потока новых технологий и знаний, коэффициент $b_{zi} > 0$.

Отметим, что в анализируемых уравнениях подавляющая часть коэффициентов, функций и операторов являются принципиально нелинейными типа скачка (которые обычно могут привести у неустойчивому или хаотическому характеру).

Вариант эколого-экономической модели ПЭС. Так как приращение (рост) загрязнения равняется разности между объемом произведенного загрязнения и объемом уничтоженного загрязнения за счет непосредственной борьбы (охраны) с ним, так и в результате естественной убыли (ассимиляции), динамику загрязнения в общем виде можно описать следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{Z} = Z^+ - Z^-, \quad (5)$$

где для одной ПС $Z^+ = \gamma f(k)$, $Z^- = \lambda(1 - \alpha - \beta)f(k) + \delta z$, а для региональной экономики в целом (в случае взаимной независимости ПС):

$$Z^+ = \sum_1^n \gamma_i f_i(k_i), \quad Z^- = \lambda \sum_1^n (1 - \alpha_i - \beta_i) f_i(k_i) + \delta z.$$

Вариант задачи оптимального управления ПС. Пусть норма накопления $\rho = \alpha = \alpha(t)$ – переменная величина. Тогда удельное потребление есть $c(t) = (1 - \alpha(t))(1 - a)f(k) = (1 - a)f(k) - \alpha(t)(1 - a)f(k)$ или $\alpha(1 - a)f(k) = (1 - a)f(k) - c(t)$.

Следовательно, уравнение динамики фондов примет вид

$$\dot{k} = -(\mu + \nu)k + \alpha(1 - a)f(k) = -(\mu + \nu)k + f(k) - c,$$

$$\text{или } \dot{k} = f(k) - (\mu + \nu)k - c(t), \quad k(0) = k_0. \quad (6)$$

В частности, если $Y = F(K, L)$, $Y = I + C$, то динамическая модель изменения фондов с учетом запаздывания инвестиционных потоков (с распределенным лагом и когда функции ядра $h(t - \tau) = h_0 \exp(-r(t - \tau))$, т.е. для стационарного случая) примет следующий вид (7). При этом заметим, что поток инвестиций также является стохастическим процессом.

$$\begin{cases} \dot{K} = -\mu K + I_h(t), \quad K(0) = K_0, \\ \dot{L} = \nu L \quad \text{или} \quad L = L_0 e^{\nu t}, \quad L(0) = L_0, \quad \text{или} \\ \dot{I}_h = -r I_h + h_0 I, \quad I_h(t_0) = h_0 I(t_0). \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{k} = -(\mu + \nu)k + i_h(t), \quad k(0) = k_0, \\ (i_h)' = -(r + \mu + \nu)i_h + h_0 \rho f(k), \quad i_h(0) = i_{h0} \\ c = (1 - \rho)f(k), \quad (\rho \equiv \alpha). \end{cases} \quad (7)$$

Уравнение (6) является основной динамической моделью, управляемой ПС. В качестве управляющей переменной можно взять удельное потребление $c(t) = C(t)/L(t)$ или норму накопления ρ , а переменную состояния – $k(t)$ – фондовооруженность, т.е. $k(t) = K(t)/L(t)$.

Как известно из [9], нелинейная динамическая модель системы при логистическом характере изменения L имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{k}(t) = \alpha f(k) - n_0(1 - \eta(t))k(t), \quad k(t_0) = k_0, \\ c(t) = (1 - \alpha)f(k), \\ \dot{\eta}(t) = n_0 \eta(t)(1 - \eta(t)), \quad \eta(t) \equiv L(t)/L_{\max}, \\ \eta(t_0) = L_0/L_{\max}. \end{cases}$$

Для ПС в качестве эколого-экономической модели динамики можно рассмотреть уравнения (6) и (5) (или (7)) с вектором состояния $x = (k, z)$ и управляющим вектором параметров (переменных) $u = (\alpha, \beta)$.

Теперь задачу оптимального управления ПС можно представить в следующей постановке. Пусть интегральная модель динамики ПС есть – (5), (6). В качестве функции полезности рассматривается функция $U(q) \equiv U(k, z, \alpha, \beta) \equiv U(x, u)$, а функционал эффективности –

$$J(q) = \int_{t_0}^T \exp(-\delta t) U(q(t)) dt$$

и критерий оптимального управления есть

$$J(q) \rightarrow \max_{q \in Q} (opt)$$

при множестве ограничений

$$Q = \{(\alpha, \beta, k, z) \mid 0 \leq \alpha, \beta \leq 1; \alpha + \beta \leq 1, k(t_0) = k_0, z(t_0) = z_0\}$$

или

$$Q = \{(\alpha, \beta, k, z) \mid k(t_0) \in K_0, k(T) \in K_T, z(t_0) \in Z_0, z(T) \in Z_T; \\ 0 \leq \alpha, \beta \leq 1, \alpha + \beta \leq 1\}.$$

Для решения подобных задач оптимизации управленческих решений можно воспользоваться большим арсеналом методов, например, методами, основанными на вариационных принципах, методом динамического программирования (принципом оптимальности Беллмана), принципом максимума Понтрягина, методом функции Ляпунова, методом, основанным на критерии обобщенной работы Красовского и т.д.

2. Интеллектуальная система управления эколого-экономической безопасностью предприятия. Проблема создания интеллектуальных систем управления эколого-экономической безопасностью предприятия (ИСУЭЭБП) с учетом неопределенности и нестабильности его внешней среды является актуальной. Целью управления безопасностью предприятия является системный анализ и эффективное воздействие на потенциальные и реальные как внешние, так и внутренние угрозы, позволяющие успешно функционировать предприятию в нестабильных условиях [6, 8].

При создании ИСУЭЭБП необходимо использовать новые методы, модели, современные подходы и принципы, а именно: размытость, неопределенность и смешанность информации; элементы интеллектуальности; гибридизация информации (априорной и апостериорной), моделей (формальных и качественных) и критериев/решающих правил (линейная, нелинейная, экспертная, иерархическая и т.п.); принципы самоорганизации (синергетический аспект); адаптивность, обучаемость, быстрота и параллельность алгоритмов обработки; искусственные нейросети и др. [2, 5, 7, 9, 11].

При автоматизации процесса оценки состояния и управления безопасностью ПЭС приходится сталкиваться с неопределенностью исходной информации и нестабильностью внешней среды. Использование систем управления с детерминированными и стохас-

тическими базами данных не обеспечивает требуемого качества процессов управления и принятия решений. Поэтому возникает необходимость создания интеллектуальных систем – ИСУЭЭБ, учитывающих неопределенности нечеткого характера и нестабильности внешней среды.

Модель ПЭС описывается в динамике в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\dot{x}^* = f(x^*, u^*), x^* \in X, u^* \in U,$$

где x^*, \dot{x}^*, u^* – базовые переменные, соответственно нечетких множеств признаков, их изменения и параметры (управления). Эталонная модель синтезируемой системы задается.

Ставится задача создания ИСУЭЭБ с нечеткой базой знаний, обеспечивающей желаемую нечеткую характеристику системы, причем архитектура принимается в виде трехслойной “feedforward” структуры. Входные терм-множества лингвистических переменных e и \dot{e} после масштабирования с коэффициентами $k_e, k_{\dot{e}}$ поступают на фузификатор, на выходе которого получаются нечеткие переменные \tilde{y}, \tilde{y}' с представлением LR -типа. Данные сигналы после умножения на нечеткие весовые коэффициенты \tilde{w}_{ij} суммируются для формирования результирующего сигнала, \tilde{w}_{ij} – представляется в принятой модели как нечеткое число с LR -представлением. Порог нечеткого нейрона в отличие от обычного нейрона принят как \min . Аналогично функционируют нечеткие нейроны и других двух слоев. Теперь необходимо определить такие нечеткие значения \tilde{w}_{ij} , чтобы, как было отмечено выше, характеристика конструируемой системы регулирования совпала с желаемой. Для этого производится обучение НС с помощью алгоритма с использованием нечеткой арифметики. Вся нечеткая арифметика реализована для нечетких чисел ($L-R$) – типа [2, 5, 11].

Основные требования, предъявляемые к системе: возможность работы в оперативном режиме, адаптируемость, быстрая приспособляемость к конкретным ситуациям, компактность реализации, возможность интеграции и др. Наиболее адекватным классом таких систем, отвечающим указанным требованиям, являются системы управления, основанные на нечетких нейронных сетях со смешанной базой [2, 7, 11]. БЗ реализована на основе нейронных сетей (НС), в связи с чем конструирование желаемой БЗ эквивалентно определению рациональной архитектуры и матрицы весовых коэффициентов синтезируемой НС. Архитектура разрабатываемой НС представляет собой

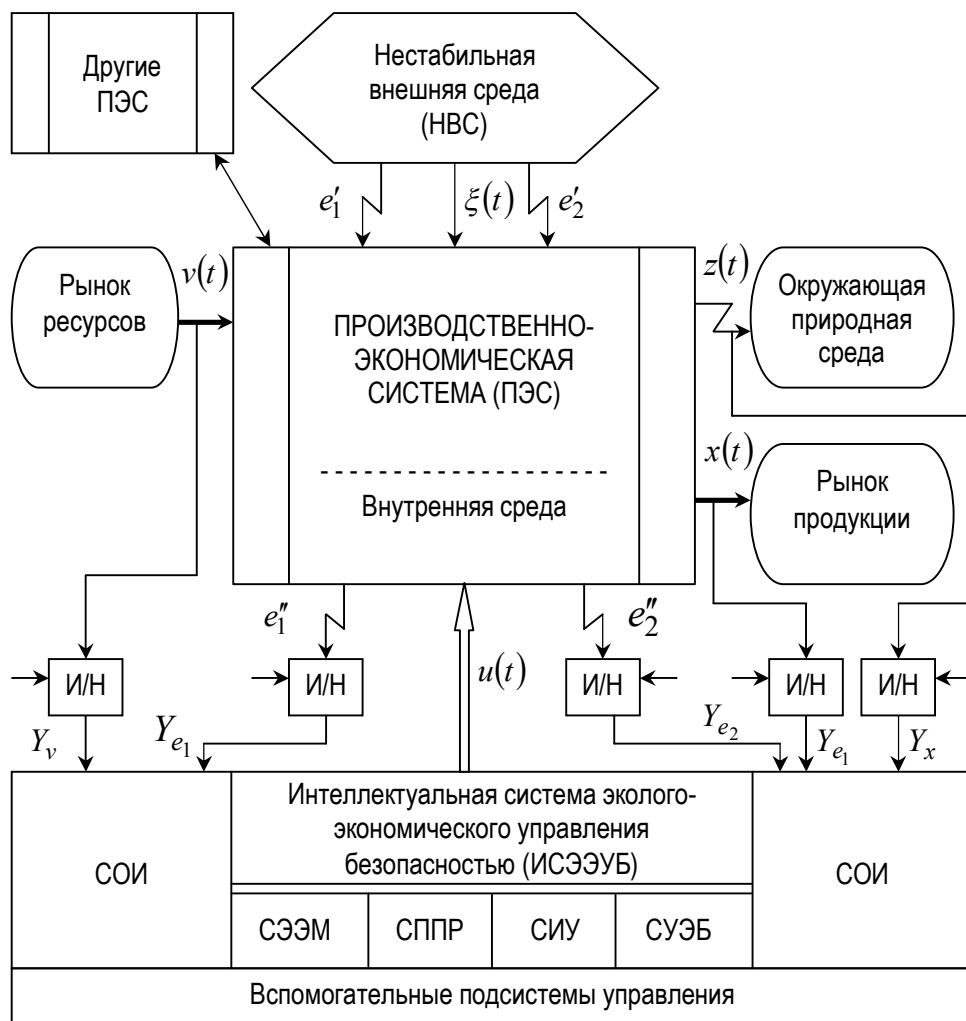


Рис. 1. Обобщенная структура интегрированной системы ЭЭУБ ПЭС

Рассматриваются задачи экономико-математического моделирования с учетом “НЕ-факторов” как основа информационных технологий ЭЭУ предприятием. Определены основные проблемы информатизации эколого-экономического моделирования и управления (ЭЭМУ) ПЭС в условиях трансформационной экономики для промышленного предприятия и рассматривается решение этих проблем в динамике при наличии неопределенностей информации, рисков, нелинейностей и нестабильностей. Разработаны элементы интегрированной интеллектуальной системы эколого-экономического мониторинга, моделирования и управления предприятием, модели оптимизации управления в ЭЭМУ, подходы диагностики кризисного состояния, особенности и технологии антикризисного информационного управления и т.д. С общесистемных и синергетических позиций рассмотрена проблема эколого-экономического моделирования и управления безопасностью

ПЭС в условиях ее функционирования в нестабильной и рискованной среде. Предложена обобщенная модель динамики и структура интегрированной интеллектуальной системы мониторинга и управления безопасностью ПЭС.

В перспективе следует провести следующие исследования и разработки: моделирование процессов при учете взаимодействий между различными ПЭС (их сотрудничество, корпоративность, конкуренция и т.п.); разработку стохастических моделей динамики управления ПЭС (в том числе нестационарных), использование обобщенных производственных функций и разработку эколого-экономических моделей в условиях экономики знаний; оптимизацию управления эколого-экономической безопасностью; разработку пространственных моделей динамики ПЭС.

Список литературы

1. Бакаев О. О. Мікроекономічне моделювання і інформаційні технології : монографія / О. О. Бакаєв, В. І. Грищенко, Л. І. Бажан, Л. О. Бакаєв. – К. : Наукова думка, 2003. – 182 с.
2. Борисов А. Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. – М. : Радио и связь, 1989. – 348 с.
3. Воронкова А. Е. Современные технологии управления промышленным предприятием : монография / А. Е. Воронкова, А. В. Козаченко, С. К. Рамазанов, Л. Е. Хлапенев. – К. : Либра, 2007. – 256 с.
4. Воронкова А. Е. Моделювання управління конкурентоспроможністю підприємства: еколого-організаційний аспект : монографія / А. Е. Воронкова, С. К. Рамазанов, О. В. Родіонов. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2005. – 368 с.
5. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе / Л. А. Заде // Классификация и кластер. – М. : Мир, 1980. – С. 208-247.
6. Козаченко А. В. Экономическая безопасность предприятия: Сущность и механизмы обеспечения : монография / А. В. Козаченко, В. П. Пономарев, А. Н. Ляшенко. – К. : Либра, 2003. – 280 с.
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с пол. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
8. Рамазанов С. К. Методы и информационные технологии управления предприятием в условиях нестабильностей : монография / С. К. Рамазанов, В. Ю. Припотень. – Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2006. – 216 с.
9. Рамазанов С. К. Модели эколого-экономического управления производственной системой в нестабильной внешней среде : монография / С. К. Рамазанов. – Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2004. – 384 с.
10. Рамазанов С. К. Технології антикризового управління : монографія / С. К. Рамазанов, О. П. Степаненко, Л. А. Тимашова. – Луганск : СНУ ім. В. Даля, 2004. – 192 с.
11. Timothy J. Ross. Fuzzy logic with engineering applications / Timothy J. Ross. – New York : McGraw-Hill, 1995. – 600 p.

ПОЄДНАННЯ СИМУЛЬТАТИВНОГО ТА ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМІВ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧІ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ*

На сучасному етапі розвитку інформаційних систем і технологій з'являються нові методи та методології, які надають цілком нові можливості.

Розглянемо новий підхід до розв'язання задачі календарного планування, яка являє собою класичний приклад оптимізаційної комбінаторної задачі. Вона має певну цільову функцію, а для її вирішення необхідно відібрати варіанти організації виробничого процесу.

Джонсон був першим, хто розв'язав цю задачу для випадку двох станків. Потім вона розглядалася видатним радянським науковцем А. Л. Лур'є, який використовував математичне програмування, зводячи задачу Джонсона до задачі нелінійного програмування. Серед лінійних цілочисельних моделей найбільш вдалою, на думку МIRONОСЕЦЬКОГО [1], є модель, описана у роботі МЕНА.

На сьогодні існують якісно нові підходи до розв'язання подібних задач (зокрема, оптимізаційних задач різних видів). Найбільш прийнятним виступає використання генетичних алгоритмів для побудови оптимальних календарних планів.

Для ефективного використання генетичних алгоритмів необхідно структурувати та описати проблему з використанням алгоритмічної мови, що дає можливість реалізувати більшу кількість можливих сценаріїв шляхом аналізу та формалізованого опису додаткових умов – саме такий результат передбачає використання симультативних методів.

Раніше генетичні алгоритми використовувалися без подібного формалізованого опису, що не дозволяло отримати точне уявлення, а також не давало можливості прогнозувати хід виконання програми. Нашим завданням є запропонувати варіант, акцентований на поєднанні симультативних методів та генетичних алгоритмів.

Генетичні алгоритми являють собою чудовий інструмент для розв'язання оптимізаційних задач, проте вони самі не є розв'язком. Кожен з науковців, який застосовував генетичні алгоритми для вирішення задачі календарного планування, надавав своє бачення даної проблеми. До того ж більшість подібних досліджень проводилися західними вченими, такими, як Matthew Bartschi Wall, який увагу акцентував на використанні генетичних алгоритмів у календарному

*І.О. Ліпецька, аспірантка, Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана

плануванні з урахуванням обмеженості ресурсів та виконання операцій, зважаючи не на їх послідовність, а на часові межі [2].

Подібні дослідження проводив David J. Montana, головна ідея яких полягає у наступному: покращена система календарного планування з використанням генетичних алгоритмів включає в себе систему кодування та перевірки інформації в умовах жорстких обмежень [3].

Більший акцент на генетичні алгоритми та оптимальні параметри їх застосування для розв'язання задачі календарного планування зроблено у дослідженні [4]. В такому напрямку дослідження проводилися багатьма іншими науковцями, які розглядали шляхи розв'язання даної задачі, виходячи з власних міркувань щодо певних її аспектів. Серед таких робіт можна назвати [5, 6] та ін.

Кожна із зазначених робіт орієнтована на певний аспект задачі календарного планування. У нашому дослідженні увага приділяється побудові максимально адекватної та реалістичної економіко-математичної моделі з огляду на застосовувану методику алгоритмічного опису шляхом використання симульативних методів (з метою покриття якомога більшої кількості можливих сценаріїв розгортання подій під час розв'язання) з урахуванням генерації рішень шляхом використання генетичних алгоритмів.

Суть задачі календарного планування зводиться до того, що якщо у наявності є n станків та m деталей, то необхідно розробити таку послідовність виконання операцій на цих станках з обробки цих деталей, щоб значущий для розробника плану критерій набував найкращого/оптимального значення.

Одним із істотних обмежень, що створює специфіку даної задачі, є наявність технологічного маршруту (технології) виготовлення деталей, тобто існує цілком визначена послідовність виконання операцій, яку необхідно обов'язково врахувати, розробляючи календарний план.

Зважаючи на структуру вхідних даних, математичну модель задачі найкраще подати у вигляді відповідних матриць (така математична модель була вперше запропонована в [7]).

Сукупність технологічних маршрутів за умови виключення повторної обробки деталі на станках можна подати у наступному вигляді:

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{pmatrix},$$

де q_{ij} – номер операції, яка виконується над j -ю деталлю на i -му станку ($q_{ij} = 0$, якщо обробку деталі на даному станку не передбачено).

Наступна матриця показує поопераційну трудомісткість і використовується безпосередньо для розрахунку тривалості робіт:

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & t_{m2} & \dots & t_{mn} \end{pmatrix},$$

де t_{ij} – час обробки j -ї деталі на i -му станку.

Якщо ж якась деталь не обробляється на певному станку, то відповідна трудомісткість дорівнює нулю.

Наведена вище модель відповідає випадку, коли не відбувається повторна обробка деталі на певному станку. Якщо ж деталь на деяких станках проходить декілька операцій, тоді матрицю технологічних маршрутів варто представити у наступному вигляді:

$$Q = \{i_{uj}\},$$

де i_{uj} – номер станка, на якому виконується u -та операція j -ї деталі ($j = 1, 2, \dots, n; u = 1, 2, \dots, U$).

Позначимо m_j – число операцій по виготовленню j -ї деталі. Тоді $U = \max_i \{m_j\}$, а $i_{uj} = 0$, якщо $u > m_j$.

Якщо матриця технологічних маршрутів була подана у такому вигляді, тоді відповідним чином необхідно змінити і матрицю поопераційних трудоємкостей, яка в такому випадку набуде наступного вигляду:

$$T = \{g_{uj}\}, \quad (j = 1, 2, \dots, n; u = 1, 2, \dots, U),$$

де g_{uj} – час виконання u -ї операції j -ї деталі;

$$g_{uj} = 0 \text{ для усіх } u > m_j.$$

Якщо цільовою функцією було обрано зменшення часу простою станків, то необхідно оцінити різницю між часом завершення останньої з операцій на певному станку та загальною тривалістю виконання операцій на даному станку. Наявність такої різниці свідчатиме про можливість подальшої оптимізації розроблюваного календарного графіка. Тобто, якщо τ_{ij} – це час завершення обробки j -ї деталі на i -му станку, а t_{ij} – час обробки j -ї деталі на i -тому станку, тоді цільова функція набуде вигляду $F_x = \min (\max_j \tau_{ij} - \sum_{j=1}^n t_{ij})$.

Наведена математична модель задачі календарного планування виступає базовою і може бути доповнена та відповідно розширена рівняннями-обмеженнями, які відповідають специфічним умовам виробництва.

Тепер спробуємо розв'язати цю задачу, використовуючи новітні методи.

Для початку звернемося до симультативних методів. Вперше це поняття було використано у [7], відповідно до якого “всяка математична модель економічного об'єкта, у якій множина допустимих планів або цільова функція, або і те і інше задані алгоритмічно, називається симультативною моделлю. Алгоритм, який дозволяє за скінченне число операцій отримати допустимий план, називається симулятором. Одночасове застосування симулятора прийнято називати симуляцією”.

Тобто для використання симультативних алгоритмів у даній моделі необхідно побудувати стимулятор, який являтиме собою алгоритмічний опис послідовності виконуваних операцій із зазначенням усіх умов типу if...else.

Поетапна схема реалізації симультативного алгоритму для використання у задачі календарного планування набуває наступного вигляду:

- 1) введення масивів даних, серед яких зазначаються:
 - а) номери станків;
 - б) номери деталей;
 - в) номер операції;
 - г) тривалість операції;
 - д) інші дані, залежно від обраного критерію;
- 2) встановлення параметрів програми з генерації популяцій з використанням генетичних алгоритмів:
 - а) зазначення цільової функції;
 - б) зазначення діапазону змінних;
 - в) встановлення коефіцієнта мутації;
 - г) встановлення коефіцієнта схрещування;
 - д) зазначення умови виходу із циклу:
 - час генерування нових значень;
 - кількість ітерацій;
 - досягнення певного значення цільової функції;
- 3) запуск генетичного алгоритму:
 - а) визначення початкової популяції та обчислення пристосованості особин у популяції, а також середнього рівня пристосованості по популяції;
 - б) перевірка умови виходу з циклу (див. пункт 2.д) ;

- в) обрання батьківських хромосом для схрещування;
- г) формування генотипу потомку;
- д) елімінування однієї з існуючих хромосом з існуючої генерації;
- е) визначення рівня пристосованості потомка та перерахування середнього рівня пристосованості по популяції;
- є) перехід до кроку 3.б.

В описі вищенаведеного симультативного алгоритму використовувалися поняття з [8], специфічні для методу розв'язання оптимізаційних задач шляхом використання генетичних алгоритмів.

Самі ж генетичні алгоритми являють собою процедури пошуку, що базуються на механізмах природного добору та наслідування. Завдяки застосуванню генетичних операторів (схрещування та мутації) генетичні алгоритми дозволяють суттєво наблизитися до глобального екстремуму функції.

Послідовність кроків, які виконуються при генеруванні нових популяцій розв'язків, було наведено у схемі симультативного алгоритму.

Щодо самої моделі, то її базовою частиною є матриці номерів станків – номерів операцій – тривалості операцій, при цьому важливу роль відіграє набір послідовностей виконання операцій, на базі якого розраховується значення цільової функції.

Зазначена модель може включати у себе обмежуючі параметри, які пов'язані з різноманітними варіантами реалізації процесу виробництва у житті. З огляду на це можливі ремонтні роботи, специфічні умови, пов'язані не тільки із послідовною, але і з паралельно-послідовною обробкою деталей.

Зважаючи на описану вище нову методику розв'язання задачі календарного планування, було розроблено базову модель з урахуванням вимог до структури даних та обмежень, які накладаються умовою використання генетичних алгоритмів. Симультативні методи дозволили нарешті отримати чітку картину того, як саме і з якими обмеженнями проходить процес розв'язання шляхом використання генетичних алгоритмів.

Дане дослідження було акцентоване на методиці (способі розв'язання). У даному випадку йдеться про поєднання симультавних методів та генетичних алгоритмів для побудови оптимального календарного плану, проте увагу також було приділено постановці задачі та формулюванню її таким чином, щоб модель була максимально реалістичною і давала можливість максимально ефективно застосувати розроблений спосіб розв'язання даної задачі.

Таким чином, використання генетичних алгоритмів для розв'язання задачі календарного планування є цілком виправданим і несе в собі нові можливості отримання якісно нових (зважаючи на глобальність пошуку рішення) календарних планів. При цьому генетичні алгоритми, з одного боку, не вимагають побудови складних математичних моделей, а з іншого, дозволяють вводити велику кількість актуальних для певного виробництва параметрів (оскільки генетичні алгоритми спираються на ряд змінних, з якими і відбуватиметься генерація нових варіантів, при цьому враховуючи обмеження, введені у задану модель).

Сучасні технічні засоби дозволяють проводити імітацію у максимально стислі строки, орієнтуючись при цьому на конкретні умови виходу з циклу генерації нових популяцій розв'язків.

Розмірність задачі, яка раніше становила собою нездоланну перешкоду, залишається вагомим фактором, проте тепер розрахунки набувають меншої розмірності та складності. В той же час генерація нової популяції створює одного нового потомка, включення якого до попередньої популяції змінює розв'язок і має поступово покращувати значення цільової функції в напрямку зростання (якщо оптимізується максимум певної функції) або спадання (якщо задача спрямована на побудову календарного плану з акцентом на мінімізації значення критерію).

Симультивні методи дозволяють чітко окреслити послідовність виконання програми та відстежувати моменти виконання необхідних умов, структурувати інформацію та виявити усі точки входу та виходу. Зважаючи на використання ЕОМ при розв'язанні будь-якого роду задач у наш час (таке використання є цілком виправданим, оскільки значно зменшує витрати), використання симультивних алгоритмів є цілком необхідним і в тій або іншій мірі використовувалося вже давно, хоча і не було формалізовано.

Тобто використання симультивних методів для розв'язання задач, подібних до задачі календарного планування, є необхідною і логічною умовою побудови такого розв'язку, який би враховував більшість умов, був послідовним та логічно структурованим, тоді як генетичні алгоритми довели свою потужність та масштабність при розв'язанні оптимізаційних і комбінаторних задач.

Подальші дослідження планується проводити у напрямку вдосконалення та покращення схеми симулятора, підбору та обґрунтування найрелевантніших параметрів для генерації популяцій при використанні генетичних алгоритмів. При цьому відповідним чином буде модифікуватися використовувана економіко-математична модель.

Список літератури

1. Мироносецкий Н. Б. Экономико-математические методы календарного планирования / Н. Б. Мироносецкий. – Новосибирск : Наука, 1973. – С. 211.
2. Matthew Bartschi Wall. A Genetic Algorithm for Resource-Constrained Scheduling / Bartschi Wall Matthew. – USA, Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology, 1997. – P. 62.
3. David J. Montana System and method for genetic algorithm scheduling systems / J. David. – USA : BBN Corporation, 1998. – P. 73.
4. Park L.-J. Genetic algorithms for job-shop scheduling problems based on two representational schemes / L.-J. Park and C. H. Park. – Stevenage, UK : IEE/Electron. Lett., vol. 31, № 3, 1995. – P. 205–207.
5. Cao H. GA with hierarchical evaluation: A framework for solving complex machine scheduling problems in manufacturing / H. Cao, H. Xi, Y. Luo, and S. Yang. – Conf. Genetic Algorithms in Eng. Syst.: Innovations and Appl. Stevenage, U.K. : IEE/ Conf. Publ. 446, 1997. – P. 326–331.
6. Gen M. Solving job shop scheduling problems by genetic algorithms / M. Gen, Y. Tsujimura, and E. Kubota. – Piscataway, NJ : IEEE/Proc. 1994 IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern 1994. – P. 1577–1582.
7. Сытник В. Ф. Математические модели в планировании и управлении предприятиями / В. Ф. Сытник, Е. А. Карагадова. – Киев, 1985. – С. 216.
8. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – Москва, 2006. – С. 383.

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗВИТИЯ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ*

Водоснабжение и водоотведение являются важнейшими системами жизнеобеспечения населения городов и сел, от четкого функционирования которых в определённой мере зависит жизнь и здоровье людей, экологическое состояние водоемов и земель.

В настоящее время положение водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) характеризуется тяжёлым финансовым состоянием, причины которого носят технический, экономический и социальный характер.

Значительное уменьшение инвестиций в коммунальное хозяйство привело к резкому росту аварий водопроводных объектов. Только в городских сетях в аварийном положении находится 19,9 тыс. км трубопроводов, водопроводные сети не имеют внутреннего антикоррози-

*Е. И. Славута, Харьковская национальная академия городского хозяйства

онного покрытия, $\frac{1}{4}$ часть водопроводных очистных сооружений и сетей (в стоимостном выражении) практически отработали срок амортизации, закончился срок амортизации практически каждой пятой насосной станции. Так, в Харьковской области количество аварий на водопроводных объектах в период с 1990 по 2005 г. увеличилось практически в два раза – с 2035 до 3901 [1].

В системах канализации самортизировано 26 % сетей (в аварийном состоянии находится 6,4 тыс. км. канализационных сетей) и 7 % насосных станций [7]. Планово-предупредительный ремонт осуществляется только на половину. В аварийном состоянии находятся канализационные коллекторы в городах Киеве, Харькове, Донецке, Херсоне, Николаеве, Черкассах, Чернигове, Мариуполе, Ялте, Евпатории, Керчи и др.

Неудовлетворительное техническое состояние основных фондов, несоответствие качества очистки природных и сточных вод современным требованиям являются потенциальной угрозой усложнения санитарно-эпидемической ситуации техногенного происхождения.

Дефицит финансовых ресурсов, необходимых для эксплуатации и обслуживания систем водоснабжения и водоотведения, не позволяет предприятиям своевременно и в полном объеме осуществлять эксплуатационные затраты, обеспечивать развитие и реконструкцию водопроводно-канализационной системы. В результате отставания пересмотра и утверждения тарифов в 2006 г. на предприятиях водоснабжения средний тариф за 1 м^3 составил 75 коп. [4]; на предприятиях канализации – 60 коп. [8]. И в том, и в другом случае тарифы были меньше себестоимости на 14 коп.

Такое положение отрицательно сказывается на деятельности предприятий ВКХ. Из представленных в табл. 1 данных видно, что в целом по Украине в 2005 г. предприятия водоснабжения получили отрицательный финансовый результат в размере 361,5 млн. грн., а убытки предприятий водоотведения – 250,7 млн. грн. [3] Одесская область является единственной, где предприятия водоснабжения получили положительный финансовый результат в размере 3,8 млн. грн., в Луганской области предприятия водоотведения получили прибыль в размере 16,0 млн. грн.

Несовершенной является и нормативно-правовая база по вопросам взаимоотношения предприятий водопроводно-канализационного хозяйства с собственниками основных фондов; практически полностью отсутствуют негосударственные предприятия по эксплуатации объектов водопотребления и водоотведения на договорных условиях с их собственником. Поэтому демонополизация коммунальной сферы является перспективным направлением повышения операционной

эффективности деятельности предприятий и мобилизации финансовых ресурсов [1].

Таблица 1

**Финансовый результат деятельности предприятий ВКГ
в 2005 г., тыс. грн.**

Области Украины	Водоснабжение	Водоотведение
Автономная Республика Крым	-12793,1	-11077,8
Винницкая	-2645,7	-1493,4
Волынская	-2218,8	-2682,9
Днепропетровская	-70707,2	-45309,0
Донецкая	-49572,1	-12877,6
Житомирская	-3934,8	-6840,7
Закарпатская	-3010,3	-1315,0
Запорожская	-20533,0	-12124,7
Ивано-Франковская	-816,8	-3004,6
Киевская	-5709,5	-5095,1
Кировоградская	-5873,7	-6036,1
Луганская	-34899,3	16060,8
Львовская	-11027,4	-18530,5
Николаевская	-11912,5	-9685,2
Одесская	3756,9	-9427,2
Полтавская	-9550,7	-8018,8
Ровенская	-2533,3	-3571,7
Сумская	-2647,2	-6905,8
Тернопольская	-2456,3	-1019,8
Харьковская	-11106,0	-9195,8
Херсонская	-2611,0	-2281,8
Хмельницкая	-4294,6	-4501,5
Черкасская	-2646,5	-1556,4
Черновицкая	-3457,6	-746,1
Черниговская	-3398,0	-2948,5
г. Севастополь	-5494,8	-2149,6
г. Киев	-79393,9	-78382,3
Всего по Украине	-361487,2	-250717,1

Существенным фактором, отрицательно сказавшимся на финансовом состоянии предприятий ВКХ, является стойкая тенденция к снижению объёмов реализации воды и отведения сточной жидкости [2]. В 1996 г. объём реализованной воды по Украине составил 4 млрд. м³ воды, отвод сточной жидкости – 3,4 млрд. м³ сточной жидкости; в 2003 г. – 2,7 и 2,3 млрд. м³ соответственно [3].

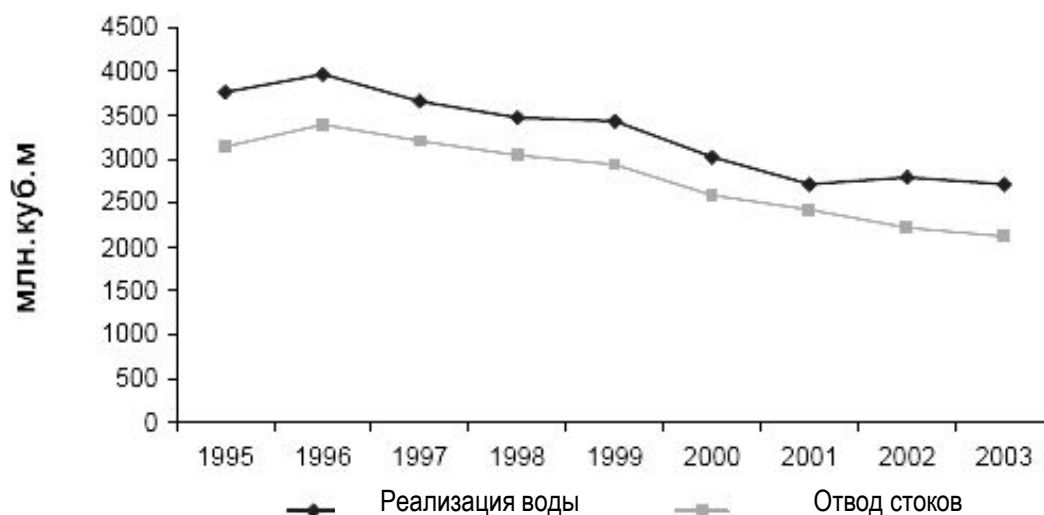


Рис. 1. Динамика объёма реализации воды и отвода сточной жидкости

Причинами такой ситуации являются и спад производства в целом в стране, и уменьшение численности населения, и активное использование приборов учёта потребления воды. Это позволило зафиксировать потребителям фактическое потребление воды (и отвод сточной жидкости соответственно) независимо от количества прописанных в квартире (доме). В дальнейшем можно ожидать только усиление этой тенденции.

Таким образом, решение технических и финансовых проблем предприятий ВКХ за счёт увеличения объёма реализации существующим потребителям бесперспективно, но возможно за счёт подключения дополнительных потребителей, в первую очередь такой категории потребителей, как население [6]. Это относится как к потребителям, расположенным в населённых пунктах с централизованными услугами водоснабжения и водоотведения, так и к отдельным населённым пунктам, не имеющим соответствующих услуг.

Уровень обеспечения населения Украины централизованным питьевым водоснабжением и канализацией определяется такими данными: 448 городов, 796 поселков городского типа, а также 6651 сельский

населенный пункт обеспечены централизованным водопотреблением и 426 городов, 518 поселков городского типа и 841 село обеспечены системами канализации [5]. На рисунке 2 представлен относительный уровень обеспечения водопроводом и канализацией от общего количества соответствующего типа населённого пункта.

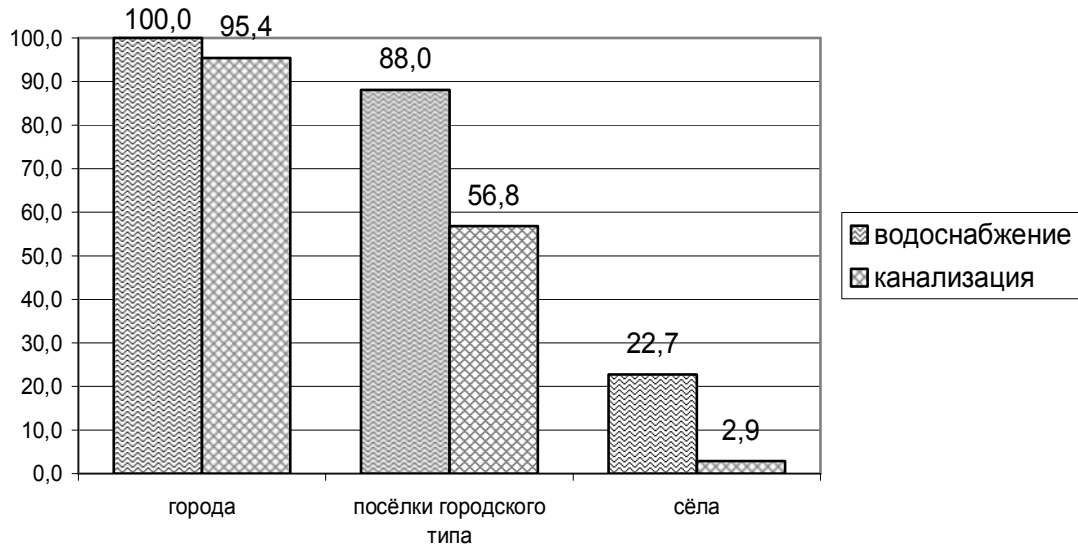


Рис. 2. Уровень обеспеченности населённых пунктов Украины централизованным водопроводом и канализацией, %

Учитывая финансовое состояние предприятий ВКХ, необходимо, прежде всего, обратить внимание на перспективные населённые пункты, расходы по подключению которых окупятся за короткий срок. Для этого предлагается определить минимальное количество потребителей, проживающих на подключаемом участке, в зависимости от протяжённости строительства водопроводной (канализационной) сети.

Сравнение этих двух показателей предлагается осуществить на основе использования показателей эффективности инвестиций, а именно – чистого приведенного дохода.

Чистый приведенный доход (ЧПД) – величина, характеризующая общий абсолютный результат инвестиционной деятельности, ее конечный эффект. ЧПД – разность дисконтированных на один момент времени показателей дохода и инвестиций.

$$\text{ЧПД} = \sum_{j=1}^n \text{ЧД}_i \cdot V^j - \sum_{j=1}^m \text{И}_j \cdot V^t, \quad (1)$$

где ЧД_i – чистый доход i -го периода;
 И_j – инвестиции j -го периода;
 V – дисконтный множитель;

- n – длительность периода получения чистого дохода;
 m – длительность периода инвестирования.

Дисконтный множитель можно отобразить в формуле:

$$V^t = (1+q)^{-(t-1)} = \frac{1}{(1+q)^{t-1}}, \quad (2)$$

- где t – порядковый номер года осуществления денежного потока;
 q – коэффициент дисконтирования.

Чистый доход предлагается выразить формулой:

$$\text{ЧД} = D - P_{\text{э}}, \quad (3)$$

- где ЧД – чистый доход;
 D – доход;
 $P_{\text{э}}$ – эксплуатационные расходы.

Величину дохода выразим через численность населения, которое проживает в подключаемом районе:

$$D = N \cdot \rho \cdot 12 \cdot T, \quad (4)$$

- где N – численность населения, проживающего в данном районе, чел.;
 ρ – средняя величина потребления воды(отвода сточной жидкости) одним человеком в месяц, м³;
 T – тариф, грн./м³.

Учитывая, что при подключении дополнительного участка будут меняться только переменные расходы предприятия(на химические реагенты и электроэнергию), целесообразно в формуле 3 использовать вместо величины эксплуатационных расходов $P_{\text{э}}$ величину переменных расходов – P , величина которых может быть определена следующим образом:

$$P = N \cdot \rho \cdot 12 \cdot P^1, \quad (5)$$

- где P^1 – переменные затраты на 1 м³ воды(сточной жидкости).

Таким образом, окончательная формула расчета чистого дохода примет следующий вид:

$$\text{ЧД} = N \cdot \rho \cdot 12 \cdot (T_i - P^1)_i. \quad (6)$$

Теперь определим размер инвестиций, необходимых для подключения дополнительных участков к водопроводной (канализационной) сети. Выразим величину I через протяжённость прокладки сети. Формула будет иметь следующий вид:

$$I = L \cdot C^l, \quad (7)$$

где I – инвестиции, необходимые предприятию для подключения дополнительного участка;

L – протяжённость строительства водопроводной (канализационной) сети, м;

C^l – стоимость прокладки одного метра трубопровода, грн./м.

Учитывая, что часть инвестиционных затрат покрывается амортизацией прокладываемых труб, конечный вид формулы 7 будет таким:

$$I_j = L \cdot C^l \cdot \left(1 - \frac{N_a}{100}\right), \quad (8)$$

где N_a – годовая норма амортизации, %.

Теперь можно определить минимальную численность населения, которое должно проживать на участке, подключаемом к централизованному водопроводу (канализации).

Осуществим подстановку в исходную формулу 1 и получим :

$$\sum N \cdot \rho \cdot 12 \cdot (T - P_i^l) \cdot V_i = \sum L \cdot C^l \cdot \left(1 - \frac{N_a}{100}\right) \cdot V_j \quad (9)$$

Тогда минимальная численность населения, которое должно проживать на подключаемом участке, будет определяться по формуле:

$$N_{min} = \frac{\sum L \cdot C^l \cdot \left(1 - \frac{N_a}{100}\right) \cdot V_j}{\rho \cdot 12 \cdot \sum (T_i - P_i^l) \cdot V_i}. \quad (10)$$

Применение полученной формулы на практическом примере подключения отдельных улиц г. Генуэска показало её жизнеспособность при определённых условиях: если подключение отдельных участков идёт независимо друг от друга. В случае, если расположение подключаемых участков предполагает последовательное подключение (т.е. подключение к централизованному водоснабжению (водоотведению) одной улицы позволяет сократить протяжённость прокладки трубопроводов к следующей улице), то расчёты по предложенной формуле 10 могут дать ошибочные результаты.

Поэтому для учета возможности получения дополнительных доходов от последующего подключения потребителей последующего

участка целесообразно ввести корректирующий коэффициент, который будет рассчитываться по формуле:

$$K_{доп.} = \left(1 + \frac{\sum_{j=1}^m N_j}{N_i}\right), \quad (11)$$

где $K_{доп.}^{Колхозн.}$ – коэффициент дополнительного подключения потребителей;

N_j – количество населения на участках последующего подключения;

N_i – количество населения на подключаемом участке.

Учитывая, что прокладка водопроводно-канализационных труб осуществляется за короткий (меньше года) период времени, окончательная формула для расчета минимальной численности населения, которое должно проживать на подключаемом участке, будет иметь следующий вид:

$$N_{\min} = \frac{L \cdot C^1 \cdot \left(1 - \frac{N_a}{100}\right)}{\rho \cdot 12 \cdot K_{доп.} \cdot \sum (T_i - P_i^1) \cdot V_i}$$

В случае, если подключение участков происходит независимо друг от друга, N_j будет равно нулю, соответственно $K_{доп.}$ будет равен 1, что возвращает нас к формуле 10.

Таким образом, предложенный подход к определению экономической целесообразности развития водопроводно-канализационной сети позволит предприятиям ВКГ определить перспективные (с точки зрения окупаемости) направления увеличения количества потребителей и, соответственно, объемов реализации продукции (услуг).

Список литературы

1. Бубенко П. Т. Ключові аспекти розвитку конкурентних відносин у галузі житлово-комунального господарства / П. Т. Бубенко, О. В. Димченко // Конкурентоспроможність: проблеми науки та практики : Монографія. – Х. : ВД “ІНЖЕК”, 2007.
2. Дзезик С. С. Державне регулювання природних монополій на локальних ринках комунальних послуг : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. екон. наук / С. С. Дзезик. – Одеса : ОДЕУ, 2004.
3. Загальна характеристика систем водопостачання та водовідведення в Україні // КЦ Міністерства будівництва і архітектури, 2006.
4. Матвеева Н. М. Цінові важелі реформування ЖКГ як засоби регулювання розвитку міст(на прикладі підприємств водопостачання та тепlopостачання Харківського регіону) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук. – Харків : ХНАМГ, 2007.

5. Матеріали про хід впровадження засобів обліку та регулювання споживання води і теплової енергії в наявному житловому фонді України станом на 1 липня 2002 року (за статистичними даними). Держжитлокомунгосп України: Київ, 2002.
6. Славута Е. И. Резервы увеличения доходов предприятий водоотведения / Е. И. Славута // Тезисы доклада на XXXIII Научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства, Харьков – 2006.
7. Стан водопостачання та водовідведення // Інформаційний бюлетень Держжитлокомунгоспу, № 4, 2003.
8. www.djkg.gov.ua.

ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ІНДЕКСУ ПРИБУТКУ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ НА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНІ ПОСЛУГИ*

Питання, що стосуються удосконалення ціноутворення на підприємствах житлово-комунального господарства, є одними з головних напрямків реформування ЖКГ. Протягом багатьох десятиліть при встановленні тарифів на послуги підприємств житлово-комунального господарства використовувалися фактичні дані, тобто дані минулого періоду. При цьому обґрунтування підприємствами житлово-комунального господарства рівня собівартості і тарифів також полягало у відтворенні фактичних даних минулого періоду.

Суттєві недоліки такого підходу:

- зменшення впливу на собівартість заходів щодо зниження витрат і прогнозованих змін обсягу споживання послуг;
- неможливість врахування необхідного збільшення обсягу робіт із заміни зношених основних фондів та розвитку підприємств, перешкода реалізації інвестиційних проектів;
- відсутність стимулювання ресурсозбереження, бо збільшення витрат (у тому числі в результаті нераціонального господарювання), як правило компенсується зростанням тарифу, а при одержанні економії від зниження витрат завдяки вжитим заходам плановий тариф, звичайно, знижується;
- норматив рентабельності, який визначає прибуток підприємства і затверджується регулюючим органом за видами діяльності житлово-

*Н. М. Матвеева, асист. кафедри МіРЕ, Харківська національна академія міського господарства

комунального господарства, носить обмежувальний характер, не має економічного обґрунтування і стримує розвиток підприємства.

З огляду на необхідність усунути перелічені вище недоліки була розроблена концепція запровадження економічно обґрунтованих тарифів на житлово-комунальні послуги. Вона ґрунтується на таких основних принципах: створення передумов для переходу ЖКГ на режим безбиткового господарювання; наближення цін та тарифів на ЖКП до суспільно необхідних витрат на їх виробництво і реалізацію; розрахунок собівартості здійснюється за складовими, визначеними діючою Інструкцією з планування, обліку і калькулювання собівартості робіт (послуг) на підприємствах і в організаціях житлово-комунального господарства, але цей розрахунок базується на чинних нормативних документах; розрахунок прибутку здійснюється на основі визначення фінансових потреб підприємства для функціонування і розвитку його виробничої та соціальної сфери. Його величина планується заздалегідь шляхом розрахунку потрібного обсягу інвестицій і визначення їх частки, що фінансується за рахунок прибутку підприємств, а також розрахунку величин інших платежів, які здійснюються за рахунок прибутку, урахування у цінах і тарифах споживчих властивостей, якості житла і обслуговування; урахування в тарифах необхідності соціального захисту малозабезпечених громадян. Таким чином, виникла необхідність планування як об'єктивного рівня витрат, так і розміру прибутку підприємств, що надають житлово-комунальні послуги, а величина тарифу визначається за формулою:

$$T=C+П, \quad (1)$$

де T – величина тарифу;
 C – планова собівартість одиниці послуги згідно з нормативами;
 $П$ – плановий прибуток підприємства, необхідний для його функціонування та розвитку, віднесений до одиниці послуги.

Розраховані у такий спосіб тарифи відображають об'єктивний рівень рівноважної ціни попиту і пропозиції. Далі, на наш погляд, доцільно розглянути порядок планування складових тарифу, тобто собівартості та прибутку підприємства.

Собівартість як економічна категорія – це виражені у грошовій формі витрати підприємств ЖКГ на надання послуг споживачам. Собівартість послуг підприємств житлово-комунального господарства складається з витрат, пов'язаних з обслуговуванням основних фондів, управлінням технологічними процесами виробництва і реалізацією послуг, використанням матеріальних, паливно-енергетичних, трудо-

вих та інших видів ресурсів, тобто умовно-постійних та умовно-змінних витрат.

Планування собівартості доцільно проводити в два етапи. На першому етапі проводиться аудит витрат і тарифів, аналізується фактичний рівень собівартості, виявляються резерви зниження витрат. На основі даних аудиту (експертизи) визначається необхідність коригування розміру фактичних витрат. Аудит тарифів дозволяє оцінити можливість і доцільність зниження собівартості або окремих її складових. Як правило, результатом аудиту тарифів є виявлення непродуктивних витрат, у тому числі непричетних до даного виду діяльності, резервів зниження собівартості, виконання конкретних етапів технологічного процесу.

Для визначення економічно обґрунтованого тарифу необхідно враховувати: використання при розрахунку фонду оплати праці нормативної чисельності, яка часто є завищеною порівняно з фактичною і перевищує раціональний рівень працевитрат; переоцінку основних фондів (у більшості підприємств вона не відповідає реальній вартості); витрати ресурсів на виробництво фактичного обсягу споживаних послуг.

Висновок про завищення окремих складових собівартості не завжди зумовлює необхідність зниження загальної суми витрат.

Варто проаналізувати перелік робіт, що враховуються в тарифі, і доповнити тими, що не виконуються, або тими, що фінансуються в недостатньому обсязі. Виходячи з цього, необхідно оцінювати доцільність зниження окремих складових витрат, а також включення в собівартість додаткових витрат. Доцільно також проаналізувати взаємовплив собівартості й обсягів реалізації послуг з урахуванням розроблених заходів щодо ресурсозбереження. У рамках заходів реформування ЖКГ проводяться роботи зі скорочення питомого споживання матеріального носія послуги (води і теплової енергії).

Таке скорочення викликає пропорційне зниження умовно-змінних витрат (електроенергії, поливу, матеріалів, реагентів), але в результаті збереження обсягу умовно-постійних витрат зумовлює необхідність підвищення планової собівартості одиниці послуги.

Облік впливу зростаючої частки умовно-постійних витрат у цьому разі визначається розподілом загальної суми планових витрат на плановий обсяг реалізації послуг у натуральному вираженні, розрахований з урахуванням нормативів їхнього споживання, заходів щодо ресурсозбереження, відображених у виробничій програмі підприємства. При цьому розглядається і береться до уваги як необхідність підвищення планової собівартості для компенсації умовно-постійних

витрат, так і заходи щодо їхнього зниження в плановому періоді та необхідні для цього інвестиції.

Оцінюється вплив собівартості на якість послуг та залежність собівартості від якості наданих споживачам послуг. Визначаються заходи з підвищення якості і обслуговування й оцінюється зміна поточних витрат, що забезпечує виконання додаткового переліку робіт, працездатність нових видів устаткування, реалізацію нових технологічних процесів.

При плануванні загального обсягу експлуатаційних витрат необхідно передбачити зниження тарифів за неякісне виконання робіт (послуг), або ненадання у повному обсязі передбачених тарифами робіт (послуг) підприємствами ЖКГ.

Собівартість послуг, експлуатаційні витрати на надання послуг залежно від якості обслуговування визначаються реально виконуваним переліком робіт, станом (рівнем зносу) основних фондів. Необхідність виконання додаткових, порівняно з попереднім періодом, робіт, підвищення надійності устаткування і мереж оцінюється з погляду додаткових витрат, що за узгодженням із замовником або регулюючим органом включається в планову собівартість.

Використання для розрахунку собівартості, а в остаточному підсумку, і економічно обґрунтованого тарифу, фактичних витрат без їх аналізу за зазначеними напрямками не повинно допускатись.

При цьому в обов'язковому порядку використання при плануванні собівартості фактичних витрат навіть за окремими статтями вимагає аналізу їх обґрунтованості шляхом аудиторської перевірки, а також шляхом порівняння з витратами в аналогічних підприємствах і коригування з урахуванням раціоналізації цих окремих елементів собівартості.

На другому етапі розрахунків тарифів формується планова собівартість як результат узагальнення всіх зазначених чинників. Планові витрати за кожною статтею собівартості визначаються шляхом:

- використання нормативної бази;
- корегування відповідно до реалізації нових технологічних процесів і заходів щодо ресурсозбереження;
- аналізу фактичних витрат;
- складання актів аудиторських перевірок (експертизи тарифів, запланованих заходів щодо розвитку об'єктів ЖКГ, підвищення якості, надійності й екологічності безпеки виробництва).

Планування собівартості при формуванні економічно обґрунтованого тарифу базується на оцінці собівартості одиниці послуги (її матеріального носія) в одиницях, характерних для кожного виду ді-

яльності, згідно з чинною Інструкцією з планування, обліку і калькулювання собівартості робіт (послуг) на підприємствах і в організаціях житлово-комунального господарства.

Для розрахунку собівартості одиниці послуги необхідно попередньо визначити собівартість (експлуатаційні витрати) реалізації загального обсягу послуг.

Планова собівартість одиниці послуги визначається розподілом загальної суми планових витрат на плановий обсяг послуг у натуральному вираженні, розрахований виходячи з нормативів (лімітів) їхнього споживання і загальної кількості споживачів (за групами і категоріями), тобто:

$$Cn^l = Czag / \sum Q,$$

де Cn^l – планова собівартість одиниці послуги;
 $Czag$ – загальна сума планових витрат (собівартість виробництва і реалізації загального обсягу послуг);
 $\sum Q$ – обсяг споживання і категорії споживачів.

Експлуатаційні витрати на надання та реалізацію загального обсягу послуг визначається як сума витрат за кожною статтею калькуляції по підприємству відповідної галузі.

Нижче наведено рекомендації щодо розрахунку планових витрат у розрізі основних статей собівартості.

Планові витрати на матеріали, паливо, електроенергію та інші прямі витрати залежать від обсягу виробництва матеріального носія послуги (підйому води, виробництва теплової енергії), що складається в результаті розрахунку необхідного обсягу реалізації послуг споживачам, витрат і втрат матеріального носія послуги.

Таким чином, скорочення обсягів реалізації ресурсів (шляхом впровадження системи обліку їх споживання), скорочення втрат, неврахованих витрат і витрат на власні потреби (за рахунок заміни зношених фондів, реалізації інвестиційних проектів, спрямованих на удосконалення технології, інших заходів) повинно привести до зниження витрат на матеріали, паливо, електроенергію тощо, що змінюються пропорційно до обсягу вироблених послуг.

У зв'язку з цим плануванню собівартості повинна передувати розробка виробничої програми підприємства. Витрати на матеріальні ресурси, що використовуються для технологічних цілей, визначаються виходячи з норм витрат кожного конкретного виду матеріалів на основі чинних відомчих нормативів, планового обсягу виробництва послуг і цін за одиницю матеріального ресурсу.

Розрахунок витрат на оплату праці повинен ґрунтуватися на галузевій тарифній угоді (з урахуванням чинних нормативних актів), аналізі чисельності персоналу підприємства, зіставлення їх з чисельністю працюючих на підприємствах-аналогах, а також з укрупненими показниками, наприклад, чисельністю працівників на 100 жителів, що обслуговуються. При визначенні витрат на оплату праці, що займають значну питому вагу в собівартості житлово-комунальних послуг, важливим для аналізу є показник, що характеризує середню заробітну плату на підприємстві. Для гарантованого кадрового забезпечення галузей життєзабезпечення і подолання відтоку кваліфікованої робочої сили заробітна плата на підприємствах житлово-комунального господарства повинна бути, як правило, не нижче середньої по населеному пункту.

Амортизаційні відрахування на повне відновлення основних засобів визначаються на підставі чинних норм амортизаційних відрахувань і балансової вартості основних засобів. При плануванні витрат на амортизацію основних засобів особлива увага повинна бути приділена їхній інвентаризації та переоцінці відповідно до реальної вартості.

Особливу увагу слід приділяти плануванню витрат на аварійно-відбудовні роботи, яке здійснюється, виходячи з аналізу фактичної надійності роботи об'єктів ЖКГ:

- інтенсивності відмов за рік у розрахунку, наприклад, на 1 млн. грн. балансової вартості засобів;
- сталості їхньої роботи – середнього часу ліквідації однієї аварії (годин);
- можливого підвищення надійності і сталості роботи об'єктів у результаті заміни зношених фондів і проведення інших заходів.

Витрати на покупну продукцію (воду, тепло, електроенергію) включаються до собівартості послуг у тих випадках, коли підприємство не має достатніх потужностей для виробництва матеріального носія послуги. Включення цих витрат до собівартості послуг суттєво впливає на рівень економічно обґрунтованого тарифу.

Витрати на оплату продукції, що купується на стороні, плануються в підприємствах тепло-, водопостачання, виходячи з планового обсягу реалізації послуг, наявності власних потужностей, що забезпечують цей обсяг, відсотка втрат і неврахованих витрат при передачі продукції підприємствам комунального господарства, а також тарифів на зазначену продукцію. При цьому розрахунок витрат здійснюється окремо з кожним постачальником з урахуванням обсягу продукції, що закуповується, і тарифу на неї.

Щодо планування цехових і загальноексплуатаційних витрат, то воно здійснюється на основі аналізу фактичних даних, їхньої динаміки за ряд років і змін, що намічаються в плановому періоді за окремими статтями.

Як видно з формули (1), при визначенні тарифу важливою складовою його формування є прибуток, величина якого має бути, з одного боку, достатньою для нормального функціонування підприємства, матеріальної бази, а з іншого – реальною для її відшкодування споживачами.

Ринок – складна господарська система, в якій одночасно діють безліч факторів, і їх спрямованість неоднозначна. Отже важливим є визначення факторів, що впливають на величину прибутку і можливість прогнозування фінансового результату у разі зміни цих факторів.

В умовах ринку майбутнє для кожного підприємства характеризується високим ступенем невизначеності. Тому планування витрат, прибутку і тарифу має бути багатоваріантним з використанням усіх можливих методів, зокрема математичне моделювання.

Відомо, що для усіх факторів формалізується, і це дозволяє використовувати математичне моделювання з метою інформаційного забезпечення і вивчення закономірностей зміни прибутку, програвання різних ринкових ситуацій, уся сукупність яких цілком вбирає в себе невизначеність ринку. Саме тому спочатку розглянемо побудову параметричної моделі, що успішно може виступити в ролі індикатора (компаса) у процесі планування прибутку підприємства.

Розглянемо параметричну модель. Визначимо індекс прибутку підприємства для однономенклатурного виробництва (однономенклатурними є більшість підприємств комунального господарства) як відношення прогнозованого прибутку аналізованого періоду до прибутку минулого базисного періоду. Таке відношення можна представити в наступному вигляді:

$$I = Pa / Pb, \quad (2)$$

де I – індекс прибутку;

Pb – прибуток базисного періоду;

Pa – прибуток аналізованого періоду.

Прибуток від реалізації товарно продукції базисного та аналізованого періодів визначається по формулах:

$$Pa = N_A (Ц_A - C_A), \quad (3)$$

$$Pb = N_B (Ц_B - C_B), \quad (4)$$

де N_A і N_B – обсяг виробництва і реалізації продукції в натуральному вираженні відповідно в аналізованому і базисному періодах;

Ц_A і Ц_B – ціни реалізації одиниці товарної продукції відповідно в аналізованому і базисному періодах;

C_A і C_B – собівартість одиниці продукції відповідно у аналізованому і базисному періодах. Підставивши вираження (3) і (4) у формулу (2), одержимо:

$$I = N_A (\text{Ц}_A - \text{C}_A) / N_B (\text{Ц}_B - \text{C}_B), \quad (5)$$

Послідовно підставимо у формулу (5) вираження з таблиці 1.

Таблиця 1

**Формули для визначення параметричних показників,
що формують прибуток підприємства
в однономенклатурному виробництві**

Найменування показника	Позначення показника	Формула	Значення*
Коефіцієнт зміни обсягу виробництва і реалізації товарної продукції	b	$b = N_A / N_B$	0,979096
Коефіцієнт рентабельності виробництва товарної продукції в базисному періоді	p	$p = \text{Ц}_B / \text{C}_B$	1,260869
Коефіцієнт зміни ціни реалізації товарної продукції	d	$d = \text{Ц}_A / \text{Ц}_B$	0,99841598
Собівартість одиниці товарної продукції в базисному періоді.	C_B	$\text{C}_B = \text{C}_{\text{зм}} + \text{C}_{\text{пос}} / N_B$	65,09
Коефіцієнт змінних витрат у базисному періоді	r	$r = \text{C}_{\text{зм}} / \text{C}_B$	0,711
Коефіцієнт зміни змінних витрат базисного періоду в аналізованому періоді	K_H	$K_H = \text{З}_B / \text{З}_A$	0,9339
Коефіцієнт зміни постійних витрат в аналізованому періоді	f	$f = \text{СПОС}_B / \text{СПОС}_A$	0,23986
Коефіцієнт зміни собівартості продукції базисного періоду під впливом зміни її змінних складових	g	$g = K_H \cdot r + (1-r)$ $K_H \cdot r = g - (1-r)$	0,953

* Розраховано автором статті за даними підприємства “Харківські теплові мережі” за 2005-2006 рр.,

де $\text{C}_{\text{зм}}$ – змінні витрати на одиницю товарної продукції базисного періоду;

СПОС – умовно-постійні витрати в абсолютному вираженні на випуск товарної продукції базисного періоду;

СПОС – приріст умовно-постійних витрат в аналізованому періоді;

З_B і З_A – витрати базисного періоду та періоду, що аналізується.

В остаточному вигляді отримане вираження можна записати:

$$I = [b(p \cdot d - K_H \cdot r) - (1 - r) (1 + f)] / p - 1. \quad (6)$$

Таким чином отримана одна з двох параметричних моделей індексу прибутку, що може бути використана для індикативного прогнозування її абсолютної величини.

Якщо ж в отриману формулу підставити замість вираження $K_H \cdot r$ рівне йому значення з табл. 1, то можна одержати другу параметричну модель, адекватну першій. Вона матиме наступний вигляд:

$$I = [b (pd - g) + (1 - r) (b - 1 - f)] / (p - 1). \quad (7)$$

Обидві моделі рівнозначні і вибір однієї з них для конкретного прогнозування прибутку визначається обставинами і наявністю вихідної інформації.

Розрахувавши за даною формулою цей показник, використовуючи дані, наведені в таблиці, отримаємо, що $I = 0,85911$. Порівнюючи цей показник з величиною, отриманою прямим розрахунком, спостерігаємо велику розбіжність: $I = 0,66$.

Можна зробити висновок, що модель потребує коригування, оскільки отриманий результат не відповідає реальному становищу на підприємстві і не може ефективно використовуватися з метою управління прибутком.

Причинами таких розбіжностей, на наш погляд, є такі:

1. Зазначена модель враховує, що на підприємстві реалізується власно вироблена продукція. Для підприємств теплопостачання особливістю є те, що у разі недостатності власних виробничих потужностей вони закуповують необхідний обсяг тепла у сторонніх підприємств з метою забезпечення споживачів соціально важливою комунальною продукцією. Отже, обсяг реалізованого тепла може суттєво відрізнитись від обсягу виробленого власними силами. Це і спостерігається на підприємстві КП "ХТС".

2. Зазначена модель ґрунтується на такому звичному для будь-якого комерційного підприємства положенні, що вся реалізована продукція повністю сплачується споживачем (якщо не авансом, то відразу після моменту покупки). Хоча останнім часом поширюється застосування у продажу надання споживчого кредиту, підприємство компенсує собі часткове надходження грошових коштів встановленням відсотків за наданий кредит. Підприємства теплопостачання протягом 12 останніх років не тільки не отримують повну сплату за спожите тепло, але ще при цьому порушуються нормативні строки абонентської заборгованості, що негативно впливає на фінансове становище підприємства.

Для урахування специфіки підприємства в даній роботі пропонується удосконалити параметричну модель шляхом введення додаткових показників:

h – коефіцієнт збільшення обсягу реалізації з урахуванням покупного тепла:

$$h = (Na + Npa) / Na, \quad (8)$$

де Npa – обсяг спожитого тепла в періоді, що аналізується;

$$h = (5075,581 + 4102,294) / 5075,581 = 1,808241;$$

v – коефіцієнт зміни рівня оплати споживачами спожитого тепла:

$$v = Va / Vb, \quad (9)$$

де Vb – відсоток оплати спожитого тепла у базисному періоді, %;

Va – відсоток оплати спожитого тепла в періоді, що аналізується, %;

$$V = 0,694398407 / 0,9071056 = 0,76548.$$

У результаті даних змін отримаємо додаткові показники, які слід враховувати на підприємствах теплопостачання:

$$I = [bh(pdv - g) = (1 - r) (bh - 1 - r)] / (p - 1). \quad (10)$$

Розрахувавши за новою формулою з урахуванням змін отримаємо: $I = 0,660041$. Відхилення від фактичної величини досить незначне і складає усього $0,000041$. Це свідчить про життєвість запропонованої моделі.

Визначимо залежність коефіцієнта прибутку I від коефіцієнта збільшення обсягу реалізації з урахуванням покупного тепла h (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2

Вихідні дані для побудови залежності коефіцієнта I від h

h	1,808241	1,86	1,92	2,0
I	0,66	0,718	0,786	0,876

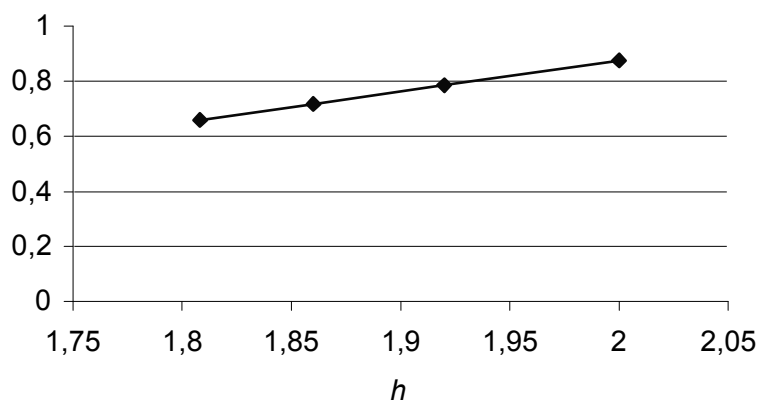


Рис. 1. Залежність коефіцієнта I від h

Таким чином, при збільшенні кількості покупного тепла індекс прибутку збільшується.

Визначимо залежність коефіцієнта прибутку I від коефіцієнта зміни постійних витрат в аналізованому періоді f :

Таблиця 3

Вихідні дані для побудови залежності коефіцієнта прибутку I від коефіцієнта зміни постійних витрат в аналізованому періоді f

F	0,23986	0,2	0,1
I	0,66	0,704	0,815

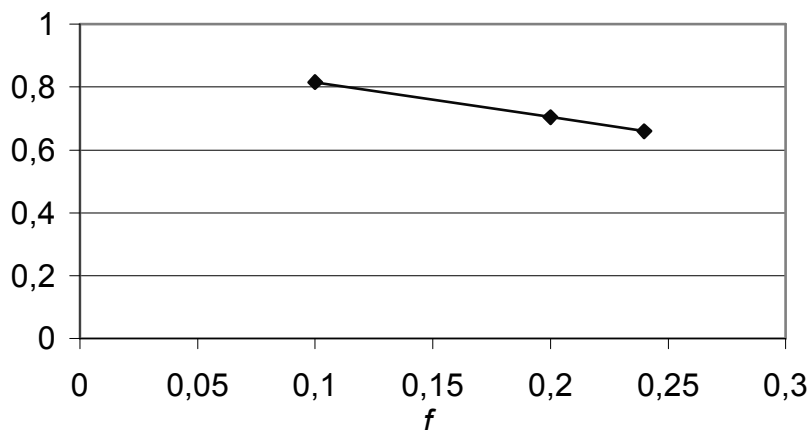


Рис. 2. Залежність коефіцієнта прибутку I від коефіцієнта зміни постійних витрат в аналізованому періоді f

Таким чином, при зменшенні постійних витрат коефіцієнт прибутку I зростає. Враховуючи соціальну значущість тарифів на комунальну продукцію, вважаємо за доцільне розглянути напрямки зниження собівартості виробництва. З огляду на те, що величина витрат у загальному вигляді визначається як добуток величини фактора виробництва на ціну одиниці фактора, розрізняють такі способи зниження собівартості:

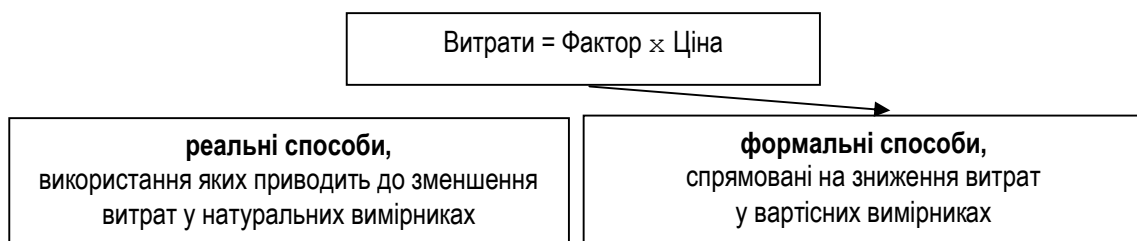


Рис. 3. Способи зниження собівартості

При визначенні тарифів підприємство виходить з нормативних витрат матеріальних ресурсів, отже їх не виправдане зменшення неодмінно вплине на погіршення якості продукції і можливості підприємства у використанні реальних способів зниження собівартості досить обмежені.

Розглянемо напрямки використання формальних способів зниження собівартості. У структурі витрат, наприклад, теплопостачального підприємства значну питому вагу складають витрати на паливну складову: газ, електроенергія, покупне тепло. На сьогодні тарифи на електроенергію та газ є диференційованими для різних категорій споживачів: населення (більш низькі тарифи) для інших споживачів більш високі, у тому числі і для комунальних підприємств. Отже, населення, купуючи тепло у підприємства, сплачує витрачені на його виробництво газ і електроенергію не за тарифом для населення, а за тарифом для комерційних підприємств. Тобто функція соціального захисту населення в цьому випадку порушується. Негативним економічним наслідком для підприємства теплопостачання є наявність розриву в придбанні зазначених ресурсів за більш високою ціною і реалізацією їх у перетвореному вигляді споживачам за більш низькою.

Проаналізувавши залежність коефіцієнта індексу прибутку (I) від коефіцієнта збільшення обсягів реалізації з урахуванням покупного тепла (h) можна зробити висновок, що при збільшенні кількості покупного тепла індекс прибутку збільшується.

Щодо соціальної значимості тарифів на комунальну продукцію, то варто розглянути та проаналізувати зниження собівартості теплової енергії шляхом зміни співвідношення між кількістю виробленого тепла та покупного, зокрема, в м. Харкові.

Автором викладено основні напрямки та методи економічного обґрунтування тарифів на житлово-комунальні послуги, якими мають керуватися підприємства ЖКГ при формуванні тарифів на житлово-комунальні послуги.

Список літератури

1. Богатин Ю. В. Производство прибыли : учебное пособие для вузов / Ю. В. Богатин, В. А. Швандар. – М. : Финансы, ЮНИТИ, 1998. – 256 с.
2. Інструкція з планування, обліку і калькулювання собівартості робіт (послуг) на підприємствах і в організаціях житлово-комунального господарства”, затверджена наказом Держжитлокомунгоспу України від 31.03.97 № 24.

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЕКТ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ*

Решающее значение инвестиционной активности для экономики Украины в условиях роста степени износа основных средств (износ основных фондов достиг в 2004 г. критической отметки – 49,3 %, половина промышленного оборудования исчерпала свой ресурс и имеет срок эксплуатации более 20 лет) вопреки тенденции наращивания объемов вложений в основной капитал, подчеркивается в многочисленных исследованиях отечественных ученых [1, 7, 14].

В то же время на современном этапе развития нашего государства одной из определяющих черт функционирования всех экономических субъектов является постоянно возрастающая динамичность внешней среды, проявляющаяся в частности в возрастании уровня влияния дестабилизирующих факторов на экономические системы любого уровня иерархии. В связи с этим многие авторы отмечают недопустимость сведения всех проблем инвестирования к поиску на приемлемых условиях инвестиционных ресурсов и отказа от рассмотрения вопросов эффективного распоряжения ими [2, 4, 9]. Такая позиция, по мнению С.В. Лившица, является ошибочной, и проблема максимально эффективного использования финансовых средств, направляемых на инвестирование, является чрезвычайно актуальной. По этой причине возникает потребность в разработке моделей оценки инвестиционных проектов, обеспечивающих возможность анализировать поведение системы под воздействием дестабилизирующих возмущений и разрабатывать управленческие решения для предотвращения или минимизации последствий влияния этих возмущений. Эти модели позволяют определять такую системную характеристику как устойчивость, определяющую в целом экономическую эффективность реализации инвестиционного проекта, а также оценивать области изменения параметров, в которых процесс реализации проекта остается устойчивым на протяжении всего периода управления. Для анализа устойчивости инвестиционного проекта должна быть разработана его динамическая модель, описывающая поведение этой системы в зависимости от аргумента времени. Для оценки динамики проекта в целом может быть предложен подход, широко применяющийся в теории автоматического управления (ТАУ) для анализа технических систем. Ряд авторов обосновывают возможность переноса такого рода мето-

*А. Б. Ковалик, аспирант кафедры экономической кибернетики, Харьковский национальный экономический университет

дов для анализа социально-экономических систем с учетом их особенностей, опираясь на идею морфизма процессов разной природы и отмечая, что ТАУ является универсальным инструментарием анализа и синтеза систем управления разной природы [3, 5, 6, 11, 13].

Автор монографии “Экономико-математическое моделирование динамических закономерностей развития экономических систем” аргументирует вывод о возможности использования методов, разработанных в технике для решения задач исследования экономических систем, тем, что как технические, так и экономические системы имеют тождественные основные признаки и подчиняются одним и тем же общим законам развития [3, с. 25-30]. Предложенный автором подход к исследованию инвестиционной деятельности предприятия позволяет определить величину товарного потока в любой момент осуществления инвестиционного проекта и дает возможность определить время выхода проекта на любую запланированную величину выпуска продукции. Предложенное автором уравнение товарного потока инвестиционного проекта $D = C \frac{dT}{d\tau} + T(\tau)$ (где C – коэффициент пропорциональности, $\tau = \tau_{об}$ – время оборота капитала) [3, с. 91] дает возмож-

ность определить характеристику звена производства как $1 - e^{-\tau_{об}/C}$. Подход, основанный на идее подобия, применен автором [6] для математического описания системы финансового менеджмента на базе теории управления с целью улучшения таких характеристик системы как устойчивость к внешним воздействиям и экономичность, а также обеспечения управления финансовыми системами по критериям всеитупационности, гибкости и непрерывности. Предложенная автором структура финансового менеджмента при управлении по отклонениям может быть применена для построения структуры модели управления инвестиционным проектом предприятия. В работе [13] автором разработана модель системы инвестиционного проекта предприятия как подсистема обобщенной динамической модели предприятия с применением операторного метода моделирования, применяемого для решения динамических задач в технике. Важным отличием представления системы управления инвестиционным проектом предприятия с применением методов ТАУ является возможность исследования системных характеристик проекта в динамике, то есть спектра состояний системы на протяжении определенного времени, в отличие от статического подхода, при котором исследуется лишь набор фиксиро-

ванных во времени показателей, отображающих конкретное состояние системы.

Как правило, эффективность инвестиционных проектов достаточно сложным образом зависит от внешних и внутренних условий их реализации, управлять которыми инвестор не в состоянии. Однако эти условия должны быть отражены в модели. В связи с этим особое значение приобретает разработка экономико-математических моделей оценки эффективности инвестиционных проектов. Одним из видов экономико-математического моделирования процесса реализации инвестиционных проектов может быть анализ устойчивости проекта с помощью исследования поведения его передаточной функции с целью определения рисков проекта и возможности влияния на них при помощи корректирующих воздействий. Анализ устойчивости в экономике имеет ряд особенностей, одной из которых является неоднозначность трактовки этого термина [8]. В рамках данного исследования предлагается определять устойчивость инвестиционного проекта как способность проекта, как системы достигать заданной цели своего функционирования при определенных изменениях среды ее реализации в условиях внешних и внутренних возмущающих воздействий.

В данной работе предпринята попытка продемонстрировать возможность применения аппарата теории автоматического управления к моделированию инвестиционных проектов предприятия с целью оценки их устойчивости и разработки структуры финансовой составляющей инвестиционного проекта предприятия, а также обосновать возможность использовать характеристики инвестиционного проекта в качестве коэффициентов передаточных функций структурных компонентов системы.

В системе управления инвестиционным проектом посредством изменения одних переменных происходит целенаправленное воздействие на другие, поэтому, прежде всего, необходимо установить связь между ними. Данная связь обычно устанавливается в виде передаточной функции. Это понятие лежит в основе методов оценки устойчивости систем и определяется как отношение преобразования Лапласа выходной переменной к преобразованию Лапласа входной переменной при условии, что все начальные условия равняются нулю [5, с. 69]. Условие равенства начальных условий нулю в практике реализации инвестиционных проектов имеет место, если запускается новое производство или его часть или происходит запуск после реконструкции. Преимущество изображения в таком виде состоит в том, что оно позволяет изобразить причинно-следственные связи между переменными в на-

глядной схематической форме. В теории управления преобладает представление динамических систем разной природы в виде структурных схем. Структурная схема состоит из блоков направленного действия (звеньев), каждому из которых соответствует определенная передаточная функция.

Важным предположением при построении схем динамических моделей экономических систем, как отмечено в [13, с. 122], является непрерывный характер потоков денежных поступлений и платежей, что может быть обосновано большим количеством и протяженностью во времени осуществления отдельных дискретных финансовых операций. Данное предположение вводится для обеспечения применимости разработанного аппарата ТАУ для анализа и оценки устойчивости экономической системы.

В работе предлагается схема модели системы управления отдельным инвестиционным проектом предприятия. Предметом исследования является финансовая составляющая подсистемы объекта управления (инвестиционного проекта). Данная схема построена с применением идеологии моделирования экономических систем, предложенной автором работы [11]. Управление инвестиционным проектом детерминировано, т.е. процесс управления однозначно определяется поведением объекта управления и состоянием системы в целом. Таким образом, систему управления инвестиционным проектом будем рассматривать как систему управления с обратной связью по выходной функции объекта управления, то есть как систему с управлением по отклонениям входной переменной (по отклонениям от плановых значений показателей) [6] (управление по ошибке [12, с. 84]), рис. 1.). Входным воздействием системы управления инвестиционным проектом являются показатели бизнес-плана инвестиционного проекта как функции времени, выходным – фактические значения показателей функционирования инвестиционного проекта.

Структурная декомпозиция рассматриваемой системы предусматривает такие обозначения: “управляющее воздействие” – задание (целевые установки); “орган управления ИП” – подсистема управляющего органа в рассматриваемой системе, с передаточной функцией $W_{OU}(z)$; “объект управления (инвестиционный проект)” – подсистема инвестиционного проекта, реализующая основные экономические процессы с передаточной функцией $W_{ИП}(z)$; “обратная связь” – подсистема получения информации о фактическом значении выходной переменной с передаточной функцией $W_{OC}(z)$; вектор $u(t)$ – возмущающее воздействие. Целью управления является получение

выходного сигнала, равного входному, то есть обеспечение выполнения бизнес-плана. Органы управления инвестиционным проектом вырабатывают по правилам, определяемым функциями этих органов управления, корректирующие воздействия на объект управления на основании данных о входных воздействиях, поведении объекта управления, о внутреннем состоянии системы управления и внешних возмущениях. Таким образом, орган управления инвестиционным проектом является “регулятором” системы управления инвестиционным проектом.

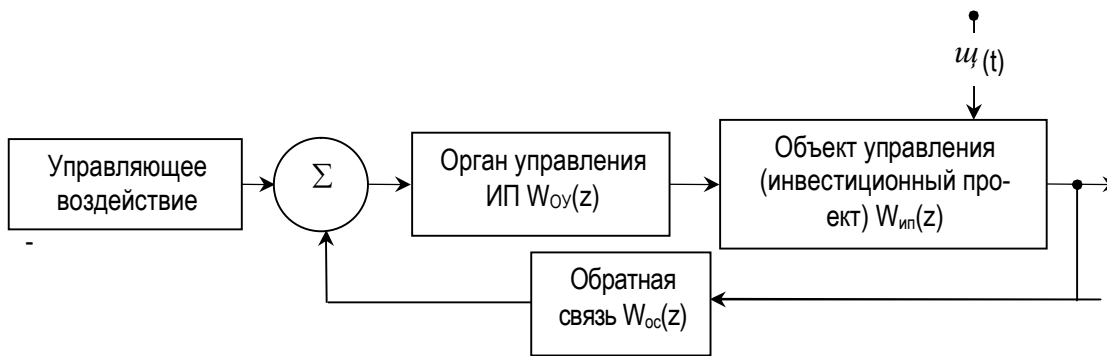


Рис. 1. Укрупненная структурная схема системы управления инвестиционным проектом предприятия

Управляющие воздействия системы управления инвестиционным проектом представляют собой совокупность сигналов, являющихся функциями времени: план по выпуску продукции $u^*(t)$; плановые экономические, технико-экономические и финансовые показатели $v_1^*(t), v_2^*(t), \dots, v_l^*(t)$. Выходом системы управления является набор функций времени: текущий выпуска продукции, экономические, технико-экономические и финансовые показатели $(u(t), v_1(t), v_2(t), \dots, v_l(t))$. Целью управления является минимизация интегральной квадратичной ошибки системы (требование максимального приближения значений выходной функции к значению входной во все моменты времени), то есть:

$$J_0 = \int_0^{\infty} [u(t) - u^*(t)]^2 dt$$

$$J_i = \int_0^{\infty} [v_i(t) - v_i^*(t)]^2 dt, \quad i = 1, 2, \dots, l$$

Объект управления (инвестиционный проект) может быть описан в терминах теории автоматического управления. В соответствии

с алгоритмом исследования динамики систем, приведенным в [5, с. 55], в рамках теории автоматического управления предлагается алгоритм исследования динамики инвестиционного проекта, содержащий шаги:

1. Определение системы и ее компонентов.
2. Описание математической модели и выдвижение необходимых предположений. Главным исходным предположением при конструировании схемы модели инвестиционного проекта является непрерывный характер потоков денежных поступлений на счета и платежей в рамках инвестиционного проекта [13].
3. Формирование дифференциальных уравнений, описывающих поведение модели. Модель строится в соответствии со структурой, адекватной системе интегро-дифференциальных уравнений, описывающих исследуемый объект [13].
4. Решение уравнений относительно желаемых входных переменных. Для решения уравнений применяется преобразование Лапласа, обеспечивающее возможность замены довольно сложных соотношений и операций над оригиналами более простыми над их изображениями, и таким образом, замены решений дифференциальных уравнений на решение более простых алгебраических.
5. Анализ решений и предположений.
6. При необходимости – проведение повторного анализа или синтеза системы.

На основании схемы формирования денежных потоков по инвестиционному проекту построим структурную схему финансовой составляющей инвестиционного проекта, как объекта управления. Предлагаемая схема изображает причинно-следственные связи между финансовыми показателями бюджета инвестиционного проекта, поставив в соответствие операциям, имеющим место при формировании денежных потоков, их изображения в виде блоков направленного действия (элементарных звеньев), каждому из которых соответствует определенная передаточная функция. На рис. 2 изображена модель инвестиционного проекта, содержащая в качестве структурных компонентов скалярные векторы (изображающие основные показатели инвестиционного проекта) и линейные операторы преобразования (оператор – это правило, которое определяет соотношение входа и выхода данного блока (звена)).

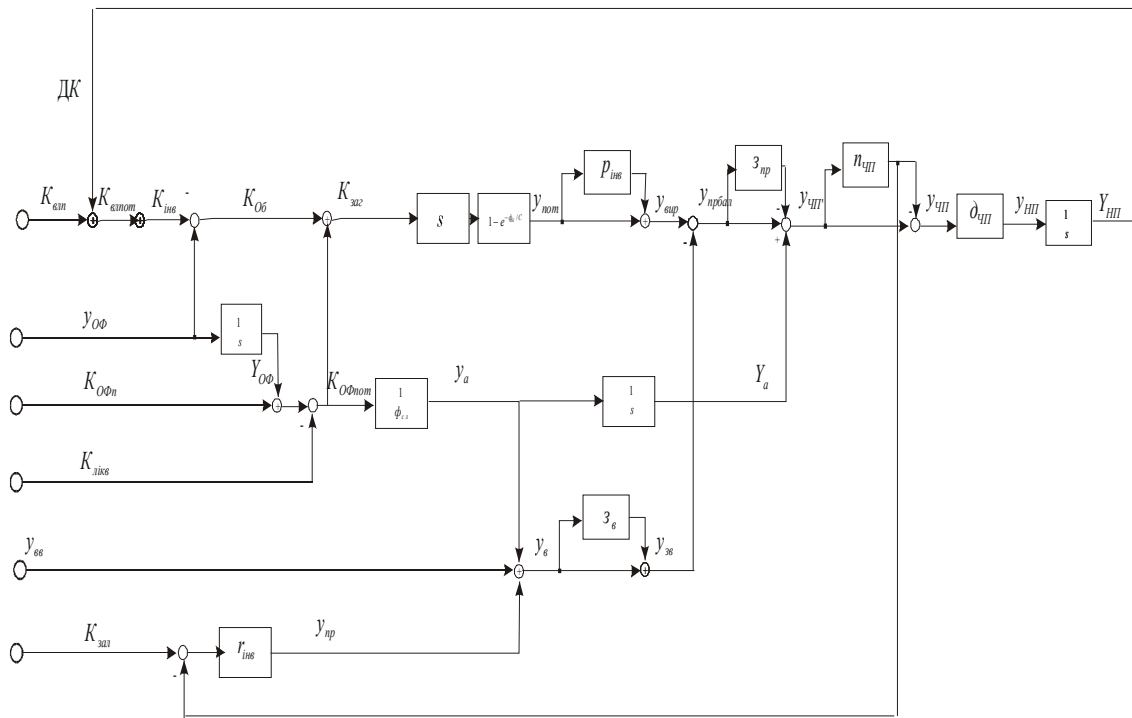


Рис. 2. Модель подсистемы объекта управления (инвестиционного проекта)

В приведенной модели введены такие обозначения: $K_{зат}$ – объем привлеченных инвестиционных средств; $K_{вн}$ – начальный объем собственных инвестиционных средств предприятия; $K_{вот}$ – текущий объем собственного капитала предприятия; $K_{ОФн}$ – начальный объем основных производственных фондов проекта; $K_{ОФ}$ – объем основных фондов проекта; $K_{ликв}$ – план выбытия основных фондов; $K_{инв}$ – общий объем инвестиционных средств; $K_{Об}$ – объем оборотных средств проекта; $K_{зат}$ – объем средств, поступающих в проект; $y_{ОФ}$ – поток вложений в основные фонды инвестиционного проекта; y_a – поток стоимости амортизационных отчислений; $y_{пр}$ – поток процентных платежей за использование привлеченных инвестиционных средств; $y_{ос}$ – поток расходов производства; $y_б$ – суммарные расходы; $y_{зс}$ – общие текущий расходы; $y_{вир}$ – поток выручки от реализации продукции; $y_{прбал}$ – поток балансовой прибыли инвестиционного проекта; $y_{чп}$ – поток чистой прибыли без учета возврата сумм привлеченных инвестиционных средств; $y_{чп}$ – поток чистой прибыли; $y_{нп}$ – поток нераспределенной прибыли; Y_a – накопленные амор-

тизационные отчисления; $Y_{НП}$ – накопленная нераспределенная прибыль; ΔK – прирост капитала инвестиционного проекта.

Для построения схем экономических объектов достаточно минимального набора элементарных операторов, к которым отнесен перечень простейших передаточных функций таких изображений, как: оператор пропорционального преобразования, оператор дифференцирования, оператор интегрирования, оператор чистого запаздывания, оператор суммирования. В схеме модели, изображенной на рис. 2, применены эти элементарные операторы. Детальное описание с получением передаточных функций приведены в [10, 12, 13]. Тип звена однозначно определяется законом, который связывает между собою входную (u) и выходную (x) величины.

Оператор пропорционального преобразования (усиливающее звено) имеет закон $x = ku$, где k может быть любым действительным числом. Этот закон состоит в следующем преобразовании: входной сигнал умножается на постоянную величину k , называемую коэффициентом усиления. Передаточная функция этого звена имеет вид: $W(s) = k$. Реакция звена на единичный входной сигнал, называемая переходной функцией, для оператора пропорционального преобразования имеет вид: $h(t) = x(t)$. В схеме, изображенной на рис. 2, операторы пропорционального преобразования отображают операцию умножения входного вектора на постоянное действительное число, являющееся показателем инвестиционного проекта и имеет соответствующую экономическую интерпретацию: $\tau_{сл}$ – срок службы основных фондов (года); $r_{инв}$ – стоимость привлеченных средства (процентов в год); η_e – налоги в составе затрат, включаемые в себестоимость; η_{np} – налоги, начисляемые на прибыль; $p_{инв}$ – рентабельность инвестиций; $n_{чп}$ – процент погашения основной суммы долга по привлеченным инвестиционным ресурсам; $d_{чп}$ – дивиденды, выплачиваемые из чистой прибыли.

Звено дифференцирования описывается уравнением $x = k \frac{du}{dt}$, то есть выходной сигнал является пропорциональным входному сигналу с коэффициентом пропорциональности k . Передаточная функция этого звена равняется $W(s) = ks$. В приведенной схеме звено дифференцирования отображает преобразование входного вектора объема средств, поступающих в проект ($K_{заг}$) в выходной вектор этого блока – поток расходов инвестиционного проекта.

Интегрирующее звено характеризуется тем, что скорость изменения выходной величины пропорциональна входной величине $\frac{dx}{dt} = x' = ku$. Таким образом, передаточная функция интегрирующего

звена равняется $W(s) = \frac{k}{s}$ и является обратной оператору дифферен-

цирования $-s^{-1}$. Переходная функция этого звена имеет вид $h(t) = kt$ за $t \geq 0$. В схеме модели инвестиционного проекта блок интегрирования применен для отображения преобразования входных для него переменных – поток вложений в основные фонды инвестиционного проекта ($y_{O\Phi}$), поток стоимости амортизационный отчислений (y_a) и поток нераспределенной прибыли ($y_{\Pi\Pi}$) в выходные переменные – накопленные средства, вложенные в основные фонды инвестиционного проекта ($Y_{O\Phi}$), накопленные амортизационные отчисления (Y_a) и накопленная нераспределенная прибыль ($Y_{\Pi\Pi}$) соответственно.

Звено задержки, уравнение для этого звена описывается соотношением $x(t) = u(t - \tau)$, $-\tau \geq 0$. Звено задержки совершает операцию

сдвига входного сигнала на время τ “назад”. Передаточная функция звена задержки равняется $W(s) = e^{-s\tau}$. Переходная функция этого звена имеет вид $h(p) = 1(t - \tau)$ [10]. Передаточная функция звена про-

изводства, являющегося звеном задержки, имеет вид $1 - e^{-\tau_{об}/C}$, получена на основании уравнения товарного потока инвестиционного проекта, приведенного в [3, с. 91].

Оператор суммирования преобразовывает входные векторы $u_i(t)$ в выходной $x(t) = \sum u_i(t)$. На рис. 2 операторы суммирования изображены кружками со знаками “плюс” и “минус”, и выполняют суммирование или вычитание входных для этого звена векторов в выходной вектор.

Предлагаемая модель содержит основные показатели осуществления инвестиционного проекта: инвестируемые средства, себестоимость выпускаемой продукции, чистая и нераспределенная прибыль инвестиционного проекта. Структура модели содержит шесть независимых векторов: привлеченные инвестиционные средства; собственные инвестиционные средства предприятия; основные производственные фонды проекта; план выбытия основных фондов; поток

вложений в основные фонды инвестиционного проекта; поток затрат производства. Перечень этих показателей позволяет анализировать траекторию развития инвестиционного проекта и включить эту подсистему в систему управления инвестиционным проектом предприятия, которая в свою очередь обеспечит возможность исследования поведения инвестиционного проекта и устойчивости, как самого проекта, так и его (в качестве подсистемы в контуре) управление.

В работе рассмотрена общая схема модели системы управления инвестиционным проектом и разработана формальная модель подсистемы объекта управление (инвестиционного проекта). Предлагаемая модель позволяет рассматривать инвестиционный проект как динамическую систему на протяжении всего периода его реализации и исследовать его системные характеристики, в частности устойчивость. В дальнейшем приведенная модель должна быть включена в модель системы управления инвестиционным проектом в качестве подсистемы. Разработанная модель позволяет получить передаточную функцию инвестиционного проекта, а, следовательно, характеристический многочлен системы, который позволит исследовать устойчивость системы управления и отслеживать траекторию поведения системы при условии действия возмущающих воздействий и в случае разработки и применения управляющих воздействий. Приведенная модель может быть применена для анализа составленного бюджета инвестиционного проекта путем проведения имитационных экспериментов, и позволяет осуществлять контроль хода инвестиционного проекта с помощью управления рядом показателей, определяющих его течение, то есть проводить мониторинг реализации инвестиционного проекта.

В дальнейшем модель может быть усовершенствована для более детального отображения реального инвестиционного проекта и реализована программными средствами с целью проведения имитационных экспериментов и исследования устойчивости, а также синтеза системы управления и конструирования ее регулятора. Также может быть уточнен математический подход к оценке параметров модели и правил получения передаточной функции инвестиционного проекта на базе системы дифференциальных уравнений, описывающих поведение инвестиционного проекта.

Список литературы

1. Аптекарь С. Оцінка ефективності інвестиційних проектів / С. Аптекарь // Економіка України. – 2007. – № 1. – С. 42–49.
2. Бень Т. Методи визначення економічної ефективності інвестицій: порівняльний аналіз / Т. Бень // Економіка України. – 2006. – № 6. – С. 41–46.
3. Бутник О. М. Економіко-математичне моделювання динамічних закономірностей розвитку економічних систем : монографія / О. М. Бутник. – Х. : Видавничий Дім “ІНЖЕК”, 2003. – 224 с.

4. Денисов В. Т. Особенности оценки инвестиционных проектов в условиях экономической нестабильности / В. Т. Денисов, А. И. Ладошкин // Вісник Академії Економічних наук України. – 2003. – № 1. – С. 27–29.
5. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп: пер. с англ. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 832 с.
6. Зайков В. П. Построение типовых структур финансового менеджмента с использованием теории управления / В. П. Зайков // Социально-экономические и технические системы. – 2007. – 2(36). – <http://www.inforeg.ru/eni/artList.asp>.
7. Захарін С. Інвестиційне забезпечення відтворення основних фондів / С. Захарін // Економіка України. – 2007. – № 5. – С. 43–51.
8. Ковалік А. Б. Застосування поняття “стійкість” у техніці та економіці. / А. Б. Ковалік // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. – 2006, № 743. – С. 110-113. – (Економічна серія).
9. Лившиц С. В. О методологии оценки эффективности производственных инвестиционных проектов в российской переходной экономике / С. В. Лившиц // Экономика и математические методы. – 2004. – Т. 40, Вып. 2. – С. 49–58.
10. Методы классической и современной теории автоматического управления : учеб. в 5 т. / под ред. : К. А. Пупков, Н. Д. Егупов. – 2-е изд., перераб. и доп. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004. – 654 с.
11. Осемчук М. П. Некоторые вопросы анализа систем управления предприятиями / М. П. Осемчук // Экономика и математические методы. – 1965. – Том I, вып. 6.
12. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособ. / А. А. Первозванский. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 616 с.
13. Царьков В. А. Динамические модели экономических систем / В. А. Царьков // Сборник научных трудов (Приложение к журналу “Аудит и финансовый анализ”). – 2005. – № 2. – С. 118–139.
14. Червова Л. Порівняльний аналіз динаміки інвестицій в економіку України / Л. Червова, М. Назарчук // Економіка України. – 2007. – № 3. – С. 32–41.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНОВЫХ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ*

Использование экономико-математических методов в расчетах потребности трудовых и материальных ресурсов, производственных мощностей предприятия дает возможность не только формировать оперативные производственные программы, но и выявлять проблемные ситуации, возникающие на этапе подготовки плановых решений, и в процессе их реализации прогнозировать выпуск продукции на ближайшую перспективу, что особенно важно в рыночной среде.

*А. Я. Берсуцкий, канд. экон. наук, доц., Донецкий университет экономики и права

Мы рассматриваем ресурсы как компоненты производственного процесса, с точки зрения прогноза возникновения проблемных ситуаций и альтернатив их решения. В этом же плане ресурсы исследуются с позиции информационных систем принятия решений, описывающих их состояние и преобразование в процессе производства как первичные базы, а следовательно и как основу создания базы данных системы.

Устранение проблемных ситуаций, возникающих в области использования ресурсного потенциала, играет решающую роль в эффективности управленческой деятельности в целом на предприятии. Альтернативы выбора целесообразных оперативных плановых решений лежат как в моделях, отражающих проблемные ситуации, так и в самих моделях реализации решений.

Повышение качества принимаемых плановых решений позволяет ввести в действие такие резервы производства, как уменьшение простоев рабочих и оборудования, улучшение использования производственных ресурсов за счет оптимизации их планирования, уменьшение сверхнормативных запасов материальных ресурсов, повышение ритмичности производства, уменьшение величины непроизводительных расходов.

Особое место в системе принятия решений занимает формирование оперативных производственных программ и их доведение до каждого подразделения предприятия. Текущие планы, определяя параметры производственно-хозяйственной деятельности предприятия и его подразделений, на данном этапе конкретизируются для обеспечения своевременного выпуска продукции при ритмичной работе цехов и наиболее полном использовании ресурсного потенциала. При этом должны быть учтены фактическое выполнение программы за предшествующий период, уточненные данные о поставках материалов и комплектующих изделий, состояние технической и материальной подготовки производства.

Значительные трудности при формировании и принятии оперативных плановых решений возникают при ограниченных производственных ресурсах. К ресурсным ограничениям при формировании плана относятся лимиты по важнейшим материалам, количество основных производственных рабочих и лимитирующего оборудования. Заметим, что именно при расчетах потребности этих ресурсов чаще всего возникают проблемные ситуации. Устранение возникающих проблемных ситуаций представляет значительные трудности при формировании плановых решений на этапе разработки оперативных производственных программ.

Известно, что большинство проблемных ситуаций на предприятии связано с наличием ресурсов, их состоянием или возможностью использования на t -й момент времени для производства j -го изделия. Таким образом, ресурсы являются ограничивающим фактором и среди них многие авторы выделяют производственно-технологическую группу [2, 3, 4, 5]. И практика подтверждает подобный подход, ибо в каждый данный момент или конечный интервал времени возможности производственно-технологической реализации альтернатив определяются, с одной стороны, способами использования ресурсов, а с другой, – их наличием и состоянием для каждого способа. Известно, что предприятие не обладает безграничным количеством ресурсов на любой момент времени. Вместе с тем, можно утверждать, что ограниченность ресурсов является относительной:

- временной аспект ограниченности ресурсов отражает непосредственно рассматриваемый момент времени t_σ . Во время $t_{\sigma+1}$ количество ресурсов уже может быть изменено как за счет их перераспределения среди заказов, включенных в план производства, так и за счет увеличения количества наличных ресурсов. Таким образом, “для каждого момента времени будет существовать “своя” ограниченность ресурсов” [1, с. 105];
- “дефицитный” аспект ограниченных ресурсов отражает недостаточное количество отдельных видов ресурсов на предприятии. Это могут быть материалы определенной номенклатуры или отдельные виды станков (зубофрезерные, продольно-фрезерные). Относительная дефицитность имитирующих ресурсов может быть временной и устранена за счет их перераспределения или за счет взаимозаменяемости ресурсов в производственном потреблении.

Таким образом, производственные ресурсы являются важнейшими информационными объектами принятия управленческих решений. В то же время именно на этих объектах в процессе производственно-хозяйственной деятельности предприятия возникают проблемные ситуации и необходимость их устранения. Рассмотрим возможные проблемные ситуации в процессе использования ресурсов и их состояния на любой момент времени.

Отсутствие (в силу недопоставки) или дефицит (в случае брака в производстве) l -го вида материала вызывают проблемную ситуацию в изготовлении i -й детали j -го изделия.

Возможные альтернативы.

1. Отложить изготовление i -й детали j -го изделия с t -й датой выпуска на более поздний срок с возможностью поставки l -го вида материала. В этом случае дата выпуска изделия может измениться на $t+1$,

и, как следствие, с претензией заказчика на несвоевременность поставки изделия по контракту.

2. Замена материала L -го вида на номенклатуру L_o -го вида конструктивно взаимозаменяемой с материалом L -го вида. В данном случае возможны изменения в технологии изготовления детали i -го вида j -го изделия. Предполагаемая замена (используется специальный алгоритм информационной системы принятия решений) приводит к необходимости регулирования технологических и стоимостных показателей изготовления i -й детали и всего j -го изделия.

Аналогичные проблемные ситуации возникают при выходе из строя “дефицитного” оборудования, замена которого существенно может повлиять на длительность цикла изготовления i -й детали и на стоимостные показатели изготовления i -й детали и j -го изделия в целом.

Принятие управленческих решений по сбалансированности ресурсов на начало планового периода, анализ их использования в процессе производства возможен на базе *информации состояния* (фиксированное состояние производственных ресурсов на начало выполнения оперативного плана), позволяющей эффективно формировать базу данных информационной системы принятия решений.

Модели состояния ресурсного обеспечения производства изделий промышленного предприятия описывают наличие ресурсов на начало конкретного планового периода: готовность производственного оборудования, номенклатуру и количество имеющихся материальных ресурсов, трудовые ресурсы.

Конструирование моделей состояния ресурсов в системе принятия решений преследует, по существу, две цели:

- определение общего количества и номенклатуры ресурсов и их состояние на начало процесса производства, а также принятие решений по возможности сбалансирования объемов изготавливаемой продукции с наличными ресурсами;
- отражение реального состояния производства, выявление проблемных ситуаций и принятие решений по необходимости дополнительного привлечения конкретных видов ресурсов.

Модели состояния определяют исходные позиции для подготовки и принятия плановых управленческих решений, формируемых в виде годовых и квартальных текущих планов и оперативных производственных программ на месяц, декаду, смену.

Рассмотрим совокупность моделей состояния основных видов производственных ресурсов на начало процесса производства.

1. Модель состояния, отражающая наличие материальных ресурсов предприятия и их возможности на оперативный и текущий плано-

вые периоды, используется при формировании плановых управленческих решений:

$$M_m^S = \frac{\sum_{j \in i} m_{lj} x_j^t \leq M_l^o - M_l^x - M_l + r_l, l \in L,}{\sum_{L \in L} C_l r_l \leq m} \quad (1)$$

- где m_{lj} – количество материала L -го шифра, используемого на изготовление j -го изделия;
- x_j^t – количество j -х изделий в плане выпуска t -го планового периода;
- M_l^o, M_l – наличие материала L -го шифра на начало года и планируемые запасы на конец года;
- M_l^x – необходимый объем поставок ресурса;
- C_l – цена единицы материала l -го шифра: m – часть общего фонда денежных средств предприятия, идущая на приобретение дополнительных материалов;
- r_l – искомое необходимое дополнительное количество материала l -го шифра.

Таким образом, модель состояния (M_m^S), отражающая наличие материальных ресурсов на начало планового периода (год, квартал, месяц), позволяет прогнозировать возможность возникновения проблемных ситуаций в следующих направлениях: отсутствие необходимого количества материала l -го шифра на выпуск j -го изделия с d -й датой выпуска в t -й плановый период

$$\sum_{j=1}^n R_{lj} < P_{lj}, \quad (2)$$

где P_l – количество материала l -го шифра на складе предприятия.

В этом случае проблемная ситуация предполагает, по существу, три альтернативы:

- а) перенести выполнение j -го изделия на более позднюю дату $t+1$;
- б) изыскать возможность приобретения материала l -го шифра с доставкой в течении t -го планового периода и общей длительностью цикла выполнения i -х деталей меньше d -й даты;
- в) проверить возможность замены материала l -го шифра на взаимозаменяемый ресурс.

2. Модель состояния оборудования, отражающая его наличие на начало планового периода и возможность участия в выполнении опе-

ративной производственной программы, может быть представлена в следующем виде:

$$f_i = \sum t_{ij} x_j \leq f_i^* + f_i^o g_i, i \in I, \quad (3)$$

где f_i – действительный годовой фонд времени i -го оборудования;
 f_i^* – ввод нового фонда в соответствии с планом технического перевооружения и реконструкции;
 f_i^o – действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования i -го шифра;
 g_i – искомое количество дополнительных единиц оборудования i -го шифра;
 t_{ij} – время, необходимое для выпуска i -й детали j -го изделия;
 x_j – количество j -х изделий в плане выпуска.

Модель состояния оборудования предприятия (расчеты могут производиться в пределах цеха или участка) отражает общее количество производственного оборудования, участвующего в выполнении оперативной производственной программы, их состояние на начало планового периода t и позволяет прогнозировать возможные проблемные ситуации.

После определения информации состояния о наличных фондах времени в плановом режиме (t), а также о необходимых фондах (f) на заданную производственную программу, куда на первоначальном этапе включены изделия тех заказчиков, сроки поставки которых находятся в интервале планируемого периода (квартал, месяц), анализируются условия выполнения этой программы, а также возможность появления проблемных ситуаций.

Таким образом, сравнение векторов наличного оборудования позволяет иметь представление о загрузке каждого вида оборудования, выявлять проблемные ситуации (в практике предприятий – “узкие места”) и в тоже время знать наличие резервного (недогруженного) оборудования.

Следовательно, информация состояния, отражающая готовности ресурсного потенциала к производственному процессу, является базой для подготовки плановых решений, в дальнейшем воплощенных в оптимальные текущие планы и оперативные производственные программы.

3. Модель состояния трудовых ресурсов, отражающая их наличие на начало планового периода, возможности участия в выполнении производственной программы цеха, участка, может быть представлена как

$$\sum_{j \in i} t_{\lambda i} x_j \leq f_{\lambda} + f_{\lambda}^0 U_{\lambda};$$

$$\sum_{\lambda \in \Lambda} \sum_{j \in i} \frac{t_{\lambda i} x_j}{f_{\lambda}^0} \leq R^*, \quad (4)$$

где f_{λ} – реальный годовой фонд времени работы основных производственных рабочих λ -й специальности;

f_{λ}^0 – годовой фонд времени рабочего λ -й специальности;

U_{λ} – искомое количество дополнительных рабочих λ -й специальности;

R^* – лимит численности основных производственных рабочих;

$t_{\lambda i}$ – время, необходимое для выпуска i -й детали рабочим λ -й специальности;

x_j – количество j -х деталей в плане выпуска.

Модели состояния трудовых ресурсов предприятия отражают общее количество производственных рабочих, участвующих в выполнении производственной программы, их состояние на начало планового периода t и позволяет прогнозировать проблемные ситуации в процессе выполнения плановых заданий.

В целом, модели состояния формируются на начальном этапе процесса подготовки плановых решений, определяющих показатели и временные характеристики текущих планов и оперативных производственных программ.

Предпосылками для принятия решений при формировании оперативного плана являются предварительные расчеты по каждому виду ресурсов, необходимых для выпуска изделий. Результатом принятия решений служит возможный выпуск продукции при заданных ограничениях на конкретные ресурсы и последовательность сроков изготовления соответствующих изделий. При принятии управленческих решений в процессе формирования оперативных планов в условиях ограниченных ресурсов большое значение имеет ритмичность поставок материальных ресурсов.

При принятии управленческих решений необходима информация и о величине страхового запаса, используемого для обеспечения производства материалами в случаях непредусмотренных отклонений от плановых условий поставок. Таким образом, при реализации алгоритмов распределения материалов по изделиям, включенным в оперативный план, в расчет включается общая величина наличия материальных ресурсов на предприятии.

Изучение современной практики разработки оперативных производственных программ показывает, что существующие методы, не

учитывающие специфические особенности организации и планирования производства, основанные на традиционных, ручных расчетах, не могут обеспечить ритмичную, взаимоувязанную работу отдельных производственных подразделений предприятия в соответствии с заданными текущими планами, что чаще всего ведет к возникновению проблемных ситуаций на различных этапах формирования и реализации производственной программы. Рассмотрим возможные варианты возникновения проблемных ситуаций на основе формирования производственной программы. Информационной основой разработки программы служит базовая информация, отражающая количественные параметры и качественные характеристики договоров с заказчиками.

В практике расчета производственной программы по предприятию и его подразделениям обязательно реализуется аналитическое описание ресурсного потенциала предприятия. Информация состояния, описывающая подготовку соответствующих ресурсов к процессу производства, является информационной основой для включения конкретных изделий в производственную программу изделия, включается в расчет при наличии оборудования, имеющегося наличия рабочих по основным профессиям, достаточного объема материальных ресурсов, наличия покупных и комплектующих деталей для сборки и выпуска конкретных изделий.

В результате анализа могут быть выявлены проблемные ситуации, устранение которых необходимо еще на стадии расчета производственной программы (дефицит станков основного производства и рабочих соответствующих профессий, отсутствие материала необходимой номенклатуры и необходимого количества). Только выявление проблемных ситуаций и принятие решений по их устранению позволяет перейти к выполнению процедур расчета производственной программы предприятия на конкретный плановый период.

В научных исследованиях и на практике предлагаются различные варианты решений по формированию оперативных производственных программ, а особенности единичного и мелкосерийного производства оказывают существенное влияние на методы их формирования. Сложность разработки таких программ заключается в определенной системе приоритетов включения заказов в план производства на планируемый период, с учетом ограниченности соответствующих элементов ресурсного потенциала.

Рассмотрим возможные варианты построения компонент вектора приоритетности W^k , где $W^k = (w_1^k, w_2^k, \dots, w_n^k)$, и алгоритм принятия решений по формированию оперативной производственной программы с учетом приоритетов. Условные обозначения показаны в таблице 1.

Таблица 1

Условные обозначения	Значения показателей	Примечания
$T=(T_{ij})_{m \times n}$	Нормативная матрица трудоемкости	
$P = [p_1, p_2, \dots, p_j]$	Распределяемая производственная программа предприятия	Годовой интервал распределения в пределах кварталов
$X_o^l = [x_{o1}^l, x_{o2}^l, \dots, x_{on}^l]$	Оптимальная производственная программа l -го квартала	
x_{oj}^l	Оптимальное количество j -х изделий, включенных в l -й квартал выпуска	Соответствует полученному решению на l -ом этапе
y_j^k	Количество j -х изделий, включенных в выпуск k -го квартала	Согласно договорам заказчиков
$X^k = [x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k]$	Произвольный допустимый вектор плана k -го квартала	Соответствует условиям модели
$\bar{C} = (\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_n)$	Вектор оптовых цен выпускаемой продукции предприятия	Цены согласно договорам
W^k	Вектор приоритетности	$W^k = (w_1^k, w_2^k, \dots, w_n^k)$
k	Интервал формирования (номер квартала)	$k=1. 2. 3. 4$
j^k	Подмножество интервалов j	$j^k \in J$
$A=(a_{ij})_{(m+1) \times n}$	Расширенная нормативная матрица	Матрица T , дополненная строкой C , нормативы формируются в базе данных информационной системы
$R^k = [r_1^k, r_2^k, \dots, r_n^k]$	Вектор годовой производственной программы	Вектор, подлежащий распределению на k -ом этапе, т.е. $R^k = P - \sum_{l=1}^{k-1} X_o^l - \sum_{l \geq k} X^l,$ $r_i^k = p_j - \sum_{l=1}^{k-1} x_{0j}^l - \sum_{l \geq k} x_j^l$
$\phi^k = [\phi_1^k, \phi_2^k, \dots, \phi_{m+1}^k]$	Вектор фондов ресурсов	$\phi_i^k = \begin{cases} 0,25 \sum_{j=1}^n t_{ij} p_j - \sum_{j=1}^n t_{ij} x_j^k & \text{при } i \in I \\ 0,25 \sum_{j=1}^n \bar{c}_j p_j - \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j^k & \text{при } i = m+1 \end{cases}$
$B^k = (b_{ij})_{(m+1) \times n}$	Матрица структуры использования ресурсов, заданной формируемой производственной программы на k -м этапе	Элементы матрицы B^k вычисляются: $b_{ij}^k = a_{ij} r_j^k$
$b_j^k = [b_{1j}^k, b_{2j}^k, \dots, b_{(m+1)j}^k]$	Произвольный j -й вектор-столбец матрицы B^k	

Вариант 1. Приоритетность включения j -го изделия из годового плана в оперативную производственную программу k -го временного интервала устанавливается следующим образом:

$$w_j^k = p_j - \sum_{l=1}^{k-1} x_{0j}^l - \sum_{l \geq k} x_j^l, \quad j \in J. \quad (5)$$

Вариант 2. При этом варианте устанавливается равная приоритетность включения изделий в производственную программу:

$$w_j^k = \text{const} > 0, \quad j \in J. \quad (6)$$

Вариант 3. Вариант предполагает установление выборочной приоритетности включения изделий:

$$w_i^k = \begin{cases} a_j^k > 0, & \text{если } j \in J^k \subset J \\ 0, & \text{если } j \in J / J^k \end{cases}. \quad (7)$$

При этом J^k – некоторое подмножество индексов J , соответствующих тем изделиям, для которых устанавливается приоритетность, причем если $a_{j_1}^k < a_{j_2}^k$, то для j_2 -й позиции из годового плана в целом устанавливается приоритетность выше, чем для j_1 -й. Величины, как правило, устанавливаются обратно пропорционально суммарным трудоемкостям нераспределенного годового плана. Поскольку без дополнительных расчетов это устанавливать трудно, то в третьем варианте большую роль играют производственный опыт и мнение экспертов.

Практика показывает, что к преимуществу третьего варианта можно отнести возможность автоматизировано рассчитывать определенную квартальную номенклатуру. Этот подход удобно использовать в тех случаях, когда, с одной стороны, ресурсные возможности предприятия позволяют, а с другой, – необходимо сохранить непрерывность выпуска конкретных изделий из одного планового периода в другой.

Совершенно очевидно, что для обоснованного определения вектора приоритетности W^k должен быть проведен надлежащий анализ исходной информации, т.е., вообще говоря, имеет место зависимость

$$W^k = \Pi \left(\Phi, C \sum_{l=1}^{k-1} X_0^l, \sum_{l > k} X^l, \bar{c} \right). \quad (8)$$

Заметим, что в классической постановке получение такой зависимости сводится к задаче комбинаторного планирования. Однако вполне достаточно получить укрупненные рекомендации по приоритетности, так как дальнейшее уточнение достигается реализацией линейных моделей.

Целью предлагаемого алгоритмического подхода является определение совокупности ресурсов ϕ_j^k , обеспечивающих выполнение сформированной оперативной производственной программы с учетом значений вектора приоритетности W^k . Таким образом, среди заданных n векторов B_j^k необходимо выделить такую совокупность, чтобы целочисленное включение соответствующих изделий R^k в план k -го квартала обеспечивало максимальное использование наличных фондов ресурсов.

В результате реализации алгоритма получаем вектор приоритетности (W^k) включения конкретных изделий R^k в план k -го квартала в зависимости от наличия ресурсов ϕ^k . Будем говорить, что совокупность J_μ векторов-столбцов матрицы B^k образует допустимый план, если выполняется условие $\sum_{j \in J_\mu} b_j^k \leq \phi^k$. Совокупность J_μ столбцов матрицы B^k будем называть насыщенным планом, если этот план допустимый, и если включение в него хотя бы одного добавочного столбца матрицы B^k приводит его в недопустимый, т.е. выявляется недостаток хотя бы одного вида ресурсов.

Сущность предлагаемого алгоритма заключается в определении некоторой подматрицы \bar{B}^k , входящей в B^k , элементы которой обеспечивают построение насыщенного плана. Переход B^k к \bar{B}^k осуществляется последовательным отбрасыванием из матрицы B^k несущественной информации. Ключом к проведению этих последовательных сокращений матрицы B^k является вектор фондов ресурсов ϕ^k .

Прежде всего, выделим случай, когда среди компонент вектора ϕ^k содержится хотя бы одна отрицательная величина ($\phi_s^k < 0$). При этом наличие отрицательного фонда s -го ресурса делает невозможной дальнейшую оптимизацию без соответствующей корректировки обязательной волевой программы k -го квартала X^k . Эта корректировка осуществляется путем уменьшения тех позиций x_j^k , которые вызывают перегрузку s -го шифра ресурсов. Исходные нормативы трудоемкости по предприятию по соответствующим шифрам оборудования формируются на базе технологических и конструкторских баз данных информационной системы управления (подетальные спецификации на изделия и технологические

карты на деталь и узел). Таким образом, после проведения корректировки вектор ϕ^k становится неотрицательным. При невозможности изменения X^k дают приращение s -й координате ϕ^k на величину $\Delta\phi_s^k \geq \left| \phi_s^k \right|$.
 Переход от матрицы B^k к матрице \bar{B}^k ($B^k \rightarrow \bar{B}^k$) осуществляется следующим образом: $B^k \rightarrow B_1^k$, $B_1^k \rightarrow B_2^k$, $B_2^k \rightarrow \bar{B}^k$. Одновременно преобразуется и вектор фондов ресурсов: $\phi^k \rightarrow \phi_1^k \rightarrow \bar{\phi}^k$.

Рассмотрим последовательность этих преобразований. Матрица B_1^k формируется из B^k следующим образом. Из матрицы B^k удаляются все строки, для которых соответствующие фонды ресурсов $\phi_i^k=0$, а также все столбцы, которые содержат ненулевые элементы $b_{ij}^k > 0$ в удаленных строках. Нулевые элементы ϕ_i^k одновременно удаляются и из вектора ϕ^k . Таким образом:

$$B^k = \left(b_{ij}^k \right)_{(m+1) \times n} \rightarrow B_1^k = \left(b_{ij}^k \right)_{m_1 \times n_1};$$

$$n_1 \leq n; \quad m_1 \leq m + 1 \quad (9)$$

$$\phi^k \rightarrow \phi_1^k.$$

Сущность преобразования состоит в следующем. Если i -й фонд ресурсов полностью использован ($\phi_i^k=0$) при волевом формировании плана X^k -го квартала, то дальнейшему рассмотрению подлежат только те изделия, которые не обрабатываются на i -м шифре оборудования. Если же $\phi_{m+1}^k=0$, то матрица B_1^k не будет включать ни одного столбца матрицы B^k , так как все $c_j > 0$. Матрица B_1 пуста, следовательно, нет ни единого допустимого плана и дальнейшая оптимизация невозможна без уменьшения компонент вектора X^k либо увеличения ϕ_{m+1}^k на допустимую величину $\Delta\phi_{m+1}^k > 0$. Матрица B_2^k формируется из B_1^k удалением тех ее столбцов, для которых не выполняется условие $b_{ij}^k \leq \phi_i^k$.

Невыполнение этого условия означает, что, по крайней мере, для одного вида ресурсов (ϕ_1^k включает m_1 вид ресурсов) будем иметь $b_{ij}^k > \phi_i^k$.

Следовательно, матрица B_2^k содержит только такие векторы-столбцы, которые “укладываются” в имеющиеся фонды ресурсов. Таким образом:

$$B_1^k = \left(b_{ij}^k \right)_{m_1 \times n_1} \rightarrow B_2^k = \left(b_{ij}^k \right)_{m_1 \times n_2}; \quad n_2 \leq n_1. \quad (10)$$

Далее осуществляется переход $B_2^k \rightarrow B^k$, который заключается в отбрасывании строк матрицы B_2^k , соответствующих нелимитирующим ресурсам. Условие того, что s -й вид ресурсов является лимитирующим, имеет вид

$$\sum_{j \in J_2^k} b_{sj}^k > \varphi_s^k, \quad (11)$$

где J_2^k – множество индексов изделий в матрице B_2^k .

Построение насыщенного плана (по существу, оперативной производственной программы) осуществляется последовательным выбором тех столбцов, которые имеют максимальную приоритетность (в соответствии с вектором W^k). На следующем этапе осуществляется распределение сформированного плана по каждому производственному подразделению.

Задача распределения оперативной производственной программы выпуска изделий сводится к построению календарного плана-графика выполнения укрупненных работ – установлению дат начала и окончания для каждой работы из множества $P(s)$ (элементы множества $P(s)$ предполагаются упорядоченными в соответствии с приоритетностью выпуска изделий: приоритеты, определенные на первом этапе формирования программы, могут быть установлены в зависимости от сроков выполнения контрактов либо в прямой зависимости от величин опережений этапов изготовления узлов изделий).

Принятие планового решения обуславливает моделирование плана-графика выполнения работ, осуществляется путем “календарной раскладки” их трудоемкости по всем видам оборудования цехов (для примера рассматривается механообрабатывающая стадия производства). Плановый фонд работы i -го вида оборудования c -го цеха в s -м календарном периоде определяется формулой

$$F_{ic}^s = a_s q (1 - \chi_{ic}^s) \sum_{\omega \in I_i^c} \delta_{\omega} - \Phi_{ic}^s, \quad i \in I, \quad c \in C_3, \quad s \in S, \quad (12)$$

где χ_{ic}^s – коэффициент планируемых потерь номинального фонда времени работы i -го оборудования в c -м цехе в s -м периоде;

δ_{ω} – число смен работы ω -го станка в сутки;

I_i^c – множество станков i -го вида оборудования c -го цеха;

Φ_{ic}^s – плановый простой i -го оборудования c -го цеха в s -м календарном периоде;

a_s – количество рабочих дней в s -м периоде.

Анализ различных вариантов производственной программы может определить конкретные ситуации, являющиеся основой принятия управленческих решений. Отметим некоторые из них:

- 1) резервы и дефициты станков конкретной группы при плановом и трехсменном режимах работы равны нулю;
- 2) выявлены резервные станки при плановом и трехсменном режимах работы оборудования конкретной группы;
- 3) выявлены резервные станки при трехсменном режиме работы оборудования конкретной группы, а резервы и дефициты при плановом режиме равны нулю;
- 4) выявлены резервные станки при трехсменном и дефицитные станки при плановом режиме работы оборудования конкретной группы;
- 5) выявлены дефицитные станки при плановом режиме работы оборудования конкретной группы, а резерв и дефицит станков при трехсменном режиме равны нулю;
- 6) выявлены резервные станки при трехсменном и плановом режимах работы оборудования конкретной группы.

Разработанная и распределенная таким образом оперативная производственная программа позволяет перейти к обоснованию решений по формированию номенклатурных поддетальных планов для каждого подразделения.

Важными в научном и практическом плане представляются конструирование и реализация моделей формирования оперативных производственных программ в условиях ограниченности ресурсов и возможности изменения их структуры. Вследствие различной специализации производственных участков для одних из них лимитирующими видами ресурсов служит имеющаяся совокупность основного оборудования, для других – производственная площадь и численность рабочих.

Методы расчета оперативных программ должны учитывать возможность их формирования по заданной группе приоритетов для каждой позиции плана (запланированных к выпуску изделий). Один (или первый) из этой группы приоритетов задается внешними условиями и обусловлен, по существу, рыночным обязательством предприятия (сроки выполнения заказов). В этом случае вся номенклатура выпускаемых изделий подразделяется на три совокупности:

- первая включает все позиции планового задания цеха на комплектацию изделий, которые предприятие планирует к реализации;
- вторая содержит сборочные единицы (узлов и изделий), производство которых начинается и завершается в конкретном календарном периоде;

- в третью входят те изделия, по которым формируется переходящий задел.

Приоритет изделий для первой совокупности имеет максимальное значение, для второй – меньшее, для третьей – минимальное значение. Для принятия решений по очередности исполнения изделий в производственном процессе используется второй приоритет, имеющий меньший порядок по сравнению с первым и рассчитываемый на основе *длительности цикла изготовления изделий*, минимального, среднего и максимального значений величины занимаемой производственной площади. Рассмотренные приоритеты относятся к классу статических и позволяют получить различные виды упорядочения номенклатуры изделий, предусмотренной планом производства. Анализ упорядоченности в соответствии с выбранным критерием оптимальности календарного плана дает возможность выделить некоторые из них и использовать непосредственно в моделирующем алгоритме принятия решений по разработке календарного плана. Поскольку календарному планированию подлежат не изделия в целом, а технологические операции по механической обработке и сборке, то в качестве механизма формирования набора работ на каждом этапе процесса построения календарного плана и механизма минимизации цикла изготовления изделия в общем производственном процессе используется третий приоритет. Он относится к классу динамических и определяется на основе временных характеристик технологических операций, их последовательности и конструкторского состава изделия, которые рассмотрены выше. Для формирования решений предусматривается определение таких приоритетов:

- динамический резерв времени для каждой операции по технологическому циклу (механически сборочный процесс узла или изделия);
- динамический резерв времени на одну операцию по цикловому графику изготовления изделия;
- динамический резерв на единицу интервала времени, оставшегося по циклу изготовления изделия после некоторой технологической сборочной операции изделия или сборочного товарного узла;
- критическое отношение для технологической операции, выполняемой по сборочной единице, а также различные модификации названных приоритетов в зависимости от веса и нормативной стоимости обработки металлоконструкции.

Целесообразность применения в принятии решений выделенных приоритетов в соответствии с выбранным критерием оптимальности обуславливается предварительными расчетами. В принципе, имеются возможности проектирования и выбора однократных алгоритмов раз-

работки оперативного плана, которые наиболее точно отвечают требованиям конкретных производственных условий.

Рассмотрим технологию формирования оперативного плана, описываемую математической моделью размещения ограниченных ресурсов, для выполнения многосетевого комплекса операций в соответствии с заданным критерием оптимальности.

Пусть дано множество $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ операций, на котором введено отношение частичного порядка, то есть $a_i < a_j$ либо $a_j > a_i$, если операция a_i предшествует выполнению операции a_j . Выполненная календарная операция характеризуется интервалом времени из t_l единиц и вектором ресурсов $r_l = \{r_{ij}\}$, $j = \overline{1, m}$. Количество ресурсов j -го вида ограничено величиной R_{jt} в течение каждой временной единицы горизонта планирования $\overline{1, T}$. Принимаем, что производственные ресурсы, участвующие в выполнении операций a_1 , не допускают перерыва в их выполнении. Процесс выполнения технологических операций и их последовательность должны подчиняться следующим условиям:

- последовательность выполнения работ должна удовлетворять ограничениям, заданным отношением частичного порядка;
- использование ресурсов в каждый интервал времени горизонта планирования не должно превышать значений R_{jt} , $j = \overline{1, m}$, $t = \overline{1, T}$;
- время выполнения каждой операции a_1 не должно быть меньше t_l , где t_l – продолжительность операции a_1 .

Если в качестве критерия оптимальности рассматривать минимизацию продолжительности периода времени выполнения всего множества операций A , предлагаемый алгоритм планирования выпуска изделий и выполнения технологических операций аналитически можно представить в виде:

$$\sum_{l=1}^k T_l \rightarrow \min, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n r_{ij} x_i^l \leq R_{jl}, \quad j = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, n}; \quad (14)$$

$$\sum_{l=1}^k T_l \cdot x_i^l \cdot c_i^l \geq t_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (15)$$

$$\sum_{p=1}^{l-1} T_p \cdot x_s^p \cdot c_s^p \geq t_s, \quad \text{если } x_i^l \neq 0, \quad (16)$$

$$a_s \notin A_i \quad \forall_s, \quad t_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n},$$

где A_i – подмножество выполняемых операций из A , которые должны быть выполнены до выполнения операций a_i ;

T_l – продолжительность l -го интервала времени горизонта планирования;
 $x_i^l = 1$, если операция a_i выполняется в течение l -го интервала времени, и 0, если операция в этот интервал времени не выполняется;
 $C_i^l=1$, если существуют такие целые числа p_1 и p_2 , что $\sum_{p=p_1}^{p_2} x_i^p \cdot T_p \geq t_i$, и при этом x_i^p для всех $p_1 \leq p \leq p_2$, и 0 – во всех остальных случаях.

Если кратко охарактеризовать ограничения (13), (14), (15) в формулировке задачи, то (13) требует, чтобы потребность в ресурсах не превышала обеспеченности ресурсами в каждом интервале времени на протяжении горизонта планирования, (14) означает, что каждая операция выполняется без перерывов и ее продолжительность не меньше заданной, а (15) аналогичны ограничениям вида (13), и, кроме того, все операции $a_s \in A_i$ должны быть выполнены до выполнения любой из операций $a_s \in A_i$. Пусть B – некоторое подмножество операций из A , сроки завершения которых заданы. Тогда ограничения по срокам завершения операций запишем в виде

$$\left(\sum_{p=1}^{l-1} T_p \right) \cdot x_i^l + t_i \leq d_i. \quad (17)$$

Сущность принятия решений заключается в анализе использования ресурсов на протяжении всего горизонта планирования. Решения принимаются в случае возникновения проблемной ситуации, когда потребность ресурсов превышает их наличие (то есть, обеспечение ресурсами формируемого плана). Устранение возможных проблемных ситуаций позволяет осуществлять запуск деталей (первых операций) согласно выпуску изделия по контракту с заказчиком.

Список литературы

1. Автоматизация управления предприятием / В. В. Баранов, Г. Н. Камянов, Ю. Л. Попов и др. – М. : Инфра-М, 2000. – 239 с.
2. Герасимов Б. М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б. М. Герасимов. – К. : Высш. шк., 1993. – 150 с.
3. Евланов Л. Г. Теория и практика принятия решений / Л. Г. Евланов. – М. : Экономика, 1984. – 175 с.
4. Качир К. Информационные системы промышленного предприятия / К. Качир / пер. со словац. – М. : Прогресс, 1987. – 205 с.
5. Кононенко А. Ф. Принятие решений в условиях неопределенности / А. Ф. Кононенко, А. Д. Холезов, В. В. Чумаков. – М. : ВЦ АН СССР, 1991. – 197 с.

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ МЕРЕЖІ ДИСТРИБУЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ ЕТАПІВ РОЗВИТКУ ЦІЛЬОВОГО РОЗДРІБНОГО РИНКУ*

Рішення відносно дистрибуції товарів і послуг будь-якого виробника становлять частину його комерційної політики тією самою мірою, що й рішення щодо пропонованої продукції, її ціни або способів зв'язку з ринком. Ці рішення містять, зокрема, розподіл функцій дистрибуції між різними партнерами, серед яких найважливішою є мережа дистриб'юторів, які впливають на торговельний потенціал підприємства.

У сучасних умовах підприємства зіткнулися з необхідністю отримання конкурентних переваг у сфері збуту продукції, що передбачає оцінку потенціалу дистрибуції. Слід відзначити, що категорія “потенціал” розглядається на різних рівнях узагальнення. Аналіз визначень потенціалу показав, що їх можна згрупувати наступним чином:

- на рівні ринку країни та ведення торгівлі на міжнародних ринках;
- на рівні торговельного підприємства;
- на рівні товару.

Таким чином, необхідно розглядати різні рівні формування торговельного потенціалу підприємства в процесі ведення дистрибутивної діяльності (табл. 1). Щоб зрозуміти прийняту виробником дистрибутивну політику, необхідно знати структури його дистриб'юторів і їхній розвиток останнім часом.

Мережа дистрибуції – це сукупність економічних суб'єктів, використовуваних підприємством-виробником для поширення своїх товарів серед споживачів.

Мережа дистрибуції характеризується:

- довжиною, тобто числом економічних суб'єктів, що входять у ланцюг;
- розподілом функцій між суб'єктами.

Цільовий роздрібний ринок, як і товар, проходить у своєму розвитку декілька етапів, в нашому випадку 5 етапів: стадія зародження ринку, стадія активного росту, стадія зниження активності, стадія за-непаду, стадія трансформації (рис. 1).

*В. Божкова, канд. екон. наук, Т. О. Башук

Розуміння дистрибуції на підприємствах різних рівнів

Рівень узагальнення	Розуміння терміна “дистрибуція”	Роль дистрибуції на розглянутому рівні
Підприємство виробник	1. Структури й засоби, які дозволяють йому добратися до клієнта-споживача. 2. Відбір таких засобів дистрибуції, які найбільш пристосовані до просування на ринок певних асортиментів його товарів	Частина комерційної політики тією самою мірою, що й рішення щодо пропонованої продукції, ціни, способів зв'язку з ринком
Підприємство-дистриб'ютор	Сектор економічної діяльності, у якому здійснюється його основна функція посередника між виробником і споживачем. Якщо виробник випускає велику кількість товарів певних і досить вузьких асортиментів, то функція дистриб'ютора полягає в обслуговуванні суспільства таким чином, щоб кожен споживач міг купувати й споживати невелику кількість товарів	Відіграє важливу роль у процесі зменшення кількості контактів між виробником і його прямими комерційними партнерами, виконує функції складування й зміни асортиментів товарів
Роздрібне підприємство	Остання ланка в ланцюзі перетворень, транспортування й складування; саме вона доводить товари й послуги до сфери споживання	Закупівля, складування, просування, реклама

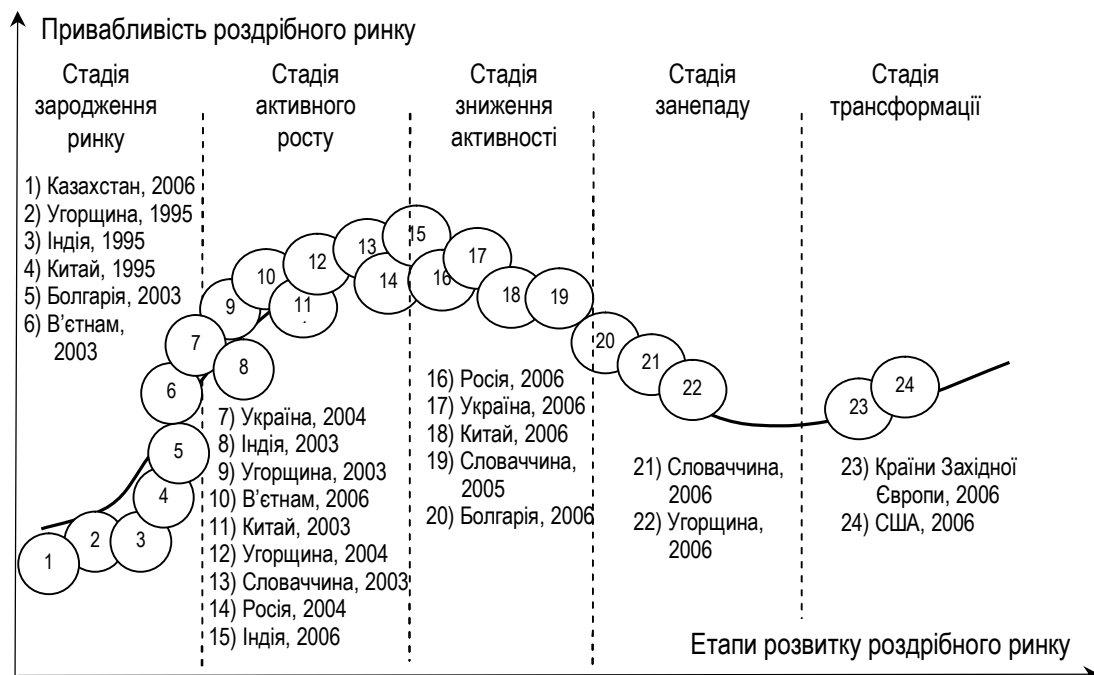


Рис. 1. Країни на різних етапах розвитку роздрібногo ринку

Кожному з етапів розвитку роздрібногo ринку країни властиві свої особливості, типові стратегії поведінки суб'єктів роздрібногo ринку, притаманні вимоги щодо наявності та якості трудових ресурсів для формування штату працівників роздрібних компаній (табл. 2).

Таблиця 2

Відповідність роздрібних форматів етапам розвитку роздрібного ринку

Етапи розвитку роздрібного ринку країни	Особливості етапів розвитку роздрібного ринку	Стратегії поведінки ритейлерів	Трудові ресурси	Роздрібні формати	Тип торговельної точки	Приклад
Стадія зародження	Занадто ранній вихід на ринок може привести до провалу	1) вивчати ринок і проводити його детальну оцінку; 2) планування стратегій виходу на ринок; 3) направити в країну групу співробітників для детального вивчення ситуації	Залучення висококваліфікованих кадрів з моніторингу ринкової ситуації, планування та прогнозування	Торговельні точки загального призначення, лотки, ринки	General store	Індія – наприкінці 1990-х рр. Казахстан – 2006 р.
Стадія активного росту	Швидко розвивається, найбільш сприятливий для розвитку ритейлу	Представники торгівлі мають найкращі шанси для довгострокового успіху з будь-якою стратегією	Кваліфіковані кадри з власного резерву	Супермаркет Гіпермаркет Мегамаркет	C&C Grocery	Україна – 2006 р. Індія – 2006 р. В'єтнам – 2006 р. Китай – наприкінці 1990-х рр.
Стадія зниження активності	Ринок росте, збільшується конкуренція з боку національних та міжнародних мереж	Ритейлерам слід діяти дуже швидко, обмежена кількість часу для проведення досліджень, дуже високий ризик	Комбінування власних трудових ресурсів з початком залучення персоналу ззовні	Дискаунтер Магазин економкласу	Discounter	Китай – 2006 р., Словаччина – 2006 р.
Стадія занепаду	Можливості швидко зменшуються, частка роздрібною торгівлі становить від 40 до 60 %	Ритейлери можуть вийти на ринок з новими форматами	Власні кадри тільки на керівних посадах, інші залучені ззовні	Спеціалізовані, профільні магазини	Convenience Horeca	Більшість ринків у Східній Європі, включаючи Польщу і Чехію
Стадія трансформації	Частка роздрібною торгівлі перевищує 60 %	Переорієнтація роздрібних форматів під нові умови ринку	Наявність місцевих кваліфікованих кадрів	Торговельні центри	TC	Ринки Західної Європи та інших розвинених країн

На роздрібний ринок виходять підприємства, які обирають роздрібні формати та типи торговельних точок, які відповідають вимогам

стадії життєвого циклу роздрібного ринку та етапу його розвитку. Їх вивчення має важливе значення при оцінці ступеня використання системи потенціалу мережі дистрибуції.

Серед основних рішень, які повинен приймати виробник, щоб здійснювати дистрибуцію своїх товарів або послуг, ми відзначимо наступні:

- рішення щодо створення ланцюга дистрибуції;
- рішення щодо поділу функцій у рамках ланцюга дистрибуції;
- рішення, що стосуються керування ланцюгом дистрибуції.

Функції дистрибуції можна згрупувати наступним чином:

- 1) логістичні функції дистрибуції – доставляти в розпорядження споживачів ті товари і послуги, які їм потрібні, у той момент, коли їм потрібно, і в адекватних кількостях;
- 2) маркетингові функції дистрибуції – спілкування зі споживачем і надання йому послуги, тобто, з одного боку, функція контакту зі споживачем, з іншого, контакт з виробником.

Можна скласти узагальнений список чотирьох основних груп функцій:

T – транспорт;

I – публіситі, реклама, загальне інформування покупців;

S – складування;

V – продаж, переговори про умови комерційної взаємодії.

У класичному ланцюзі дистрибуції ці функції можуть виконуватися виробником (*P*), дистриб'ютором (*D*) або роздрібником (*R*). Якщо кожен учасник ланцюга може виконувати всі чотири функції, то звідси виходить, що можлива велика кількість варіантів поділу функцій між учасниками мережі дистрибуції. У формулі (1) мережу дистрибуції можна описати як взаємозалежність учасників процесу та виконуваних функцій:

$$MD = P(T, I, S, V) + D(T, I, S, V) + R(T, I, S, V). \quad (1)$$

Представлена вище формула може приймати конфігурації, у якій кожна буква вказує на присутність розглянутої функції, або на її відсутність для кожного члена ланцюга дистрибуції. Поділ функцій усередині дистрибуторського ланцюга є предметом різних варіантів контрактів, що розмежовують зобов'язання кожного партнера.

Деякі з цих конфігурацій взаємозалежностей становлять особливий інтерес:

$$MD = P(T, P, -, V) + G(T, -, S, -) + D(-, -, S, V). \quad (2)$$

Представлена вище конфігурація, у якій кожне тире вказує на відсутність виконуваної функції для кожного члена ланцюга дистрибуції, віддає в основному логістичні функції дистриб'юторам і концентрує

функції комерційні у виробника. Саме остання направляє його комунікативну політику безпосередньо на кінцевого споживача, щоб переконати купити й спожити товари його фірми. Підкоряючись попиту споживача, роздрібне підприємство містить запас обговорених товарів і здійснює операції із продажу, пов'язані із трансфертом власності на ці товари. Оптовик полегшує операції фізичної дистрибуції між виробником і роздрібним підприємством. Такий поділ завдань характерно для стратегій “пулл” (pull – тягти), де споживач, під впливом імпульсу, що йде від виробника, “тягне” товари в роздріб, що їх запитує в оптовика, а той, у свою чергу, купує їх у виробника. З боку виробника ця стратегія націлена на поставлення дистриб'юторів у залежність від споживачів, щоб контролювати ланцюг дистрибуції, керуючи інформацією, призначеною для споживачів. Така стратегія вимагає значного бюджету на рекламу.

$$MD = P(T, -, S, -) + G(-, -, -, -) + D(-, P, S, V). \quad (3)$$

Представлена вище конфігурація, навпаки, присвоює комерційні функції роздрібному підприємству, а логістичні — виробникові. У цьому випадку дистриб'ютор не використовується, а виробник є простим помічником роздрібного підприємства. Такі конфігурації ми знаходимо при продажі поштою й у дистрибуції товарів під фірмовим знаком дистриб'ютора. Коли виробник виконує комерційні функції, метою яких в основному є дистриб'ютори, а останні звертаються до споживача, можна говорити, що виробник використовує стратегію “пуш” (push — штовхати). Він “штовхає” свою продукцію до роздрібу, що, у свою чергу, “штовхає” її до споживача. Така стратегія дозволяє виробникові знизити свій заохочувальний бюджет, звузивши видиму мету. Ця стратегія, таким чином, доступна підприємствам, які мають у своєму розпорядженні обмежені кошти. І навпаки, вона дає дистриб'ютору значну владу над ланцюгом.

Після того, як підприємство приймає рішення про конфігурацію мережі дистрибуції, доцільно обрати ефективні методи дистрибуції:

1. Дистрибуція за спеціалізованими каталогами.
2. Багатоканальна дистрибуція.
3. Продаж або дистрибуція на зборах.
4. Багаторівнева дистрибуція.
5. Дистрибуція, виконувана концесіонерами або незалежними дистриб'юторами.

Залежно від зробленого вибору розрізняють три основні типи дистрибутивної політики:

- 1) *інтенсивна дистрибуція* – це така дистрибутивна політика, що полягає в пропозиції товарів у найбільшій кількості каналів і можливих торговельних точок;

- 2) *ексклюзивна дистрибуція* – обрані дистриб'ютори зобов'язуються не продавати товари конкурентів на зазначеній території, або надавати права просування продукції виробника лише одному ексклюзивному дистриб'ютору на зазначеній території;
- 3) *селективна дистрибуція* полягає у відборі, селекції каналів і дистриб'юторів без надання їм ексклюзивного права продажу на зазначеній території, але й без нав'язування дистриб'юторам обмежень щодо “не конкуренції”.

Таким чином, проаналізувавши поділ функцій всередині дистриб'юторського ланцюга, методи дистрибуцій, обрані підприємством-виробником, та стратегії дистрибуції, можна зробити висновок про завдання всіх рівнів мережі, фінансові ресурси, вплив та владу над мережею (табл. 3). Такий аналіз дозволяє виявити потенціал кожного з рівнів дистрибуції, здійснити ефективне управління відділом збуту на підприємстві та сконцентрувати зусилля на його мобілізації.

Таблиця 3

Переваги побудови мережі дистрибуції

Переваги	Позитивне значення мережі дистрибуції
Збутовий потенціал	Мережа дистрибуції володіє збутовим потенціалом, який створюється роками наполегливої роботи торгових компаній по вибудовуванню відносин з роздрібним споживачем. Якщо виробник намагається збудувати власну збутову мережу, то він приречує себе на конкуренцію з рештою учасників ринку
Сервіс	Мережа дистрибуції в змозі надати більш якісний і різноманітний сервіс, який буде адаптований під потреби того або іншого роздрібногo споживача. Виробник дотримується жорстких стандартів, які часто не зручні певному колу роздрібних споживачів
Логістика	Мережа дистрибуції гнучкіша і оперативніша в організації логістичних схем для своїх клієнтів, на відміну від виробників. Це виражається в постачанні продукції в тих обсягах і в ті терміни, які потрібні кінцевому споживачу, створенні оперативного запасу продукції на складі і т.д.
Географічний обхват	Мережа дистрибуції – це найшвидший шлях до розширення географії постачань і виходу на регіональні ринки
Системні рішення	Мережа дистрибуції в змозі поставляти не продукцію, а рішення. Асортимент дозволяє створити суміщений попит, а пропозиція послуг як додатковий сервіс зробить рішення завершеним і комплексним
Кредитування кінцевих споживачів	Виробники неохоче йдуть на кредитування різнопланових і різнопроблемних кінцевих споживачів. Сильна мережа дистрибуції використовує можливість надання кредитів як додаткову конкурентну перевагу
Зниження цінового пресингу	Грамотно побудована дистрибуторська мережа зніме ціновий пресинг на виробника. Чим ширше обхват ринку у виробника завдяки дистрибуції, тим менше цінових зіткнень з конкурентами

Багато що тут здається очевидним, але, разом з тим, не всі виробники розуміють значущість мережі дистрибуції для їх бізнесу.

Існують не тільки функціональні обмеження, яких потрібно дотримуватися. Законодавство обмежує канали дистрибуції для деяких товарів. Це стосується, наприклад, фармацевтичної продукції, тютюну й роздрібного продажу алкогольних напоїв. Точно так само закон частково забороняє виробникам відбір дистрибуторів, регламентуючи невмотивовану відмову в продажі. Це перешкоджає виробникам у розпорядженні пропонованими споживачам цінами, забороняючи практику “нав’язаної ціни”. Залежно від природи товарів вибір дистрибуторського ланцюга може бути продиктований технічними міркуваннями. Так, для продуктів, які швидко псуються, необхідні швидкісний транспорт і відповідне устаткування для зберігання. Те ж саме треба для тих товарів, експлуатаційні характеристики яких вимагають послуг з консультування, підтримки й обслуговування і які пропонуються до продажу тільки в спеціалізованих каналах дистрибуції.

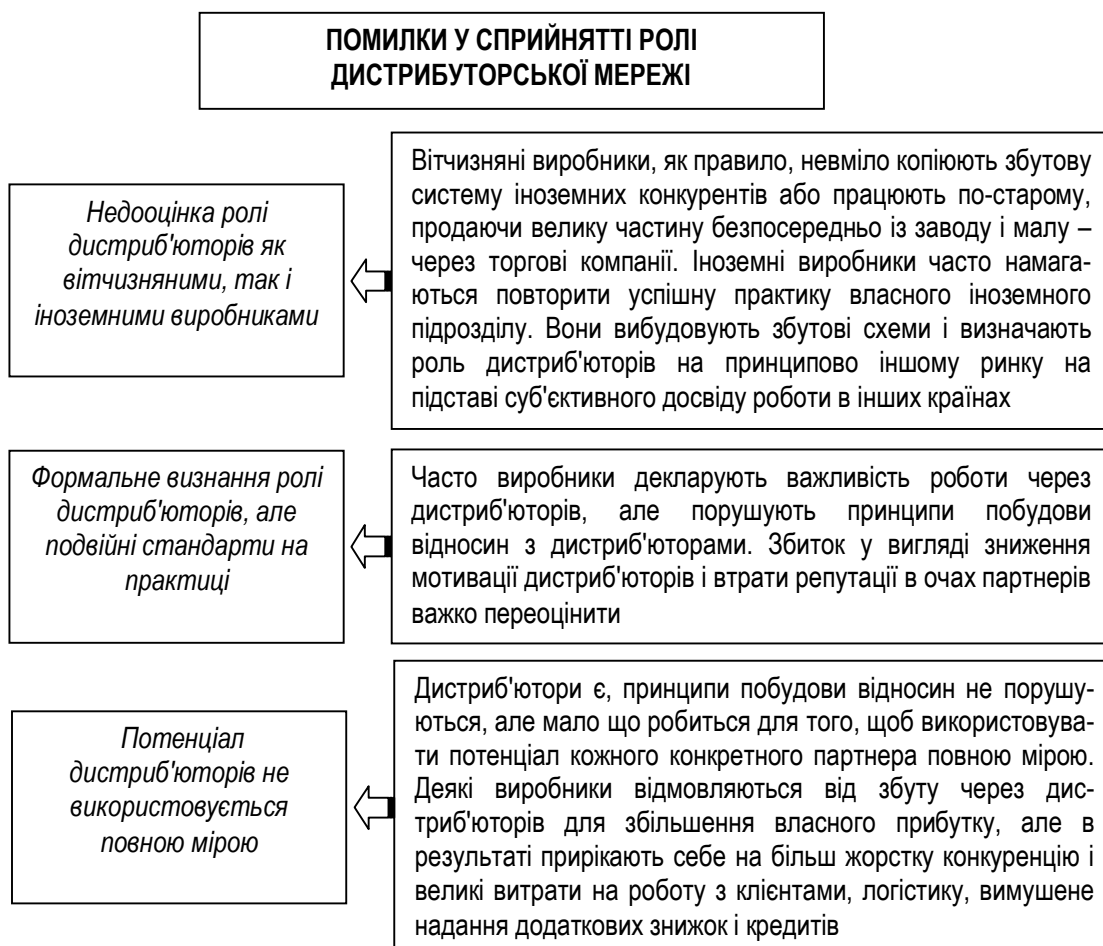


Рис. 2. Типові помилки при побудові мережі дистрибуції

У процесі управління потенціалом мережі дистрибуції необхідно своєчасно відстежувати зміни, які відбуваються у сфері збутової політики підприємства, і забезпечувати адекватну реакцію на змінні умови цільового ринку.

Оцінка потенціалу мережі дистрибуції підприємства здійснюється в два етапи:

1. Оцінка елементів комплексної системи потенціалу мережі дистрибуції підприємства.
2. Розрахунок загальної оцінки рівня використання потенціалу мережі дистрибуції підприємства.

Комплексна система потенціалу мережі дистрибуції підприємства включає три системи:

- 1) система забезпечення мережі дистрибуції;
- 2) система управління мережею дистрибуції;
- 3) система підтримки мережі дистрибуції.

Кожна з цих систем структурно інтегрує в собі три підсистеми. Наприклад, система забезпечення мережі дистрибуції включає три підсистеми: інформаційного, кадрового і товарного забезпечення.

Кожна підсистема у свою чергу поділяється на елементи і параметри. Наприклад, підсистема інформаційного забезпечення включає два елементи: розробку системи маркетингової інформації і внутрішню комунікаційну політику (табл. 4).

Таблиця 4

Деталізація складових системи потенціалу мережі дистрибуції

Складові системи потенціалу мережі дистрибуції	Елементи систем та підсистем	Параметри	Експертна оцінка, в балах
1. Система забезпечення мережі дистрибуції			
1.1. Підсистема інформаційного забезпечення	1. Розробка системи маркетингової інформації	1.1. Здійснення маркетингових досліджень:	
		- ринку	B_1
		- покупців	B_2
		- збутовій діяльності конкурентів	B_3
		1.2. Використання аналітичних і прогнозних розрахунків показників збутової діяльності	B_4
		1.3. Використання сучасних інформаційних технологій у збереженні і обробці даних	...
	2. Внутрішня комунікаційна політика	2.1. Рівень комунікаційних зв'язків між збутовим персоналом	B_i
		2.2. Оперативність обробки інформації	B_i

Продовж. табл. 4

Складові системи потенціалу мережі дистрибуції	Елементи систем та підсистем	Параметри	Експертна оцінка, в балах
1.2. Підсистема кадрового забезпечення	1. Кадрова політика підприємства	1.1. Планування збутового персоналу	V_i
		1.2. Оцінка результатів роботи збутового персоналу	V_i
		1.3. Навчання і підвищення кваліфікації збутового персоналу	V_i
	2. Конкурентоспроможність збутового персоналу	2.1. Зарплата збутового персоналу	V_i
		2.2. Рівень компетенції	V_i
		2.3. Репутація менеджерів	V_i
		2.4. Здібність персоналу до професійної адаптації	V_i
2.5. Наявність досвіду у сфері збутової діяльності	V_i		
1.3. Підсистема товарного забезпечення	1. Договірна політика	1.1. Ступінь доцільності договірної політики підприємства	V_i
		1.2. Рівень стабільності договірних відносин	V_i
	2. Конкурентоспроможність асортименту	2.1. Ступінь позиціонування асортименту	V_i
		2.2. Частка товарів на стадії зростання і зрілості в асортименті	V_i
		2.3. Імідж товарів підприємства	V_i
	3. Система контролю якості товару	3.1. Оцінка конкурентоспроможності товарів підприємства	V_i
		3.2. Розробка методів підвищення якості і конкурентоспроможності товару	V_i
2.1. Підсистема програмування	1. Стратегічні програми збутової діяльності	1.1. Розробка стратегії збуту	V_i
		1.2. Розробка загальних прогнозів збуту	V_i
		1.3. Розробка прогнозів збуту в розрізі товарного асортименту	V_i
		1.4. Розробка прогнозів збуту по сегментах цільового ринку	V_i
	2. Практичні програми збутової діяльності	2.1. Розробка практичних методів здійснення стратегії збуту	V_i
		2.2. Розробка оперативних планів збуту	V_i
2.2. Підсистема організації збутової діяльності	1. Технологія продажу на підприємстві	1.1. Використання прогресивних методів збуту	V_i
		1.2. Рівень обслуговування покупців	V_i
	2. Комплекс мерчандайзингу	–	V_i
2.3. Підсистема контролю і координації	1. Стратегічний контроль збутової діяльності	1.1. Оцінка привабливості збутових сегментів	V_i
		1.2. Оцінка ефективності стратегії збутової діяльності	V_i

Продовж. табл. 4

Складові системи потенціалу мережі дистрибуції	Елементи систем та підсистем	Параметри	Експертна оцінка, в балах
	2. Тактичний контроль збутової діяльності	1.3. Оцінка збутового потенціалу підприємства, виявлення сильних і слабких сторін	V_i
		2.1. Аналіз виконання планових завдань по збуту	V_i
		2.2. Визначення причин відхилення у виконанні планових завдань	V_i
		2.3. Оцінка ефективності збутової діяльності	V_i
		2.4. Оцінка ефективності витрат на маркетинг	V_i
		2.5. Вивчення ринкової частки підприємства	V_i
	3. Оперативний контроль прибутковості	3.1. Виявлення найбільш рентабельних груп товару	V_i
		3.2. Оцінка прибутковості збуту по окремих сегментах цільового ринку	V_i
	4. Система координації	4.1. Здійснення довершених адаптивних методів у сфері збуту	V_i
3.1. Підсистема маркетингових комунікацій опосередкованого впливу	1. Рекламна політика	1.1. Розробка програм рекламної діяльності	V_i
		1.2. Проведення рекламної кампанії:	V_i
		- на телебаченні	V_i
		- на радіо	V_i
		- у ЗМІ	V_i
	1.3. Оцінка ефективності рекламоносіїв	V_i	
	2. Паблік рілейшнз	2.1. Зв'язки підприємства з громадськістю	V_i
		2.2. Пропаганда підприємства в засобах масової інформації	V_i
		2.3. Спонсорство	V_i
		2.4. Формування у персоналу відповідальності і зацікавленості в справах підприємства	V_i
3.2. Підсистема маркетингових комунікацій безпосереднього впливу	1. Стимулювання збуту	1.1. Розробка програм стимулювання збуту	V_i
		1.2. Стимулювання покупців	V_i
		1.3. Стимулювання персоналу	V_i
		1.4. Стимулювання посередників	V_i
		1.5. Оцінка ефективності методів стимулювання	V_i
	2. Прямий маркетинг	–	V_i
3.3. Підсистема сервісної підтримки збуту	1. Сервісна політика	1.1. Здійснення доставки товару	V_i
		1.2. Ступінь координації сервісної і збутової політики	V_i

Для підвищення рівня використання потенціалу підприємства не-обхідне використання повною мірою всіх індикаторів його підсистеми.

Для розрахунку нами була використана матриця значущості елементів системи потенціалу з урахуванням життєвого циклу цільового роздрібного ринку. Матриця значущості дає можливість визначити наскільки та або інша підсистема значуща на стадії життєвого циклу цільового роздрібного ринку (табл. 5).

Таблиця 5

Матриця значущості елементів потенціалу мережі дистрибуції підприємства на різних стадіях життєвого циклу цільового роздрібного ринку

Стадії життєвого циклу цільового ринку	Система потенціалу мережі дистрибуції підприємства								
	Система забезпечення збутової діяльності			Система управління збутовою діяльністю			Система підтримки збутової діяльності		
	Підсистема інформаційного забезпечення	Підсистема кадрового забезпечення	Підсистема товарного забезпечення	Підсистема програмування	Підсистема організації	Підсистема контролю і координації	Підсистема маркетингових комунікацій	Підсистема маркетингових комунікацій	Підсистема сервісної підтримки
Зародження	W11	W12	W13	...	...	...	...	...	W1j
Активного росту	W21	W22	W23	...	...	...	...	...	W2j
Зниження активності	W31	W32	W33	...	...	...	...	...	W3j
Занепаду	W41	W42	W43	...	...	...	...	...	W4j
Трансформації	W51	W52	W53	...	...	...	...	...	W5j
Експертна оцінка складових системи	B1	B2	B3	...	...	...	...	...	Bi

Згідно з матрицею значущості елементів потенціалу мережі дистрибуції підприємства можна визначити які елементи яких підсистем збутового потенціалу мережі дистрибуції підприємства мають найбільше значення на конкретному етапі життєвого циклу роздрібного ринку, на якому підприємство здійснює побудову мережі дистрибуції.

Значущість підсистеми повинна визначатися експертним методом, виходячи з загальної суми, рівної 100 балам.

Для розрахунку рівня потенціалу дистрибуції була використана також система зважених оцінок. Зважена оцінка розраховується шляхом множення кожного балу підсистеми B_i на її значущість W_{ij} . (4). Сума зважених оцінок по всіх підсистемах дає загальну оцінку рівня використання потенціалу мережі дистрибуції підприємства, яка збільшуватиметься при наближенні одержаного показника до 1000.

$$D = \sum_{j=1}^n B_i \cdot W_{ij}, \quad (4)$$

де K_i – коефіцієнт трудового вкладу i -го працівника;
 W_{ij} – вагомість i -го параметра системи потенціалу мережі дистрибуції на j -му етапі розвитку цільового роздрібного ринку ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$);
 B_j – бальна оцінка параметрів системи потенціалу мережі дистрибуції ($i = 1, 2, \dots, n$).

На підставі результатів розрахунку можна зробити висновок про рівень використання потенціалу мережі дистрибуції підприємства та проаналізувати чи існують резерви його збільшення і в яких саме елементах системи потенціалу мережі дистрибуції. У зв'язку з цим наступним кроком досліджень повинна стати розробка відповідного алгоритму підвищення рівня використання потенціалу мережі дистрибуції підприємства.

Список літератури

1. Балабаниць А. Збутовий потенціал підприємства та методики його оцінки / А. Балабаниць // Торгівля і ринок України : темат. зб. наук. праць з проблем торгівлі. Донецьк, 1999. – Вип. 8. – Т. 2. – С. 13-21.
2. Комяков О. О. Діагностика у сфері збуту / О. О. Комяков // Маркетинг в Україні. – 2000. – № 3. – С. 38-39.
3. Лобовко В. Свободная ниша для мирового ритейла / В. Лобовко // Новая торговля. – 2006. – № 5. – С. 28-35.
4. Мнушко З. М. Оценка сбытового потенциала фармацевтического предприятия / З. М. Мнушко, О. М. Євтушенко, В. В. Страшний // Фармацевтический журнал. – 2000. – № 3. – С. 13-18.

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОСЕРЕДОВИЩА ТУРИСТИЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА*

На сучасному етапі середовище, в якому функціонують вітчизняні туристичні підприємства, характеризується високим рівнем динамізму, нестабільності та невизначеності. Економічні спади, фінансові та валютні потрясіння, політична нестабільність, зміни в соціально-демографічному складі населення, поява та розвиток принципово нових технологій, погіршення екологічної ситуації в країні – ці чинники несуть в собі як значні загрози, так і потенційні можливості для функціонування, зокрема туристичних підприємств. За таких умов важливо вчасно відстежувати зміни, які суттєво впливають на діяльність туристичного підприємства, якісно ідентифікувати тенденції їх подальшого розвитку, розробляти та реалізовувати ефективні заходи щодо ліквідації чи зменшення негативних наслідків та доцільного використання сприятливих нагод. Отже, вплив зовнішнього середовища, його нестабільність є одним з головних аспектів, який необхідно враховувати при формуванні ефективної маркетингової стратегії туристичного підприємства [9].

Проблеми дослідження макросередовища підприємства всебічно висвітлені в роботах відомих зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких: І. Ансофф [1], П. Дойль, Ф. Штерн [3], Ф. Котлер, К. Л. Келлер [8], М. Портер [11], Ю. Антонюк [2], Л. В. Балабанова [13], Ю. Б. Іванов [4] П. С. Зав'ялов [5], О. С. Запесоцький [6] та інші. Вони докладно проаналізували чинники макросередовища та їх суттєві особливості, намагаючись забезпечити взаємодію підприємства і макросередовища і виживання підприємства в довгостроковій перспективі. Однак відсутність у науковій літературі єдиного підходу до класифікації чинників макросередовища підприємства та їх вивчення, кількісних методів щодо виміру та визначення їхнього впливу на кінцеві результати обумовлюють проблеми довгострокового планування стратегії розвитку туристичних підприємств.

Туристичне підприємство, його партнери, конкуренти та контактні аудиторії функціонують в контексті макросередовища, яке представлено різноманітністю так званих “PEST”-чинників (економічних, політичних, технологічних, соціально-демографічних) та природно-географічних, історико-культурних, інфраструктурних, екологічних, а також факторів туристичного освоєння території. Кожен з них може

*О. Ю. Полякова, канд. екон. наук, доц. кафедри економічної кібернетики; Н. В. Кулешова, аспірантка кафедри економічної кібернетики, Харківський національний економічний університет

як сприяти туристичній діяльності, відкриваючи для неї нові можливості, так і заважати успішному функціонуванню на ринку. Ці чинники являють собою сукупність обставин, які не піддаються безпосередньому регулюванню, але повинні ретельно вивчатись та всебічно враховуватись в процесі формування ефективної маркетингової стратегії [13].

Аналіз макросередовища туристичного підприємства – це вивчення реальних і потенційних, позитивних та негативних чинників впливу, який здійснюється з метою одержання інформації, необхідної для прийняття ефективних маркетингових рішень, спрямованих на адаптацію туристичного підприємства до швидко змінюваних зовнішніх умов і використання потенціалу середовища з метою формування й корегування маркетингової стратегії. Дослідження чинників макросередовища необхідно проводити системно й комплексно, оскільки вони взаємозалежні та впливають один на одного; визначати які з факторів впливають найбільш істотно, зміна яких може стати причиною потенційних загроз або можливостей для підприємства.

Дослідження макросередовища туристичного підприємства пропонується здійснювати відповідно до концептуальної моделі, яка представлена на рис. 1.

Розроблена концептуальна модель складається з двох рівнів дослідження макросередовища туристичного підприємства: стратегічного і тактичного. Стратегічний рівень містить в собі всі етапи дослідження макросередовища і починається з формування інформаційного простору чинників макросередовища туристичного підприємства. Його призначення – дослідження стану макросередовища з метою вироблення ефективної маркетингової стратегії. Наявність тактичного рівня пов'язана з вирішенням завдань щодо корегування та адаптації маркетингової стратегії до змін у макросередовищі. Запропонований підхід передбачає застосування економіко-математичних методів для аналізу та оцінки чинників макросередовища, які підвищують якість, обґрунтованість та ефективність прийняття маркетингових рішень.

Розглянемо більш детально кожен з етапів дослідження чинників макросередовища туристичного підприємства.

На етапі формування інформаційного простору обираються найвагомші з точки зору розробки маркетингової стратегії чинники та проводиться попередній аналіз ретроспективних статистичних даних, які кількісно характеризують чинники макросередовища.

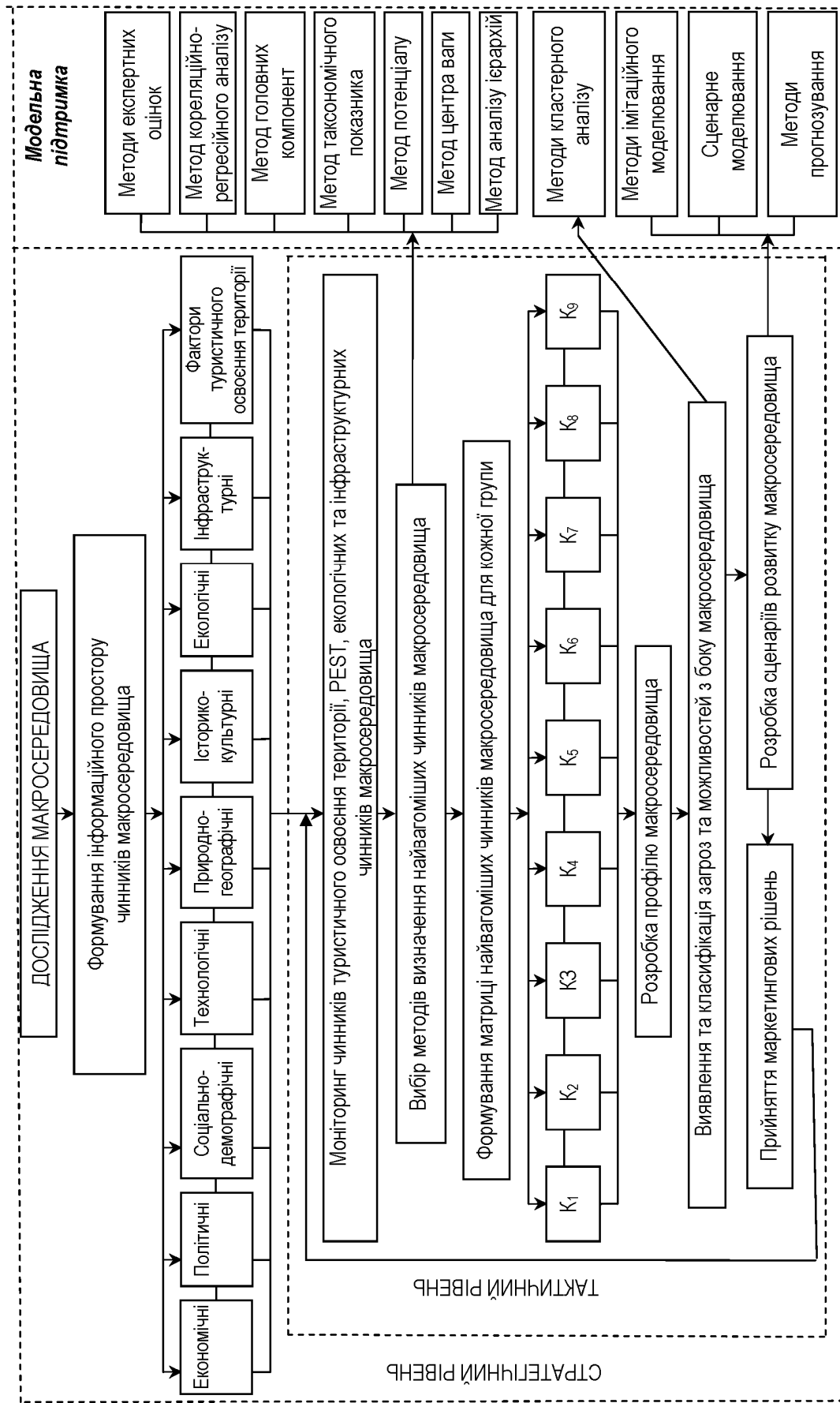


Рис. 1. Схема дослідження макросередовища туристичного підприємства

Нижче представлена узагальнена класифікація чинників макросередовища (табл. 1).

Таблиця 1

**Класифікація чинників макросередовища
туристичного підприємства**

Чинники	Основні показники проявів	Завдання дослідження
Економічні	Темпи інфляції, рівень зайнятості та безробіття, розмір заробітної платні, стабільність національної валюти, інвестиції в розвиток матеріально-технічної бази туризму	Аналіз структури витрат населення на споживання турпродукту, визначення купівельної спроможності населення
Політико-правові	Митні тарифи, податкова система, закони та нормативні акти уряду, політична стабільність (конфлікти)	Виявлення допустимих меж щодо дій прийнятних методів відстоювання інтересів туристичних підприємств
Соціальні	Соціальне співвідношення населення, скорочення тривалості робочого дня, збільшення тривалості оплачувальних відпусток	Визначення тенденцій розвитку соціального середовища, розробка турпродукту з урахуванням часу відпустки
Природно-географічні	Сукупність природних, кліматичних, ландшафтних, рельєфних особливостей, флора, фауна	Оцінка раціонального використання природних ресурсів з урахуванням аспекта охорони навколишнього середовища
Історико-культурні	Сукупність історичних, архітектурних пам'яток, музеїв, галерей, виставкових залів, закладів відпочинку	Оцінка потенційних туристично-привабливих територій, аналіз динаміки туристичних потоків
Демографічні	Урбанізація, вікова структура, чисельність населення, статева структура	Визначення потенційних споживачів туристичного продукту, розробка туристичного продукту з урахуванням статевої та вікової структури населення
Технологічні	Рівень науки та техніки, впровадження новинок техніки та винаходів у туристичний продукт, інноваційна технологія просування туристичного продукту	Придбання конкурентних переваг, розробка нових видів послуг та інноваційних методів збуту туристичного продукту, вдосконалення заходів щодо обслуговування клієнтів
Інфраструктурні	Сукупність морських і річкових портів; залізничних колій та автомобільних доріг, кількість об'єктів роздрібної торгівлі, санаторно-курортних та оздоровчих закладів, готелів та ресторанів	Вдосконалення туристичного продукту щодо транспортування туристів, розміщення та харчування
Екологічні	Рівень забруднення водних та атмосферних об'єктів, роботи очисних споруд	Розробка екологічних маршрутів відпочинку
Фактори туристичного освоєння території	Динаміка та обслуговування іноземного, внутрішнього туристичного потоку	Аналіз динаміки та визначення тенденцій туристичних потоків, прогнозування обсягів продажів, визначення "мертвих" сезонів

В табл. 2 представлена пропонована система кількісних показників, які дозволять сформуванати інформаційний простір чинників макросередовища туристичного підприємства.

Таблиця 2

Система кількісних показників для оцінки чинників макросередовища туристичного підприємства

Чинники	Показники
Економічні	Рівень безробіття, рівень зайнятого населення, грошові витрати та заощадження населення, середня заробітна плата населення, рівень інфляції
Соціально-демографічні	Щільність населення регіону; показники вікової та статевої структури населення
Природно-географічні	Площа територій природно-заповідного фонду, площа земель лісового фонду, кількість річок, озер водосховищ, національних парків, заповідників, зоопарків, ботанічних садів, дендропарків та об'єктів садово-паркового мистецтва державного значення
Історико-культурні	Кількість історичних міст і сіл; історико-культурних та історико-архітектурних заповідників, печер, пам'яток історії, монументального мистецтва та археології національного значення; кількість театрів, музеїв, бібліотек, демонстраторів кіно/відео, закладів клубного типу
Інфраструктурні	Кількість морських і річкових портів; щільність залізничних колій та автомобільних доріг з твердим покриттям, кількість об'єктів роздрібної торгівлі, санаторно-курортних та оздоровчих закладів, дитячих оздоровчих закладів, готелів та ресторанів
Екологічні	Обсяг скидання забруднених зворотних вод у поверхневі водні об'єкти; обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення
Фактори туристичного освоєння території	Щільність іноземного туристичного потоку; щільність внутрішнього туристичного потоку; кількість обслугованих іноземних та внутрішніх туристів; кількість місць в підприємствах готельного господарства; рівень використання місткості готелів

Таким чином, формується множина груп-чинників $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$, $m = 9$, причому підмножини чинників $z_1, z_3, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9$ являють собою дані, що отримані в результаті обробки та аналізу статистичної інформації, а z_2, z_4 отримані за допомогою експертної оцінки. Це пов'язано з тим, що кількісно оцінити показники політичної та технологічної груп-чинників практично неможливо.

На тактичному рівні здійснюється процес постійного моніторингу мінливих чинників, а саме: факторів туристичного освоєння території, PEST, екологічних та інфраструктурних чинників макросередовища. Чинники зовнішнього середовища значною мірою неконтрольовані й являють собою ті зміни, до яких підприємство повинно постійно пристосовуватись. Тому одне з головних завдань підприємства зводиться до

систематичної діагностики й оцінки впливу неконтрольованих (екзогенних) факторів. Цей безперервний процес дозволить відстежувати суттєві зміни, які проходять в макросередовищі та враховувати їх у процесі розробки, реалізації, корегування та адаптації маркетингової стратегії туристичного підприємства. Зауважимо, що природно-географічні та історико-культурні чинники варто віднести до таких, що змінюються дуже повільно, тому стосовно них слід здійснювати лише моніторинг “ключових подій”, а постійний моніторинг доцільно застосовувати для вищевказаних груп чинників.

На наступному етапі здійснюється вибір методів, які дозволяють визначати найвагомші чинники макросередовища. Існує достатньо широкий спектр методів скорочення інформаційного простору ознак. Серед них: методи експертної оцінки, кореляційно-регресійного, факторного аналізу, таксономії, вибору репрезентантів груп (методи центру ваги та потенціалів), метод аналізу ієрархії.

Експертне оцінювання базується на використанні суджень спеціалістів-експертів в певній області, зокрема для визначення найвагомших чинників. Експертні процедури дозволяють урахувати приховані взаємозв'язки між показниками завдяки використанню досвіду, знань та інтуїції фахівців у предметній області й сформуванню списку показників, що відбивають найбільш значимі аспекти маркетингової діяльності туристичного підприємства.

Кореляційно-регресійний аналіз дозволяє виділити з множини факторних ознак ті, вплив яких найбільш суттєвий на результуючу ознаку.

Метод головних компонент орієнтований на виявлення порівняно невеликого числа узагальнених допоміжних показників, які виявляють найбільшу мінливість при переході від одного “носія” аналізованих властивостей до іншого.

Метод таксономічного показника дозволяє звести сукупність ознак до єдиного синтетичного показника.

Методи вибору репрезентантів груп дозволяють в раніше виділених групах визначати показники, які розглядаються як представники даних груп. Сюди входять методи центру ваги та потенціалу [10].

Метод аналізу ієрархій дає змогу визначити відносну значимість досліджуваних альтернатив для всіх критеріїв, що перебувають в ієрархії, яка виражається чисельно і представляється у вигляді векторів пріоритетів.

Таким чином, застосування цих методів дозволить визначити та сформуванню по кожній з груп чинників матриці найвагомших чинників макросередовища, які істотно впливають на формування маркетингової стратегії туристичного підприємства.

На наступному етапі, значення елементів отриманих матриць найвагоміших чинників зводяться у загальну таблицю і таким чином будується профіль макросередовища.

В результаті складання профілю макросередовища підприємство має можливість виявити потенційні можливості та загрози з боку макросередовища і на цій основі приймати ефективні маркетингові рішення.

Для того, щоб точно визначити являє собою той чи інший чинник потенційну загрозу чи можливість, туристичне підприємство повинно мати обґрунтовану систему індикаторів, розробка якої є важливим кроком на етапі виявлення загроз та можливостей.

Застосування системи індикаторів дозволить визначити та класифікувати потенційні загрози та можливості для підприємства наступним чином.

Завдяки проведеному скороченню інформаційного простору кожному з обраних чинників в системі індикаторів має відповідати один індикатор. Нехай $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множина чинників, $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор поточних значень чинників, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – множина індикаторів; n – кількість чинників, що аналізуються.

Позначимо через M – множину чинників-стимуляторів, які сприяють маркетинговій діяльності туристичного підприємства. Дистимуляторами є ті ознаки, які гальмують маркетингову діяльність туристичного підприємства.

Процес формування множин потенційних загроз та можливостей здійснюється за наступними правилами:

$$\text{якщо } f_i \in M \Rightarrow \begin{cases} x_i \geq y_i \rightarrow f_i \in O, \\ x_i < y_i \rightarrow f_i \in T, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{якщо } f_i \notin M \Rightarrow \begin{cases} x_i > y_i \rightarrow f_i \in T, \\ x_i \leq y_i \rightarrow f_i \in O, \end{cases} \quad (2)$$

де T – множина потенційних загроз;

O – множина потенційних можливостей.

Оскільки моніторинг макросередовища являє собою ітеративний процес, на кожному його кроці формуються власні множини загроз та можливостей, тобто кожен чинник може бути й загрозою й можливістю у різні періоди відповідно до його стану.

Далі по кожній сформованій множині проводиться класифікація потенційних погроз та можливостей за ступенем їхнього впливу на макросередовище за допомогою методів кластерного аналізу, які дозволяють здійснити розбиття сукупності об'єктів, що аналізується, на деяке число однорідних класів.

На останньому етапі розробляються ймовірні сценарії розвитку зовнішнього середовища $S = \{s_1, s_2, \dots, s_j\}$ на основі застосування методів імітаційного, сценарного моделювання та прогнозування.

Методи імітаційного моделювання дають можливість проведення експериментального дослідження динаміки процесів в складних системах, де важко чи неможливо здійснювати прямий “натурний” експеримент.

Метод сценаріїв передбачає створення технологій розробки сценаріїв, що забезпечують більш високу ймовірність вироблення ефективного рішення в тих ситуаціях, коли це можливо, і більше високу ймовірність приведення очікуваних втрат до мінімуму в тих ситуаціях, коли втрати неминучі. Метод сценаріїв часто є практично єдиним методом прогнозування (якщо не зважати на якісні) при вивченні складних, багатofакторних явищ.

Методи прогнозування дозволяють отримувати інформацію про можливі стани об'єкта в майбутньому. До них належать методи прогнозу екстраполяції, на основі тренду, експоненціального згладжування, ковзних середніх та ін. [7].

На етапі розробки сценаріїв однією з головних проблем є визначення сили прояву $W(f_n, t)$ кожного чинника f_n у майбутньому як у короткостроковій (для тактичних цілей), так і у довгостроковій перспективі (при розробці маркетингових стратегій). Розробка кожного сценарію s_j ґрунтується на оцінці сили впливу кожного чинника f_n макросередовища в різні періоди часу t [12] і має враховувати можливий їх сукупний ефект, а також шляхи використання можливостей та запобігання загроз у маркетинговій стратегії туристичного підприємства.

Останнім кроком у схемі є прийняття маркетингових рішень, а саме маркетингової стратегії на стратегічному етапі або рішень щодо її удосконалення, зміни, адаптації на тактичному етапі.

Таким чином, результати, отримані згідно з запропонованою моделлю дослідження макросередовища, дозволять:

- з тим або іншим рівнем вірогідності визначити можливі тенденції розвитку макросередовища;
- описати поточний стан та одержати прогнози можливих станів макросередовища;
- оцінити силу прояву $W(f_n, s_j, t)$ для кожного розробленого сценарію s_j ($s_j \in S$);
- в рамках одного сценарію розвитку зовнішнього середовища проводити порівняльний аналіз різноманітних маркетингових стратегій;
- визначити оптимальну маркетингову стратегію з урахуванням різноманітних сценаріїв розвитку макросередовища.

Отже, з урахуванням отриманої інформації здійснюється процес прийняття рішень щодо розробки та реалізації ефективної маркетингової стратегії туристичного підприємства.

Слід зазначити, що ефективність маркетингової стратегії туристичного підприємства, з одного боку, залежить від сили прояву кожного зовнішнього чинника, з іншого – визначається її відповідністю до процесів, які відбуваються у зовнішньому середовищі. Тому при розробці маркетингової стратегії необхідно виходити з того, що вона повинна бути одночасно менш чутливою до змін зовнішнього середовища й більш гнучкою до адаптації.

Розроблена концептуальна модель дозволяє системно підходити до проблеми дослідження макросередовища туристичного підприємства, проводити комплексну оцінку чинників макросередовища та враховувати їх вплив при формуванні та розробці маркетингової стратегії.

Список літератури

1. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф. – Спб. : Питерком, 1999. – 416 с.
2. Антонюк Ю. Аналіз і прогнозування стану зовнішнього середовища підприємства / Ю. Антонюк // Ринок цінних паперів України. – 2003. – № 3-4. – С. 27-37
3. Дойль П. Маркетинг менеджмент и стратегии / П. Дойль, Ф. Штерн. – 4-е изд. ; пер. с англ. – Спб. : Питер, 2007. – 544 с.
4. Иванов Ю. Б. Конкурентоспособность предприятия: оценка, диагностика, стратегия : монография / Ю. Б. Иванов, А. Н. Тищенко, Н. А. Дробитько, О. С. Абрамова. – Х. : Изд. ХНЕУ, 2004. – 256 с.
5. Завъялов П. С. Маркетинг в схемах, рисунках, таблицах : учеб. пособие / П. С. Завъялов. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 496 с.
6. Запесоцкий А. С. Стратегический маркетинг в туризме: теория и практика / А. С. Запесоцкий. – СПб. : СПбГУП, 2003. – 352 с.
7. Клебанова Т. С. Методы прогнозирования : учебное пособие / Т. С. Клебанова, В. В. Иванов, Н. А. Дубовина. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2002. – 372 с.
8. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. – 12-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 816 с.
9. Маркетинг в туризме : учеб. пособие / А. П. Дурович. – 4-е изд., стереотип. – Мн. : Новое знание, 2004. – 496 с.
10. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: Методы таксономии и факторного анализа / В. Плюта; пер. с пол. В. В. Иванова; науч. ред. В. М. Жуковской. – М. : Статистика, 1980. – 151 с.
11. Портер М. Стратегія конкуренції ; пер з англ. – К. : Основи, 1997. – 390 с.
12. Шкардун В. Внешняя среда и выбор маркетинговой стратегии фирмы / В. Шкардун, А. Кусик, А. Ушанов // Маркетинг. – 2000. – № 4(53). – С. 26-32.
13. SWOT-аналіз – основа формування маркетингових стратегій підприємства : навчальний посібник / під ред. д.е.н., проф., академіка АЕН України, зав. кафедри маркетингового менеджменту Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. Туган-Барановського Балабанової Л. В. – Донецьк : ДОНДУЕТ, 2001. – 180 с.

ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ФІНАНСОВО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МОЛОКОПРОДУКТОВОГО ХОЛДИНГУ ЯК ЕЛЕМЕНТА СИСТЕМИ КОНТРОЛІНГУ*

Молокопродуктовий комплекс України є одним із найважливіших секторів економіки в частині формування продовольчої безпеки та експортного потенціалу країни. Умови, в яких працюють сьогодні сільські господарства та переробні підприємства даної галузі, вимагають вирішення комплексу проблем з питань стабілізації їх діяльності на основі інтеграції і кооперації. Реальною формою об'єднання стали сьогодні молокопродуктові холдинги, що об'єднують сировинні, переробні та збутові компанії. Створення холдингу в організаційно-виробничому аспекті дозволяє здійснювати контроль повного циклу виробництва і продажу товару, що забезпечує збільшення виробничих потужностей, укріплення виробничо-економічних зв'язків між партнерами, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції тощо. В той же час в межах даного інтегрованого об'єднання реалізація багатьох функцій фінансового менеджменту ускладнена і вимагає формування нових підходів до системи управління фінансами підприємств, одним з яких може виступити контролінг.

Розробку теоретичних основ та практичних рекомендацій щодо впровадження контролінгу в систему управління фінансами підприємств здійснювали переважно закордонні вчені, що зрозуміло з огляду на тривалість застосування ними даної системи. Так, цінними є праці таких авторів, як А. Дайле, М. Коул, Е. Майер, Р. Манн, Б. Нідлз, Х. Фольмут, Д. Хан та ін. В той же час зазначимо, що в останні роки дослідженням основних питань функціонування контролінгу на вітчизняних підприємствах займається і ряд українських та російських вчених, а саме, В. Анташова, А. Градова, Н. Данілочкіна, А. Кармінський, Д. Ковалев, І. Новіков, Л. Сухарева, О. Терещенко, В. Толкач, Г. Уварова та ін.

Для забезпечення реальної конкурентної переваги в сучасних умовах економіки України контролінг необхідно використовувати у вигляді цілісної системи. При цьому повинні реалізовуватися наступні його функції: цілепокладання, планування, облік, контроль та регулювання, інформаційне забезпечення, внутрішній консалтинг та ін. А оскільки функціонування зазначених підприємств супроводжується

**С. О. Хайлук, асистент кафедри економічної кібернетики ДВНЗ "Українська академія банківської справи Національного банку України"*

рядом негативних тенденцій і явищ зовнішнього середовища, які є важко передбачуваними і за відсутності відповідної реакції менеджменту можуть призвести до значного зменшення обсягу продажу та прибутку, то значна увага повинна приділятися саме плануванню діяльності холдингу як методу пониження рівня невизначеності.

Одним з найрезультативніших способів підготовки управлінських рішень в умовах невизначеності і високої динамічності параметрів зовнішнього середовища є розробка і використання імітаційного моделювання станів ринку, підприємства і його виробничих процесів. Такий підхід дозволить встановити кількісні взаємозв'язки між найбільш значущими чинниками комерційної і господарської діяльності підприємства, розрахувати наслідки рішень, що приймаються, з погляду оперативних і стратегічних цілей підприємства.

Для досягнення поставлених цілей необхідно розробити комплексну модель, яка б включала в себе:

- імітаційну модель виробничих процесів холдингу;
- моделі формування різноманітних обмежень на випуск продукції;
- модель визначення оптимальних обсягів випуску продукції;
- модель розподілу прибутку між структурними підрозділами холдингу.

Імітаційна модель призначена для аналізу діяльності холдингу в ринкових умовах з урахуванням обмеженості ринку, конкуренції на ньому і наявних виробничих та фінансових ресурсів холдингу. Результати роботи імітаційної моделі функціонування холдингу повинні дати відповіді на наступні питання: який обсяг різних видів продукції повинен випускати холдинг для забезпечення максимально можливого в існуючих умовах доходу, наскільки ефективно зможе працювати холдинг в ринковій ситуації, що склалася, тобто чи не збанкрутує він, одержуючи валовий прибуток в розмірі, відповідному його частці спільного ринку, і яка кількість грошових коштів залишиться у розпорядженні підприємств після поточних виплат.

При складанні імітаційної моделі фінансово-господарської діяльності молокопродуктового холдингу була врахована структура його матеріальних та фінансових потоків (рис. 1), а також прийняті наступні припущення:

- підприємство є раціонально діючим суб'єктом господарювання,
- працює на ринку обмеженої ємності в умовах конкуренції між виробниками однотипних товарів;
- не спеціалізується на випуску продукції лише одного напрямку, а отже, може використовувати політику диверсифікації виробництва;
- період часу, в якому розглядається модельований процес, є достатньо малим, щоб уникнути змін, які можуть призвести до викрив-

лення результатів, наприклад, технологічне оновлення чи зміна ціни на сировину.

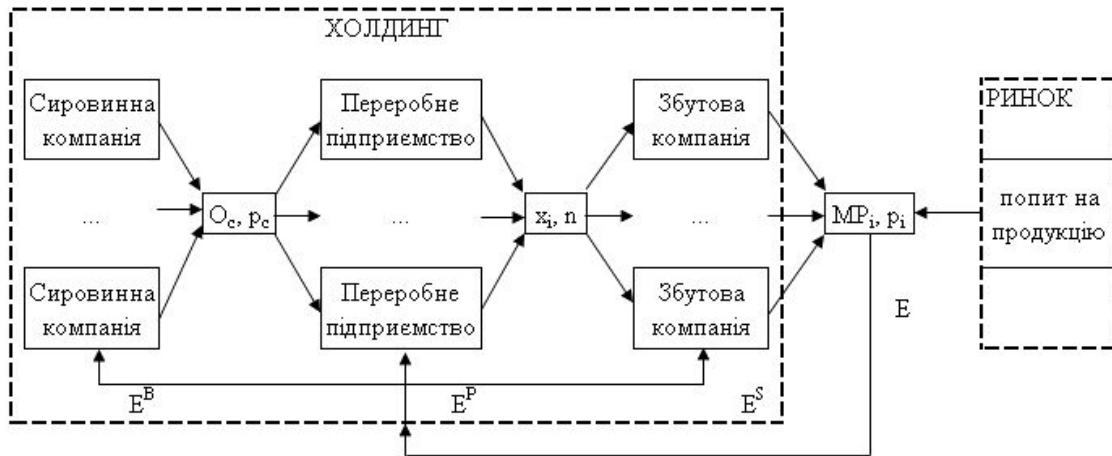


Рис. 1. Схема матеріальних та фінансових потоків холдингу:

O_c – загальний обсяг виробництва молочної сировини; p_c – трансфертна ціна на молочну сировину; n – кількість видів молочної продукції, що випускається підприємством; $x_i, i \in \overline{1, n}$ – обсяг виробництва i -го виду молочної продукції; MP_i – прогнозна ємність ринку відносно i -го виду молочної продукції; p_i – реалізаційна ціна i -го виду молочної продукції; E – прибуток суб'єкта господарювання

У холдингу витрати, що формують собівартість одиниці i -го молокопродукту, складаються з витрат на виробництво сировини, тобто молока, переробки та збуту вже готової продукції:

$$C_i = C_i^B + C_i^P + C_i^S, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де n – кількість видів молочної продукції, що випускається підприємством;

C_i – собівартість одиниці i -ї молочної продукції;

C_i^B, C_i^P, C_i^S – собівартість виробництва сировини, переробки та збуту відповідно у розрахунку на одиницю i -ї готової продукції.

Таким чином, витрати сировинних, переробних та збутових компаній в обмеженому періоді часу є незмінними і складають відповідно k_1^i, k_2^i і k_3^i частки загальних витрат холдингу на i -ту продукцію, причому

$$k_1^i + k_2^i + k_3^i = 1. \quad (2)$$

З іншого боку, собівартість виготовлення молока для виробництва i -го виду молочної продукції залежить від норми витрат молочної сировини на дану продукцію a_i , і для кількості x_i , що виготовляється, дорівнює відповідно $p_c \cdot a_i \cdot x_i$. Отже,

$$k_1^i \cdot C_i \cdot x_i = p_c \cdot a_i \cdot x_i, \quad (3)$$

$$C_i \cdot x_i = \frac{p_c \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i} \quad (4)$$

Таким чином, дохід від реалізації продукції може бути розрахований за наступною формулою

$$I = P + \sum_i C_i \cdot x_i = P + \sum_i \frac{p_c \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i}, \quad (5)$$

звідки

$$P = I - \sum_i \frac{p_c \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i} \rightarrow \max_x, \quad (6)$$

де P – операційний прибуток (валова маржа) від реалізації визначеного набору продукції;

I – дохід від реалізації продукції;

x_i – обсяг виробництва i -го виду молочної продукції, у натуральних одиницях;

p_c – закупівельна ціна молочної сировини;

a_i – норма витрат молочної сировини для виробництва i -го виду молочної продукції.

Дохід від реалізації продукції може бути розрахований як

$$I = \sum_i x_i \cdot p_i, \quad (7)$$

де p_i – реалізаційна ціна i -го виду молочної продукції.

Тоді цільова функція матиме вигляд

$$P = \sum_i x_i \cdot \left(p_i - \frac{p_c \cdot a_i}{k_1^i} \right) \rightarrow \max_x. \quad (8)$$

Проблема, яка спостерігається протягом останніх років на ринку молочної сировини і яка вже неодноразово згадувалася в роботі; – це нестабільна закупівельна ціна на молоко. Як результат, при незмінно-

му рівні реалізаційної ціни на молочну продукцію частки витрат на виробництво, переробку та збут продукції будуть варіюватися. В межах холдингу трансфертна ціна на молочну сировину може змінюватися лише в рамках укладених договорів між підприємствами-учасниками.

Розглянемо вплив зміни ціни на молочну сировину (наприклад, через збільшення собівартості виробництва) на фінансово-господарську діяльність холдингу.

Якщо собівартість 1 л молока зміниться на Δp_c , то відповідно, як вже було зазначено, зміниться і частка витрат на виробництво сировини у загальних витратах холдингу для виробництва i -го виду молочної продукції.

$$k_1^i + \Delta k_1^i = \frac{(p_c + \Delta p_c) \cdot a_i \cdot x_i}{C_i + \Delta p_c \cdot a_i \cdot x_i}, \quad (9)$$

звідки

$$\Delta k_1^i = \frac{(p_c + \Delta p_c) \cdot a_i \cdot x_i - k_1^i \cdot (C_i + \Delta p_c \cdot a_i \cdot x_i)}{C_i + \Delta p_c \cdot a_i \cdot x_i}, \quad (10)$$

$$\Delta k_1^i = \frac{(p_c + \Delta p_c) \cdot a_i \cdot x_i - k_1^i \cdot \left(\frac{p_c \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i} + \Delta p_c \cdot a_i \cdot x_i \right)}{\frac{p_c \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i} + \Delta p_c \cdot a_i \cdot x_i}, \quad (11)$$

$$\Delta k_1^i = \frac{(p_c + \Delta p_c) - k_1^i \cdot \left(\frac{p_c}{k_1^i} + \Delta p_c \right)}{\frac{p_c}{k_1^i} + \Delta p_c}, \quad (12)$$

а отже, після перетворень отримаємо формулу

$$\Delta k_1^i = \frac{k_1^i \cdot (1 - k_1^i) \cdot \Delta p_c}{p_c + \Delta p_c \cdot k_1^i}. \quad (13)$$

Відповідним чином зміниться і оптимальний набір товару, що повинен випускатися

$$P^n = I^n - \sum_i \frac{(p_c + \Delta p_c) \cdot a_i \cdot x_i}{k_1^i + \Delta k_1^i} \rightarrow \max_X. \quad (14)$$

До того ж, існує декілька обмежень на обсяг виготовлення продукції – виробнича потужність, фінансова потужність та ємність ринку відносно продукції визначеного виробника.

Виробнича потужність, у свою чергу, повинна враховуватися в двох видах. По-перше, підприємство може виробляти кількість продукції, обмежену загальною кількістю переробленого молока, що визначається як потужністю самого переробного підприємства, такі і максимально можливим обсягом закупівлі молочної сировини у виробничих компаній. По-друге, підприємство має обмежену виробничу потужність по кожному виду продукції.

Зазначені обмеження можуть бути представлені у вигляді наступних нерівностей

$$x_i \leq \min \{VP_i; MP_i\}, \quad (15)$$

$$a_i \cdot x_i \leq O_c, \quad (16)$$

де VP_i – виробнича потужність i -го виду молочної продукції;

MP_i – прогнозна ємність ринку відносно i -го виду молочної продукції;

O_c – можливий обсяг переробки молочної сировини.

Але в той же час, контролером може бути визначений мінімально необхідний обсяг випуску продукції, який би задовольнив потреби постійних клієнтів і не дав втратити позиції підприємства на ринку по певному виду продукції, а також у майбутньому при необхідності забезпечив підґрунтя для розвитку певного напрямку виробництва.

$$x_i \geq mx_i, \quad (17)$$

де mx_i – мінімально необхідний обсяг випуску i -ї продукції.

Для забезпечення визначеного обсягу виробництва необхідний визначений обсяг капіталу. Оскільки відношення обсягу капіталу до обсягу продажів постійне (в межах фіксованих технологій і визначеного періоду часу), його можна охарактеризувати коефіцієнтом інтенсивності капіталу. Звідси можна визначити обмеження на обсяг виробництва з позиції фінансової потенціалу підприємства:

$$x_i \cdot C_i \leq g^{-1} \cdot (Sh + Db), \quad (18)$$

де g – коефіцієнт інтенсивності капіталу;

Sh – власний капітал підприємства;

Db – обсяг запозиченого капіталу.

Однак обсяг капіталу, що може бути запозичений, також не є безмежною величиною і обмежується рівнем власного капіталу:

$$0 \leq Db \leq l \cdot Sh, \quad (19)$$

де l – коефіцієнт, що обмежує обсяг позики.

Таким чином, необхідний обсяг позики може бути розрахований за наступною формулою

$$Db = u_{Db} \cdot \max \left\{ 0, \min \left\{ l \cdot Sh, \sum_i x_i \cdot C_i - Sh \right\} \right\} \quad (20)$$

де u_{Db} – коефіцієнт, що характеризує політику керівництва щодо позик (0 – капітал використовується лише власний, 1 – капітал запозичується в максимально необхідному обсязі).

З урахуванням необхідності повернення позики та відсотків по ньому цільова функція набуде вигляду

$$P = \sum_i x_i \cdot \left(p_i - \frac{p_c \cdot a_i}{k_1^i} \right) - b \cdot Db \rightarrow \max_x \quad (21)$$

де b – ставка відсотка по позиці ($0 \leq b \leq 1$).

Основні показники зовнішнього середовища, які повинен враховувати контролер при організації виробничої діяльності, – це попит на продукцію та ціна на продукцію. У момент планування виробничих показників в майбутньому періоді ці величини невідомі і можуть бути тільки оцінені з більшим або меншим ступенем точності на основі маркетингових досліджень або суб'єктивних міркувань керівництва підприємства. Таким чином побудована модель буде включати дві випадкові величини – ємність ринку щодо виготовленої продукції та ціну на дану продукцію, що сформувався на ринку у визначений період часу.

Ємність ринку щодо виготовленого i -го виду молочної продукції можна описати регресійним рівнянням:

$$MP_i = \Pi_1^i + \Pi_2^i \cdot t + \Pi_3^i \cdot \mu(t) + \Pi_0^i, \quad (22)$$

а ціна на даний вид продукції відповідно визначається

$$p_i = p_1^i + p_2^i \cdot t + p_3^i \cdot \varepsilon(t) + p_0^i, \quad t \in [1, T] \quad (23)$$

де Π_1^i, Π_2^i та p_1^i, p_2^i – оцінені коефіцієнти регресій, побудованих на відповідних даних попередніх років;

Π_3^i, p_3^i – стандартні похибки передбачення значень відповідних змінних;

$\mu(t), \varepsilon(t)$ – послідовності незалежних стандартних нормально розподілених величин;

$[1, T]$ – проміжок часу, на якому досліджуються виробничі процеси;
 t – поточний період часу, що розглядається;
 Π_0^i, p_0^i – зміна попиту та зміна ціни на продукцію відповідно, які не пов’язані із загальними тенденціями ринку (за відсутності даних про такі зміни значення дорівнюють нулю).

Тому одними з ключових вхідних змінних розробленої імітаційної моделі є розмір ринкової частки підприємства по видам продукції та ціни на відповідну продукцію за декілька попередніх періодів.

Одним із інструментів зменшення собівартості виготовленої продукції є мінімізація кількості нетоварної продукції, що може забезпечуватися дотриманням технологічного ланцюга. Це пояснює потребу побудови технологічної матриці V , яка б описувала основні взаємозв’язки виробництва продукції:

	1	...	j	...	n
1	0	0	0	0	0
...	...	0	0	0	0
i	v_{i1}	...	0	0	0
...	...	...	...	0	0
n	v_{n1}	...	v_{nj}	...	0

де n – кількість видів продукції, що випускається;
 v_{ij} – мінімально необхідна частка виготовлення j -ї продукції по відношенню до кількості виготовлення i -ї продукції, тобто повинно виконуватися співвідношення

$$x_i \geq v_{ij} \cdot x_j. \quad (24)$$

При цьому при складанні технологічної матриці враховуються декілька принципів. По-перше, i -та продукція має певні переваги у випуску в порівнянні з j -ю, тобто може вироблятися навіть за нульовий випуск останньої, хоча це і призводить до збільшення собівартості. При цьому, якщо $v_{ij} = 0$ – продукція технологічно не пов’язана або зв’язки вже враховані в іншому співвідношенні. По-друге, якщо випуск i -ї продукції безпосередньо впливає на випуск не однієї, а декількох видів продукції, то в матрицю заноситься лише максимальний показник. Для врахування останнього принципу матрицю можна про-нормувати за правилом:

$$v_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \max_{k \in [1, n]} \{v_{kj}\} \neq v_{ij}, \\ v_{ij}, & \text{якщо } \max_{k \in [1, n]} \{v_{kj}\} = v_{ij}, \end{cases} \quad (25)$$

За визначеною технологічною матрицею складається система нерівностей, яка також виступає як обмеження до цільової функції:

$$X \geq (X^T \cdot V)^T. \quad (26)$$

Враховуючи всі попередні викладки, можна сформулювати задачу знаходження оптимального обсягу випуску продукції X^* , який би забезпечував максимально можливий при наявних умовах дохід холдингу

$$P = \sum_i x_i \cdot \left(p_i - \frac{P_c \cdot a_i}{k_1^i} \right) - b \cdot Db \rightarrow \max_X, \quad i = \overline{1, n};$$

$$a_i \cdot x_i \leq O_c,$$

$$x_i \geq mx_i, \quad (27)$$

$$x_i \leq \min \{VP_i; MP_i\},$$

$$x_i \cdot C_i \leq g^{-1} \cdot (Sh + Db),$$

$$Db = u_{Db} \cdot \max \left\{ 0, \min \left\{ l \cdot Sh, \sum_i x_i \cdot C_i - Sh \right\} \right\},$$

$$X \geq (X^T \cdot V)^T.$$

Знаючи обсяг виробництва різного виду продукції, можна прорахувати відповідно прибутки та збитки холдингу від операційної діяльності

$$E = \max \{ 0, (P - Z) \cdot (1 - Tx) \}, \quad (28)$$

$$U = \max \{ 0, Z - P \} \quad (29)$$

де E та U – прибуток від звичайної діяльності та збиток відповідно;
 Z – постійні витрати компанії, враховуючи і амортизаційні відрахування;
 Tx – ставка податку на прибуток.

Як показує практика, основною проблемою в діяльності холдингу є розподіл отриманого прибутку між його структурними підрозділами. В загальному випадку ми пропонуємо розподіляти прибуток відповідно до частки понесених витрат при виробництві певного обсягу продукції, тобто

$$E^B = \frac{\sum_i k_1^i \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_i C_i \cdot x_i} \cdot E, \quad E^P = \frac{\sum_i k_2^i \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_i C_i \cdot x_i} \cdot E, \quad E^S = \frac{\sum_i k_3^i \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_i C_i \cdot x_i} \cdot E, \quad (30)$$

де E^B, E^P, E^S – відповідно прибуток сировинних, переробних та збутових підрозділів.

Хоча в окремих випадках керівництво холдингу може прийняти рішення про додаткове фінансування певного підрозділу. Наприклад, якщо інвестиції в окремих структурний підрозділ можуть збільшити ефективність діяльності холдингу в цілому або підвищити його ринкову вартість.

Збитки холдингу розподіляються аналогічним чином, тобто також відповідно до частки понесених витрат при виробництві певного обсягу продукції.

Узагальнена схема імітаційної моделі управління виробничою діяльністю холдингу наведена на рис. 2.

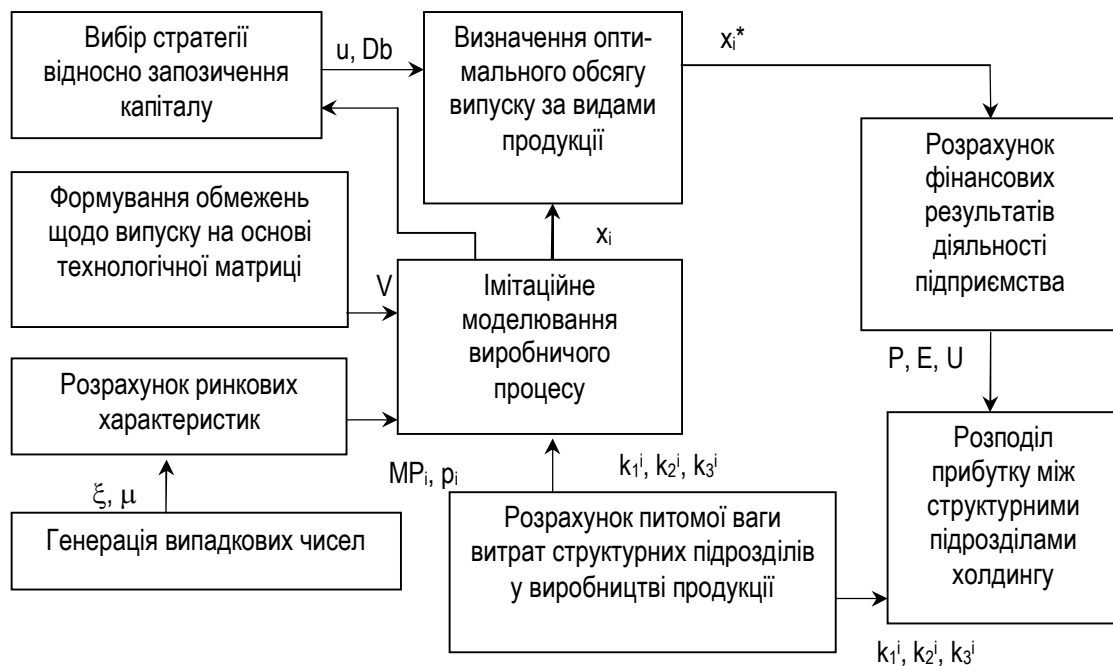


Рис. 2. Узагальнена схема імітаційної моделі управління фінансово-господарською діяльністю холдингу

На основі даних про витрати, відпускні ціни та асортимент молочної продукції ВАТ „Сумський молочний завод” ДП „Аромат” була проведена оцінка прибутковості продукції підприємства з урахуванням того, що середня закупівельна ціна в 2006 році на молочну сировину (молоко 3,4 % жирності) складала 0,70 грн./л при мінімальній рекомендованій нормі 1,20 грн./л.

Розраховані оптимальний обсяг виробництва продукції та його питома вага в структурі доходу холдингу зображені на рис. 3. Як видно, найбільшу вагу у структурі виробництва продукції складають молоко, кефір та сирки глазуровані, однак найбільша вага в структурі доходу холдингу забезпечується сирами м'якими та сирками глазурованими.

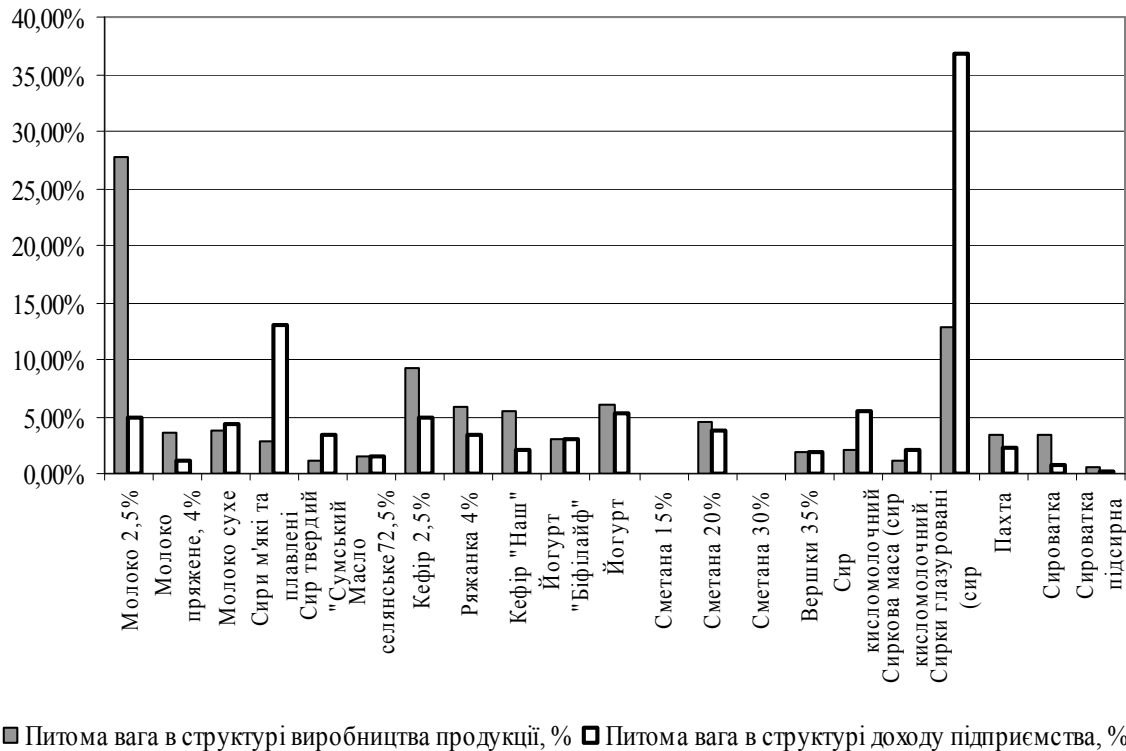


Рис. 3. Оптимальна структура виробництва та реалізації продукції холдингу на 2007 рік

Результати імітації фінансово-господарської діяльності холдингу в нових умовах функціонування дозволяють визначити оптимальну його асортиментну політику і фінансову стратегію та оцінити отримані при цьому фінансові результати до і після проведення оптимізації, розрахувати прогнозований чистий прибуток кожного учасника холдингу, що залежить від частки його змінних витрат в загальних змінних витратах холдингу (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл прибутку холдингу за його структурними підрозділами

Структурні підрозділи холдингу	Частка змінних витрат підрозділу в собівартості продукції	Розподіл прибутку за підрозділами, тис. грн.	
		до впровадження системи	після впровадження системи
Сировинні компанії	0,39	5244,56	6294,17
Переробні підприємства	0,56	5277,92	9112,14
Збутові компанії	0,05	659,08	810,86
Всього	1	11181,55	16217,17

Проведені дослідження, дозволили встановити, що значний ефект, як видно з таблиці 1, від використання імітаційної моделі фінансово-господарської діяльності холдингу як елемента системи контролінгу полягає в переході до більш високого рівня управління шляхом оптимізації планування та оперативного управління, більш повного та своєчасного використання інформації як про хід виробничого процесу, так і про розвиток ринкової кон'юнктури, підвищення рівня аналітичної роботи апарату управління та ін.

Розроблена модель дозволяє, по-перше, проводити аналіз діяльності холдингу в ринкових умовах з урахуванням обмеженості ринку, конкуренції на ньому і наявних виробничих та фінансових ресурсів холдингу. По-друге, імітувати фінансово-господарську діяльність холдингу, визначити оптимальну його асортиментну політику, фінансову стратегію, розрахувати оптимальні розміри позикових засобів залежно від виробничих обмежень і можливих коливань попиту та ціни на продукцію підприємства, а також оцінити отримані при цьому фінансові результати та визначити наслідки рішень, що приймаються, з погляду оперативних і стратегічних цілей підприємства.

Таким чином, використання запропонованої моделі при плануванні фінансово-господарської системи холдингу дозволить знизити рівень невизначеності та ризику, пов'язаних з високою динамічністю параметрів зовнішнього середовища, тим самим забезпечивши підвищення ефективності управлінських рішень, що приймаються.

Список літератури

1. Контролінг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А. М. Карминский, Н. И. Оленев, А. Г. Примаков, С. Г. Фалько. – М. : “Финансы и статистика”, 1998.
2. Ткач А. В. Сельскохозяйственная кооперация : учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. / А. В. Ткач. – М. : Издательско-торговая корпорация “Дашков и К”, 2005. – 364 с.
3. Фінанси в період реформування агропромислового виробництва / М. Я. Демяненко, В. М. Алексійчук, А. Г. Борщ та ін. ; за ред. М. Я. Демяненка. – К. : ІАЕ УААН, 2002 – 645 с.
4. Хайлук С. О. Використання імітаційної моделі фінансово-господарської діяльності холдингу як елемента системи контролінгу / С. О. Хайлук // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Інноваційні технології в науці, підготовці та перепідготовці фахівців”, м. Одеса, 17-18 травня 2007 р. – Одеса : ОІФ УДУЕФ, 2007. – С. 96-99.

Розділ 2

ПЕРСПЕКТИВНІ АВТОМАТИЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЕКОНОМІЦІ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ*

Любая целеориентированная деятельность связана с принятием решений, поэтому интуитивные представления о содержании и структуре проблемы принятия решений достаточно очевидны. Тем не менее до настоящего времени не существует некоторой достаточно общей теории принятия решений. Причины этого следует связывать, прежде всего, с разнообразием задач принятия решений, не имеющих явных пересечений в их формальной структуре и в содержательном наполнении. Достаточно полный обзор таких задач содержится, например, в [1]. Представляется очевидным, что построить универсальную теорию, применимую к любым задачам принятия решений, вряд ли возможно [2, 3].

Поэтому настоящая работа ограничивается классом тех задач, в которых решения принимаются множеством лиц, принимающих решения (ЛПР), между которыми распределена необходимая для принятия решения информация, и которые функционируют параллельно, взаимодействуя между собой в процессе принятия решения.

Ниже рассматривается проблема проектирования структуры взаимодействия группы лиц, принимающих решение (ЛПР), и взаимодействий между ними для эффективного управления сложной,

*А. В. Милов, канд. техн. наук, доц. кафедры экономической кибернетики Харьковского национального экономического университета

крупномасштабной системой в режиме реального времени. Автором предпринята попытка на методологическом уровне объединить классические концепции принятия решений с подходами в области распределенного управления экономическими системами. Предлагаемый подход определяют три характеристики:

- 1) мультидисциплинарность и концептуальность подхода,
- 2) уровень детализации, определяющий применимость для решения любой практической проблемы, и открытость, означающая, что предлагаемый подход лишь один из многих, которые могли бы быть предложены для решения указанной проблемы.

Таким образом, работа отражает процесс проектирования структуры, в рамках которой могут быть успешно представлены проблемы распределенного управления.

Предлагаемый подход основан на предположении о том, что никакое из лиц, принимающих решение, не имеет полной и доступной ему модели системы. Точнее, каждый агент знает о действиях отдельной подсистемы, для которой он является “экспертом”. Он ничего не знает о структуре системы вне своей предметной области, а оценка воздействия его решений на остальную часть системы и влияния внешних решений на его конкретную подсистему должна быть получена в результате взаимодействия с другими такими же как и он агентами. Таким образом, процесс принятия управленческих решений распределен среди ЛПР, а координация планируемых действий в значительной степени зависит от доступных ресурсов взаимодействия. Предлагаемая структура может использоваться для проектирования организации, в которой человек выступает в качестве одного из ресурсов принятия решения.

1. Принципы подхода

Чтобы достигнуть многих интересных результатов теории принятия централизованного решения, будут использоваться совместно четыре главные концепции:

- 1) марковское понятие состояния;
- 2) закон Байеса в теории вероятности;
- 3) использование скалярного индекса глобальной производительности;
- 4) динамическое программирование.

Когда эти концепции используются для групповых ЛПР (множества лиц, принимающих решение), возникают следующие проблемы. Каждый агент может вычислять собственные условные вероятности состояний процесса, но динамическое программирование требует знания, по крайней мере, условных вероятностей для входных сигналов, предоставляемых другими агентами. Это, в свою очередь, приводит к

необходимости для любого агента получить модели других агентов (которые имеют память, по крайней мере, в форме условных вероятностей, и, следовательно, пространство состояний), чтобы те другие агенты обладали бы моделями первых (и моделями их моделей), и т.д. При этом проблема формирования оптимальной децентрализованной стратегии управления обычно в этой структуре становится трудной.

Один из способов устранения этих ограничений, касающихся полноты влияющих на состояние знаний, состоит в предоставлении каждому агенту только модели частичного пространства состояний и связанной с этим динамики. Однако, модели, используемые всеми агентами, должны некоторым способом описывать систему в целом, и каждый агент должен был бы знать, что другие части системы существуют и влияют на ту часть системы, которая поставлена ему в соответствие. Таким образом, формулируется первый принцип этого исследования.

Принцип 1. Каждый принимающий решения агент обладает ограниченной моделью управляемой системы.

Теперь рассмотрим двух агентов, взаимодействующих между собой так, что действия одного (“А”) непосредственно влияют на динамику другого (“В”). Ясно, что возникает потребность в связи между ними. “В” должен уведомить относительно действий, которые он предпринял, чтобы таким образом могли быть объяснены их последствия; “А” обязан информировать “В” о своих целях, так как “В” может планировать действия, чтобы помочь “А” достичь их. Однако следует проявлять осторожность, чтобы предотвратить стратегии, где канал с бесконечной пропускной способностью используется для передачи всех сообщений единственному узлу, который в этом случае реализует обычную централизованную стратегию; следовательно, должны быть наложены ограничения на связи определенного типа. Опыт показал, что включение затрат на аналитические коммуникации или ограничения на их объем является чрезвычайно трудным [4, 5].

Если два агента имеют модели, практически полностью непересекающиеся по своим переменным, то множество атрибутов, которыми они могли бы обмениваться, естественно, ограничено. Все, что два взаимодействующих агента могли бы разделять – это множество переменных взаимодействия, произведенное тем из агентов, который влияет на другого. Это было бы единственным общим контекстом, который они имели бы как основание для связи; таким образом, формулируется второй принцип.

Принцип 2. Связь между агентами имеет место только в терминах величин, непосредственно связанных с основными переменными взаимодействия.

Обычный подход к распределению нагрузки по обработке между принимающими решения агентами состоит в том, чтобы использовать итеративные обмены между ними. Такой подход, хотя часто и эффективный, обычно требует значительной пропускной способности средств обратной связи, поскольку на каждом шаге должны быть выполнены несколько итераций, чтобы определить множество текущих управляющих входов. По этой причине стратегии должны работать так, как описано ниже.

Принцип 3. Необходимо избегать итеративных методов, которые предполагают связь между агентами на каждом шаге.

Наконец, само определение моделируемой структуры гарантирует, что агенты будут часто неосведомлены о многих происходящих вещах, которые могут, в конечном счете, влиять на них. Вероятностный подход к такой неопределенности не является хорошо определенным; кажется предпочтительным разрешить неопределенность, предполагая самый плохой случай. Это дает привлекательное преимущество предоставления локальной автономии лицам, принимающим решение: связь выступает как средство для достижения соглашений между двумя агентами, ограничивающее действия каждого из них. Однако каждый может быть свободен в выборе одной из нескольких альтернатив в пределах согласованных ограничений, зная, что другой будет рассматривать его выбор как наихудший возможный случай.

Принцип 4. Неопределенность относительно будущих действий агента будет разрешена либо путем обмена сообщениями, либо может быть предположен самый плохой случай.

2. Формулировка проблемы

Определим распределенную систему принятия решений как кортеж

$$MAS = \langle A, E, R, ORG, ACT, COM, EV \rangle,$$

согласно которому она понимается как множество *агентов* A , способных функционировать в некоторых *средах* E , находящихся и определенных *отношениях* R и *взаимодействующих* друг с другом, формируя некоторую *организацию* ORG , обладающих набором индивидуальных и совместных *действий* ACT (стратегий *поведения* и *поступков*), включая возможные *коммуникативные действия* COM , и

характеризуется (как, впрочем, и отдельные агенты) возможностями эволюции EV.

Топология системы принятия решений может быть выражена графом G , состоящим из конечного набора узлов N и набора дуг L

$$G = (N, L). \quad (1)$$

Для удобства, предположим, что узлы пронумерованы $1, 2, \dots, |N| = N$ некоторым уникальным способом. Дуги соединяют один узел с другим однонаправлено

$$L \subseteq N \times N, \quad (2)$$

где $(i, j) \in L$ указывает связь, соединяющую узел i с узлом j . G будет отображать основное динамическое влияние подсистемы i -го ЛПР на подсистему j -го ЛПР. (Обратите внимание, что i всегда воздействует на i , который является неявным владельцем своей собственной i -й модели.)

Каждая дуга будет представлять не только динамическое взаимодействие, но также и соответствующий интерфейс в структуре принятия решения. Поскольку граф не обязательно двунаправлен, никаких предположений относительно симметрии G делать не требуется.

Дуги представляют отношения друг к другу подсистем, смоделированных в каждом узле, но также должно быть рассмотрено их отношение ко входам, выходам и к целям системы.

Входы: Каждый вход в систему должен определяться одним и только одним агентом (тем, который моделирует его прямое влияние).

Выходы: Каждый выход системы подобным образом может быть связан точно с одним агентом, который моделирует их происхождение, основываясь на переменных модели этого агента.

Цели: Некоторые агенты привязывают определенные цели к своим индивидуальным моделям. Другие агенты не будут иметь никаких индивидуальных целей – их функция заключается в организации (координации) действий других агентов так, чтобы были достигнуты цели последних.

При этом сохраняется различие между агентом принятия решения в узле i , A_i , и моделью подсистемы, которой он обладает – M_i . Модель может содержать формализованные представления о способах взаимодействия с другими агентами, стратегии поведения и поступки самого агента, а также возможности эволюции агента. Введем понятие домуля D_i как комбинации агента принятия решений и его модели подсистемы

$$D_i = (M_i, A_i). \quad (3)$$

Термин “домуль” происходит от латинских слов *domus* (дом, хозяйство) или *dominulus* (хозяин, владелец, господин). Здесь имеется в виду независимый принимающий решения агент, который располагает лишь моделью некоторой подсистемы, в рамках которой он является “экспертом” и который должен общаться с другими агентами для достижения некоторого требуемого уровня качества функционирования всей системы.

Теперь можно сказать, что проблема принятия распределенного решения представлена в виде домулярной структуры если определены локальные модели M_i и отношения взаимодействия G . Таким образом, домулярная модель – это расширение классического понятия модели для явного формирования распределенной структуры.

Каждая локальная модель M_i полна в том смысле, что она обладает своего рода марковскими свойствами: существует множество “состояний” X_i , но локальная функция смены состояний зависит от переменных взаимодействия, которые отражают влияния частей системы, смоделированных в других домулях. Переменные взаимодействия выбираются из множеств Z_{ij} , которые отражают влияние подсистемы, смоделированной D_i , на подсистему, смоделированную в D_j . Они определяются как значения функций взаимодействия на множестве состояний D_i следующим образом

$$g_{ij}: X_i \rightarrow Z_{ij} \quad (4)$$

Определяющие величины взаимодействия z_{ij} для каждого состояния x_i , функции g_{ij} будут обычно необратимыми; будет иметься некоторая пара x_i^1 и x_i^2 такая, что

$$g_{ij}(x_i^1) = g_{ij}(x_i^2) \text{ при } x_i^1 \neq x_i^2 \quad (5)$$

для любых i и j . То есть, это может быть формула, по которой невозможно однозначно восстановить состояние.

Пространства управления и наблюдения определены следующим образом:

U_i – множество управлений, из которого может выбирать D_i ;

Y_i – множество измерений, которые могут быть получены D_i .

Теперь может быть определена модель M_i , которой обладает D_i . Это – восьмерка, состоящая из следующих компонент

X_i – множество локальных состояний;

$\{Z_{ij}\}$ множества агрегированных состояний;

U_i – множество входов;

Y_i – множество выходов;
 f_i – функция определения следующего состояния; (6)
 h_i – функция определения следующего выхода;
 $\{g_{ij}\}$ – функции агрегирования;
 c_i – локальная функция стоимости;

и где

$$f_i: X_i \times Z_{1i} \times \dots \times Z_{Ni} \times U_i \rightarrow X_i; \quad (7)$$

$$g_{ij}: X_i \rightarrow Z_{ij}; \quad (8)$$

$$h_i: X_i \times Z_{1i} \times \dots \times Z_{Ni} \rightarrow Y_i; \quad (9)$$

$$c_i: X_i \times X_i \times Z_{1i} \times \dots \times Z_{Ni} \times U_i \rightarrow R. \quad (10)$$

Уравнение (7) выражает ограничение, которое отражает тот факт, что переходы зависят только от локального состояния и взаимодействия с непосредственными соседями, а также от управляющих переменных; уравнение (9) делает то же самое для выходов. Уравнение (10) определяет локальную целевую функцию: $c_i(x_i, x_i^+, z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{Ni}, u_i)$ – стоимость перехода из состояния x_i в некоторый момент времени t в состояние x_i^+ в момент времени $t+1$, когда присутствуют переменные взаимодействия $z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{Ni}$, и применяется u_i . Для упрощения обозначений введем вектор $\bar{z}_i = (z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{Ni})$ как полный набор переменных взаимодействия, воздействующих на подсистему D_i .

Важная особенность вводимой формулировки состоит в том, что понятие централизованного состояния было заменено понятием множества локальных состояний. Для определения будущего локального ответа A_i на локальные входы недостаточно знания только локального состояния x_i ; необходимо также знание будущих взаимодействий со стороны других домулей. Оптимальные стратегии решений обычно требуют максимально возможного объема знаний о результатах возможных решений, при этом следует ожидать, что принятие локального решения будет основываться на собранной относительно локального состояния и будущих взаимодействий информации в таком количестве, которое только возможно.

Для дальнейшего рассмотрения ради простоты примем, что функции наблюдения h_i реализуют отношения “один к одному”: каждый агент в любой момент времени t знает состояние и переменные взаимодействия с полной определенностью. Это позволяет избежать осложнений, вносимых проблемой оценки, и позволяет сосредоточить усилия на проблеме координации. В этой работе не будет сделано никакого предположения относительно соотношения локальных целей с целью организации в целом, поскольку это предполагает рассмотрение более широкого класса организационных структур. Конечно, одна

важная структура – это коалиция, где все лица, принимающие решения, стремятся минимизировать сумму значений локальных функций стоимостей принятия решений.

3. Свойства формулировки

Акцентируя внимание на двух свойствах формулировки, сделанной ранее. Очевидно, что распределенная модель является динамическим эквивалентом некоторой централизованной модели. Однако обычный способ переноса детерминированных подходов в область моделирования стохастических процессов, который использует распределение (условных) вероятностей как реализации состояний, так и переходов из состояния в состояние, создает серьезное ограничение в рассматриваемом контексте.

Построение централизованной модели, эквивалентной домулярной системе, является непосредственным и показывает, что нет никакой присущей несовместимости или плохо изложенных аспектов формулировки. Однако в общем случае размеры различных используемых множеств намного больше, чем размеры множеств, используемых для определения локальных моделей. Эквивалентная модель имеет множества состояний, управления и выходов, которые являются декартовым произведением индивидуальных состояний, управления и выходных множеств. Централизованная функция переходов состояний является непосредственным произведением локальных функций f_i и функций агрегирования g_{ij} . Таким образом

$$\begin{aligned}
 x(t) &= (x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)) \\
 &= (f_1(x_1(t-1), \bar{z}_1(t-1), u(t-1)), \dots, f_N(x_N(t-1), \bar{z}_N(t-1), u_N(t-1))) \\
 &= (f_1(x_1(t-1), g_{11}(x_1(t-1)), \dots, g_{N1}(x_N(t-1), u(t-1)), \dots, \\
 &\quad f_N(x_N(t-1), g_{1N}(x_1(t-1)), \dots, g_{NN}(x_N(t-1), u_N(t-1))) \\
 &= f(x_1(t-1), \dots, x_N(t-1), u_N(t-1), \dots, u_N(t-1)) \\
 &= f(x(t-1), u(t-1))
 \end{aligned}$$

где x и u – централизованное состояние и управление, соответственно.

Аналогично,

$$y(t) = (y_1(t), \dots, y_N(t)) = (h_1(x_1(t), \bar{z}_1(t)), \dots, h_N(x_1(t), \bar{z}_N(t))) = h(z(t)) \quad (11)$$

для каждого $z_{ij}(t) = g_{ij}(x_i(t))$.

Теорема 1: Для каждой домулярной модели существует соответствующая централизованная модель с идентичным поведением.

Было бы крайне желательно включить вероятностные эффекты в домулярные модели стохастических процессов. Многие проблемы стохастического управления могут быть сведены к детерминированным эквивалентам путем выбора соответствующих пространств состояний (таких как функции вероятности, лежащие в основе пространства состояния), и действительно здесь может быть принят подобный подход.

Отмеченное здесь ограничено случаем определенной информации о состояниях (и взаимодействиях), стохастика может входить только в функции перехода состояний, но не в измерения. Стохастические матрицы (графы) перехода состояний заменяют выражение

$$x(t) = f_i(x_i(t-1), \bar{z}_i(t-1), u_i(t-1)) \quad (12)$$

условными плотностями

$$p_i(x_i(t) | x_i(t-1), \bar{z}_i(t-1), u_i(t-1)) \quad (13)$$

Это, в частности, позволяет представить прогноз будущих взаимодействий в виде

$$p(z_{ij}(t+1)) = \sum p(x_i(t+1) | x_i(t), \bar{z}_i(t), u_i(t)) \cdot p(x_i(t)) \quad (14)$$

где суммирование производится по всем $x_i(t+1)$, так что

$$z_{ij}(t+1) = g_{ij}(z_i(t+1)) \quad (15)$$

Таким образом, любой домуль, заданный своими входными взаимодействиями и состоянием в момент времени t , может вычислять распределения своих состояний и выходных взаимодействий в момент времени $t+1$, используя (13) и (14). Далее было бы желательно повторить этот процесс: учитывая вычисленное другими распределение, на его входных взаимодействиях в момент времени $t+1$, домуль может находить выходные взаимодействия в следующий момент времени $t+2$, и т.д.

Предположение 2: Модель, представленная выше, может быть определена как детерминированная система со множествами локальных состояний $P(X_i)$, управления U_i и взаимодействий $P(Z_{ij})$. При этом по заданным $p(x_i(0))$, $u(\tau)$ и $p(z_{ji}(\tau))$ для всех $j, i=1, \dots, N$ и $0 < \tau < t$ невозможно определять единственным образом $p(x_i(t))$ и $p(z_{ij}(t))$.

Трудность возникает из-за того, что взаимодействия, определяемые величинами $p(z_{ji}(\tau))$, через какое-то время являются коррелированными – это гарантирует динамика D_j . Например, если D_j –

детерминированный генератор двух состояний с начальным равновероятным распределением состояний, и уникальной величиной взаимодействия, сгенерированной в каждом состоянии, то каждое из взаимодействий равновероятно в любой момент времени. Однако, начиная с замен последовательности взаимодействия между ее двумя величинами, взаимодействия в последующие времена совершенно коррелированные, и это должно быть принято во внимание агентом, на которого оказывают влияние эти взаимодействия, поскольку он продолжает изменять вероятности состояния.

При построении стохастических домулярных алгоритмов координации важным является тот результат, что D_i требует вероятностей последовательностей взаимодействия (то есть плотности на Z_{ji}^t) вместо предложенных последовательностей вероятностей взаимодействий (то есть, плотности t на Z_{ji}), чтобы предсказать вероятности занятия локальных состояний, и, следовательно, поведения. Кроме того, стохастические домули являются столь же приемлемыми для моделей, как и детерминированные.

Ключевая концепция предлагаемого подхода – индивидуальный элемент системы, домуль, который является экспертом по уникальной подсистеме, о которой он и только он обладает наиболее полным знанием, и за которую он является ответственным.

Для домулярных систем могут быть разработаны методы, которые поддерживают принятие решения. Общий подход к разрабатываемым процессам координации состоит в том, чтобы сначала выбрать последовательности взаимодействий между системами, затем решать локальные, относительно независимые проблемы оптимизации.

Список литературы

1. Исследование операций (в 2-х томах). – М.: Мир, 1981.
2. Баранов В. В. Структуры систем динамического принятия решений. I / В. В. Баранов, В. М. Матросов // Известия Академии наук. Теория и системы управления. – 1997. – № 1. – С. 5–15.
3. Баранов В. В. Структуры систем динамического принятия решений. II / В. В. Баранов, В. М. Матросов // Известия Академии наук. Теория и системы управления. – 1997. – № 2. – С. 5–16.
4. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В. Б. Тарасов. – М. : Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
5. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход ; пер с англ. / С. Рассел, П. Норвиг. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 1408 с.

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГО КОНТРОЛЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ*

Важливою складовою системи управління є внутрішній контроль, організація якого сприяє підвищенню ефективності діяльності в цілому на підприємстві.

Здійснення внутрішнього контролю є складним і трудомістким процесом, який відбувається протягом життєвого циклу підприємства, має свої особливості для різних об'єктів перевірки, залежить від масштабу і виду діяльності, рівня організації бухгалтерського обліку. Тому постає питання його автоматизації.

На практиці для задоволення потреб бухгалтерського обліку розробниками програмного забезпечення запропоновано велику кількість облікових систем, між якими здійснюється конкуренція щодо функціонального наповнення. Що стосується внутрішнього контролю, то для перевірки інформації, поточного спостереження господарської діяльності підприємства, виконання функцій і задач контролю майже ніякі технічні засоби не використовуються. За даними консалтингових компаній внутрішні контролери 46 % опитаних підприємств на території СНД не мають досвіду в галузі інформаційних технологій.

За даними проведеного автором дослідження організації внутрішнього контролю підприємств Сумського регіону отримано наступні результати: 72 % підприємств незалежно від розмірів та результатів їх діяльності застосовують засоби автоматизації, 28 % – не застосовують. Стосовно автоматизації внутрішнього контролю, то тільки 44 % підприємств використовують комп'ютерні технології в процесі контролю, 56 % – ні. Підприємства, що використовують автоматизовані інформаційні системи (АІС) для контролю, застосовують не конкретні продукти, створені для внутрішнього контролю, а бухгалтерські системи, які мають “вбудовані програмні контролі”, адаптовані для вирішення деяких задач контролю.

Більшість контролерів використовують засоби автоматизованої обробки даних лише для оформлення документів або отримання інформаційно-довідкової інформації. Деякі суб'єкти господарювання здійснюють спроби автоматизувати внутрішній контроль. Вони самостійно розробляють програми, вживані для полегшення розрахунків і для проведення перевірок деяких ділянок бухгалтерського обліку.

Оскільки ринок програмного забезпечення насичений бухгалтерськими програмами і програмами, які використовуються, наприклад, в

* Г. М. Яровенко, асистент кафедри економічної кібернетики ДВНЗ “Українська академія банківської справи Національного банку України”

цілях проведення економічного аналізу, то деякі підприємства почали пристосовувати їх для контролю. З цією метою розробники почали модернізувати бухгалтерські програми шляхом розширення їх можливостей і додавання аналітичного модуля. Що стосується автоматизації перевірок та аналітичних функцій, то подібні системи не дозволяють цього виконувати [3, с. 90].

На практиці використання засобів автоматизованої обробки даних не відповідає об'єктивним потребам внутрішнього контролю. Тому тема перспективи автоматизації внутрішнього контролю на підприємствах в даний час є досить актуальною.

Потребам практики внутрішнього контролю не відповідає також і рівень теоретичних розробок. Питання його автоматизації недостатньо висвітлюються у спеціальних періодичних виданнях України. Деякі аспекти автоматизації контролю розглядають вітчизняні вчені в галузі внутрішнього контролю – М. Т. Білуха, В. П. Завгородній, Є. В. Калюга, В. В. Сопко. Науковці з питань автоматизованих інформаційних систем та технологій різних галузей економіки – В. М. Гужва, В. В. Дик, В. Ф. Ситник, Г. А. Титаренко та інші у своїх працях приділяють значну увагу автоматизації різних процесів у галузі економіки, а проблеми, пов'язані із функціонуванням автоматизованих систем внутрішнього контролю, розглядають недостатньо.

Невирішеними питаннями залишаються: обґрунтування складу функціональних задач і вимог до системи, розробка алгоритмів внутрішнього контролю та інформаційного забезпечення АІС контролю та ін.

Основна мета дослідження – визначення перспективних напрямків автоматизації внутрішнього контролю на підприємствах і розробка пропозицій в галузі створення АІС для цілей контролю.

Необхідність використання автоматизованих систем та інформаційних технологій для підвищення ефективності здійснення внутрішнього контролю на підприємстві обумовлена наступними чинниками [3, с. 90]:

- труднощістю контрольних процедур, які вимагають здійснення великої кількості арифметичних розрахунків, різних видів аналізу. Автоматизація внутрішнього контролю підвищить ефективність прийняття рішення і надасть можливість проведення розрахунків різного ступеня складності, аналітичних процедур з використанням статистичних методів і методів моделювання;
- значними обсягами інформації підприємства, які необхідно обробити, і на основі одержаних результатів розробити рекомендації щодо запобігання в майбутньому помилок, зловживань, невідповідностей діючому законодавству;

- вимогами до швидкості проведення обчислень, перевірок, забезпеченням їх високої якості;
- специфікою і різноманіттям об'єктів контролю. Кожен об'єкт має різне джерело виникнення, структуру, зміст, характерні особливості, що приводить до збільшення знань про нього в цілях контролю та обліку;
- циклічністю технологічного процесу внутрішнього контролю. Господарська діяльність підприємств здійснюється циклічно. Відповідно процеси, пов'язані з нею, відбуваються систематично. Процес контролю також не є винятком. Це дає змогу стандартизувати та уніфікувати методику його процедур і їх автоматизувати;
- необхідністю швидкого і повного виявлення помилок. При використанні засобів автоматизованої обробки даних зменшується вплив людського фактору на будь-який процес. Система навмисне не зможе зробити помилку, тому зменшується імовірність їх здійснення, полегшується процес їх виявлення.

АІС можуть виступати об'єктом та інструментом внутрішнього контролю. Якщо АІС є об'єктом, то відбувається перевірка правильності функціонування даної системи, відповідності її нормам чинного законодавства. Якщо АІС є інструментом, то вона використовується для автоматизації типових процедур, полегшення їх здійснення, ефективної організації інформаційних потоків.

Можливості інформаційних систем як інструмента контролю, використовуються частково, що обумовлено: недостатньою увагою до важливості здійснення внутрішнього контролю з боку розробників програмного забезпечення; неповною реалізацією процедур контролю при інтеграції підсистем автоматизованої інформаційної системи управління; трудомісткістю процедур, які потребують ведення інформаційного фонду в повних обсягах і розробки достатньо складних алгоритмів [2, с. 270].

Інформаційні системи як носії алгоритмів предметної галузі самостійно не здатні на фінансові та будь-які інші махінації. На вході в систему відбувається контроль інформації на предмет дотримання законодавства, на виході – перевірка виконання планів, нормативів, всередині – контроль здійснюється у відповідності із математичними моделями та алгоритмами без втручання користувачів [2, с. 270].

Перспективні напрямки застосування автоматизованих інформаційних систем в процесі здійснення внутрішнього контролю на підприємствах автор вбачає в створенні:

- а) автоматизованого робочого місця (АРМ) контролера і відповідного програмного забезпечення, сумісного або інтегрованого в діючу АІС підприємства;

- б) системи попереднього контролю з урахуванням інформаційної інтеграції підсистем управління в умовах функціонування АІС;
- в) експертної системи внутрішнього контролю;
- г) алгоритмів автоматизованого здійснення тематичного контролю в залежності від об'єктів перевірки.

Організація автоматизованого робочого місця внутрішнього контролера передбачає наявність спеціальних програмних, технічних, інформаційних, організаційних, математичних, методичних засобів, призначених виконувати основні функції внутрішнього контролю. Тому важливим є функціональне наповнення АІС контролю. Основні функції та задачі, які повинна виконувати автоматизована система контролю для забезпечення його потреб, представлені на рисунку 1.

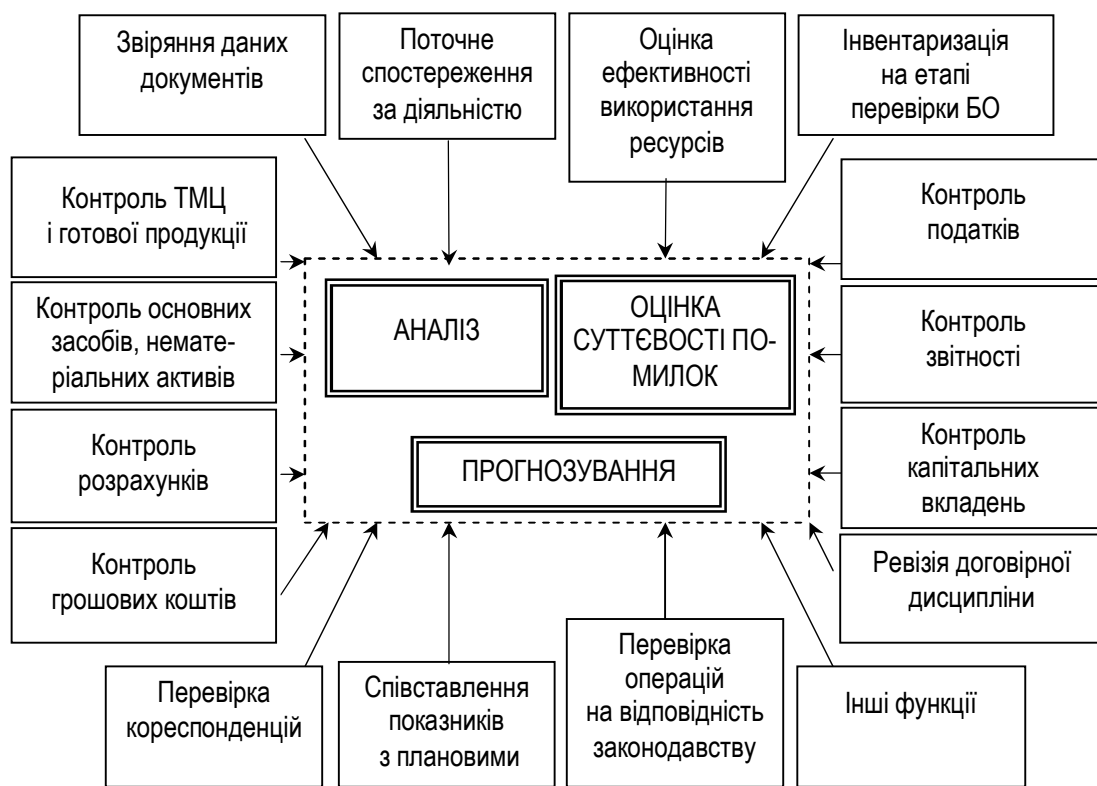


Рис. 1. Функціональна структура автоматизованої інформаційної системи внутрішнього контролю [3, с. 95]

Аналіз, прогнозування, оцінка суттєвості є основними задачами контролю, які здійснюються по результатам тематичних перевірок (див. рис. 1). Результати виконання даних задач використовуються для розробки рекомендацій контролера щодо поліпшення стану об'єктів перевірки та уникнення в майбутньому помилок, порушень, зловживань.

Забезпечення ефективності системи контролю досягається в тих випадках, коли відбувається попередження майбутніх порушень і по-

милок. Тобто контроль здійснюється на початку процесу. Для цього доцільно мати систему жорстких обмежень, які б запобігали здійсненню незаконних операцій до початку їх виконання.

З цією метою пропонується схема попереднього контролю, побудована з урахуванням принципу розподілу обов'язків між працівниками, що проявляється в здійсненні кожного етапу процесу на відповідному автоматизованому робочому місці (див. рис. 2). Попередній контроль відбувається автоматично та напівавтоматично за участю працівника.

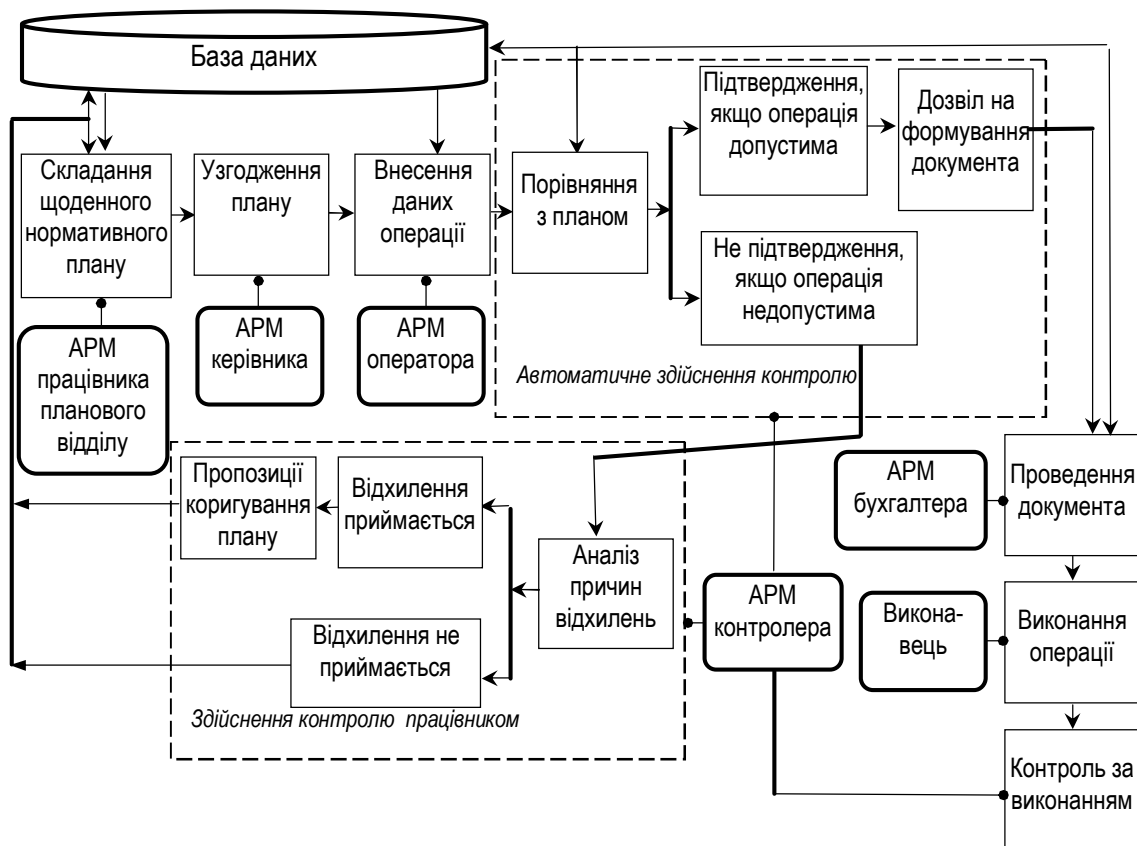


Рис. 2. Схема процесу попереднього контролю в умовах застосування автоматизованої інформаційної системи

В моделі попереднього контролю (див. рис. 2) забезпечується інформаційна інтеграція основних функцій управління: планування, регулювання, виконання, облік і контроль, що впливає на якість управління діяльністю підприємства.

Процес внутрішнього контролю здійснюється як порівняння фактичних даних з еталонними, якими виступають нормативний план, стандарти, норми законодавства, статистичні дані про порушення, помилки, зловживання, моделі формалізованих знань. У результаті ви-

являються відхилення, які аналізуються, дається висновок щодо його характеру і факторів, які вплинули на появу відхилення. На основі отриманої інформації контролер розробляє рекомендації щодо поліпшення стану об'єкта контролю. Процес внутрішнього контролю представлений автором у вигляді графічної моделі (рис. 3).

...

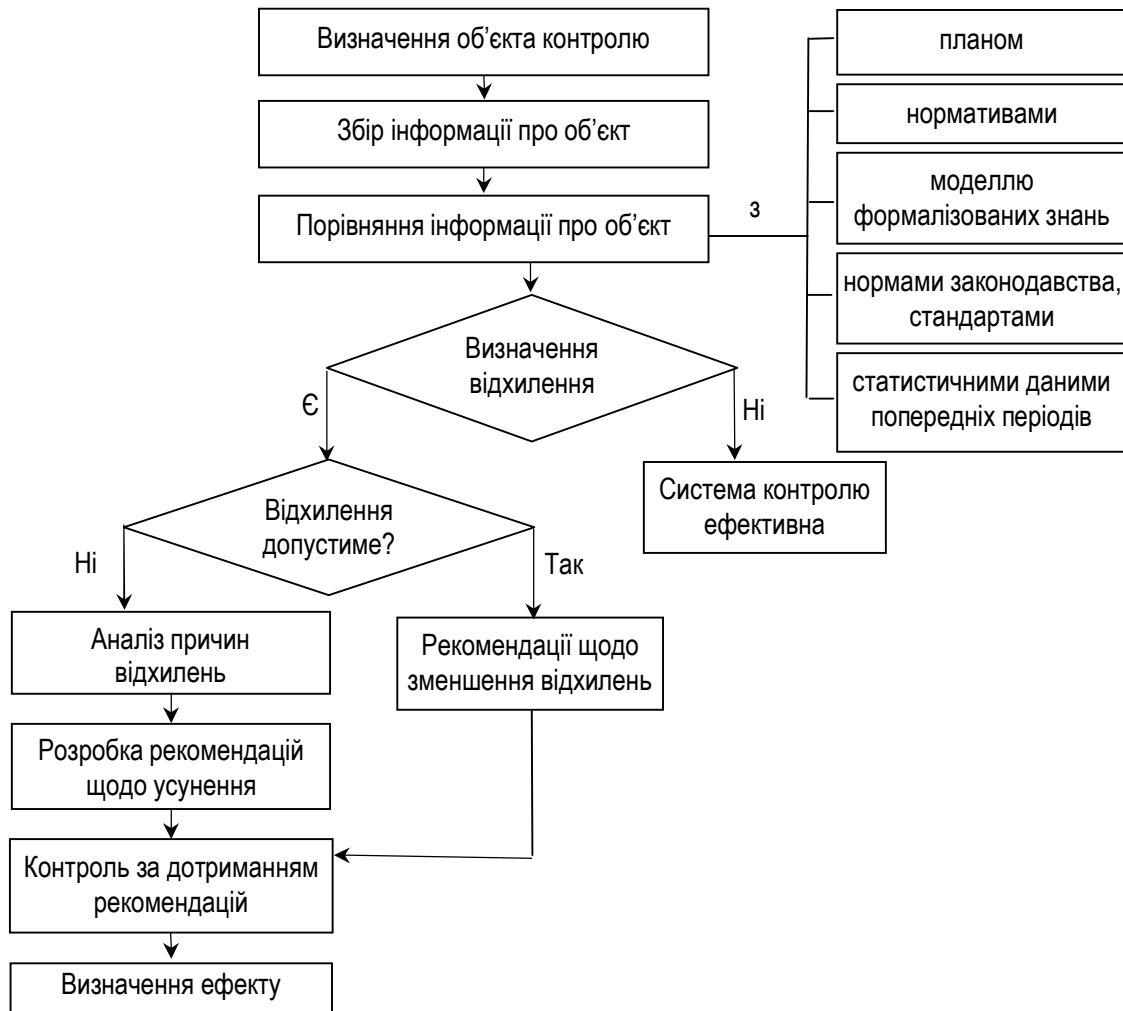


Рис. 3. Графічна модель внутрішнього контролю

Контроль передбачає не тільки виявлення порушення, але й проведення аналізу і розробку рекомендацій. Системи, призначені для обробки інформації, не можуть виконувати дані функції. Тому пропонується використовувати експертні системи, основні можливості яких – це виконання аналітичних задач, здійснення певних висновків, пояснення результатів, прийняття рішення. Використання подібних систем підвищує можливості користувачів і обмежує вплив людського фактора на результати.

Експертну систему слід використовувати для вирішення наступних задач, які складають її функціональне забезпечення: оцінка ефективності та цільового використання фінансових і матеріальних ресурсів; оцінка відповідності ведення фінансового, податкового та управлінського обліку законодавчим нормам; контроль за складанням та виконанням бюджетів і забезпечення їх законності, доцільності, ефективності; аналіз причин та обставин, що призвели до здійснення порушень, помилок та зловживань; вироблення рекомендацій щодо уникнення в подальшому порушень, помилок та зловживань; прогнозування та запобігання прийняттю управлінських рішень, які можуть мати в майбутньому негативні наслідки; аналізу відповідності об'єктів контролю прийнятим управлінським рішенням; контроль за виконанням управлінських рішень, дослідження їх впливу на об'єкти внутрішнього контролю; вироблення рішень за результатами контролю стосовно модернізації та вдосконалення методик, що використовуються в процесі фінансово-господарської діяльності підприємства [4, с. 128].

Експертну систему доцільно використовувати також і для вирішення задач внутрішнього аудиту, який є основним видом внутрішнього контролю. З цією метою потрібно створити автоматизоване робоче місце внутрішнього аудитора та забезпечити можливість інформаційної інтеграції бухгалтерської системи підприємства з експертною. Організація експертної системи представлена на рисунку 4.

Для цілей контролю необхідно використовувати інформаційний еталон, який застосовується для порівняння з фактичними даними. Як еталони доцільно використовувати інформацію, представлену у вигляді матриць бінарних відношень, створення яких можливе для різних об'єктів обліку та контролю. Приклади подібних матриць запропоновано автором в дослідженні [1, с. 37-38].

Для розробки бази знань експертної системи внутрішнього контролю рекомендується обрати фреймово-продукційну модель, сутність якої полягає в представленні знань у вигляді фреймів, значення яких отримують шляхом застосування продукційних правил, тобто порівняння показника із нормативним значенням [4, с. 129].

Перспективним напрямком автоматизації внутрішнього контролю є розробка алгоритмів для здійснення тематичних перевірок. Важливою задачею внутрішнього контролю є перевірка правильності формування бухгалтерської звітності та її аналізу. З цією метою розроблено алгоритм контролю звітності (рис. 5).

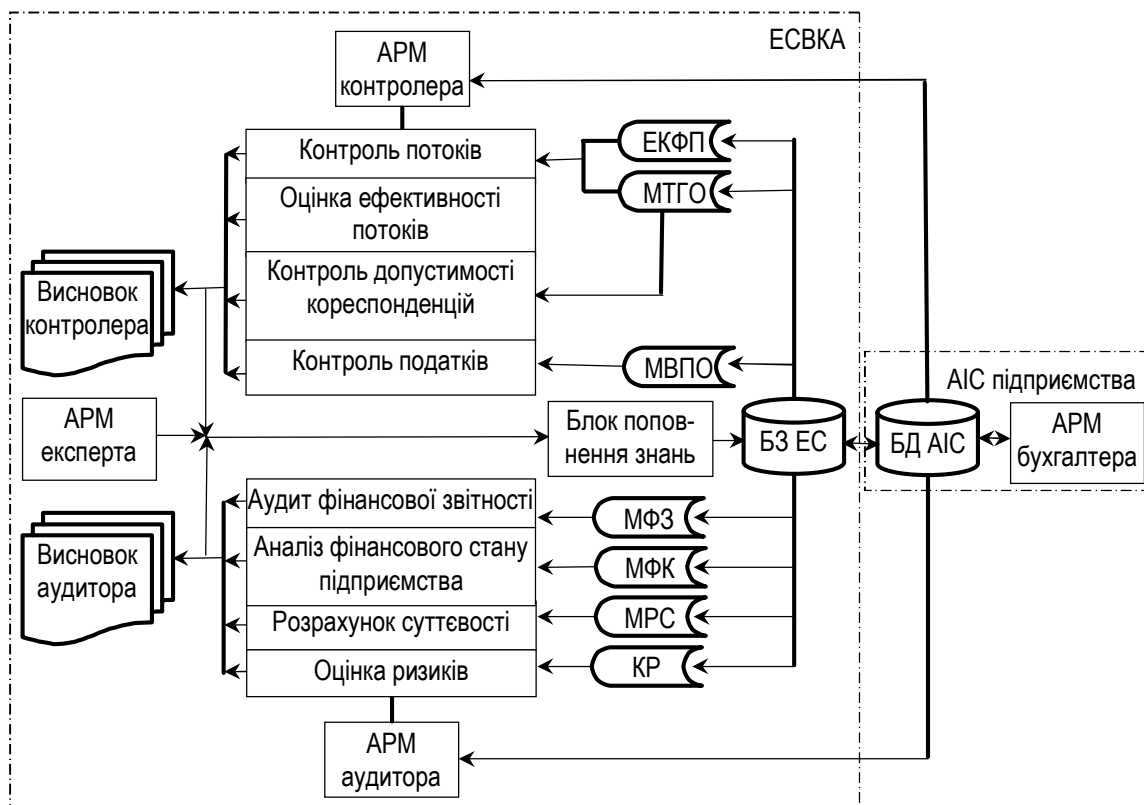


Рис. 4. Організація експертної системи:

БД – база даних; БЗ ЕС – база знань експертної системи; ЕКФП – еталонна карта фінансових потоків; ЕСВКА – експертна система внутрішнього контролю та аудиту; КР – карта ризиків; МВПО – матриця відповідності для податкового обліку; МРС – матриця для розрахунку суттєвості; МТГО – матриця типових господарських операцій; МФЗ – матриця для формування фінансової звітності; МФК – матриця фінансових коефіцієнтів.

Автоматизована перевірка та аналіз бухгалтерської звітності підприємства направлена на виконання наступних функцій внутрішнього контролю (див. рис. 5): перевірка правильності складання бухгалтерських кореспонденцій; перевірка оборотів; перевірка правильності формування показників податкового обліку, таких як валові доходи, валові витрати, амортизація, податкове зобов'язання і податковий кредит; складання фінансової звітності і її звіряння з фактичною; розрахунок коефіцієнтів фінансового стану підприємства, їх аналіз і отримання висновку по показниках; розрахунок і розподіл суттєвості.

Застосування запропонованого алгоритму актуальне й в умовах відсутності АІС на підприємстві. Це передбачає створення окремого програмного модуля для внутрішнього контролю. Якщо на підприємстві використовується автоматизована бухгалтерська система, то дані

головної книги імпортується до бази даних модуля контролю. У разі відсутності на підприємстві автоматизованої системи передбачається можливість ручного введення даних.

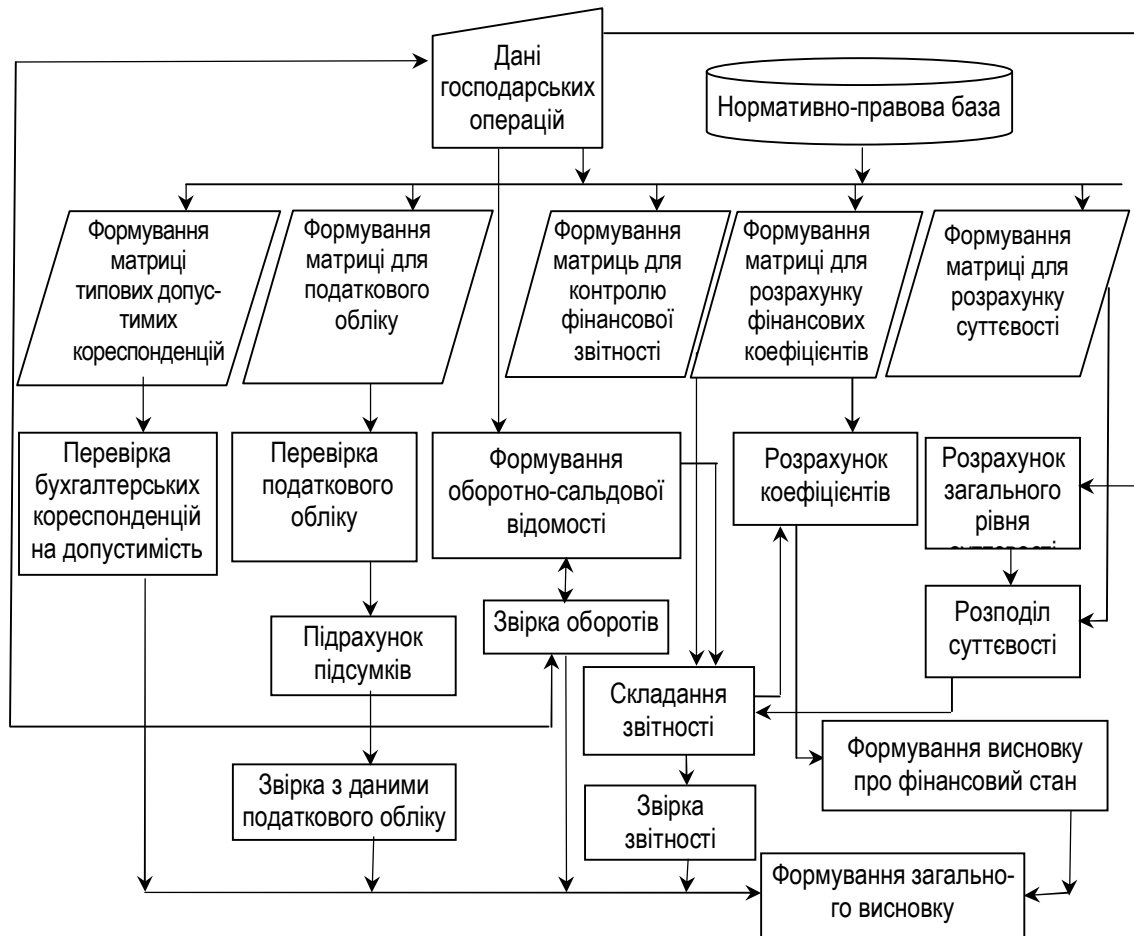


Рис. 5. Схема автоматизації внутрішнього контролю бухгалтерської звітності

Таким чином, автоматизація внутрішнього контролю є актуальною проблемою для суб'єктів господарювання, що обумовлено трудомісткістю процедур контролю і необхідністю обробки великих обсягів інформації. Відсутність програмного забезпечення, яке задовольняє потреби контролерів, створює нагальну необхідність розробки повнофункціональної автоматизованої інформаційної системи внутрішнього контролю. Перспективними напрямками автоматизації контролю є організація автоматизованого робочого місця контролера і системи попереднього контролю з урахуванням інформаційної інтеграції підсистем управління в умовах функціонування АІС, розробка експертної системи та алгоритмів автоматизованого здійснення тематичного контролю.

Список літератури

1. Яровенко А. Н. Матричное моделирование в бухгалтерском учете и аудите / А. Н. Яровенко // Проблеми і перспективи розвитку фінансово-кредитної та банківської систем України: погляд у майбутнє : збірник тез і доповідей за матеріалами П'ятої науково-практичної конференції студентів (22-26 квітня 2002 р.). – Суми : УАБС, 2002. – С. 36–39.
2. Яровенко Г. М. Автоматизовані інформаційні системи як інструмент внутрішнього контролю на підприємствах / Г. М. Яровенко // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Проблеми глобалізації та моделі стійкості розвитку економіки” (19-21 квітня 2006 р.). – Луганськ : Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2006. – С. 269–273.
3. Яровенко Г. М. Аспекти автоматизації фінансового контролю підприємств / Г. М. Яровенко // Вісник Української академії банківської справи. – 2004. – № 2(17). – С. 89–96.
4. Яровенко Г. М. Застосування експертних систем для підвищення ефективності внутрішнього контролю підприємств / Г. М. Яровенко // Інноваційні технології в науці, підготовці та перепідготовці фахівців : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 17-18 травня 2007 р. – Одеса : Інститут фінансів УДУЕФ, 2007. – С. 126–130.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ РОЗКРИТТЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ШЛЯХУ РОЗБУДОВИ РИНКУ ЦІННИХ ПАПЕРІВ*

Міжнародний досвід свідчить, що розкриття інформації емітентами є ключовим та загально визнаним принципом ефективного функціонування ринку капіталів. Останні тенденції розвитку корпоративних відносин в Україні, розширення та удосконалення законодавчих ініціатив у цьому напрямку актуалізують питання розкриття інформації зважаючи на їх нагальність, підвищення рівня обізнаності та зацікавленості акціонерів. Тому дана публікація присвячена висвітленню загальних законодавчих вимог до розкриття інформації та питанням її оприлюднення в електронній системі.

Якісно нового значення питання розкриття інформації набули в зв'язку з прийняттям Закону України “Про цінні папери та фондовий ринок”, що особливо принципово для поточного етапу розподілу власності. Відповідно до зазначеного нормативного акта емітенти, які

* *І. М. Волик*, канд. екон. наук, доц., ДВНЗ “Українська академія банківської справи Національного банку України”

здійснили відкрите розміщення цінних паперів, зобов'язані своєчасно та в повному обсязі розкривати інформацію про: фінансово-господарський стан і результати діяльності у строки, встановлені законодавством; будь-які дії, що можуть вплинути на фінансово-господарський стан емітента та призвести до значної зміни вартості цінних паперів; власників 10 % і більше пакетів акцій. Дані подаються до ДКЦПФР і оприлюднюються у загальнодоступній інформаційній базі.

Інформація про емітента може носити характер регулярної, на зразок річної та квартальної звітної інформації. При цьому річна інформація про емітента повинна містити відомості про: найменування та місцезнаходження, розмір статутного капіталу; орган управління емітента, його посадових осіб та засновників; господарську та фінансову діяльність; цінні папери та їх розміщення і лістинг; річну фінансову звітність; аудиторський висновок. Вона є відкритою і підлягає оприлюдненню у строк не пізніше 30 квітня року, наступного за звітним, шляхом опублікування в одному з офіційних друкованих видань і розміщення у загальнодоступній інформаційній базі даних ДКЦПФР.

Звітним періодом для складання квартальної інформації про емітента є квартали поточного року. Квартальна інформація, окрім загальної інформації про емітента, передбачає подання квартальної фінансової звітності та даних про участь у створенні інших підприємств, установ та організацій.

Крім регулярної виокремлюють особливу інформацію, що є інформацією про будь-які дії, які можуть вплинути на фінансово-господарський стан емітента та призвести до значної зміни вартості його цінних паперів. Тобто це відомості про: прийняття рішення про розміщення цінних паперів на суму, що перевищує 25 % статутного капіталу чи викуп власних акцій; факти лістингу/делістингу цінних паперів на фондовій біржі; отримання позики або кредиту на суму, що перевищує 25 % активів емітента; зміну складу посадових осіб; зміну власників акцій, яким належить 10 % і більше голосуючих акцій; рішення емітента про утворення, припинення його філій, представництв; рішення вищого органу емітента про зменшення статутного капіталу; порушення справи про банкрутство емітента, винесення ухвали про його санацію; рішення вищого органу емітента або суду про припинення або банкрутство емітента. ДКЦПФР регулює строки, порядок та форми подання такої інформації, вона є відкритою і оприлюднюється як і регулярна інформація у офіційних виданнях або розміщується у загальнодоступній інформаційній базі даних ДКЦПФР [1].

Слід зазначити, що Цивільний кодекс України вказує на загальні вимоги щодо розкриття інформації. Зокрема, при проведенні відкритої

підписки на акції товариством останнє має оприлюднювати у щорічному порядку річний звіт, бухгалтерський баланс, відомості про прибутки та збитки та іншу передбачену законом інформацію [9].

Принципи розкриття інформації, задекларовані у Концепції розкриття інформації на фондовому ринку, затвердженій ДКЦПФР від 13.07.2006 № 560, вказують на своєчасність, достовірність та повноту розкриття інформації, вільний доступ до неї, впровадження Міжнародних стандартів фінансової звітності, зацікавленість емітентів у покращенні інформаційної прозорості та безоплатність розміщення інформації в загальнодоступній базі ДКЦПФР з використанням технологій мережі Інтернет [2].

Доповненням до зазначених документів служить Положення про розкриття інформації емітентами цінних паперів, затверджене рішенням ДКЦПФР від 19.12.2006 № 1591, згідно з яким встановлено строки, порядок та форми подання регулярної та особливої інформації про емітента. Як і попередні документи, даний нормативний акт вказує на розкриття інформації емітентами цінних паперів у загальнодоступній інформаційній базі даних ДКЦПФР чи її інформаційному ресурсі у режимі реального часу та публікації в офіційних друкованих виданнях [3].

Значна увага поінформованості закладена у Принципах корпоративного управління. Згідно з ними товариство повинно своєчасно та доступними засобами розкривати повну і достовірну інформацію з усіх суттєвих питань з метою надання можливості користувачам, зокрема акціонерам, кредиторам, потенційним інвесторам тощо приймати виважені рішення, адже прозорість та належне розкриття інформації є невід'ємною умовою ефективного корпоративного управління. Наявність своєчасної, достовірної та вичерпної інформації є важливою умовою для здійснення акціонерами та потенційними інвесторами об'єктивної оцінки фінансово-економічного стану товариства, умовою для прийняття виважених рішень щодо придбання або відчуження цінних паперів, а також голосування на загальних зборах акціонерів. Розкриття інформації про товариство є елементом довіри до товариства з боку інвесторів та сприяє залученню капіталів, також має велике значення для підвищення ефективності діяльності самого товариства, оскільки повна та достовірна інформація надає можливість керівництву об'єктивно оцінити досягнення товариства та розробити стратегію його подальшого розвитку.

Інформація, що розкривається товариством, повинна бути суттєвою та повною. Суттєвою слід вважати інформацію, відсутність або неправильне відображення якої може вплинути на прийняття рішень користувачами. Тому слід враховувати інтереси та потреби користу-

вачів інформації та, не обмежуючись вимогами чинного законодавства, розкривати більш детальну інформацію, яка є важливою і може вплинути на прийняття зважених рішень. Перелік суттєвої інформації для регулярного оприлюднення включає відомості про: мету та стратегію товариства; результати фінансової та операційної діяльності; структуру власності та контролю над товариством; посадових осіб органів управління, розмір їх винагороди, володіння акціями товариства; істотні фактори ризику, що впливають на діяльність товариства; дотримання товариством Принципів корпоративного управління. До суттєвої інформації, яку слід розкривати у складі особливої інформації, належать, зокрема, відомості про: збільшення, зменшення розміру статутного капіталу; випуск облігацій; придбання власних акцій; суттєві зміни у структурі акціонерного капіталу; вчинення правочину, якщо вартість майна або послуг, що є його предметом, перевищує 10 % вартості активів товариства на дату його вчинення; будь-які судові справи проти товариства або третіх сторін, що можуть мати або мали в недавньому минулому значний вплив на фінансовий стан або прибутковість товариства; зміна реєстратора або депозитарію товариства; факти лістингу/делістингу цінних паперів. Особлива інформація підлягає оприлюдненню протягом двох днів після виникнення відповідної події чи зміни.

Повнота інформації передбачає викладення даних про фактичні та потенційні наслідки операцій та подій, які можуть вплинути на рішення, що приймаються на її основі. При розкритті інформації не слід обмежуватися лише фактичними відомостями, необхідно розкривати обґрунтовані прогнози стосовно майбутніх результатів господарської діяльності та фінансового стану товариства.

Розкриття інформації має забезпечувати її достовірність шляхом виключення помилок та перекручень, що забезпечується шляхом запровадження міжнародних стандартів бухгалтерського обліку; проведення незалежного зовнішнього аудиту; здійснення ефективного внутрішнього контролю за достовірністю інформації.

Не менш важливо, щоб інформація надавалася користувачам своєчасно, у строки, що забезпечують її ефективне використання. Так, річний звіт повинен розкриватися товариством не пізніше 4-х місяців після закінчення звітного фінансового року, а квартальна звітність підлягає оприлюдненню не пізніше 2-х місяців після закінчення звітного кварталу. Інформація про будь-які зміни у фінансово-господарській діяльності товариства, які відбуваються у період між наданням регулярної інформації, підлягає негайному розкриттю протягом двох днів після виникнення відповідної події чи зміни. Інфор-

мація про випуск цінних паперів товариства повинна бути розкрита товариством не пізніше як за 30 днів до початку розміщення цінних паперів, повідомлення про проведення загальних зборів акціонерів має бути здійснено не пізніше як за 45 днів до дати їх проведення. При цьому на запит заінтересованої особи інформацію слід надавати оперативно, протягом 10 календарних днів з моменту отримання запиту. Закономірно, що Принципами корпоративного управління закріплено рівнодоступність інформації та її оприлюднення через засоби масової інформації. Тож емітент має використовувати сучасні засоби оприлюднення та поширення інформації, в тому числі через мережу Інтернет. Зокрема, на власному веб-сайті емітента у мережі Інтернет може розкриватися річна та квартальна звітність, аудиторські висновки, особлива інформація, інформація про випуск цінних паперів, інформація, що стосується загальних зборів акціонерів [5].

Розглянуті вище положення нормативних актів в частині розкриття інформації не є вичерпним переліком норм діючого законодавства щодо поінформованості, однак утворюють їх основну частину [6]. Слід відмітити, що чинні положення вітчизняного законодавства багато в чому наслідують світову практику та міжнародний досвід розкриття інформації емітентами цінних паперів. Так, наприклад, Проектом розвитку ринків капіталів Агентства США з міжнародного розвитку USAID задекларовано наступні складові ефективного розкриття інформації: обов'язковість, оперативність, рівнодоступність усіх категорій учасників ринку, повнота та достовірність інформації. Порівняльний аналіз з нормами вітчизняного законодавства доводить задекларованість вказаних позицій і в українських нормах закону.

Опис сучасного стану інформування потребує зосередження уваги на впровадженні електронної системи комплексного розкриття інформації, що передбачено нормами чинного законодавства, створюється ДКЦПФР та започаткувалася реалізацією пілотним проектом в лютому поточного року. Незважаючи на те, що емітенти цінних паперів мають нагоду розкриття інформації шляхом публікації як у офіційних виданнях, так і в електронній базі ДКЦПФР, останній шлях безперечно є більш прогресивним та пріоритетним. У цьому напрямку Україна може використовувати багатий світовий досвід ряду країн. Так, російською практикою передбачено публікацію річних звітів в мережі Інтернет на сторінці Федеральної служби з питань фінансових ринків. З досвіду країн Західної Європи заслуговує на увагу практика Швейцарії в частині оприлюднення інформації швейцарською фондовою біржею через Офіс розкриття інформації. Досвід США в частині функціонування електронної системи розкриття інформації

започаткувався у 1994 році впровадженням Електронної системи по збору, обробці та розміщенню інформації EDGAR [9]. Тож, спираючись на практику країн Західної, Східної Європи та США, Україна мала нагоду обґрунтувати кращу міжнародну практику з метою адаптації до українських реалій на відповідність національному законодавству.

Звернемося до усталеної практики оприлюднення інформації в новоствореній загальнодоступній інформаційній базі даних ДКЦПФР, спираючись на аналіз сучасного стану інформування, переваги електронної системи розкриття інформації та її перспективи.

Вітчизняна практика впровадження електронної системи розкриття інформації на сучасному етапі тільки робить перші кроки. Започаткована ДКЦПФР електронна система розкриття інформації має на меті створити в Україні основу для ефективної взаємодії між регулятором, емітентами, діючими та потенційними інвесторами у частині підготовки, надання та оприлюднення інформації про діяльність емітентів цінних паперів згідно з вимогами чинного законодавства та у відповідності до міжнародних стандартів. Ця система передбачає подання в електронному вигляді через мережу Інтернет проспектів емісії, звітів про результати розміщення цінних паперів, річних звітів, квартальних звітів за кожен з перших трьох кварталів року та розширеного переліку особливої інформації у новому форматі і одночасне розкриття цієї інформації на веб-сайті ДКЦПФР для широкого загалу на безоплатній основі та у режимі реального часу. Тому, перш за все, електронна система покликана спростити процес подання звітної інформації для емітентів з одного боку, та в той же час надає швидкий та безоплатний доступ до неї для широкого кола користувачів [7]. До того ж система надає можливість адаптації звітності до міжнародних стандартів, закріплених в принципах Міжнародної організації комісій з цінних паперів (IOSCO) та в Директивах Європейського Союзу.

Впровадження електронної системи розкриття інформації проводиться за підтримки Проекту USAID “Розвиток ринків капіталу”, що по суті є п’ятирічною програмою в частині надання технічної допомоги фінансовому сектору України. Впровадження електронної системи розкриття інформації започаткувалося пілотним проектом, реалізація якого запланована у декілька етапів з поступовим розширенням кількості емітентів та видів інформації, яка подається [8].

Перший етап тривав з лютого по червень 2007 року за участю 12 підприємств, які висловили на те відповідну згоду та готовність сприяти його успішній реалізації. На цьому етапі здійснювалося навчання учасників проекту щодо використання нових електронних форм для підготовки та подачі річних звітів, та було здійснено підго-

товку та тестове введення в систему підготовлених у новому форматі річних звітів цих підприємств за 2006 рік, а також їхнє оприлюднення на веб-сайті ДКЦПФР. Слід зазначити, що учасники першого етапу на звільнялися від обов'язкової подачі до ДКЦПФР інформації для оприлюднення згідно з нормами чинного законодавства. Власне, всі діючі та потенційні учасники проекту поряд з розкриттям інформації у загальнодоступній інформаційній базі мають подавати інформацію до ДКЦПФР і в друкованому вигляді за усталеними законодавчими нормами.

Сама процедура електронного оприлюднення інформації починається завантаженням програмного забезпечення з веб-сайту ДКЦПФР. Для реєстрації програмного забезпечення емітент має надіслати електронного листа зі своїм ідентифікаційним кодом за ЕДРПОУ на адресу *software@smida.gov.ua* та отримати лист-відповідь з файлом для збереження на ПЕОЕМ. Для роботи користувача в загальнодоступній інформаційній базі даних необхідно пройти реєстрацію на сайті *www.stockmarket.gov.ua*. З цією метою емітент заповнює ідентифікаційний бланк відповідно до Положення щодо порядку взаємодії осіб, що зобов'язані розкривати інформацію на фондовому ринку з особою, уповноваженою Державною комісією з цінних паперів та фондового ринку на розміщення інформації в загальнодоступній інформаційній базі даних Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку про ринок цінних паперів [4]. Слід відмітити, що взаємодія між емітентом та ДКЦПФР здійснюється через уповноважену особу, якою виступає Агентство з розвитку інфраструктури фондового ринку України. Власне, реєстрація емітентом здійснюється на веб-сайті уповноваженої особи, яка, керуючись законодавчими нормами, розкриває надану емітентом інформацію для загального користування. Здійснюючи реєстрацію, новий емітент має нагоду користуватися інструкцією щодо заповнення ідентифікаційного бланку. В подальшому емітент отримує реєстраційний код на свою електронну адресу протягом 24 годин після отримання його ідентифікаційного бланку уповноваженою особою і тільки після цього інформація від емітента може бути оприлюднена у глобальній інформаційній мережі. З метою прискореного отримання реєстраційного коду ідентифікаційний бланк роздрукований, підписаний та завірений печаткою, може бути надісланий факсом.

Емітенти, які вже зареєстровані уповноваженою особою, проходять процедуру авторизації за реєстраційним кодом.

Інформація, що надходить від емітента, має вигляд електронного документа, який завіряється електронним цифровим підписом. Електронна форма документа формується відповідно до наказу ДКЦПФР № 168 від 22.02.2007 та має бути надіслана зазвичай не пізніше 18.00, що

є останнім для оприлюднення, до уповноваженої особи. За умови дотримання порядку та термінів відправки інформації протягом 12 годин з моменту її отримання уповноваженою особою вона підлягає розміщенню для загалу користувачів.

Дії з боку ДКЦПФР в особі її уповноваженого представника пов'язані з опрацюванням інформації за допомогою програмного забезпечення серверної частини електронної системи. На цьому ж етапі здійснюється перевірка електронного цифрового підпису, а його підтвердження забезпечує надходження звіту до бази даних електронної системи розкриття інформації та його доступність на веб-сайті в мережі Інтернет. Таким чином, кожна зацікавлена особа, використовуючи стандартні програми перегляду веб-сторінок, має доступ до інформації.

Очевидними є переваги застосування електронної системи комплексного розкриття інформації. Аналізуючи викладену процедуру формування звітів, слід вказати на наявні “плюси”, зокрема досить стандартний підхід доступу зацікавлених осіб поряд з можливістю пошуку звіту за рядом ознак: назвою компанії, кодом ЄДРПОУ, видом звітної інформації, датою; досить швидкий режим оприлюднення інформації та відсутність можливості затримки розкриття звітності зважаючи на їх автоматичне опрацювання. Поряд з цим, що є досить важливо, використання та перевірка електронного цифрового підпису слугує для безпеки інформації, а захист бази даних від несанкціонованого доступу забезпечується через реалізацію управління безпекою та контролю за функціонуванням електронної системи. Не менш важливою є наявність можливості для учасників проекту навчання та консультування щодо використання електронної системи та отримання відповідного програмного забезпечення. Таким чином, учасники проекту отримують відповідні знання та рівень підготовки відповідно до нових вимог оприлюднення інформації.

Нині перший з етапів пілотного проекту позаду, нинішній другий етап впровадження електронної системи розкриття інформації, що триває з вересня поточного року, пов'язаний з розширенням як кола учасників за рахунок залучення емітентів, цінні папери яких включено до лістингу на фондових біржах, так і видів звітної інформації, зокрема річної, квартальної, особливої інформації, проспектів емісій та звітів про результати розміщення цінних паперів. Очікується, що кількість учасників проекту складе 300 емітентів цінних паперів.

Отже, система розкриття інформації на ринку цінних паперів України останнім часом суттєво змінюється та набуває рис повноцінної складової, орієнтованої на світову практику та вимоги міжнародних стандартів. Впровадження електронної системи розкриття

інформації для взаємодії між учасниками ринку в ефективному правовому та інституційному середовищі фондового ринку апробується через пілотний проект, що надає можливість технічного та інформативного тестування та наступного доопрацювання електронної системи комплексного інформування. Очевидно, що використання електронної системи спростить процес подання звітної інформації для емітентів з одночасним розширенням рівного та швидкого доступу до неї зацікавлених осіб. Досить важливим є й те, що відбувається адаптація законодавчої бази на вимогу міжнародним стандартам, що закріплені у принципах Міжнародної організації комісій з цінних паперів, Директивах Європейського Союзу та Принципах корпоративного управління Організації економічного співробітництва та розвитку. Навіть зважаючи на досить помітні позитивні зрушення щодо поінформованості, зокрема більшу доступність та повноту надання інформації, подальші вдосконалення є вкрай необхідними та сприятимуть підвищенню прозорості наданої інформації, її рівнодоступності та захисту прав інвесторів

Список літератури

1. Про цінні папери та фондовий ринок : закон України від 23 лютого 2006 року № 3480-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Концепція розкриття інформації на фондовому ринку України, затверджена Державною комісією з цінних паперів та фондового ринку, від 13.07.2006 № 560.
3. Положення про розкриття інформації емітентами цінних паперів, затверджене рішенням Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку від 19.12.2006 року № 1591.
4. Положення щодо порядку взаємодії осіб, що зобов'язані розкривати інформацію на фондовому ринку, з особою, уповноваженою Державною комісією з цінних паперів та фондового ринку на розміщення інформації в загальнодоступній інформаційній базі даних Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку про ринок цінних паперів, затверджене рішенням Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку від 21.12.2006 року № 1658.
5. Принципи корпоративного управління, затверджені рішенням Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку, від 11 грудня 2003 року № 54.
6. Румянцев С. Правове регулювання фондового ринку / С. Румянцев // Цінні папери України. – 2007. – № 5. – С. 31–32.
7. Румянцев С. Електронна система комплексного розкриття інформації / С. Румянцев // Цінні папери України. – 2007. – № 37. – С. 26–27.
8. Сіржук Р. Прозорість та розкриття інформації / Р. Сіржук // Цінні папери України. – 2007. – № 3. – С. 7.
9. Сайт Державної комісії з цінних паперів та фондового ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ssmc.gov.ua>.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТА НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУР З ВІДКРИТИМИ КЛЮЧАМИ*

У більшості розвинених держав світу вже створені та успішно використовуються широкомасштабні комерційні та державні Інфраструктури Відкритих Ключів (ІВК). Наприклад, у США в обігу знаходяться вже десятки мільйонів сертифікатів відкритих ключів. Європейське співтовариство також широко використовує цифровий підпис у системах електронних документів і електронного документообігу.

В Україні з урахуванням міжнародного досвіду, а також національної нормативно-правової бази та міжнародних стандартів, розпочато створення інформаційної структури підтримки електронного цифрового підпису (ЕЦП), введено у дію Центральний Засвідчувальний Орган (ЦЗО), вже здійснено акредитацію та офіційно введено в дію ряд центрів сертифікації ключів. Причому, на відміну від світового рівня, ця інфраструктура в нормативно-правовому змісті орієнтована на надання користувачам в основному послуг електронного цифрового підпису, тобто по суті послуг цілісності, справжності, неспростовності підписувача. В той же час на світовому рівні, особливо в технологічно розвинених державах, уже повсюдно застосовуються якраз інформаційні структури відкритих ключів, які зорієнтовані на надання як послуг електронного цифрового підпису, так і направлено-го шифрування, що є необхідним при реалізації протоколів управління ключами. Першочерговими завданнями розвитку ІВК в Україні є надання органам державної влади, місцевого самоврядування, юридичним та фізичним особам послуг із забезпечення цілісності і справжності інформації, що представлені в електронному вигляді, електронних документів та повідомлень, а також неспростовності їх автора або власника. Далі, у зв'язку з інтеграцією України у світовий інформаційний простір, орієнтацією на вступ України в Європейське співтовариство, важливим є і завдання забезпечення взаємодії органів державної влади, місцевого самоврядування, юридичних та фізичних осіб на світовому рівні, з використанням іноземних та міжнародних інформаційних та інформаційно-комунікаційних систем.

Створення ІВК

Розглянемо основні функції ІВК.

1. Робота з користувачами:

а) реєстрація користувачів.

**І. Д. Горбенко, Ю. І. Горбенко, К. А. Погребняк, С. С. Батюшко, О. Є. Іясова, П. О. Кравченко, Харківський національний університет радіоелектроніки*

2. Робота із сертифікатами відкритих ключів:
 - а) випуск сертифікатів відкритих ключів;
 - б) скасування сертифікатів відкритих ключів.
3. Робота із списками скасованих сертифікатів:
 - а) формування списків скасованих сертифікатів.
4. Зберігання та забезпечення доступу до сертифікатів відкритих ключів та списків скасованих сертифікатів.
5. Забезпечення доступу до механізмів фіксації часу.
6. Забезпечення довіри.

Інфраструктура Відкритих Ключів складається з таких основних компонентів:

1. Центр Сертифікації (ЦС). До задач Центру Сертифікації входять:
 - а) створення, підписування та випуск сертифікатів відкритих ключів користувачів;
 - б) публікація сертифікатів відкритих ключів користувачів та списків скасованих сертифікатів у відкритому каталозі;
 - в) надання можливості перевірки статусу сертифіката користувача у режимі on-line;
 - г) формування позначок часу на запит користувача.
2. Центр Реєстрації (ЦР) виконує такі функції:
 - а) перевіряє автентичність користувача (фізичної, юридичної особи, сервера мережі Internet тощо), що звернувся до ЦР із запитом на формування сертифіката;
 - б) пересилає запит на формування сертифіката відкритих ключів до ЦС;
 - в) виконує інші функції щодо керування сертифікатами користувачів, такі, як: прийом запитів на блокування чи скасування сертифікатів тощо.
3. Програмні продукти, що використовують ІВК.

Далі розглянемо основні вимоги до створення ІВК:

1. *Довірчість до ІВК.* Необхідно забезпечити високий рівень довіри шляхом впровадження ефективної політики безпеки, яка описує процедури реєстрації, ідентифікації, автентифікації користувачів, а також генерації та розподілення ключових даних (ключів) та сертифікатів, з достатнім рівнем захищеності та довірчими заходами. Об'єкти та компоненти інфраструктури мають впроваджувати заходи безпеки з метою надання гарантій суб'єктам ІВК у надійності, коректності та безпечності всіх видів послуг, пов'язаних з обслуговуванням сертифікатів.

Відносно організаційно-технічного (операційного) та програмно-технічного рівнів – залежно від функцій, які виконуються, заходи без-

пеки реалізуються на організаційно-адміністративному, ЦСК, АЦСК, ЗЦ рівні довіри та гарантій можуть бути різними, але національна політика застосування сертифікатів має встановити вимоги мінімального рівня довіри до всіх об'єктів та компонентів ІВК.

Таким чином, інфраструктура відкритих ключів в цілому та її окремі компоненти повинні бути довіреними об'єктами.

2. *Легкість, прозорість та зручність використання.* Впровадження електронного цифрового підпису не повинно призводити до ускладнення документообігу, ділових та управлінських процесів у відомствах, установах та організаціях. Засоби ЕЦП та інші засоби, що використовуються для надання послуг безпеки, повинні легко інтегруватися в існуючі інформаційно-телекомунікаційні системи, інформаційні системи, системи електронного документообігу тощо, мати дружній інтерфейс та забезпечувати легкість використання у повсякденній діяльності.

Таким чином, впровадження послуг ЕЦП та інших послуг обслуговування сертифікатів, впровадження відповідних апаратних, програмних та програмно-апаратних засобів не мають призводити до суттєвого ускладнення функціонування існуючих систем та змін ділових та управлінських процесів.

3. *Інтероперабельність.* Відомо, що міністерства та відомства, державні установи взаємодіють з широким колом недержавних установ та організацій: суб'єктами господарчої діяльності, окремими громадянами, іноземними та міжнародними організаціями тощо. Ці організації можуть застосовувати криптографічні алгоритми та протоколи, які відрізняються від тих, що використовуються в Україні, або використовувати такі ж алгоритми, але отримувати послуги щодо сертифікації від інших уповноважених на сертифікацію органів. За таких умов важливо забезпечити можливість систем обмінюватися інформацією між собою та сумісно використовувати цю інформацію, тобто забезпечити інтероперабельність.

Таким чином, відомчі та корпоративні ІВК мають задовольняти вимоги інтероперабельності та забезпечувати взаємодію між собою, а також з ІВК інших країн.

4. *Узгодженість імен.* З метою уникнення колізій імен суб'єктів (об'єктів) та надійності автентифікації суб'єктів необхідно забезпечити надання унікальних ідентифікаторів суб'єктам та об'єктам ІВК. У рамках Національної ІВК узгодженість імен є складною технічною проблемою.

Таким чином, ІВК має здійснювати узгодженість імен з метою забезпечення унікальності імені для кожного суб'єкта (об'єкта).

5. *Масштабованість.* Більшість відомств та установ не можуть на етапі проектування точно визначити потребу у необхідній кількості

сертифікатів, оскільки більшість додатків, які можуть використовувати послуги ІВК, знаходяться на стадії проектування або впровадження. Але аналіз світового досвіду показує, що коло користувачів ІВК може бути дуже значним. За таких умов важливо забезпечити можливість системи функціонувати у широкому діапазоні параметрів, що визначають технічні та інші характеристики системи та середовища, тобто забезпечити масштабованість.

Таким чином, архітектура ІВК має задовольняти вимоги масштабованості для забезпечення ефективного нарощування потужності під час зростання кількості користувачів ІВК та пов'язаних з ними сертифікатів.

6. Гнучкість. Для надання послуг з обслуговування сертифікатів можуть бути реалізовані різні технічні рішення та використовуватися різні технології. Якщо відомство для реалізації компонентів ІВК обирає різні підходи та платформи, то необхідно забезпечувати можливість сумісної роботи таких платформ. Крім цього технології ІВК та ЕЦП впроваджуються протягом декількох років, а використовуються протягом декількох десятків років. Необхідно враховувати, що під час впровадження та використання ІВК об'єктивно будуть змінюватися інформаційні технології.

Таким чином, ІВК має задовольняти вимоги гнучкості з метою забезпечення можливості сумісної роботи різних додатків, платформ і технологій та врахування об'єктивних змін сучасних інформаційних технологій.

7. Відповідність вимогам стандартів. З метою забезпечення сумісності, взаємодії та інтероперабельності інформаційно-телекомунікаційні системи міністерств та відомств мають відповідати вимогам національних та міжнародних стандартів. Крім цього окремі відомчі системи мають задовольняти вимоги спеціальних стандартів. Залежно від завдань окремі частини національної ІВК мають бути адаптовані під вимоги конкретних відомств та бути сумісними з відомчими стандартами.

Таким чином, об'єкти та компоненти ІВК повинні відповідати вимогам міжнародних, національних, галузевих стандартів та нормативних документів.

8. Архівування електронних документів. Деякі з електронних документів, які підписані ЕЦП, повинні відповідно до норм законодавства зберігатися у державних архівних установах. Для того, щоб у майбутньому забезпечити можливість перевіряння підпису, повинні також зберігатися відповідні відкриті ключі або сертифікати, що зв'язані з підписувачем. Також зберіганню підлягають списки скасування сертифікатів та інша службова інформація центрів сертифікації. Документи та інші дані, що підлягають довгостроковому зберіганню,

можуть бути створені у різних форматах та у різних додатках. З метою полегшення роботи архівних установ необхідно, щоб електронні документи, сертифікати, ключові дані та інша інформація була перетворена у загальний формат. Як альтернатива архівні установи можуть зберігати електронні документи разом з додатками, які забезпечать можливість читання документів.

Таким чином, ІВК має забезпечити можливість довгострокового зберігання (архівування) електронних документів, ключових даних, сертифікатів, списків скасування сертифікатів та інших даних. При цьому необхідно забезпечити представлення даних, що зберігаються, у єдиному форматі, або в такий спосіб, що забезпечує можливість надійного відновлення даних протягом встановлених строків зберігання.

Загальні проблеми створення ІВК

Аналіз досвіду зарубіжних країн у сфері ІВК, практичний досвід вітчизняних фахівців дозволяє сформулювати такі основні проблемні питання створення та застосування ІВК:

- 1) регулювання взаємовідносин між учасниками процесів сертифікації (правовий рівень);
- 2) обґрунтування вибору архітектури ІВК з урахуванням завдань, що вирішується на рівні держави, відомства, державних установ, приватних організацій, суспільних організацій (системний рівень);
- 3) визначення та закріплення основних функціональних вимог до системи сертифікації, встановлення переліку послуг центрів сертифікації (процедурно-функціональний рівень);
- 4) визначення функціональної структури, фізичної топології центрів сертифікації та обґрунтування вимог безпеки до центрів з метою забезпечення необхідної якості надання послуг (функціонально-технічний рівень);
- 5) обґрунтування вибору та ефективної реалізації апаратних засобів центрів сертифікації, у тому числі засобів криптографічного захисту (технічний рівень);
- 6) вибір, аналіз та застосування криптографічних систем, криптографічних протоколів, криптографічних перетворень з урахуванням прогнозів розвитку систем та засобів криптографічного аналізу;
- 7) обґрунтування вимог до програмно-технічних комплексів центрів сертифікації ключів, комплексів засобів їх захисту та комплексних систем захисту інформації центрів сертифікації ключів, визначення шляхів виконання вказаних вимог та їх практичне виконання;
- 8) оцінка стану застосування ІВК в плані забезпечення якості послуг для кінцевих користувачів, включаючи вартість послуг та психологічну сприйнятливність користувачами.

Визначимо найбільш характерні проблеми систем ІВК:

- 1) для розгортання системи на базі ІВК необхідно в обов'язковому порядку витратити досить великі кошти, які пов'язані зі складністю всієї інфраструктури. Сюди можна віднести проектування та розробку всіх елементів системи, навчання персоналу обслуговуючого персоналу, витрати на сервери, приміщення та інші;
- 2) відносно велика вартість обслуговування та управління ІВК-системою. Необхідно витратити відносно великі кошти на утримання приміщення, заробітну плату обслуговуючого персоналу, витрати на фізичний захист приміщення, витрати на переатестації та інші;
- 3) впровадження системи на базі ІВК потребує вирішення багатьох юридичних питань, що зазвичай займає велику кількість часу. Відмітимо, що повноцінне функціонування таких систем не може бути здійснене без впровадження на державному рівні певних законодавчих актів та законів;
- 4) кожна система захисту повинна бути зручною для користувачів. Сутність зручності полягає у прозорості такої системи для користувачів системи захисту. Така проблема для користувачів ІВК існує і на сьогоднішній день. Дуже важко створити систему, яка була б прозора для кінцевих споживачів і не потребувала додаткових знань для її використання. Із зручністю систем ІВК для користувачів також пов'язана проблема безпеки: складна в використанні -> велика кількість помилок -> нижчий рівень безпеки;
- 5) при розвитку системи постають питання об'єднання та розширення існуючих систем. При взаємодії двох різних систем ІВК зазвичай виникає багато проблем і постає необхідність у витраті додаткових коштів. Однією з головних причин є недостатня стандартизація всіх частин таких систем, а також недостатня універсальність деяких міжнародних стандартів, на яких базується ІВК;
- 6) велика вартість створення системи ІВК та обслуговування не завжди є комерційно вигідними. Необхідні значні інвестиції на створення ІВК та підготовку обслуговуючого персоналу. Як показав практичний досвід, ІВК може мати користь тільки при застосуванні в межах держави або великої корпорації;
- 7) складність архітектури ІВК як наслідок спричиняє велике навантаження на мережу зв'язку між клієнтами. Практично кожна дія захисту пов'язана та потребує інформаційного зв'язку з серверами ІВК;
- 8) складність архітектури ІВК у деяких випадках робить неможливим ефективний аналіз всієї системи на предмет її безпеки. Складність системи також є причиною того, що більшість систем ІВК реалізують існуючі стандарти тільки частково;

- 9) недосконалість багатьох механізмів, що використовуються в системах ІВК.
- 10) також існують деякі проблеми, що стосуються нормативного забезпечення для створення повнофункціональної ІВК. Так, на сьогоднішній день не завершено повністю стандартизацію необхідних протоколів, методів та положень криптографічного захисту для створення повноцінної системи електронного документообігу. Відсутні національні стандарти на формати сертифікатів, а також стандарти з керування ключовими даними та сертифікації ключів, не відпрацьовані механізми транспортування ключів. Крім того, нормативні документи не передбачають використання в системі електронного документообігу направлено шифрування.

Можливості використання криптосистем на базі ідентифікаторів

Широке розповсюдження криптосистем на базі інфраструктури РКІ призвело до швидкого розвитку електронного документообігу у світі. Ці процеси відбуваються і в Україні, де вже декілька років проходить розгортання національної інфраструктури відкритих ключів. Але вже перший практичний досвід використання та застосування показав існуючі недоліки інфраструктури відкритих ключів. До них можна віднести наступні: суттєві матеріально-технічні та фінансові витрати на створення, підтримку та управління ІВК; велике навантаження на мережу зв'язку передачі інформації при функціонуванні ІВК; складність архітектури ІВК та вимог до комплексної системи захисту інформації; необхідність у правовому та нормативному забезпеченні та підтримці процесів створення та функціонування ІВК; складність забезпечення прозорості ІВК перш за все для кінцевих користувачів тощо.

Тому сьогодні в криптографічному співтоваристві ведуться дослідження в напрямку спрощення та підвищення ефективності ІВК. Одним з найбільш розвинених та перспективних на сьогоднішній день напрямків, що найбільш досліджуються та можуть стати альтернативою ІВК, є криптографія на базі ідентифікаторів (ІВС), яка базується на математиці білінійного відображення (використання спарювання еліптичних груп). Її використання дозволяє вирішити ряд протиріч та проблемних питань у частині електронних цифрових підписів, направлених шифрів та різноманітних криптографічних протоколів.

Далі ми розглянемо архітектуру ІВС, аналіз її переваг та недоліків, особливостей використання та перспективи розвитку. Стаття є базовою для отримання загальної інформації щодо таких систем.

Загальна інформація та передумови появи. Головною відмінністю ІВЕ від РКІ є те, що відкритий ключ кожного користувача використовується його ідентифікаційна інформація. На перший погляд це виглядає досить дивно, але насправді відкритим ключем є рядок псевдовипадкових бітів (які інтерпретуються як точка на еліптичній кривій), який отриманий з ідентифікаційної інформації шляхом застосування деякої односпрямованої геш-функції. Іншими словами, відправник інформації, який знає відкритий ідентифікатор одержувача, застосує до нього геш-функцію і на виході отримає відкритий ключ, який вже буде застосовуватись у криптографічному протоколі. Вид та особливості цієї ідентифікаційної інформації буде описаний у наступних розділах.

Можна вважати, що передумови появи ІВЕ-систем були спричинені недоліками існуючої на сьогоднішній день інфраструктури РКІ. Тому у криптографічному співтоваристві були розпочаті пошуки інших моделей інфраструктур відкритих ключів, які б були більш дешеві, зручні у впровадженні та використанні.

Серед недоліків РКІ відмітимо наступні:

- користувачі повинні бути зареєстровані у системі перед початком інформаційного обміну;
- відправник повинен перевірити дійсність сертифіката одержувача перед відправкою повідомлення;
- відновлення ключа є достатньо складним;
- великі матеріально-технічні затрати на встановлення та експлуатацію інфраструктури РКІ;
- директорії сертифікатів можуть містити критичну інформацію;
- інфраструктура РКІ психологічно неприйнятна для користувачів.

Застосування ІВС, у якої відкритий ключ користувача не повинен бути сертифікований, вирішить багато з цих проблем.

Історія розвитку. Першою значною подією в історії розвитку ІВС стала пропозиція Аді Шаміра щодо використання ідентифікаційної інформації як відкритого ключа користувача. Але в той час (1984 р.) ще не існував математичний апарат, за допомогою якого ця ідея могла бути реалізована.

У 2000 році Жу запропонував використовувати спарювання еліптичних груп для побудови математичного апарату криптосистем ІВЕ. Вже в 2001 році з'явилися перші протоколи направленої шифрування на основі спарювання, далі були розроблені протоколи цифрового підпису, обміну ключами, автентифікації та ін. У 2005 році компанія Voltage ввела в дію систему захисту електронної пошти, що використовувала ІВЕ. Система довела своє право на життя, була високо оцінена компаніями, які займаються оцінкою економічної ефективності

проектів. Відомо, що компанія Microsoft зацікавлена у виході на ринок схожої системи і вже веде її випробування.

Архітектура інфраструктури ІВЕ. Для більш точного уявлення про архітектуру ІВЕ необхідно ввести наступні визначення.

Відкритий ідентифікатор – певна загальновідома інформація, яка дозволяє однозначно визначити її власника в межах певної інформаційної системи. Як відкритий ідентифікатор може виступати ПІБ, поштова адреса, e-mail адреса, ідентифікаційний код тощо.

Розширений ідентифікатор – конкатенація відкритого ідентифікатора та деяких додаткових даних. Додаткові дані можуть містити інформацію щодо строку дії відкритого ключа власника, його привілеїв та ін. Метод формування розширеного ідентифікатора також є загальновідомим та визначається діючою у даній інформаційній системі політикою безпеки. На відміну від відкритого ідентифікатора, розширений ідентифікатор змінюється з часом. У СЗДІ фактично використовуються тільки розширені ідентифікатори.

Основна відмінність ІВЕ від РКІ, як вже було зазначено вище, полягає в тому, що як відкритий ключ користувача використовується його відкритий ідентифікатор. Але ця відмінність породжує ще одну важливу особливість ІВЕ – секретні ключі користувачів генеруються центральним сервером – уповноваженим на генерацію ключів (УГК). Він володіє майстер-ключем, який використовує для генерації усі секретні ключі. Процес генерації відбувається шляхом множення майстер-ключа УГК на геш-значення від відкритого ідентифікатора кожного користувача.

Загальна схема взаємодії користувачів ІВЕ системи може бути подана у наступному вигляді (рис. 1):

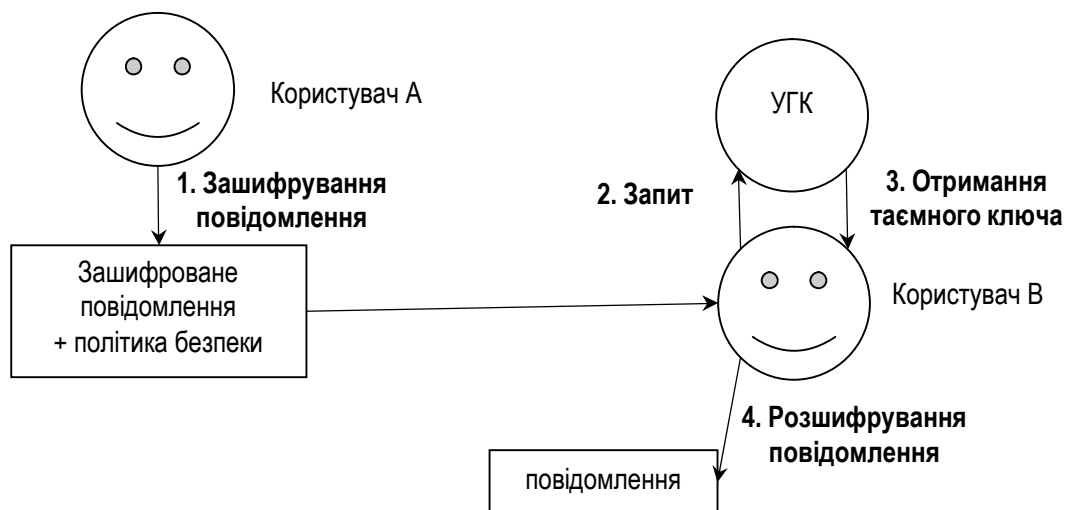


Рис. 1. Схема взаємодії користувачів ІВЕ

1. На цьому етапі користувач А, маючи як вхідні дані загальні параметри системи та ідентифікатор користувача В, спрямовано зашифровує повідомлення.
2. Користувач В звертається до уповноваженого на генерацію ключів (УГК) та проходить процедуру автентифікації за допомогою будь-яких попередньо узгоджених механізмів.
3. УГК генерує відповідний таємний ключ та надсилає його В.
4. В за допомогою отриманого таємного ключа розшифровує повідомлення від А.

На основі усіх цих думок, ще раз виділимо відмінності ІВЕ від РКІ:

- як відкритий ключ користувача по суті використовується загально-відомий розширений ідентифікатор, тобто для забезпечення справжності відкритого ключа не потрібен сертифікат;
- усі секретні ключі користувачів виготовляє уповноважений на генерацію;
- втрачений секретний ключ будь-якого користувача може бути дуже просто відновлений;
- строк дії відкритого (відповідно і секретного) ключа невеликий (не перевищує одного місяця);
- кожен не зареєстрований користувач вже фактично володіє відкритим ключем та може приймати зашифровані повідомлення від інших користувачів, для розшифровки яких йому необхідно звернутися до УГК.

Особливості систем ІВЕ. Серед переваг ІВЕ можна виділити наступні:

- як відкритий ключ користувача виступає відкритий ідентифікатор. Це дозволяє відмовитись від використання сертифікатів;
- не потребує реєстрації користувача для початку інформаційного обміну;
- дозволяє спростити процедуру відновлення секретного ключа;
- підтримує офф-лайн обмін (у відправника немає необхідності перевіряти бази відкликаних сертифікатів);
- можливість інтеграції додаткових сервісів (антиспам, перевірка на віруси, архівація);
- може використовуватися поряд з РКІ.

Тобто можна говорити, що інфраструктура ІВЕ є більш простою та психологічно прийнятною для кінцевого користувача.

До недоліків ІВЕ можна віднести:

- необхідність довіри до уповноваженого на генерацію ключів;

- необхідність використання конфіденційного каналу для передачі таємних ключів користувачу;
- слабо досліджений математичний апарат та стійкість математичних перетворень, на яких ґрунтується ІВЕ;
- складна політика безпеки;
- складність впровадження та використання у великих (реальних) системах.

Перші дві проблеми вже достатньо досліджені та проаналізовані. Запропоновані конкретні рішення. Однак ці рішення ускладнюють архітектуру ІВЕ, роблячи її більш громіздкою.

Третя проблема зникне з часом, це природно.

Четверта проблема пов'язана з тим, що до сих пір не ясно, як буде контролюватися надання відкритих ідентифікаторів. Крім того, ще стоїть питання про вибір єдиного стандартизованого виду відкритого ідентифікатора, який би задовольнив усіх користувачів ІВЕ. Якщо ж у різних сферах будуть використовуватися різні відкриті ідентифікатори (адреса пошти, ПІБ чи ще щось), необхідно визначити, як користувачі будуть отримувати інформацію щодо використовуваних відкритих параметрів.

П'ята проблема ще досить мало досліджена, тому конкретних рішень її небагато. Але всі вони призводять до того, що архітектура системи значно ускладнюється, бо все рівно виникає необхідність сертифікувати деякі відкриті параметри.

В цілому у новій архітектурі досить багато недоліків, що стримує її широке використання. Особливості використання ІВЕ наведені у наступному підрозділі.

Особливості використання. Завдяки своїй простоті (відкритий ключ є одночасно ідентифікатором користувача) ІВЕ системи підходять для використання у невеликих компаніях, де:

- потрібний захищений документообіг;
- немає коштів і потреби у використанні сертифікатів;
- є необхідність у підключенні додаткових сервісів (антиспамів, антивірусів тощо);
- є необхідність у контролі документообігу з боку керівництва або є довіра до уповноваженого на генерацію ключів;
- кожен співробітник має унікальний ідентифікатор.

Для такої ситуації з вищезазначених проблем жодна не буде впливати на ефективність захисту (якщо припустити, що математичний апарат все ж таки досить надійний).

Взагалі, ІВЕ краще всього підходить для випадку, коли є довіра до уповноваженого на генерацію ключів користувачів.

IBE системи дуже вдало можна поєднати з інфраструктурою PKI, яка вже є налагоджена. В такому випадку IBE буде працювати поверх PKI, на кінцевому рівні. Така комбінація вбере у себе більшість переваг обох систем. У наступному розділі буде проаналізовано саме це питання.

Моделі взаємодії IBE та PKI, відомі у світі. Спочатку сформулюємо вимоги до інфраструктури відкритих ключів, яка буде об'єднувати у собі традиційну PKI та IBE.

1. Повинна бути реалізована модель взаємної недовіри та взаємного захисту.
2. Для захисту інформації у відкритих каналах зв'язку повинні використовуватися надійні та перевірені часом протоколи та криптопримітиви.
3. Прийнятна вартість та складність системи.
4. Невелика складність для кінцевих користувачів.
5. Гнучкість системи, можливість інтеграції додаткових сервісів.

Компанія Voltage запропонувала комбінацію IBE та PKI, яка має наступну архітектуру та особливості:

1. Користувач володіє сертифікатом PKI та ключами IBE (або чимось одним).
2. Сертифікати використовуються для автентифікації користувача та накладання цифрового підпису.
3. Ключі IBE використовуються для шифрування.

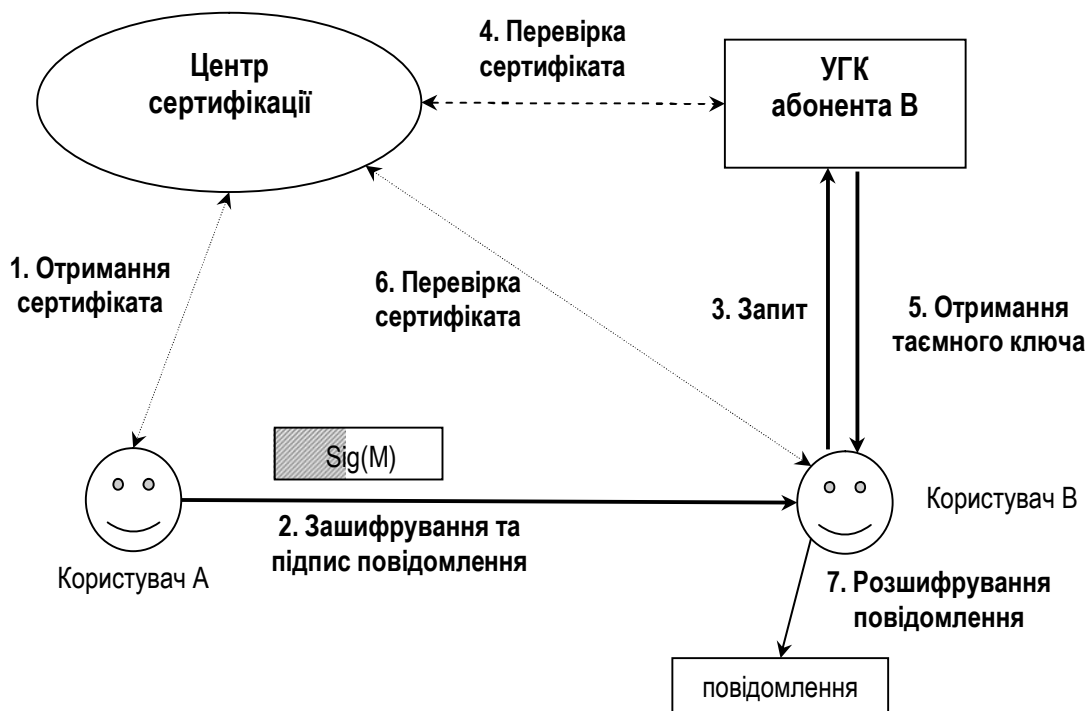


Рис. 2. Схема взаємодії користувачів IBE+PKI Voltage

Відповідно, змінюються етапи при зашифруванні повідомлення:

1. Користувач А отримує сертифікат відкритого ключа РКІ.
2. Використовуючи як вхідні дані загальносистемні параметри та ідентифікатор одержувача В, А направлено шифрує повідомлення та підписує його на своєму таємному ключі ІВЕ.
3. В надсилає запит до УГК на генерацію таємного ключа.
4. УГК перевіряє автентичність В, перевіряючи його сертифікат.
5. УГК генерує та надсилає В його таємний ключ.
6. В перевіряє цифровий підпис А, перевіряючи сертифікат А.
7. В розшифровує повідомлення.

Сильними сторонами такої системи, на думку компанії Voltage, є:

1. Відмова від перевіряння відправником сертифіката одержувача (тепер це входить до обов'язків УГК).
2. Можливість взаємодії користувачів з сертифікатами та без них.
3. Можливість підключення додаткових сервісів.
4. Спрощення процедури анулювання сертифіката.

Необхідно зауважити, що:

1. Ця система може використовуватися як надбудова над РКІ.
2. Для повноцінної взаємодії користувачі повинні мати сертифікати.
3. Якщо користувачі обслуговуються різними УГК, вони повинні отримувати цілісні загальні параметри цих УГК.
4. Одержувач інформації усе рівно повинен перевірити сертифікат відправника для верифікації його підпису.
5. Користувач, який не має сертифіката, може приймати повідомлення від інших користувачів, але він не має можливості підписувати повідомлення (або тільки на ключах ІВЕ) та повинен деяким чином проходити автентифікацію на УГК. Крім того, він повинен власноруч отримувати відкриті параметри УГК одержувача.
6. УГК повинні довіряти усі користувачі, тому що він має доступ до таємних ключів.

Переваги над звичайною РКІ:

1. Відправнику не потрібно перевіряти сертифікат одержувача.
2. Можна налагодити взаємодію між користувачами з сертифікатами та без.

Недоліки:

1. УГК кожного користувача може розшифровувати повідомлення.
2. Користувачі повинні бути зареєстровані в УГК (або пройти автентифікацію кожен раз, коли отримують ключі).

Таким чином, навіть ті користувачі, які мають сертифікат, повинні довіряти УГК. Головний недолік ІВЕ – необхідність довіри до уповноваженого – це суттєвий недолік, що не дозволить цій системі розвиватися. Тому ця система не відповідає висунутим вимогам, що свідчить про недоречність її використання у реальному середовищі.

Удосконалена схема комбінації ІВЕ та РКІ. Розглянемо приклад. Нехай користувач А працює у компанії “Альфа”, користувач В – у компанії “Бета”. В обох компаніях є уповноважений на генерацію ключів, який генерує таємні ключі для кожного користувача, також він опубліковує відкриті загальні параметри системи. Будемо вважати, що кожна компанія володіє сертифікатом, тобто є суб’єктом інфраструктури РКІ.

Запропонована архітектура інфраструктури відкритих ключів виглядає наступним чином (рис. 3):

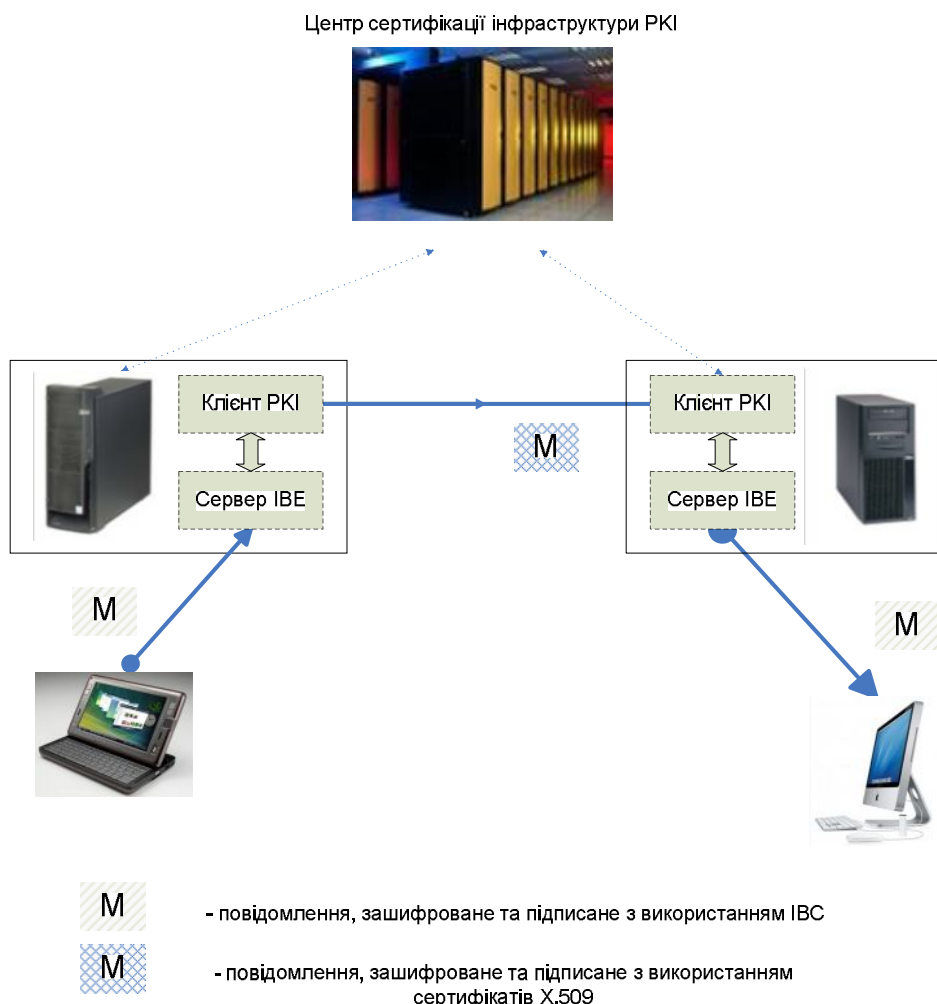


Рис. 3. Запропонована архітектура інфраструктури відкритих ключів

Більш детально опишемо схему взаємодії.

1. Користувач А направлено зашифровує повідомлення М, вважаючи, що одержувач В належить до тієї ж компанії, що і А (тобто використовуючи відкриті параметри своєї системи).
2. А відправляє зашифроване повідомлення на сервер своєї компанії.
3. Сервер розшифровує його (тому що він володіє майстер-ключем і може розшифровувати усі повідомлення, що були зашифровані з використанням його відкритого ключа та загальних параметрів).
4. Сервер зашифровує направлено повідомлення М на відкритому ключі компанії „Бета” (цей ключ він отримує з сертифіката, доступ до сертифіката здійснюється шляхом запиту до відкритого каталогу сертифікатів засвідчувального органу, який сертифікував відкритий ключ компанії „Бета”).
5. Сервер компанії „Бета” розшифровує повідомлення М та знову зашифровує його, але вже на відкритому ключі користувача В (використовуючи вже власні загальні параметри) та надсилає його В.
6. Користувач В розшифровує повідомлення за допомогою свого таємного ключа.

Схему взаємодії можна трохи спростити, якщо припустити, що УТК компанії „Альфа” має доступ до цілісних та справжніх відкритих параметрів компанії „Бета”. В такому випадку УТК компанії „Альфа” відразу направлено зашифрує повідомлення М на відкритому ключі В (рис. 4). Також, якщо кінцевий адресат володіє власним сертифікатом, УТК компанії „Альфа” може безпосередньо зашифрувати повідомлення на його відкритому ключі.

Цей різновид основної схеми демонструє роботу ІВЕ та РКІ разом. Взагалі, відмітимо, що така модель взаємодії дозволить побудувати досить велику систему, використовуючи ІВЕ та РКІ.

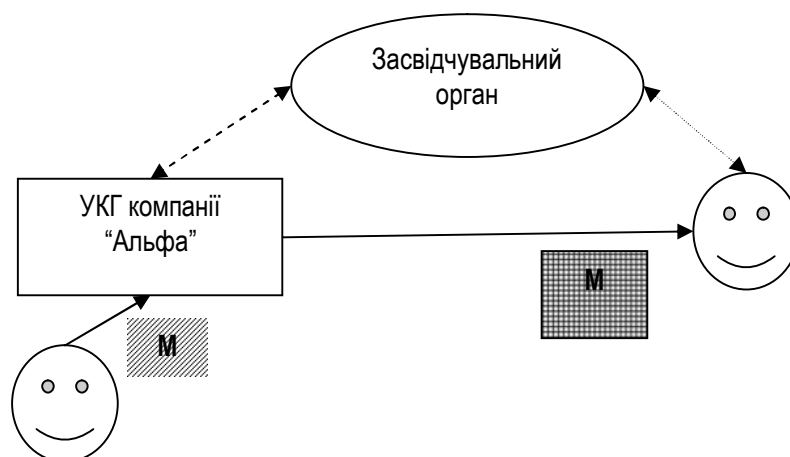


Рис. 4. Спрощений варіант взаємодії

Проаналізуємо переваги та недоліки розробленої моделі взаємодії.

Переваги:

1. Можливість побудови досить великої інфраструктури з використанням принципів ІВЕ.
2. Немає необхідності у використанні сертифікатів для кожного користувача.
3. Прозорість для кінцевих користувачів у процесі захищеного документообігу.
4. Захищеність даних в процесі передачі в каналах Інтернет (за рахунок використання сертифікатів).
5. Можливість підключення додаткових сервісів (антивірус, антиспам тощо).
6. Можливість контролю кореспонденції з боку керівництва (якщо є потреба).
7. Система може працювати і в тому випадку, якщо одна з компаній не користується ІВЕ (рис. 6.2)

Тобто можна говорити, що кінцеві користувачі фактично користуються інфраструктурою ІВЕ (їм доступні усі її переваги), але лише у рамках їхньої компанії (тобто для ділового листування). РКІ використовується задля зв'язку між компаніями, у яких використовують ІВЕ.

Недоліки:

1. Порівняно з традиційною схемою збільшено навантаження на центральний сервер компанії (йому необхідно виконувати шифрування/розшифрування для кожного електронного листа).
2. У схемі є дві критичні точки – сервери компаній, на яких повідомлення М з'являється у відкритому вигляді. Атака на будь-який з цих серверів виведе з ладу усю систему.
3. Користувачі можуть працювати тільки з серверами їхніх компаній, тобто вони повинні надсилати електронні листи лише на ці сервери. Крім того, ця система використовується лише для ділового листування (тобто користувач повинен довіряти УГК своїй компанії).

Для прийняття остаточного рішення щодо впровадження такої системи необхідно проаналізувати недоліки цієї моделі, та якщо вони не є суттєвими у даному випадку, можна приймати рішення про впровадження цієї моделі. Наприклад, якщо сервер генерації досить потужний, захищений від фізичних та мережевих атак, обслуговується спеціальним підрозділом відділу безпеки, перші два недоліки є несуттєвими.

Перспективи використання ІВЕ

Системи на базі ІВЕ – це крок у майбутнє. Завдяки їм можливо розв'язати множину проблем, які виникли в процесі застосування інфраструктур відкритих ключів у системах електронного документообігу.

І хоча концепція ІВЕ також володіє деякими недоліками, переваги від її реалізації та застосування досить суттєві та, безумовно, зроблять свій внесок у підвищення ефективності ІОК. Особливо помітні вони будуть при застосуванні ІВЕ у невеликих компаніях, де недоліки ІВЕ майже відсутні. Щодо застосування інфраструктури відкритих ключів, що поєднує у собі традиційний підхід з використанням сертифікатів та концепцію ІВЕ – безумовно, найближчим часом вона стане дуже популярною, бо в ній поєднуються сильні сторони обох підходів.

Класи складностей алгоритмів на основі білінійних відображень та алгоритм Міллера. Функції спарювання Вейля й Тейта являють собою невідроджені білінійні відображення певних пар точок еліптичної кривої на підгрупу розглянутого поля.

Одним з яскравих додатків таких функцій є робота Менезиса, Окамото Ванстоуна [1], які показали, що спарювання Вейля на суперсингулярних еліптичних кривих може звести задачу знаходження дискретного логарифма на еліптичній кривій до задачі знаходження дискретного логарифма в мультиплікативній підгрупі поля Галуа. Пізніше, Фрей і Рюк [2] використали спарювання Вейля при рішенні тієї ж задачі. Таким чином, суперсингулярні еліптичні криві стали являти собою клас потенційно слабких кривих.

Віднедавна клас таких кривих став затребуваний, у зв'язку із застосуванням спарювань Вейля й Тейта як елементів створення криптографічних протоколів. Боне й Франклін [3] використали функції спарювання для ефективною реалізації системи шифрування на основі ідентифікаторів. Концепція таких систем була покладена Шаміром [4] в 1984 році. Далі спарювання Вейля й Тейта знайшли додатки в алгоритмах цифрового підпису, узгодження ключів і багатьох інших.

Таким чином, при реалізації подібних систем особлива увага приділяється алгоритмам обчислення функції спарювання. Ефективний алгоритм обчислення таких функцій був запропонований Міллером [5] в 1986 році.

В 2006 році Блейк, Мерти й Ксу [6] запропонували нову ідею модифікації алгоритму з використанням сполучених ліній, що породило кілька видозмінених алгоритмів. Далі цю ідею доробили Лю, Хорнг і Чен [7].

У даній роботі наводиться порівняльний аналіз зазначених вище алгоритмів, а також деякі рекомендації відносно побудови ефективних систем.

Важливим залишається питання стійкості криптосистем на базі спарювань Вейля й Тейта. Вважається, що в таких системах стійкість базується на складності рішення проблем дискретного логарифму й проблем Діффі-Гелмана.

Припустимо, що задано білінійне відображення $e: G \times G \rightarrow H$, де G, H – адитивна й мультиплікативна групи. Для заданих (g, ag, bg, cg) білінійна проблема Діффі-Гелмана (BDH) полягає в знаходженні $e(g, g)^{abc}$. Хоча більшість протоколів ґрунтуються на проблемі BDH , проте її складність і зв'язок з відомими класами складності дотепер повністю не вивчені. Відомо, що проблема Діффі-Гелмана на G й H породжують проблему BDH . Причому проблема Діффі-Гелмана на H пов'язана із проблемою Діффі-Гелмана на G , якщо порядок групи G задовольняє певні умови, які вважаються справедливими майже для всіх простих порядків.

Для того, щоб говорити про зв'язки у зворотну сторону, необхідно щоб білінійне відображення було зворотним. Оскільки білінійне відображення є функцією двох змінних, оборотність можна визначити декількома способами. Говорять, що білінійне відображення малозворотне, якщо можна обчислити прообраз (g_1, g_2) елемента h , такий що $e(g_1, g_2) = h$ для довільного $h \in H$. Користуючись цим визначенням, можна показати, що проблема Діффі-Гелмана на H й проблема Діффі-Гелмана на G при певних припущеннях, еквівалентні BDH .

Розглянемо більше строге визначення. Нехай існує $g \in G$, таке що можна з поліноміальною складністю обчислити прообраз елемента h , а саме $e(g_1, g) = h$ для $h \in H$. У цьому випадку проблема DH на G може бути легко розв'язана, а легко розв'язуваний BDH – проблема. Більше загально, якщо задано білінійне відображення $e: G \times G \rightarrow H$, і існує ін'єктивний гомоморфізм $f: H \rightarrow G$, тоді проблема DH на G ефективно розв'язувана. Як наслідок, ефективно обчислювальне невиврожене білінійне відображення $e_s: G \times G \rightarrow G$ не існує на групі G , якщо проблема DH , певна на цій групі, важко розв'язувана. Такий же результат у групах XTR представлений у роботі [5].

Хоча BDH вважається еквівалентній проблемі Діффі-Гелмана в певних групах, але на сьогоднішній день не існує доказу цього припущення. Більше того, складна структура, що робить еліптичні криві придатними для білінійної криптографії, забезпечує криптоаналітиків додатковою інформацією. Оскільки конструктивне використання спарювань є недавнім відкриттям, тому ще недостатньо вивчені класи складності і їхній зв'язок.

Також необхідно відзначити, що з появою протоколів, заснованих на білінійних спарюваннях, намітилася тенденція використання значної кількості класів складності. Ці класи, як правило, залежать від структури протоколу, тому складно визначити характер зв'язків між цими проблемами. Не зовсім ясні й зв'язки з відомими обчислювальними проблемами в кінцевому полі й у групі крапок еліптичної

кривої. Тому на сьогоднішній день білінійна криптографія в основному ґрунтується на припущеннях, що впливають із емпіричного досвіду.

Визначення й характеристики класів складностей. Дано основний перелік проблем, що з'являються в протоколах (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація складностей

Проблеми	Класичні класи складностей	Білінійні класи складностей	Часткові класи складностей
Проблеми дискретного логарифма	Проблема дискретного логарифма	Білінійна проблема дискретного логарифма	
Проблеми Діффі-Гелмана	Обчислювальна проблема Діффі-Гелмана	Білінійна проблема Діффі-Гелмана	Слабка DH проблема
			Зворотна DH проблема
	Проблема ухвалення рішення Діффі-Гелмана	Білінійна проблема ухвалення рішення Діффі-Гелмана	$(k+1)$ -експоненціальна проблема
			k -зворотна DH проблема
Проміжна проблема Діффі-Гелмана		k -сильна DH проблема	
			Collusion Attack Algorithm with k -traitors

Нехай задана кінцева мультиплікативна група H порядку n з утворюючим елементом h . Не обмежуючи спільності, припустимо, що порядок групи просте число. Отже, H циклічна й має єдиний утворюючий елемент.

Проблема дискретного логарифма (DL).

Нехай заданий елемент $h_1 \in H$, такий що $h_1 = h^x$, $\forall x \in Z_n^*$. Під проблемою дискретного логарифма мають на увазі знаходження елемента x при заданих h_1 і h .

Звичайно використовується позначення $DL_h(h_1) = x$.

Обчислювальна проблема Діффі-Гелмана (CDH або DH).

Нехай $a, b \in Z_n^*$. Для даних h , $h_1 = h^a$, $h_2 = h^b$ обчислювальна проблема Діффі-Гелмана задається знаходженням елемента $h_3 \in H$, такого що $h_3 = g^{ab}$. Позначається вона як $CDH_h(h_1, h_2) = h_3$.

Проблема ухвалення рішення Діффі-Гелмана (DDH).

Нехай $a, b, c \in Z_n^*$. При заданих h , $h_1 = h^a$, $h_2 = h^b$, $h_3 = h^c$ проблема ухвалення рішення Діффі-Гелмана полягає в перевірці чи виконується порівняння виду $h_3 = h^{ab} \pmod{n}$. Формалізовано будемо записувати

$$\begin{cases} DDH_h(h_1, h_2, h_3) = 1, & \text{якщо } CDH_h(h_1, h_2) = h_3 \\ DDH_h(h_1, h_2, h_3) = 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

Проміжна проблема Діффі-Гелмана (GDH). Нехай $a, b \in Z_n^*$. Проміжна проблема Діффі-Гелмана являє собою рішення $CDH_h(h^a, h^b)$ з можливістю ефективного дозволу проблеми ухвалення рішення Діффі-Гелмана.

Нехай G – адитивна циклічна група порядку n , H – мультиплікативна циклічна група такого ж порядку. Відображення $e: G \times G \rightarrow H$ називається симетричним спарюванням, якщо воно задовольняє наступні вимоги:

1) білінійність: $e(g_1 + g_2, g_3) = e(g_1, g_3)e(g_2, g_3)$ і

$$e(g_1, g_2 + g_3) = e(g_1, g_2)e(g_1, g_3) \text{ для довільних } g_1, g_2, g_3 \in G.$$

2) строго невідроджено: $e(g, g) \neq 1$

3) обчислювально за поліноміальний час.

Нехай $e: G \times G \rightarrow H$ – симетричне спарювання. Визначимо для нього білінійну проблему Діффі-Гелмана в такий спосіб:

Білінійна проблема Діффі-Гелмана (BDH). Нехай $a, b, c \in Z_n^*$. При заданих g, ag, bg, cg , білінійна проблема Діффі-Гелмана задається обчисленням $e(g, g)^{abc}$. Позначається вона як $BDHg(ag, bg, cg) = e(g, g)^{abc}$.

Очевидно, що BDH не складніше, ніж CDH у групі G . Дійсно, знаючи рішення $Q = CDH_g(ag, bg)$, легко обчислюється $e(Q, cg) = e(g, g)^{abc}$. Аналогічно обчислення проводяться й для випадків $Q = CDH_g(ag, cg)$ і $Q = CDH_g(bg, cg)$. Далі, BDH також залежить від складності в групі H . Якщо задано $e(g, ag) = h^a$ й $e(bg, cg) = h^{bc}$, то обчислювальна проблема Діффі-Гелмана полягає в знаходженні елемента $h^{abc} = CDH_h(h^a, h^{bc}) = e(g, g)^{abc}$, що в точності є рішенням білінійної проблеми Діффі-Гелмана.

Білінійна проблема дискретного логарифма (BDL). Для довільного елемента $g \in G$ BDL_g при заданих g, ag, bg визначається у вигляді процедури обчислення такого t , що $e(ag, bg) = e(g, g)^t$.

$$\text{Позначення } BDL_g(g, ag, bg) = ab.$$

Білінійна проблема ухвалення рішення Діффі-Гелмана (DBDH). Для довільного елемента $g \in G$ $DBDH_g$ визначається в такий спосіб при заданих g, ag, bg, cg, h^w , де $h = e(g, g)$ чи визначити $abc = w \pmod n$ виконане порівняння. Формалізовано позначимо як

$$\begin{cases} DBDH_g(g, ag, bg, cg, h^w) = 1, & \text{якщо } abc = w \\ DBDH_g(g, ag, g, cg, h^w) = 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

Слабка проблема Діффі-Гелмана (WDH). При заданих g_1, g_2, sg_1 , де $g_1, g_2 \in G$, $s \in Z_n^*$. обчислити sg_2 .

Обіг CDH проблеми (RCDH). При заданих g, ag, rg , де $a, r \in Z_n^*$ обчислити bQ , де $b \in Z_n^*$ й $a = rb \pmod n$.

(k+1)-експонентна проблема. При заданих $g, yg, y^2g, \dots, y^k g$, де $y \in Z_g^*$ обчислити $y^{k+1}g$.

k-зворотна проблема Діффі-Гелмана. При заданих $g, yg, y^2g, \dots, y^k g$, де $y \in Z_n^*$ обчислити $\frac{1}{y}g$.

k-сильна проблема Діффі-Гелмана. При заданих $g, yg, y^2g, \dots, y^k g$, де $y \in Z_n^*$ обчислити $c, \frac{1}{y+c}g$, де $c \in Z_n^*$.

Collusion Attack Algorithm with k-traitors. При заданих

$$g, yg, h_1, \dots, h_k \in Z_n^*, \frac{1}{h_1+y}g, \dots, \frac{1}{h_k+y}g,$$

де $y \in Z_n^*$ обчислити $\frac{1}{h+y}g$, де $h \notin \{h_1, \dots, h_k\}$.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Проблеми дискретного логарифма й Діффі-Гелмана можуть бути визначені через класичні, білінійні й часткові класи складності.
2. Проблема BDH еквівалентна DH проблемі на H , коли білінійне відображення слабозворотне. Невідомо, чи може умова слабозворотності бути ослаблена. Необхідно вивчити як властивість слабозворотності білінійного відображення впливає на складність DH проблеми або BDH проблеми.
3. Поява нових протоколів породжує класи складності, які є модифікаціями існуючих класів. Необхідна систематизація проблем, що з'явилися, і побудова загальної абстрактної моделі.
4. Відома редукція більш слабких класів до більш сильних за певних умов, але залишається відкритим питанням необхідних й достатніх умов.
5. Необхідна побудова загальної моделі оцінки систем на базі білінійних відображень.

Питання швидкодії перетворень

Алгоритм Міллера. Нехай K – поле Галуа, $E(K)$ – еліптична крива, $Div(E)$ – вільна абелева група. Елемент із групи $Div(E)$ називається дивізором. Нехай $D = \sum_{P \in E} n_P(P)$ – дивізор, тоді його ступінь визначається в такий спосіб $Deg(D) = \sum_{P \in E} n_P$. Розглянемо підгрупу $Div^0(E)$ абелевої групи $Div(E)$. Вона має вигляд $Div^0(E) = \{D \in Div(E) \mid deg(D) = 0\}$. Для ненульової раціональної функції f , заданої над групою точок еліптичній кривій, визначимо $div(f) = \sum_{P \in E} ord_P(f)(P)$. Помітимо, що $div(f) \in Div^0(E)$ й називається головним дивізором.

Теорема 1[8]. Якщо $E(K)$ – еліптична крива й $D = \sum_{P \in E} n_P(P)$ – дивізор ступеня нуль, тоді D – головний дивізор тоді й тільки тоді, коли $\sum_{P \in E} n_P = O$, де O – нуль адитивної групи точок еліптичної кривої.

Відношення еквівалентності на множині $Div(E)$ задається в такий спосіб, $D_1 \sim D_2$, якщо $(D_1 - D_2)$ – головний дивізор. Носієм дивізора називається множина $supp(D) = \{P \in E(K) : n_P \neq 0\}$. Якщо f ненульова раціональна функція, така що $supp(div(f)) \cap supp(D) = O$, тоді можна розширити область визначення даної функції, а саме $f(D) = \prod_{P \in E} f(P)^{n_P}$.

Нехай $n \in \mathbb{Z}$ є взаємно простим з характеристикою p поля K . Позначимо $E[n] = \{P \in E(\bar{K}) : nP = O\}$. Зафіксуємо точки $P, Q \in E[n]$, тоді існують функції f_P, f_Q такі, що $div(f_P) = nD_P$, $div(f_Q) = nD_Q$, де $D_P \sim (P - O)$ й $D_Q \sim (Q - O)$. Припустимо, що $supp(D_P) \cap supp(D_Q) = O$, тоді спарювання Вейля визначається за наступною формулою:

$$e(P, Q) = \frac{f_P(D_Q)}{f_Q(D_P)}. \quad (1)$$

Значимим елементом при обчисленні функції спарювання є обчислення функції $f_P(R)$ для кожної точки R приналежного носію D_Q . Ефективне обчислення таких функцій запропонував Міллер[5], основна ідея якого полягає в наступному. Вибираємо випадковим способом крапку R й нехай $D_P = (P + R) - (R)$. Для будь-якого цілого числа k можна побудувати раціональну функцію f_k , таку що

$$div(f_k) = k(P + R) - k(P) + (O). \quad (2)$$

Відмітимо, що $f_n = f_P$. Нехай $h_{S,T}$ і h_S будуть лінійними функціями. $h_{S,T}$ являє собою лінію, що проходить через точки еліптичної кривої S, T , а h_S – вертикальна лінія, яка проходить через точку T . Зазначимо, що

$$\operatorname{div}(h_{k_1P, k_2P}) = (k_1P) + (k_2P) + (-(k_1 + k_2)P) - 3(O); \quad (3)$$

$$\operatorname{div}(h_{(k_1+k_2)P}) = ((k_1 + k_2)P) + (-(k_1 + k_2)P) - 2(O). \quad (4)$$

Отже,

$$f_{k_1+k_2} = \frac{f_{k_1} f_{k_2} h_{k_1P, k_2P}}{h_{(k_1+k_2)P}}. \quad (5)$$

Формула (5) являє собою рекурсивний вираз з початковими даними $f_0 = 1$ й $f_1 = \frac{h_{P+R}}{h_{P,R}}$.

Формально алгоритм Міллера представлений нижче:

Алгоритм 1 (Алгоритм Міллера)

Параметри функції: $n = \sum_{i=0}^t b_i 2^i$, $n \in \mathbb{Z}$, $b_i \in \{0,1\}$, $b_t = 1$ і $S \in E$, $S \in E$

Значення, що повертає: $f = f_n(S)$

$f = f_1$; $Z = P$;

for(int j=t-1; j>=0; j--)

{

$$f = f^2 \frac{h_{Z,Z}(S)}{h_{2Z}(S)}; \quad Z = 2Z;$$

if($b_j = 1$)

$$f = f_1 f \frac{h_{Z,P}(S)}{h}; \quad Z = Z + P;$$

}

return f;

ВМХ модифікація

Як видно з алгоритму Міллера, необхідно будувати дві або чотири лінії залежно від того, який біт у двійковому поданні числа n використовується. Відомо, що чим більше ліній будується, тим більше використовується множень в алгоритмі. Ідея модифікацій

ВМХ полягає в скороченні числа ліній. Розглянемо два алгоритми ВМХ-1 і ВМХ-2. Перший алгоритм застосуємо в загальному випадку, а другий є ефективним, якщо вага Хемінга числа n досить велика.

ВМХ-алгоритми базуються на наступних лемах, доведених в [6]:

Лема 1. Якщо лінія $h(x, y) = 0$ перетинає еліптичну криву E в крапках $P = (a, b), Q = (c, d)$ і $-(P + Q)$ с $(P + Q) = (\alpha, \beta)$, тоді

$$N_{K(x,y)/K(x)}(h) = -(x - a)(x - c)(x - \alpha) \quad (6)$$

де $N_{K(x,y)/K(x)}(h) = h(x, y)\bar{h}(x, y)$.

Лема 2. Нехай $Q \in E[n]$ і $S \neq Q, 2Q, \dots, nQ$. Тоді

$$\begin{aligned} \frac{h_{Q,Q}(S)}{h_Q^2(S)h_{2Q}(S)} &= -\frac{1}{h_{Q,Q}(-S)} \\ \forall k \in Z \quad \frac{h_{(k+1)Q,kQ}(S)}{h_{(k+1)Q}(S)h_{(2k+1)S}} &= -\frac{h_{kQ}(S)}{h_{(k+1)Q,kQ}(-S)} \\ \frac{h_{Q,Q}(S)h_{2Q,Q}(S)}{h_{2Q}(S)h_{3Q}(S)} &= -\frac{h_{Q,Q}(S)h_Q(S)}{h_{2Q,Q}(-S)} \end{aligned}$$

Відмітимо, що алгоритм Міллера можна представити в явній формі

$$f_n = f_1^n \prod_{i=t}^1 \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \quad h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, b_{i-1}P}}{h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \quad h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P}} \right)^{2^{i-1}}, \quad (7)$$

де $h_0 = 1$.

Ідея алгоритму ВМХ-1 полягає в наступному. Згрупуємо попарно співмножники у формулі (7). Тоді застосовуючи Лему 1, одержимо

$$\left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \quad h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, b_{i-1}P}}{h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \quad h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P}} \right)^{2^{i-1}} \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P} \quad h_{2 \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, b_{i-2}P}}{h_{2 \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P} \quad h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-2}} \rfloor P}} \right)^{2^{i-2}}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, P}}{h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P}} \right)^{2^{i-1}} \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, P}}{\overline{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P} h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-2}} \rfloor P}}} \right)^{2^{i-2}} \quad \text{якщо } b_{i-1} = b_{i-2} = 1 \\ \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, P}}{h_{2 \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P}} \right)^{2^{i-1}} \left(\frac{1}{\overline{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P}}} \right)^{2^{i-2}} \quad \text{якщо } b_{i-1} = 0, b_{i-2} = 1 \\ \left(h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \right)^{2^{i-1}} \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, P}}{\overline{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P} h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-2}} \rfloor P}}} \right)^{2^{i-2}} \quad \text{якщо } b_{i-1} = 1, b_{i-2} = 0 \\ \left(h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor P} \right)^{2^{i-1}} \left(\frac{1}{\overline{h_{\lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P, \lfloor \frac{n}{2^{i-1}} \rfloor P}}} \right)^{2^{i-2}} \quad \text{якщо } b_{i-1} = b_{i-2} = 0 \end{array} \right.$$

Приведемо алгоритм:

Алгоритм 2 (Алгоритм ВМХ-1)

Параметри функції: $n = \sum_{i=0}^r q_i 4^i$, $n \in Z$, $q_i \in \{0,1,2,3\}$, $q_r \neq 0$ і

$S \in E$.

Значення, що повертає $f = f_n(S) : ? = f_n(S)$

$f = f_1; Z = P;$

$if(q_r == 2)$

$$f = f^2 \frac{h_{P,P}(S)}{h_{2P}(S)}; Z = 2P;$$

$if(q_r == 3)$

$$f = f^3 \frac{h_{P,P}^2(S) h_P(S)}{h_{2P,P}(-S)}; Z = 3P;$$

$for(int j=r-1; j>0; j--)$

{

$if(q_j == 0)$

$$f = f^4 \frac{h_{Z,Z}^2(S)}{h_{2Z,2Z}(-S)}; Z = 4Z;$$

$if(q_j == 1)$

$$f = f_1 \frac{f^4 h_{Z,Z}^2(S) h_{4Z,P}(S)}{h_{4Z+P}(S) h_{2Z,2Z}(-S)} ; Z=4Z+P;$$

if($q_j = 2$)

$$f = f_1^2 \frac{f^4 h_{Z,Z}^2(S) h_{2Z,P}^2(S)}{h_{2Z}^2(S) h_{2Z+P,2Z+P}(-S)} ; Z=4Z+2P;$$

if($q_j = 3$)

$$f = f_1^3 \frac{f^4 h_{Z,Z}^2(S) h_{2Z,P}^2(S) h_{4Z+2P,P}(S)}{h_{2Z}^2(S) h_{2Z+P,2Z+P}(-S) h_{4Z+3P}(S)} ; Z=4Z+3P;$$

}

return f ;

Друге вдосконалення ґрунтується на умові, що у двійковому поданні числа n утримується досить багато одиниць. Згідно з [6] маємо наступну формулу:

$$f_n = f_1^n \left(\frac{h_{P,P} h_{2P,b_{t-1}P}}{h_{2P}} \right)^{2^{t-1}} \prod_{i=t-1}^1 \left(\frac{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor^{P, b_{i-1}P}}}{\overline{h_{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor^P, \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor^P}}} \right)^{2^{i-1}}$$

Тоді алгоритм 1 спрощується в такий спосіб:

Алгоритм 3 (Алгоритм ВМХ-2).

Параметри функції: $n = \sum_{i=0}^t b_i 2^i$, $n \in Z$, $b_i \in \{0,1\}$, $b_t = 1$ і $S \in E$.

Значення, що повертає: $f = f_n(S)$.

if($b_{t-1} = 0$)

$$f = f_1^2 h_{P,P}(S) ; Z=2P;$$

else

$$f = f_1^3 \frac{h_{P,P}(S) h_{2P,P}(S)}{h_{2P}(S)} ; Z=3P;$$

for(*int* $j=t-2$; $j>0$; $j--$)

{

if($b_j = 0$)

$$f = f^2 \frac{h_{2Z}(S)}{h_{Z,Z}(-S)} ; Z=2Z;$$

```

else
     $f = f_1 f^2 \frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)} ; Z = 2Z + P;$ 
}
return f;

```

LSH-модифікація

LSH модифікація являє собою покращення алгоритмів ВМХ, описаних вище. Вона полягає в поділі числа n на певні сегменти. Для кожної такої послідовності бітів будується свій алгоритм, що приводить до більшого скорочення числа ліній.

Розбивка числа n відбувається справа наліво і допускає наступні чотири варіанти:

1. Якщо поточні два біти рівні 00, тоді, рухаючись справа наліво, знаходимо перший біт $b_k = 1$. Фактично, ми збираємо послідовність наступного виду 0^m . Поточні два біти встановлюються в 10.
2. Якщо поточні два біти рівні 10, тоді знаходимо перший нульовий біт. Таким чином, збирається послідовність виду $01^m 0$. Переходимо на наступні два біти.
3. Якщо поточні два біти рівні 01, тоді накопичуємо послідовність виду $(01)^m$ й устанавлюємо поточними наступні два біти.
4. Якщо поточні два біти рівні 11, тоді знаходимо перший нульовий біт. Таким чином, збирається послідовність виду 01^w . Переходимо на наступні два біти.

Помітимо, що в другому й четвертому випадках, якщо не буде знайдений нульовий біт, то вийдуть послідовності виду $1^m 0$ й 1^m відповідно.

Таким чином, можливі шість варіантів $l_0 = 0^m$, $l_1 = 1^m$, $l_2 = (01)^m$, $l_3 = 01^w$, $l_4 = 1^m 0$, $l_5 = 01^m 0$, де $m \geq 1$, $w \geq 2$.

Для розгляду алгоритму для кожного випадку, уведемо наступні позначення. Позначимо через “•” – лінію, відповідну одиничному біту, через “○” – лінію, відповідну нульовому біту й через “*” – сполучену лінію.

Тоді вірно наступне:

$$1. \quad l_0 = 0^{2r-1} : \underbrace{\left(\begin{array}{c} \circ \circ \\ \circ \circ \end{array} \right) \dots \left(\begin{array}{c} \circ \circ \\ \circ \circ \end{array} \right)}_{r-1} \circ = \underbrace{\frac{\circ \circ}{**} \dots \frac{\circ \circ}{**}}_{r-1} \circ$$

$$\begin{aligned}
2. \quad l_1 = 1^m &: \underbrace{\frac{\bullet\bullet\bullet\bullet}{\bullet\bullet\bullet\bullet}}_m \dots \underbrace{\frac{\bullet\bullet}{\bullet\bullet}}_{m-2} = \frac{\bullet\bullet\bullet}{\bullet} \dots \frac{\bullet\bullet}{\bullet\bullet\bullet} \\
3. \quad l_2 = (01)^m &: \underbrace{\left(\frac{\circ\bullet\bullet}{\circ\bullet\bullet}\right)}_m \dots \underbrace{\left(\frac{\circ\bullet\bullet}{\circ\bullet\bullet}\right)}_m = \underbrace{\left(\frac{\circ\bullet\bullet}{\bullet\bullet}\right)}_m \dots \underbrace{\left(\frac{\circ\bullet\bullet}{\bullet\bullet}\right)}_m \\
4. \quad l_3 = 01^w &: \frac{\circ\bullet\bullet\bullet\bullet}{\circ\bullet\bullet\bullet\bullet} \dots \frac{\bullet\bullet}{\bullet\bullet} = \frac{\bullet\bullet\bullet}{\circ} \dots \frac{\bullet\bullet}{\bullet\bullet\bullet} \\
5. \quad l_5 = 1^m 0 &: \underbrace{\frac{\bullet\bullet\bullet\bullet}{\bullet\bullet\bullet\bullet}}_m \dots \frac{\bullet\bullet\circ}{\bullet\bullet\circ} = \frac{\bullet\bullet\bullet}{\bullet} \dots \frac{\bullet\bullet}{\bullet\bullet\bullet}
\end{aligned}$$

Виходячи з вищезазначеного, наведемо алгоритм:

Алгоритм 4 (Алгоритм LCH)

Параметри функції: $n = B_t, B_{t-1}, \dots, B_1, B_0$,

де $B_j \in \{(l_0, m_0), (l_1, m_1), (l_2, m_2), (l_3, w), (l_4, m_4), (l_5, m_5)\}$,

$m_i, w \in \mathbb{N}, n \in \mathbb{Z}, w \geq 2$ і $P, S \in E, \text{ord}(P) = n$

Значення, що повертає $f = f_n(S) : ? = f_n(S)$

$f = f_1; Z = P;$

for(int $j = t; j > 0; j--$)

{

if($B_j == (l_0, m)$)

 {

if($m == 0 \text{ mod } 2$)

 {

$m = m/2;$

for(int $k = 1; k \leq m; k++$)

$$f = f^4 \frac{h_{Z,Z}^2(S)}{h_{2Z,2Z}(-S)} ; Z = 4Z;$$

 }

else

 {

$m = (m-1)/2;$

for($k = 1; k \leq m; k++$)

$$f = f^4 \frac{h_{Z,Z}^2(S)}{h_{2Z,2Z}(-S)} ; Z = 4Z;$$

 }

}

```

if( Bj == (l1, m) )
{
  if(m==1)
    f= f13  $\frac{h_{P,P}(S)h_{2P,P}(S)}{h_{2P}(S)h_{3P}(S)}$  ; Z=3P;
  if(m==2)
    f= f17  $\frac{h_{P,P}^2(S)h_{2P,P}^2(S)h_{6P,P}(S)}{h_{2P}^2(S)h_{3P,3P}(-S)h_{7P}(S)}$  ; Z=7P;
  else
  {
    f= f13  $\frac{h_{P,P}(S)h_{2P,P}(S)}{h_{2P}(S)}$  ; Z=3P;
    for(k=1;k<=m-2;k++)
      f= f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)}$  ; Z=2Z+P;
      f= f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)h_{2Z+P}(S)}$  ; Z=2Z+P;
  }
}
if( Bj == (l2, m) )
  for(k=1;k<=m;k++)
    f= f1f4  $\frac{h_{Z,Z}^2(S)h_{4Z,P}(S)}{h_{2Z,2Z}(-S)h_{2Z+P}(S)}$  ; Z=4Z+P;
if( Bj == (l3, w) )
{
  f= f2hZ,Z(S) ; Z=2Z;
  for(k=1;k<=w-1;k++)
    f= f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)}$  ; Z=2Z+P;
    f= f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)h_{2Z+P}(S)}$  ; Z=2Z+P;
}
if( Bj == (l4, m) )
{
  if(m= =1)
    f= f16  $\frac{h_{P,P}^2(S)h_{2P,P}^2(S)}{h_{2P}^2(S)h_{3P,3P}(-S)}$  ; Z=6P;
  else
  {

```

```

f = f13  $\frac{h_{P,P}(S)h_{2P,P}(S)}{h_{2P}(S)}$  ; Z=3P;
for(k=1;k<=m-1;k++)
    f = f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)}$  ; Z=2Z+P;
    f = f2  $\frac{1}{h_{Z,Z}(-S)}$  ; Z=2Z;
}
}
if(Bj = (ls, m) )
{
    f = f2hZ,Z(S) ; Z=2Z;
    while (m!=1){
        f = f1f2  $\frac{h_{2Z,P}(S)}{h_{Z,Z}(-S)}$  ; Z=2Z+P; m=m-1;}
        f = f1f4  $\frac{h_{2Z,P}^2(S)}{h_{Z,Z}^2(S)h_{2Z+P,2Z+P}(-S)}$  ; Z=4Z+2P;
    }
}
return f;

```

Проблемні питання генерування загальних параметрів в групі точок еліптичних кривих

Переваги та недоліки впровадження інформаційних технологій в життя суспільства. Обмін інформацією є запорукою прогресивного розвитку не тільки науки та навчання, але і суспільства в цілому. Сьогодні будь-яку сферу життєдіяльності людини неможливо уявити без використання інформаційних технологій. Бурхливий розвиток процесу інформатизації сприяв поширенню їх в різних сферах діяльності суспільства. Обчислювальна техніка стала засобом обробки, зберігання та передачі даних, інструментом розв'язання виробничих, наукових та фінансових задач. Створення всесвітньої мережі Internet сприяло появі нових можливостей для отримання інформації. Глобальна мережа стала зручним засобом спілкування між діловими партнерами. Вона забезпечила середній та малий бізнес доступними, з точки зору фінансових затрат, каналами спілкування. Завдяки Internet з'явилися нові технології в бізнесі та банківській сфері, такі, як: електронна комерція, електронний документообіг, система електронних платежів. Науково-технічний прогрес в розвинених краї-

нах світу привів до прогресивного розвитку інформаційних технологій в країнах СНД. Україна не стала виключенням в даному процесі інформатизації. Швидкий розвиток інформаційних технологій в Україні сприяв поширенню такого способу взаємодії як електронний документообіг, створенню національної системи масових електронних платежів, а також електронних платіжних систем комерційних банків. В результаті виникла необхідність у створенні стандартів криптографічного захисту інформації КЗІ [1], що регулюють питання безпечного користування електронною інформацією при діловому спілкуванні.

Суспільство перейшло на новий якісний рівень життя. Виникнення нових форм, засобів та видів взаємодії між суб'єктами в процесі спілкування каналами телекомунікаційного зв'язку поруч з перевагами мають і недоліки. Одним із головних недоліків такої форми взаємодії є те, що інформація, у тому числі і конфіденційна, яка зберігається, обробляється та передається через відкриту систему, може стати доступною неавторизованому користувачу. Внаслідок такого доступу може бути порушено цілісність, справжність та конфіденційність інформації. А це, в свою чергу, може стати причиною понесення великих збитків для учасників спілкування.

Створення комплексної системи захисту інформації, яка знаходиться в електронному вигляді, та прийняття відповідних законів є шляхом подолання даного недоліку. У розвинених країнах вже більше 25 років ведеться робота в напрямку створення надійного захисту для інформації, яка знаходиться в електронному вигляді. У багатьох з них приймаються та постійно удосконалюються стандарти криптографічного захисту інформації, які вирішують питання електронного документообігу та систем криптографічного захисту інформації (СКЗІ) [2-6].

Розробка комплексних систем захисту інформації вимагає створення правової бази, яка забезпечує рівень її захисту. В Україні вже зроблено перші кроки для створення такої бази. Закони “Про електронні документи та електронний документообіг” [7] та “Про електронний цифровий підпис” [8], які було прийнято у 2003 році, стали разом з національними стандартами України [1,9,10], нормативними документами Служби Безпеки України [11], постановами Кабінету Міністрів [11-16] та іншими нормативними актами її основою.

Розробка в Україні власних якісних та надійних криптографічних алгоритмів, створення стандартів та криптографічних протоколів, спроможних забезпечити відповідний рівень захисту інформації, побудова методів криптоаналізу, які задовольняють сучасні вимоги, є на сьогодні основними проблемними питаннями.

В основі побудови будь-якого криптографічного алгоритму знаходяться криптографічні перетворення. Під криптографічним перетворенням інформації згідно з [17] розуміють перетворення інформації з метою приховування або відновлення її змісту, підтвердження її справжності, цілісності, авторства, захисту від несанкціонованого доступу до інформації та ресурсів тощо, яке здійснюється з використанням спеціальних (ключових) даних.

Криптографічні перетворення поділяються на симетричні та несиметричні. Такий розподіл пов'язаний з кількістю ключів, які необхідно використати для здійснення даних перетворень. Симетричні криптографічні перетворення здатні забезпечити конфіденційність, цілісність та справжність великого обсягу даних, вони мають ефективно за часом програмну та апаратну реалізацію. Крім очевидних переваг дані перетворення мають і недоліки. Стійкість симетричних перетворень забезпечується за рахунок ключа шифрування, який повинен бути цілком конфіденційною інформацією, відомою лише учасникам спілкування. Задача забезпечення конфіденційності електронних документів за допомогою симетричних перетворень полягає в забезпеченні конфіденційності ключа шифрування. Сучасне ділове спілкування – це взаємодія достатньо великого числа партнерів, а це в свою чергу створює проблему зберігання та передачі ключів, кількість яких зростає разом зі зростанням кількості учасників спілкування. Розв'язати дану проблему простим та ефективним способом можливо завдяки використанню несиметричних криптографічних перетворень. Відомо, що несиметричні криптографічні перетворення – це перетворення, які можна здійснювати в полях, кільцях та в групах точок еліптичної кривої.

Алгоритми, що засновані на перетвореннях в групі точок еліптичної кривої, спроможні здійснювати направлене шифрування, формувати ЕЦП. Вони спроможні забезпечити еквівалентну стійкість при використанні ключових даних, довжини яких менше, ніж у алгоритмів RSA, Ель Гамала.

Наприклад, для забезпечення прийнятної стійкості порядку 10^{24} елементарних операцій при використанні алгоритму RSA у 2006 році використовували ключі розміром не менше 1024 біт. При зберіганні тенденції розвитку обчислювальної техніки та алгоритмічної теорії в наступних роках потрібно здійснювати збільшення довжини ключа. Згідно з прогнозами рекомендована довжина ключа після 2006 року повинна бути від 1024 до 2048 біт. Згідно з сучасними теоретичними оцінками при цілих $A \approx 2^{664}$, $N \approx 2^{664}$ для систем розв'язання задачі дискретного логарифму потребує виконання 10^{26} операцій, тобто ця задача

має в 10^3 раз більшу обчислювальну складність ніж задача факторизації модуля перетворення. Результатом такого збільшення довжини ключа буде зменшення швидкодії несиметричних криптографічних перетворень, яка і так не є великою. Крім того, реалізація таких перетворень апаратно стає складною задачею. Дані проблемні питання підштовхнули до проведення досліджень, спрямованих на пошуки альтернативних перетворень, спроможних подолати недоліки вже добре відомих алгоритмів.

Альтернативою стали алгоритми, які базуються на перетвореннях у групі точок еліптичної кривої.

Використання еліптичних кривих для криптографічних додатків над розширенням поля характеристики дозволяє створювати ефективні за критерієм складності та швидкодії реалізації алгоритмів, необхідних для здійснення криптографічних перетворень. За допомогою еліптичних кривих перевіряють числа на простоту, факторизують числа, створюють алгоритми спрямованого шифрування та протоколи формування цифрового підпису.

Переваги використання еліптичних кривих для здійснення криптоперетворень в порівнянні з перетворенням в полях та кільцях полягають в наступному:

- еліптичні криві мають необхідні математичні властивості для здійснення перетворень, а саме точки еліптичної кривої утворюють абелеву групу;
- властивості еліптичних кривих достатньо вивчені для ефективного їх використання;
- криптографічні перетворення на еліптичних кривих можливо реалізовувати апаратно та програмно;
- стійкість криптографічних перетворень, які здійснюються за допомогою еліптичних кривих, базується на складності розв'язання задачі дискретного логарифму;
- стійкість перетворень є експоненціальною. Дана властивість дозволяє на практиці використовувати ключі невеликої довжини, в порівнянні з іншими перетвореннями, що здійснюються в полях та кільцях;
- для побудови еліптичних кривих достатньо випадковим чином розглянути параметри кривих як елементи вказаного поля. Ця властивість дозволяє вибирати криві із достатньо великої кількості кривих, що задовольняють умови придатності застосування в криптографічних перетвореннях.

Разом з перевагами використання еліптичних кривих існують проблемні питання, розв'язання яких дозволить застосовувати пере-

творення в групі точок еліптичної кривої в різних криптографічних додатках. До них належать питання про визначення вимог до вибору параметрів, на базі яких виконуються дані перетворення.

Обґрунтування основних вимог до криптографічних перетворень у групі точок еліптичної кривої

Криптографічні перетворення використовують для приховування змісту повідомлень, здійснення автентифікації користувачів та повідомлень, для забезпечення цілісності інформації, яка передається, зберігається та обробляється, а це, в свою чергу, обумовлює вимогу забезпечення достатнього рівня захисту. Перетворення можна здійснювати в полях, кільцях, в групі точок еліптичної кривої. Для їх застосування необхідно висунути ряд вимог, завдяки яким в кожному конкретному випадку вони спроможні забезпечити необхідний рівень стійкості, прийнятну обчислювальну складність та зручність реалізації.

Під криптографічною стійкістю розуміємо спроможність перетворень протистояти аналітичним та силовим атакам. Для досягнення даної мети математичний апарат, який використовують для виконання перетворень, повинен бути надійним. Під надійністю математичного апарату розуміємо його стійкість до атаки “грубої сили” та можливість відбраковування тих математичних об’єктів, особисті властивості яких роблять вказані перетворення слабкими відносно аналітичних та силових атак. Це означає, що імовірність здійснення атаки “грубої сили” при застосуванні даних перетворень повинна прямувати до нескінченно малої величини. Забезпечити таке значення імовірності можливо, якщо складність атаки “грубої сили” для криптографічних додатків буде експоненціальною.

Складність розв’язання задачі, довжиною t біт визначається як число бітових операцій $l(t)$, які необхідно виконати для отримання рішення задачі. Функція виду $l(t, \nu, \lambda) = \exp(\lambda t^\nu (\log t)^{1-\nu})$, де $\nu \in (0; 1)$, $\lambda > 0$ відображає складність здійснення перетворень. Якщо функція $l(t, \nu, \lambda)$ є поліномом, тоді задача має поліноміальну складність та вважається простою. Якщо функція $l(t)$ має вигляд $e^{\lambda t}$, де λ – деяка константа, тоді задача має експоненціальну складність. Така задача вважається складною та є предметом дослідження при розгляді алгоритмів, які здійснюють несиметричні перетворення.

Так само, як і стійкість перетворень, можна оцінити обчислювальну складність. У випадку, коли обчислювальна складність є поліноміальною, реалізація алгоритмів, протоколів, криптографічних систем має високу швидкодію в порівнянні з експоненціальною складністю перетворень.

При реалізації криптографічних перетворень апаратно чи програмно важливу роль відведено математичним структурам (полям, кільцям, еліптичним кривим), на базі яких і виконується побудова алгоритмів. Так, для апаратної реалізації алгоритмів використовують поля характеристики два, програмну реалізацію можна здійснювати при використанні полів характеристики p де p – просте число. На цей час перетворення в кільцях класу лишків по модулю простих чисел та в скінчених полях розмірності p , мають ефективні реалізації за обчислювальною складністю та швидкодією. Але розвиток інформаційних технологій, збільшення потужності обчислювальної техніки, розробка нових методів для здійснення криптоаналізу вимагають збільшення розмірності полів та кілець. А це в свою чергу зменшує швидкість несиметричних криптографічних систем. Особливо гостро ця проблема постає при реалізації таких перетворень на мікропроцесорах у смарт-картах.

При використанні криптографічних перетворень в різних криптографічних додатках необхідно визначити основні загальні вимоги до них з точки зору зручності та безпеки їх застосування. Під даними вимогами будемо розуміти наступні:

- прийнятну обчислювальну складність;
- прийнятну криптографічну стійкість;
- зручність реалізації як апаратно, так і програмно;
- обґрунтовані витрати для здійснення криптоперетворень, які не повинні бути більше вартості інформації, яку захищають за їх допомогою.

Показник прийнятності пов'язаний з швидкодією перетворень за часом та кількістю виконаних операцій при фіксованій довжині вхідних даних.

Що стосується криптоперетворень в групі точок еліптичної кривої, то необхідно висунути ряд додаткових вимог для їх застосування в криптографічних системах. До них належать вимоги до вибору загальносистемних параметрів, на основі яких здійснюють дані перетворення.

До загальносистемних параметрів належать:

- поле, на якому задана еліптична крива;
- параметри рівняння кривої;
- порядок кривої;
- базова точка еліптичної кривої;
- порядок базової точки.

Критерії ефективності та прийнятної обчислювальної складності задовольняють перетворення, які виконуються в розширенні поля характеристики два, $GF(2^n)$. Це обумовлено тим, що групова операція над вказаним полем має просту реалізацію – як апаратну, так і програмну.

Перший етап пов'язаний з вибором розмірності поля, прийнятним є вибір полів $GF(2^n)$ при $n > 160$, де n – просте число. Вибір значення n залежить від складності розв'язання задачі дискретного логарифму, на основі якої і забезпечується криптографічна стійкість перетворення.

Після вибору поля потрібно задати параметри рівняння еліптичної кривої. Рівняння еліптичної кривої E над полем $GF(2^n)$ має наступний вигляд:

$$y^2 + xy \equiv x^3 + ax^2 + b \pmod{f(x), 2}, \quad (8)$$

де a і b – елементи поля $GF(2^n)$, параметри еліптичної кривої;
 $f(x)$ – незведений поліном степені n , який генерує поле $GF(2^n)$.

Від значення параметра a залежить вид кривої, від значення параметра b залежить кількість точок кривої.

Точки еліптичної кривої утворюють групу. Нескінченно віддалена точка є нейтральним елементом даної групи точок еліптичної кривої.

Порядок еліптичної кривої $\#E$ – це кількість точок кривої разом з нескінченно віддаленою точкою. Відповідно до теореми Хассе [18] порядок кривої $\#E$, яка задана над полем $GF(p)$, задовольняє умову:

$$\#E \in [p + 1 - 2\sqrt{p}, p + 1 + 2\sqrt{p}]. \quad (9)$$

Для забезпечення криптографічної стійкості перетворень необхідне виконання наступних вимог:

- коефіцієнти a та b кривої на обраному базовому полі повинні бути такими, щоб порядок кривої $\#E$ був великим, майже простим числом. Тобто $\#E = k \cdot n$, $k \leq 4$, $n > 2^{160}$;
- вибрана крива не повинна бути сингулярною [18];
- вибрана крива не повинна бути аномальною [18];
- крива повинна бути стійкою до MOV атаки [18].

Загальносистемні параметри, які не відповідають хоча б одній з наведених умов, не використовують у криптографічних перетвореннях.

Крім того:

- дискримінант еліптичної кривої [18] не повинен дорівнювати 0;
- j -й інваріант кривої [18] не повинен бути рівним 0 або 1728;
- порядок кривої повинен бути рівним розмірності базового поля, на якому задана крива;
- базова точка G еліптичної кривої повинна належати підгрупі точок еліптичної кривої простого порядку n , де $n = \frac{\#E}{2^i}$, $i = 0,1,2$ та задовольняти умову:

$$nG = \underbrace{G + G + \dots + G}_n = O, \quad (10)$$

де O – це нескінченно віддалена точка, нейтральний елемент групи.

Число n є порядком базової точки. Нижня межа порядку базової точки описується як:

$$n_{min} = \frac{2^n + 1 - 2\sqrt{2^n}}{2}, \quad (11)$$

а верхня межа не повинна бути більше порядку кривої.

При виконанні усіх вимог криву вважають придатною для застосування в криптографічних додатках. Якщо хоча б одна умова не виконана, переходять до наступної кривої для виконання перевірки усіх вимог.

Аналіз проблематики криптографічних перетворень на основі відомих сучасних наукових праць. Для здійснення криптографічних перетворень та побудови криптосистем на еліптичних кривих необхідно виконати генерацію параметрів для даних систем. Генерація параметрів включає виконання наступних дій:

- вибір поля;
- вибір випадковим чином параметрів еліптичної кривої, які належать даному полю;
- обчислення порядку еліптичної кривої за заданими умовами;
- перевірка придатності даної кривої для використання в криптографічних додатках;
- вибір базової точки та обчислення її порядку;
- перевірка придатності використання базової точки для здійснення криптографічних перетворень.

Вибір поля обумовлено розмірністю та кількістю придатних для використання кривих, що спроможні забезпечити певний рівень стій-

кості системи. Відповідно до діючих в Україні стандартів [1] прийнятими для застосування вважаються поля $GF(2^n)$ $n \geq 163$.

Коефіцієнти рівняння кривої, яка задана на обраному полі, вибираються таким чином: параметр a дорівнює нулю або одиниці, параметр b обирається як випадковий елемент поля, на якому задано криву.

Після того, як параметри рівняння еліптичної кривої задано, необхідно обчислити порядок кривої. Обчислення порядку кривої є одним з громіздких за обчислювальною складністю та одним з найскладніших за здійсненням алгебраїчних перетворень етапів генерації загальносистемних параметрів. На теперішній час це одна з найскладніших задач, сутність якої полягає не тільки в обчисленні порядку кривої, а і виконанні цього обчислення за якомога найменший час.

Обчислення порядку випадково генерованої кривої є однією з трудомістких за обчислювальною та тимчасовою складністю задач. Побудова алгоритму, спроможного обчислити порядок кривої з поліноміальною складністю та істотно зменшеним обсягом потрібної для реалізації алгоритму оперативної пам'яті, є на сьогодні актуальним проблемним питанням. Існує декілька методів обчислення порядку випадково генерованої кривої. Серед них: метод, що використовує l -адичні числа, який був запропонований Р. Скуфом [19], та його вдосконалена модифікація – алгоритм SEA [20]; метод, який використовує p -адичне представлення, запропонований Т. Сатоо [21].

Для здійснення аналізу методів обчислення порядку еліптичної кривої розглянемо декілька базових понять та рівнянь.

Раціональні точки еліптичної кривої утворюють абелеву групу. Дана властивість була однією з причин використання еліптичних кривих для криптографічних перетворень.

Порядком еліптичної кривої $\#E$ є число точок еліптичної кривої разом з нескінченною віддаленою точкою O – нейтральним елементом групи точок.

Порядком базової точки вважають число $n: nP = O$, де nP є операцією скалярного множення точок еліптичної кривої.

Відображення Фробеніуса φ , яке діє на координати точок еліптичної кривої за правилом:

$$\varphi(x, y) = (x^q, y^q). \quad (12)$$

У роботі [22, с. 70] наведено визначення ізогенії як відображення морфізму між еліптичними кривими:

$$\phi: E_1 \rightarrow E_2, \phi(O) = O.$$

Криві E_1, E_2 є ізогенними кривими, якщо відображення ϕ задовольняє умову:

$$\phi(E_1) \neq \{O\}.$$

Гомоморфне відображення між еліптичними кривими E_1, E_2 ($\text{Hom}(E_1, E_2)$) утворюють ізогенні відображення $\phi: E_1 \rightarrow E_2$.

Гомоморфні відображення $\phi: E \rightarrow E$ еліптичної кривої $E(K)$ утворюють кільце, яке складається з ендоморфних відображень $\phi: E \rightarrow E$. Дуальне відображення морфізму між еліптичними кривими E_1, E_2 – це відображення, яке діє за правилом

$$\phi': E_2 \rightarrow E_1.$$

Коефіцієнти еліптичної кривої $E(K)$ для поля $K = GF(q)$ при піднесенні до степені q утворюють рівняння еліптичної кривої $E^q(K)$. Між даними кривими існує відображення Φ_q , яке діє за правилом $\Phi_q: E(K) \rightarrow E^q(K)$. Дане відображення є відображенням ендоморфізму Фробеніуса.

Порядок еліптичної кривої над полем $GF(q)$ обчислюється за формулою

$$\#E = q + 1 - t, \quad (13)$$

де q – розмірність поля, число t – слід відображення ендоморфізму Фробеніуса.

Метод, запропонований Р. Скуфом [19], був першим детермінованим алгоритмом з поліноміальною складністю, який обчислює порядок еліптичної кривої над полем $GF(p)$, де p – просте число. Цей метод дозволяє обчислювати порядок кривої, коефіцієнти рівняння якої є випадковими і належать полю $GF(p)$. Метод Р. Скуфа, наведений в роботі [19], містить у собі наступні основні етапи:

- вибір поля $GF(p)$ та параметрів рівняння (9) еліптичної кривої;
- визначення $l_1 = 3, l_2 = 5, \dots, l_k$ таким чином, щоб $\prod_{i=3}^k l_i > 4\sqrt{p}$;
- обчислення значення $t_l: t_l \equiv t \pmod{l}$, де $l = 2, 3, 5, 7, \dots, k$;
- обчислення сліду відображення ендоморфізму Фробеніуса;
- визначення значення порядку кривої.

Основним за своєю значимістю та обчислювальною складністю є етап пошуку значень $t_l, l = 3, 5, \dots, k$. Базується даний етап на використанні характеристичного рівняння відображення ендоморфізму Фробеніуса (14)

$$\left(x^{p^2}, y^{p^2}\right) - t_l(x^p, y^p) + p_l(x, y) = 0 \quad (14)$$

Співвідношення (14) є вірним лише для точок l -крутіння еліптичної кривої $P: lP = O$ з координатами (x, y) . Символ O є символом нейтрального елемента групи точок еліптичної кривої. Використання рівняння (14) у вигляді:

$$\left(x^{p^2}, y^{p^2}\right) + p_l(x, y) = t_l(x^p, y^p) \quad (15)$$

дозволяє зменшити обчислювальну складність пошуку значення t .

Для отримання координат точки l -крутіння використовують поліноми ділення, які визначають за допомогою співвідношень:

$$\begin{aligned} \psi_{-1}(x) &= -1, \psi_0(x, y) = 0, \psi_1(x, y) = 1; \\ \psi_2(x) &= 2[x^3 + ax + b]; \\ \psi_3(x) &= 3x^4 + 6ax^2 + 12bx - a^2; \\ \psi_4(x) &= 4[x^3 + ax + b] \times \\ &\times (x^6 + 5ax^4 + 20bx^3 - 5(ax)^2 - 4bx - 8b^2 - a^3); \\ \psi_{2n}(x) &= \psi_n(x) \frac{\psi_{n+2}\psi_{n-1}^2 - \psi_{n+1}^2\psi_{n-2}}{2[x^3 + ax + b]}, n \geq 3; \\ \psi_{2n+1}(x) &= \psi_{n+2}(x)\psi_n^3(x) - \psi_{n+1}^3(x)\psi_{n-1}(x), n \geq 2 \end{aligned} \quad (16)$$

де коефіцієнти a, b є параметрами еліптичної кривої, яка задана над полем $GF(p)$.

Поліноми ділення дозволяють побудувати поліном виду:

$$f_n(x) = \begin{cases} \psi_n(x), n = 2l \\ \frac{\psi_n(x)}{x^3 + ax + b}, n = 2l + 1 \end{cases} \quad (17)$$

Доцільність застосування поліномів (17) заснована на властивості, яка представлена в роботі [19] у вигляді наступного твердження:

Нехай точка $P = (x, y)$ – це точка еліптичної кривої, ордината якої не дорівнює нулю. Рівність вигляду $nP = O, n \geq 3$ виконується тоді і лише тоді, коли $f_n(x) = 0$.

З даної властивості випливає, що корені цих поліномів є абсцисами точок крутіння еліптичної кривої. Для пошуку координати точки l -крутіння необхідно знайти корінь полінома, ступінь якого дорівнює $\frac{l^2 - 1}{2}$.

Основною причиною того, що метод запропонований Р. Скуфом не набув поширеного використання, полягає саме в необхідності використовувати поліноми ділення. В таблиці 2 наведено взаємозв'язок між розмірністю поля та ступенем поліномів ділення. Розрахунки проводилися на основі обмеження, наведеного в роботі [18]:

$$\prod_{i=3}^k l_i > 4\sqrt{p}.$$

Таблиця 2

Значення p	Максимальне значення l	Ступінь поліномів ділення
$< 2^{14}$	7	24
$< 2^{200}$	191	18240

Згідно з даними, представленими в роботі [18], для запису полінома ділення для значення $l = 191$ необхідно використати 1 Мб оперативної пам'яті.

У зв'язку з вказаним недоліком метод Р. Скуфа є методом, для реалізації якого необхідно використовувати значні об'єми оперативної пам'яті. Тому цей метод недоцільно використовувати для поліномів з великою характеристикою.

На основі методу, запропонованого Р. Скуфом, було розроблено вдосконалений метод обчислення порядку кривої під назвою SEA [20]. Як вже зазначалося вище, недоліком методу Р. Скуфа є великий ступінь поліномів ділення, на основі яких виконується обчислення значення сліду відображення ендоморфізму Фробеніуса. Один зі шляхів подолання даного недоліку полягає у використанні поліномів меншого ступеня або розкладення поліномів ділення на множники, що дозволить визначити координати точок крутіння, використовуючи менший об'єм пам'яті в порівнянні з методом Р. Скуфа.

Метод SEA базується на пошуку значення сліду ендоморфізму Фробеніуса з рівняння (14). При цьому оптимізація здійснюється за

рахунок використання поліномів ступеня $\frac{l-1}{2}, l+1$ для обчислення координат точок l -крутіння. Для побудови поліномів вказаних ступенів розглядаються прості числа Ілкіса [20]. Для отримання чисел Ілкіса розглядають рівняння (15). Обчислюють значення $\Delta = t_l^2 - 4p_l \pmod{l}$. Якщо Δ є квадратичним лишком у векторному просторі, тоді існує таке значення λ , для якого виконана наступна умова:

$$(x^P, y^P) = \lambda'(x, y). \quad (18)$$

Тоді значення λ обчислюють використовуючи порівняння

$$\lambda \equiv \lambda' \pmod{l}. \quad (19)$$

На основі умови, запропонованої в роботі [20], маємо значення

$$t \equiv \lambda + \frac{P}{\lambda} \pmod{l}. \quad (20)$$

Використовуючи рівняння (15) та (16) обчислюється значення t_l . Як зазначалося вище, рівняння (15) виконується лише для точок l -крутіння. Для пошуку координат даних точок для простих чисел Ілкіса існує поліном ступеня $\frac{l-1}{2}$ виду:

$$g(x) = \prod_{P \in E[l]} (x - x(P)), \quad (21)$$

де точки $P \in E[l]$ є точками з підгрупи l -крутіння точок еліптичної кривої. Поліном $g(x)$ є дільником поліномів (17). Слід зазначити, що дане вдосконалення засновано на використанні модулярних поліномів $\Phi_l(x, y)$, які також є дільниками поліномів (17).

Вдосконалення Аткина та Ілкіса не визначають значення сліду відображення Фробеніуса, а лише накладають обмеження на його значення.

Таким чином, вдосконалення Аткина та Ілкіса, на основі яких побудований метод під назвою SEA, дозволяють зменшити обчислювальну складність методу Р. Скуфа за рахунок використання поліномів ступеня $(l-1)/2$ або поліномів ступеня $(l+1)$. Обчислювальна склад-

ність алгоритму, який базується на методі SEA та має таку ж назву, дорівнює $O(\log^5 p)$.

Недоліком цього методу є зростання коефіцієнтів поліномів $\Phi_l(x, y)$ при зростанні значення l . Наприклад, вільний член полінома $\Phi_2(x, y)$ дорівнює 157 000 000 000, а вільний член полінома $\Phi_3(x, y)$ дорівнює 1 855 425 871 872 000 000 000.

Метод Т. Сатоо [21] дозволяє обчислювати порядок випадково генерованої кривої над полем $GF(p^n)$ та $GF(2^n)$. Вказаний метод для поля $GF(p^n)$ не є ефективним, як і метод SEA за рахунок використання модулярних поліномів $\Phi_p(x, y)$, коефіцієнти яких збільшуються при збільшенні характеристики поля p . Для поля $GF(2^n)$ даний метод дозволяє здійснити програмну реалізацію з найменшою обчислювальною складністю. Його сутність полягає також в обчисленні сліду ендоморфізму Фробеніуса, як і в методах Р. Скуфа, та SEA. Даний метод при використанні розширення полів характеристики два подолав недоліки наведених вище методів за рахунок використання тільки одного модулярного полінома $\Phi_2(x, y)$, коефіцієнти якого є цілими числами. Використовуючи p -адичний запис коефіцієнтів полінома та виконуючи усі дії із заздалегідь вказаною точністю, можна зменшити об'єм необхідної пам'яті для його реалізації. Метод Т. Сатоо [21] полягає в побудові циклу ізоморфних кривих, заданих над полем p -адичних чисел таким чином, що значення сліду ендоморфізму Фробеніуса буде таким самим, як і для ізоморфних кривих над полем $GF(p^n)$. Побудова кривих здійснюється за допомогою відображення ендоморфізму Фробеніуса, на основі властивості модулярного полінома, наведеної в роботі [21] та j -го інваріанта базової кривої E_0

$$y^2 + xy = x^3 + ax^2 + b. \quad (22)$$

Рівняння кривих E_i , де $i = 1, 2, \dots, n - 1$ мають наступний вигляд:

$$y^2 + xy = x^3 + a^{2^i} x^2 + b^{2^i}. \quad (23)$$

На другому етапі згідно з [21] обчислюються коефіцієнти рівняння ізогенних кривих, які ізоморфні кривим над полем p -адичних чисел. Використовуючи вказані рівняння на останньому етапі, обчислюється слід Фробеніуса за допомогою їх коефіцієнтів.

Складність обчислення порядку кривої для кожного методу наведена в таблиці 3. Множення двох цілих чисел, що складаються з n біт, здійснюються за $O(n^\mu)$ операцій.

Таблиця 3

Складність методів обчислення порядку еліптичної кривої

Еліптична крива, яка задана над полем	Метод	Обчислювальна складність
$GF(p)$, p – просте число	Р. Скуфа	$O((\log p)^{3\mu+2})$
$GF(p^n)$, p – просте число	SEA	$O((\log q)^{2\mu+2})$ $q = p^n$
$GF(2^n)$	Т. Сатоо	$O(n^{2\mu+1})$

μ – це константа, яка визначає час виконання множення двох m -бітових цілих чисел з часовою складністю $O(m^\mu)$. Метод Т. Сатоо є найбільш перспективним методом для реалізації за обчислювальною складністю згідно з даними, наведеними в таблиці 3.

Слід зазначити, що кожний з наведених методів знаходить лише порядок кривої та не відповідає на запитання її придатності для використання в криптоперетвореннях. З огляду на це виникає потреба в розробці методики генерації загальносистемних параметрів криптосистем на еліптичних кривих, яка б враховувала усі умови безпеки використання таких систем. Крім того, практична реалізація генерації параметрів на базі розробленої методики повинна мати поліноміальну обчислювальну складність та використовувати прийнятні об'єми оперативної пам'яті. При проведенні аналізу даних, наведених у таблиці 3, з'ясовано, що метод Т. Сатоо [21, 24, 25, 26] для розширення поля характеристики два є алгоритмом з мінімальною обчислювальною складністю. Використання даного алгоритму для вказаних полів дозволяє здійснювати програмні та апаратні реалізації алгоритмів, які використовують в криптографічних додатках. Крім того, можливо здійснити вдосконалення методу Т. Сатоо за критерієм мінімізації часової складності за рахунок використання кривої виду:

$$y^2 + xy \equiv x^3 - \frac{36}{1728-j}x - \frac{1}{1728-j} \pmod{(2, f(x))}, \quad (24)$$

де x, y – невідомі;

j – інваріант піднятої кривої [24-26];

$f(x)$ – незведений поліном, який генерує поле $GF(2^n)$.

Використання кривої (24) на етапі обчислення значення сліду відображення ендоморфізму Фробеніуса [24-26] дозволить зменшити часову складність обчислення від 1,8 до 2 разів залежно від розмірності поля, на якому задана крива. Недоліком даного методу обчислення порядку еліптичної кривої є його неспроможність відбирати криві, які непридатні для застосування в криптографічних перетвореннях. Подолати вказаний недолік можливо за рахунок розробки методики генерації загальносистемних параметрів криптографічних систем на еліптичних кривих.

З огляду на наведене вище вказана методика повинна включати в себе наступні етапи:

1. Обчислення порядку випадкової кривої за допомогою вдосконаленого за критерієм обчислювальної складності методу Т. Сато.
2. Перевірка придатності еліптичних кривих до застосування в криптографічних додатках.

Таким чином, виконання усіх етапів методики генерації загальносистемних параметрів з огляду на зменшення часової складності методу Т. Сато за рахунок використання кривої (24) дозволяє розробити програмний комплекс генерації загальносистемних параметрів. Цей комплекс дає можливість поповнювати базу еліптичних кривих, придатних до криптографічних перетворень, передбачених ДСТУ 4145–2002, та сформувати базу еліптичних кривих над розширенням поля характеристики два ступеня більше ніж 509 та не менше ніж 1024.

Список літератури

1. ДСТУ 4145-2002 “Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Формування та перевірка”. – К. : Держстандарт України, 2003. – 94 с.
2. IEEE P 1363-2000. Standard Specification for public key cryptography, 2000.
3. American National Standard X9.62-1999. Public key cryptography for the financial services industry: The elliptic curve digital signature algorithm, 1999.
4. American National Standard X9.63-2000. Public key cryptography for the financial services industry: Key agreement and key transport using elliptic curve cryptography. 2000.
5. FIPS 186-2-2000. Digital signature standard. National Institute of standard and technology. – 2000.
6. ISO/IEC 15946. Information technology – Security techniques – Cryptographic techniques based on elliptic curves.
7. Про електронні документи та електронний документообіг : закон України від 22 травня 2003 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.
8. Про електронний цифровий підпис : закон України від 22 травня 2003 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.

9. ГОСТ 28147-89 “Государственный стандарт Союза ССР. Система обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования”.
10. ГОСТ 34.310-95 “Інформаційна технологія. Криптографічний захист інформації. Процедури вироблення й перевірки електронного цифрового підпису на базі асиметричного криптографічного алгоритму”.
11. Правила посиленої сертифікації” : наказ ДСТСЗІ СБУ від 13.01.2005 № 3.
12. Про затвердження Порядку засвідчення наявності електронного документа (електронних даних) на певний момент часу : постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2004 № 680.
13. Про затвердження Порядку акредитації центру сертифікації ключів : постанова Кабінету Міністрів України від 13.06.2004 № 903.
14. Про затвердження Положення про центральний засвідчувальний орган : постанова Кабінету Міністрів України від 28.10.2004 № 1451.
15. Про затвердження Порядку застосування електронного цифрового підпису органами державної влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями державної форми власності : постанова Кабінету Міністрів України від 28.10.2004 № 1452.
16. Про затвердження Типового порядку здійснення електронного документообігу в органах виконавчої влади : постанова Кабінету Міністрів України від 28.10.2004 № 1453.
17. Горбенко І. Д., Гриненко Т. О. Комплексні системи захисту.
18. Бессалов А. В., Телижненко А. Б. Криптосистемы на эллиптических кривых / А. В. Бессалов, А. Б. Телижненко. – К. : Политехника, 2004. – 223 с.
19. Schoof R. Counting points on elliptic curve over finite fields / R. Schoof // Proc. Journées Arithmétiques, 93, 1995. – P. 219–252.
20. Elkies E. Elliptic and modular curves over finite fields and related computational issues / E. Elkies // Computational perspectives in number theory. – 1998. – P. 21–76.
21. Fouquet M., Gaudry P. and Harley R. An extension of Satoh’s algorithm and its implementation, J. Ramanujan Math. Soc. 15, 2000. P. 281–318.
22. Бухштаб А. А. Теория чисел / А. А. Бухштаб. – М. : Просвещение, 1996. – 386 с.
23. Silverman J. The arithmetic of elliptic curve, Graduate Texts in mathematics 106, Springer-Verlag. – Berlin–New York, 1986.
24. Илясова О. Е. Метод поднятия эллиптической кривой при построении ее параметров с использованием модулярного полинома” / О. Е. Илясова // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Випуск 11. – К. : КПІ, 2005. – С. 140–145.
25. Горбенко І. Д. Математичне моделювання процесів побудови параметрів еліптичних кривих для криптографічних перетворень / І. Д. Горбенко, О. Є. Ілясова // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – Х. : ХАІ. – Випуск 6 (18), 2006. – С. 27–31.
26. Горбенко І. Д. Обчислення сліду ендоморфізму Фробеніуса над полем $GF(2^n)$ / І. Д. Горбенко, О. Є. Ілясова // Прикладная радиоэлектроника. – Х. : ХНУРЕ. – Випуск 1 (5), 2006. – С. 18–24.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ОСНОВНИХ РІВНЯНЬ ФІНАНСОВОЇ МАТЕМАТИКИ МЕТОДАМИ ІНТЕРВАЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ*

Теоретичні основи розв'язання інтервальних рівнянь

Назвемо прямою задачею фінансового аналізу обчислення значення деякого показника, який є функцією від декількох аргументів. Особливістю методів фінансового аналізу є багаторазова суперпозиція функцій, обумовлена особливостями розрахунку показників. В умовах нестохастичної невизначеності даних для її розв'язання були запропоновані методи інтервальних обчислень [1].

Зворотна задача виникає при плануванні діяльності фірми, коли задано бажаний інтервал значень заключного показника-функції та необхідно підібрати відповідні значення аргументів. Розв'язання зворотної задачі може бути зведено до розв'язання інтервальних рівнянь [2]. Для розв'язання інтервальних рівнянь введено поняття спряженого інтервалу.

Якщо інтервал $\bar{a} = (a_1, a_2) \in I(R)$, то спряженим інтервалом стосовно \bar{a} називають інтервал $\bar{a}^* = (\bar{a}_1^*, \bar{a}_2^*) = (a_2, a_1)$.

У роботі [2] доведено, що розв'язок лінійного рівняння

$$\bar{x} + \bar{a} = \bar{b} \quad (1)$$

записується у вигляді $\bar{x} = \bar{b} - \bar{a}^*$. Для рівняння $\bar{x} \cdot \bar{a} = \bar{b}$ одержуємо

$$\bar{x} = \bar{b} / \bar{a}^*, \quad 0 \notin \bar{a}. \quad (2)$$

У загальному випадку рішення лінійного рівняння виду

$$\bar{a} \cdot \bar{x} + \bar{b} = \bar{c} \text{ має вигляд } \bar{x} = (\bar{c} - \bar{b}) / \bar{a}^*.$$

Згідно з роботою [3] платоспроможність позичальника визначають такими показниками:

- коефіцієнт миттєвої ліквідності $КЛ_1$;
- коефіцієнт поточної ліквідності $КЛ_2$;
- коефіцієнт загальної ліквідності $КП$;
- коефіцієнт маневреності власних коштів $КМ$;
- коефіцієнт незалежності $КН$.

* В. Ю. Дубницький, А. М. Кобилін

Рентабельність позичальника визначають за допомогою показників рентабельності активів, рентабельності продажу, які наведені в роботі [2].

Коефіцієнт миттєвої ліквідності визначається за формулою:

$$KL_1 = \frac{A_{\epsilon}}{Z_n}, \quad (3)$$

де A_{ϵ} – високоліквідні активи; Z_n – короткострокові зобов'язання.

В інтервальній формі коефіцієнт KL_1 визначається так:

$$[KL_1] = \frac{[A_{\epsilon}]}{[Z_n]} = \frac{[A_{\epsilon(n)}; A_{\epsilon(\epsilon)}]}{[Z_{n(n)}; Z_{n(\epsilon)}]}.$$

Коефіцієнт поточної ліквідності визначається за формулою

$$KL_2 = \frac{A_l}{Z_n}, \quad (4)$$

де A_l – ліквідні активи.

В інтервальній формі коефіцієнт KL_2 визначається так:

$$[KL_2] = \frac{[A_l]}{[Z_n]} = \frac{[A_l(n); A_l(\epsilon)]}{[Z_{n(n)}; Z_{n(\epsilon)}]}.$$

Коефіцієнт загальної ліквідності визначається за формулою

$$KP = \frac{A_o}{Z_n}, \quad (5)$$

де A_o – оборотні активи.

В інтервальній формі коефіцієнт KP визначається так:

$$[KP] = \frac{[A_o]}{[Z_n]} = \frac{[A_o(n); A_o(\epsilon)]}{[Z_{n(n)}; Z_{n(\epsilon)}]}.$$

$$[KH] = \frac{[ZK]}{[BK]} = \frac{[ZK_{(n)}; ZK_{(\epsilon)}]}{[BK_{(n)}; BK_{(u)}]}.$$

Рентабельність продажу визначається за формулою:

$$P = \frac{\Pi_q}{O_p}, \quad (6)$$

де O_p – обсяг реалізації (без ПДВ).

В інтервальній формі величину P визначають так:

$$[P] = \frac{[P_{ч}]}{[O_p]} = \frac{[P_{чн}; P_{чев}]}{[O_{рн}; O_{рв}]}$$

$$[A] \cdot [X] = [B]$$

$$X^* = \frac{B}{A^*}$$

Розв'язання відносно V

$$V = (u_1, u_2) \cdot (w_2, w_1)$$

$$\alpha = u_1 \cdot w_2, u_1 \cdot w_1, u_2 w_1, u_2 \cdot w_2$$

$$V_n = \min \alpha, V_e = \max \alpha$$

Розв'язання відносно W

$$U = \frac{V}{W} \quad (7)$$

$$\alpha = u_1 \cdot \frac{1}{V_2}; u_1 \cdot \frac{1}{V_1}; u_2 \cdot \frac{1}{V_2}; u_2 \cdot \frac{1}{V_1}$$

$$W = \left(\frac{1}{\max \alpha}; \frac{1}{\min \alpha} \right)$$

Для розв'язання рівнянь було створено спеціальне математичне забезпечення, особливості якого розглянуто далі.

Обґрунтування і вибір технології програмування

Для програмної реалізації інтервальних обчислень в умовах нестochasticної невизначеності обрана технологія програмування, яка базується на моделі багатокомпонентних об'єктів (Component Object Model, далі СОМ). Модель СОМ дає можливість створення багаторазово використовуваних компонентів, незалежних від мов програмування. Такі компоненти називаються СОМ-серверами і являють собою виконавчі файли (EXE) або динамічно завантажувані бібліотеки, спеціальним чином оформлені для забезпечення можливості їх універсального виклику з будь-якої програми, написаної на мові програмування, яка підтримує СОМ-технологію. При цьому СОМ-сервер може виконуватися як в адресному просторі програми, яка звертається до сервера, так і у вигляді самостійного процесу або навіть на другому комп'ютері. СОМ автоматично вирішує всі питання, які пов'язані з передачею параметрів і погодженням моделі потоків клієн-

та і сервера, а також дає уніфікований, відкритий, об'єктно-орієнтований протокол зв'язку програм, котрий підтримує:

- а) стандартний, не залежний від мови програмування, спосіб завантаження і виклику Win32 – модулів DLL клієнтськими Win32-програмами;
- б) універсальний спосіб керування однієї EXE-програмою іншою, яка виконується на тому ж комп'ютері (заміна DDE);
- в) заміну елементів керування VBX-елементами керування на базі OLE (OCX);
- г) новий потужний спосіб взаємодії прикладних програм з операційною системою;
- д) розширення для підтримки нових протоколів типу DAO (Data Access Objects – об'єкти доступу до даних).
- е) COM підтримує і 16-розрядне програмне середовище. 16-розрядна EXE-програма може використовувати 16-розрядну DLL і взаємодіяти з 32-розрядною EXE-програмою, яка виконується на тому ж комп'ютері. Але важливість підтримки 16-розрядного середовища знижується в міру того, як все більше користувачів переходять до 32-розрядних версій Windows.

У найближчому майбутньому Microsoft розширить можливості COM для підтримки зв'язку між програмами, які будуть виконуватися на різних машинах і навіть на процесорах з різною архітектурою.

COM – це протокол, який з'єднує один програмний модуль з іншим, а потім залишає сцену. Після того, як зв'язок встановлено, модулі можуть взаємодіяти через механізм, який називають інтерфейсом (interface). Інтерфейси не потребують статичного чи динамічного зв'язування точок вводу, або “захитих” в програму адрес, за виключенням декількох універсальних COM-функцій, які активізують процес встановлення зв'язку [1-2].

Обґрунтування і вибір середовищ програмування для розробки сервера

Структуру COM-сервера можна розглядати як джерело бібліотечних функцій, пристосованих одразу для використання. Мета COM-сервера – забезпечити повторне застосування коду для вашої програми, подібно до того, як ви робите це при використанні статистичних чи динамічних бібліотек. Функціональність COM-сервера може бути описана як бібліотека типів, яка визначає класи, інтерфейси та методи.

Бібліотека активних шаблонів (ATL) являє собою основу для створення невеликих COM-компонентів і забезпечує реалізацію їх основних можливостей. Виконання багатьох рутинних процедур, з якими зустрічається розробник при використанні середовища

програмування Visual C++, можна уникнути за рахунок використання класів шаблонів ATL. Наведемо список основних функцій ATL:

- а) утиліта AppWizard, існує для створення первинного ATL-проекту;
- б) майстер об'єктів, використовується для додавання в проект компонентів різних типів;
- в) підтримка, за замовчуванням, основних інтерфейсів COM, таких як IUnknown та IClassFactory;
- г) підтримка механізму транспортування інтерфейсу користувача;
- д) підтримка базового механізму диспетчеризації (автоматизації) і двонаправленого інтерфейсу;
- е) належна підтримка розробки невеликих елементів управління ActiveX;
- є) дана утиліта являє собою майстер Visual C++, вона полегшує поетапне створення початкового проекту. При створенні будь-якого проекту до неї доводиться звертатися лише один раз. Як тільки проект створено, для додавання в нього компонентів застосовується майстер об'єктів ATL.

Після завершення роботи майстра будуть створені наступні файли:

AutoSvr.CPP – головний файл проекту. В ньому містяться функції підтримки, необхідні COM для забезпечення зберігання компонентів.

AutoSvr.IDL – IDL-файл (файл опису інтерфейсів) проекту. Сюди додається означення інтерфейсів та методів. Цей файл буде оброблено компілятором MIDL, після чого для проекту буде створена бібліотека типів.

AutoSvr.DEF – файл означень Windows. Містить опис точок входу DLL. Для EXE-проектів такий файл не створюється.

AutoSvr.RC – файл ресурсів проекту.

Створений з допомогою ATL COM AppWizard каркас проекту забезпечує тільки зберігання компонентів, але не містить файли, необхідні для створення того чи іншого компонента. Ці файли можна створити звернувшись до майстра об'єктів ATL.

Після вибору всіх властивостей утилітою AppWizard будуть згенеровані всі файли. В головний файл проекту AutoSvr.CPP буде додана глобальна змінна – екземпляр класу CcomModule з ім'ям _Module. В ньому реалізовано безліч функцій підтримки, більшість з яких забезпечують базову підтримку функції COM.

Розробка COM-об'єкта для реалізації операцій інтервальної арифметики

Властивості та можливості ATL в даній роботі розглянуті створенням компонента, який підтримує виконання операцій інтервальної арифметики і фінансових операцій в умовах нестохастичної невизна-

ченості. В даному проекті СОМ-функції використовуються при програмуванні дій інтервальної арифметики, тому що узагальнена частина програми вимагає більше арифметичних операцій, отже, машинного часу.

Будуть передаватися два–п'ять чисел – додаватися, ділитися, множитися, відніматися, логарифмуватися, зводиться до степеня, підраховуватися за відповідними економічними формулами, а потім повертатиметься результат.

З цією метою були скоректовані наступні файли, створені майстром об'єктів ATL, відповідними рядками.

В MATH.CPP було додано відповідно до кожної арифметичної операції, яка буде виконуватися створеним СОМ-об'єктом, методи реалізації відповідних арифметичних та математичних операцій. Для цього використовується макрос `STDMETHODIMP`. Приклад використання цього макроса, який реалізує метод `Add`, наведений нижче:

```
STDMETHODIMP CMath::Add(double ax, double bx, double* cx)  
{*cx=ax+bx; return S_OK;},
```

де *Add* – назва операції, яку необхідно виконати;
(double ax, double bx, ...) – об'єкти змінних, які передаються іншою програмою;
(..., ..., double cx)* – результат, отриманий при виконанні операції, та який передається в іншу програму як відповідь;
**cx=ax+bx* – формула для підрахунку.

Залежно від дії, яку потрібно виконати, видозмінюється формула і кількість змінних, які передаються. А також використовуються додатково цикли та масиви (множення, зведення до степеня, логарифмування) та повідомлення про помилку (ділення, логарифмування).

В MATH.H, відповідно до кожної арифметичної операції оголошується за допомогою макроса `STDMETHOD` відповідний метод. Приклад оголошення методу додавання для нашого СОМ-об'єкта наведено нижче.

```
STDMETHOD (Add)(double, double, double*),
```

де *Add* – назва операції, яку необхідно виконати;
(double, double,..) – тип змінної, яка передається;
(.., double)* – тип змінної, яка повертається.

В Autosvr.idl, відповідно до кожної арифметичної операції:

```
HRESULT Add([in] double, [in] double, [out,retval] double* cx),
```

де *HRESULT* – стандартний, який повертає тип для методів інтерфейсу. Вказує на код помилки чи код вдалого завершення операції;

Add – назва операції, яку необхідно виконати;

(*[in] double, [in] double,..*) – тип змінної, яка передається, *[in]* – вказує на те, що вони вхідні;

(*.., [out,retval] double* cx*) – тип змінної, яка повертається, *[out,retval]* – вказує на те, що результат є вихідним.

Вибір і обґрунтування середовища програмування для розробки додатка на базі створеного СОМ-об'єкта

Для розробки було вибрано Delphi 7, тому що ця система має великі засоби та можливості для розробки інтерфейсу користувача, а також типи користувача, які дозволяють визначити типи даних для Variants.

Варіантні типи можуть використовуватися для представлення значень, які можуть інтерпретуватися різними способами. Змінна варіантного типу може мати в собі значення різних типів і звичайно застосовується у випадках, коли тип її значення при компіляції невідомий, або може змінюватися в процесі виконання програми. Для опису цієї змінної варіантного типу використовується ключове слово Variant. Такій змінній можна присвоїти значення: цілочисельне (крім Int64), дробових, символьних, строкових та логічних типів. Всі ці типи вважаються сумісними з типом Variant, і у випадку необхідності операція, яка перетворює типи компілятором, виконується автоматично [2].

Так, у нас в розробці змінна V є глобальною змінною типу “варіант”.

Private V:Variant;

Надалі ми її використовуємо так:

V:=CreateOleObject('Math.MathComponent').

Тобто нашій створеній вже бібліотеці присвоюємо тип даних Variant. Варіантну змінну можна використовувати також як масив значень.

При розробці використано сім форм, одна з яких AboutBox. Вони зв'язані між собою: uses unit2, unit3, unit4.

Головна форма проекту

Для зручності користувача головна форма містить поточну дату, час, строку стану. Зовнішній вигляд представлено на рис. 1.

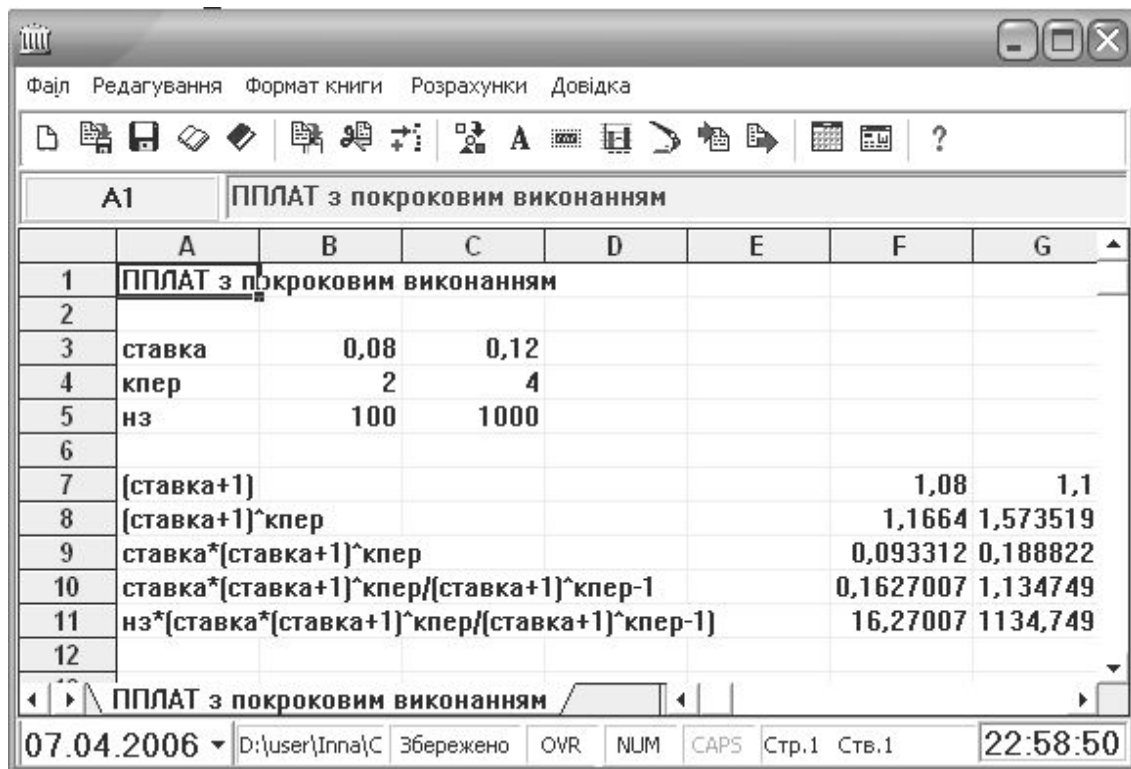


Рис. 1. Головна форма програми

Label1.Caption:=TimeToStr(Time); – використовується компонент Timer з закладки System.

DateTimePicker1.Date:=Date();) – використовується компонент DateTimePicker із закладки Win32.

StatusBar – рядок стану з закладки Win32.

На ній фіксуються: шлях збережених та відкритих документів, зміни в документі, положення курсора; натиснення клавіш: Num Lock, Caps Lock, Insert.

На головній формі міститься компонент F1Book1 з закладки ActiveX, з яким надалі буде пов'язана наша робота.

Головна форма має такі можливості:

F1Book1.SetDefaultFont('System',12); – встановлювати параметри шрифту в F1Book1;

F1Book1.NumSheets; – встановлювати номер сторінки;

F1Book1.InsertSheets(1, 1); – вставка листа з номером 1;

F1Book1.DeleteSheets(1, F1Book1.NumSheets - 1); – при повторному натисненні не створюється сторінки під номером 2;

Form1.Caption:= 'Нова книга'; – присвоєння формі назви 'Нова книга';

збереження документа (з використанням SaveDialog з закладки Dialog);

if (SaveDialog1.Execute) and (SaveDialog1.FileName <> '') then – якщо активовано SaveDialog та записано ім'я файлу, то

begin F1Book1.Write(SaveDialog1.FileName, 4); – F1Book1 зберігається

під заданим ім'ям у вибраному місці;

F1Book1.Write(SaveDialog1.FileName, 4) – зберегти під збереженим раніше ім'ям;

Form1.Caption:=SaveDialog1.FileName; – формі присвоюється назва у вигляді шляху до файлу. end;

відкриття документа (з використанням OpenFileDialog з закладки Dialog), описується аналогічно попередньому;

F1Book1.EditCopy – скопіювати фрагмент запису;

F1Book1.EditCut – вирізати фрагмент запису;

F1Book1.EditPaste – вставити фрагмент запису;

форматування тексту – F1Book1.FormatNumberDlg;

корекція шрифту – F1Book1.FormatFontDlg;

корекція рамки – F1Book1.FormatPatternDlg;

вибір кольору фону – F1Book1.FormatPatternDlg;

дати сторінку – F1Book1.InsertSheets(F1Book1.Sheet, 1);

знищити сторінку –if (F1Book1.Sheet > 1) then F1Book1.DeleteSheets(F1Book1.Sheet, 1) – якщо в F1Book1 більше ніж одна сторінка, то знищити останню;

else MessageDlg('Ошибка удаления', mtError, [mbOk], 0); – в іншому випадку з'явиться повідомлення.

Побудова графіка (з використанням Chartfx з закладки ActiveX), який міститься на додатковій формі. Код основної форми:

if (F1Book1.SelEndCol - F1Book1.SelStartCol + 1)*

(F1Book1.SelEndRow - F1Book1.SelStartRow + 1) > 1 then Form7.ShowModal – якщо клітинки вибрані, то виклик форми з графіком для побудови;

else MessageDlg('Ячейка не выбрана', mtError, [mbOk], 0); – в іншому випадку з'явиться повідомлення.

Код форми з Chartfx:

begin

ColCount := Form1.F1Book1.SelEndCol -

Form1.F1Book1.SelStartCol + 1; – підрахунок вибраних колонок;

RowCount:=Form1.F1Book1.SelEndRow

Form1.F1Book1.SelStartRow + 1; – підрахунок вибраних рядків;

```

ChartFX1.OpenDataEx(1, ColCount, RowCount);
for i := 0 to ColCount-1 do
for j := 0 to RowCount-1 do begin
ChartFX1.ThisSerie := i; – визначення кількості серій в діаграмі;
ChartFX1.Value[j]:=Form1.F1Book1.NumberRC[j+Form1.F1Book1.
SelStartRow, i+Form1.F1Book1.SelStartCol]; – значення по вісі абсцис;
ChartFx1.SerLeg[i]:=Form1.F1Book1.EntryRC[j+Form1.F1Book1.Se
lStartCol, j+Form1.F1Book1.SelStartCol]; – значення по вісі ординат;
end;
ChartFX1.CloseData(1); end;

```

Форма функції – дочірня форма проекту

Ця форма використовує створену бібліотеку і призначена для розрахунків фінансових функцій в умовах стохастичної невизначеності [3–5]. Зовнішній вигляд представлено на рис. 2.



Рис. 2. Form4

Для розрахунків можна використовувати звичайну та інтервальну арифметику. Існує довідка (кликнути мишкою на малюнок з знаком

питання). Розрахунки можна записувати в таблицю з покроковим виконанням.

ListBox1.Items.Add('ПЛАТ'); – виводить в ListBox1 ПЛАТ.

if ListBox1.Selected[0] then – якщо вибраний перший рядок в ListBox1, то Label1.Visible:=true; – показати Label1 (false – сховати).

Label1.Caption:=' ставка '; – вивести напис в ' '.

Form1.F1Book1.SetDefaultFont('System',8) – для розпізнавання російського алфавіту.

Не можемо вводити літери: if NOT((Key<'0') or (Key<'9')) then Key:=#0.

Кожна його функція побудована за принципом:

V:=CreateOleObject('Math.MathComponent'), – звернення до бібліотеки.

Form1.F1Book1.EntryRC[i,j]:='ППЛАТ'; – вивести в задану комірку 'ППЛАТ', координати задаються з клавіатури;

Form1.F1Book1.NumberRC[i+2,j+1]:=StrToInt(Edit1.text); – вивести в задану комірку значення Edit1, координати задаються з клавіатури;

Form1.F1book1.NumberRC[i+6,j+1]:=V.PPLAT(Edit3.text,Edit1.text,Edit2.text); – вивести в задану комірку результат підрахунку з допомогою створеної бібліотеки, координати задаються з клавіатури. PPLAT – виклик зазначеного методу, передача йому змінних(Edit1.text,Edit3.text,Edit2.text).

Обробка помилки, при спробі виконати підрахунки хоча б з одним незаповненим полем Edit.

for i:=1 to 10 do begin

A:=TEdit(FindComponent('Edit'+IntToStr(i))).Text;

if(Length(A)=0)and

(TEdit(FindComponent('Edit'+IntToStr(i))).Visible=true) then begin

MessageDlg('Ошибка ввода данных',mtError,[mbOk],0);

Form1.F1Book1.EntryRC[i,j]:='ППЛАТ'; – виводить в заданій комірці ППЛАТ.

Form1.F1Book1.NumberRC[i+2,j+1]:=StrToInt(Edit1.text); – виводить в заданій комірці значення з поля Edit1.

Форма функції – експеримент із звуження інтервалу

За мету було поставлено звузити отриманий результат. Звуження було отримано щодо лівого краю інтервалу. Звуження було отримано як більше так і менше. Також було проведено дослідження щодо зміни порядку операцій. В інтервальній математиці, як і в звичайній, це не впливає на результат за виключенням почленного ділення. Тобто, як-

що ми будемо ділити почленно і загально, результат буде різний. Результати представлені на рис. 3. Графічне зображення представлено на рис. 4.

ППЛАТ - звуження інтервалу											
A1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ППЛАТ - звуження інтервалу										
2											
3	ставка	8	12								
4	кпер	2	4								
5	нз	100	110								
6											
7	З застосуванням звичайної арифметики					Загальнені інтервали			З приєднаними інтервалами		
8		56,076923	36,215788			16,27007	124,82245		56,076923	36,215788	
9											
10	max на min при множенні;					max на min при множенні;					
11	max на max, min на min при діленні					max на min, min на max при діленні					
12		41,756619	47,060939			33,211288	59,169811				
13											
14	"Ставка" на min			"Ставка" на max		"КПЕР" на min		"КПЕР" на max			
15	56,076923	60,307692		31,312725	36,215788	56,076923	65,408123		28,871004	36,215788	
16											
17	"НЗ" на min			"НЗ" на max							
18	56,076923	61,684615		32,923444	36,215788						
19											
20	Зміна порядку операцій					Розкладання множників за формулою					
21	$((1+i)^n)^i / (1+i)^{n-1} * p$		16,27007	124,82245		Бінома-Ньютона і почленне ділення					
22	$((1+i)^n / (1+i)^{n-1}) * i * p$		16,27007	124,82245		min/max, max/min	56,076923	126,21083			
23	$(i / (1+i)^{n-1}) * (1+i)^n * p$		16,27007	124,82245		min/min, max/max	16,27007	435,00214			
24	$(p / (1+i)^{n-1}) * (1+i)^n * i$		16,27007	124,82245		ділимо на	36,679245	200,79493			
25	$(p * i / (1+i)^{n-1}) * (1+i)^n$		16,27007	124,82245		інші числа	25,884843	284,5297			
26	$(p * (1+i)^n / (1+i)^{n-1}) * i$		16,27007	124,82245							

Рис. 3. Експеримент із звуження інтервалу

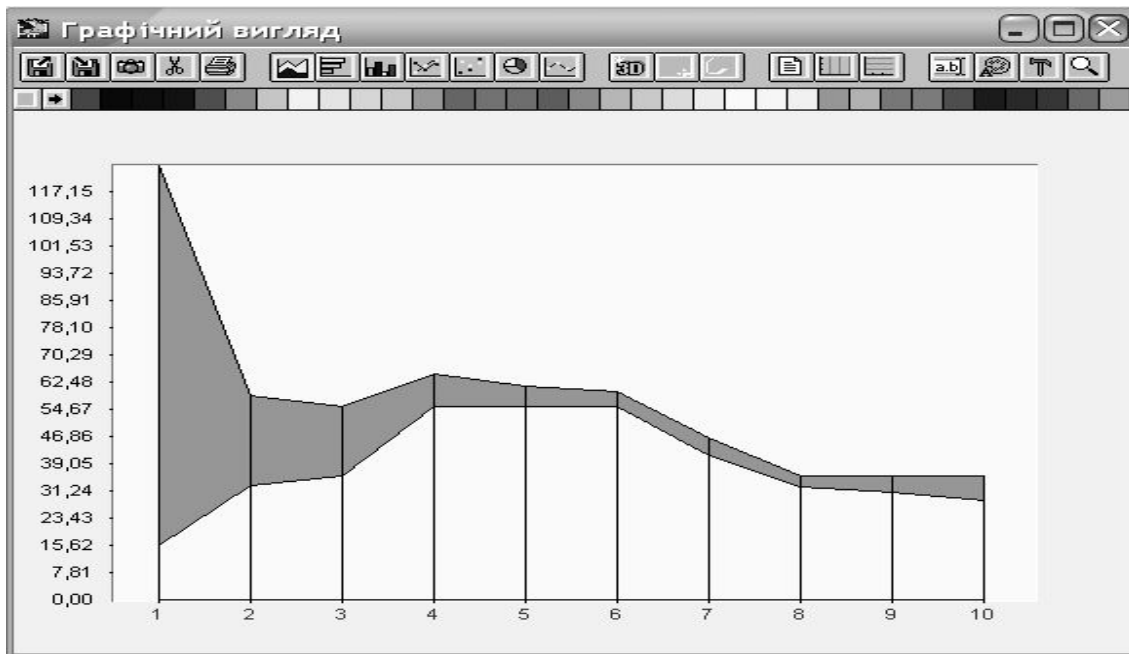


Рис. 4. Графічний вигляд звуження інтервалу

Інтервальний калькулятор – дочірня форма проекту

Всі функції інтервального калькулятора будуються так само, як було описано для попередньої форми (рис. 5).

Ця форма також містить дочірні форми, які виконують функції копіювання (рис. 6).

Рис. 5. Form 2

Рис. 6. Form 3 (Form 6 аналогічна)

Розроблений калькулятор має можливість виконувати багатоступеневі операції за допомогою кнопок: записати C (в таблицю), переписати (з таблиці в калькулятор), C записати в A (інтервал C записати в інтервал A), C записати в B (інтервал C записати в інтервал B), пам'ять на додавання та віднімання; операції з множинами: об'єднання, перетин, включення, додаткові операції для знаходження: середини інтервалу, абсолютної величини, симетрії, ширини [2–5].

Form1.F1book1.NumberRC[i,j]:=StrToFloat(Form2.Edit1.Text); – записати дані в компонент F1book1, форми Form1, ячейку NumberRC[i,j], де i, j задаються з клавіатури.

Form2.Edit1.Text:=FloatToStr(Form1.F1book1.NumberRC[i,j]); – запише дані в компонент Edit1, форми Form2, координати комірки задаються з клавіатури.

Довідка користувача

Програма розроблена для звичайного користувача.

Встановити програму на власному персональному комп'ютері.

Після цього можна працювати.

На головній формі є меню: файл, редагування, формат книги, розрахунки, довідка. Файл містить в собі функції: новий, відкрити, зберегти куди, зберегти, закрити; редагування: копіювати, вирізати, вставити; формат книги: формат, шрифт, колір фону, графік, рамки та додати чи знищити сторінку; підрахунки: калькулятор, функція; довідка: про програму. Всі ці функції також винесені у вигляді кнопок.

Калькулятор містить інтервальні операції: додавання, множення, ділення, віднімання, зведення до степеня, логарифмування натуральне, десятинне, звичайне; операції над множинами: перетин, об'єднання, включення; додаткові операції: знаходження середини відрізка, ширини, абсолютної величини, симетричності. Також можна обраховувати вирази з декількома діями завдяки таким кнопкам: записати с (в таблицю), переписати (з таблиці в калькулятор), С записати в А (інтервал С записати в інтервал А), С записати в В (інтервал С записати в інтервал В), пам'ять на додавання та віднімання.

Функція також підраховує поінтервально фінансові функції: ППЛАТ(PMT), НПЗ(NPV), ВНДОХ(IRR), ІРІ(PI), СОІ(PP), СОІ1(PP), КЕІ(ARR). Одразу вказуються координати запису в таблицю. Звіт можна отримати з покроковим виконанням обчислень. Існує довідка для кожної функції. Обчислення можна проводити як за допомогою інтервальної арифметики, так і звичайної.

Приклади використання основних рівнянь інтервальних обчислень при вирішенні задач

фінансової математики методами прямих і зворотних обчислень

Для реалізації обчислень, які реалізують алгоритми рішення зворотних задач інтервальної математики для визначення ефективності банківських операцій, розроблена програма в середовищі програмування Delphi з використанням елементів управління ActiveX: F1Book і ChartFx. На першому кроці роботи програми відкривається форма з назвою "Рішення зворотних задач інтервальної математики", здійснюється вибір назви задачі, визначаються імена змінних і здійснюється ввід початкових даних, вибирається назва операції, обирається назва змінної для результату. На підставі виконаних установок здійснюється формування відповідного рівняння і виконується розрахунок. Результати розрахунків записуються в поля результату. В разі потреби можна експериментувати з різними значеннями вхідних змінних. Після закінчення експериментів формується звіт, який записується на

лист електронної таблиці. У звіті результати також відображаються графічно (рис. 7-14).

На формі “Рішення зворотних задач інтервальної математики” вибирається назва задачі (рис. 7).

The screenshot shows a window titled "Рішення зворотних задач інтервальної математики". It features a dropdown menu for "Вибрати назву задачі" with a list of options: "Розрахунок миттєвої ліквідності комерційного банку", "Розрахунок поточної ліквідності комерційного банку", "Розрахунок маневреності власних коштів комерційного банку", "Розрахунок коефіцієнта незалежності позичальника", "Розрахунок коефіцієнта рентабельності позичальника", and "Розрахунок коефіцієнта рентабельності продаж". Below the menu are input fields for "Начало" and "Кінець", a checkbox for "Вкл зворотній вид", and a dropdown for "Вибрати операцію". At the bottom, there are buttons for "Закрити форму", "Виконати розрахунки", and "Зберігти в таблиці".

Рис. 7. Вибір назви задачі

Визначається ім'я і вводяться значення першої змінної (рис. 8).

The screenshot shows the same software window as in Figure 7, but with the task name "Розрахунок миттєвої ліквідності комерційного банку" selected. A new dropdown menu is open for "Вибрати назву першої змінної та встановить її інтервальні значення". The list includes: "Високоліквідні активи", "Короткострокові зобов'язання", "Коефіцієнт миттєвої ліквідності", "Ліквідні активи", "Коефіцієнт поточної ліквідності", "Необоротні активи", "Власний капітал підприємства", and "Коефіцієнт маневреності власних коштів". The "Високоліквідні активи" option is selected, and its interval values "24,5" and "25,1" are entered in the "Начало" and "Кінець" fields respectively. There are also checkboxes for "Вкл зворотній вид" and "Вкл зворотній вид" (repeated). The rest of the interface remains the same.

Рис. 8. Визначення імені першої змінної та її значень

Визначається ім'я і вводяться значення другої змінної (рис. 9).

Рис. 9. Визначення імені другої змінної і її значень

В разі потреби може бути розрахована зворотне значення вхідної змінної. Для цього треба включити прапорець “Вкл. зворотній вид” (Розрахунки згідно з формулою (7)).

Вибирається інтервальна операція (рис. 10).

Рис. 10. Вибір інтервальної операції

Визначення імені змінної результату і виконання розрахунків натисненням кнопки “Виконання розрахунків” (рис. 11).

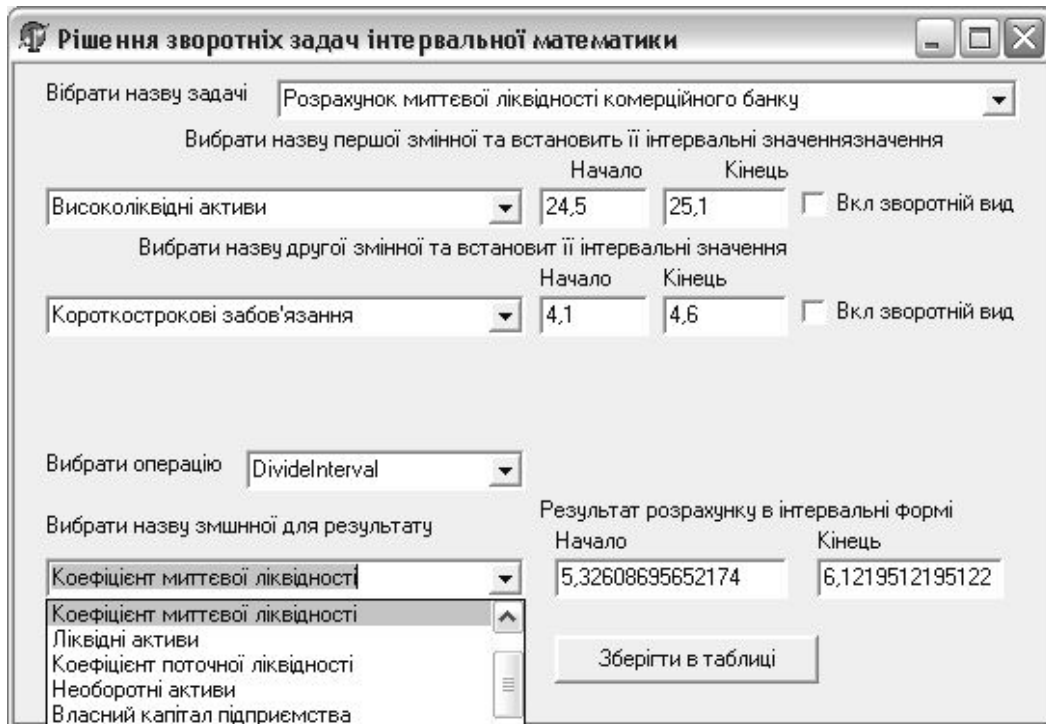


Рис. 11. Вибір імені змінної результату і виконання розрахунків

Для оформлення результатів треба натиснути кнопку “Зберегти результати” (рис. 12). На рис. 12 представлені результати вирішення прямої задачі інтервального обчислення.

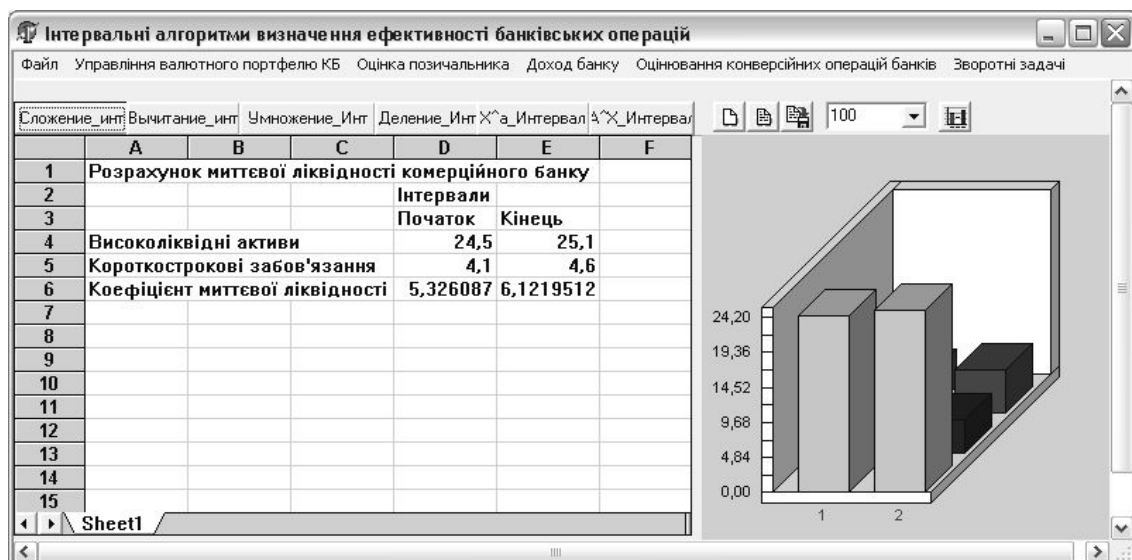


Рис. 12. Приклад виконаних розрахунків для прямої задачі інтервальних обчислень

Для вирішення зворотної задачі треба визначити нові імена змінних і їх вид. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта миттєвої ліквідності комерційного банку” відносно “Високоліквідних активів” наведено на рис. 13 і 14.

Рис. 13. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта миттєвої ліквідності комерційного банку”

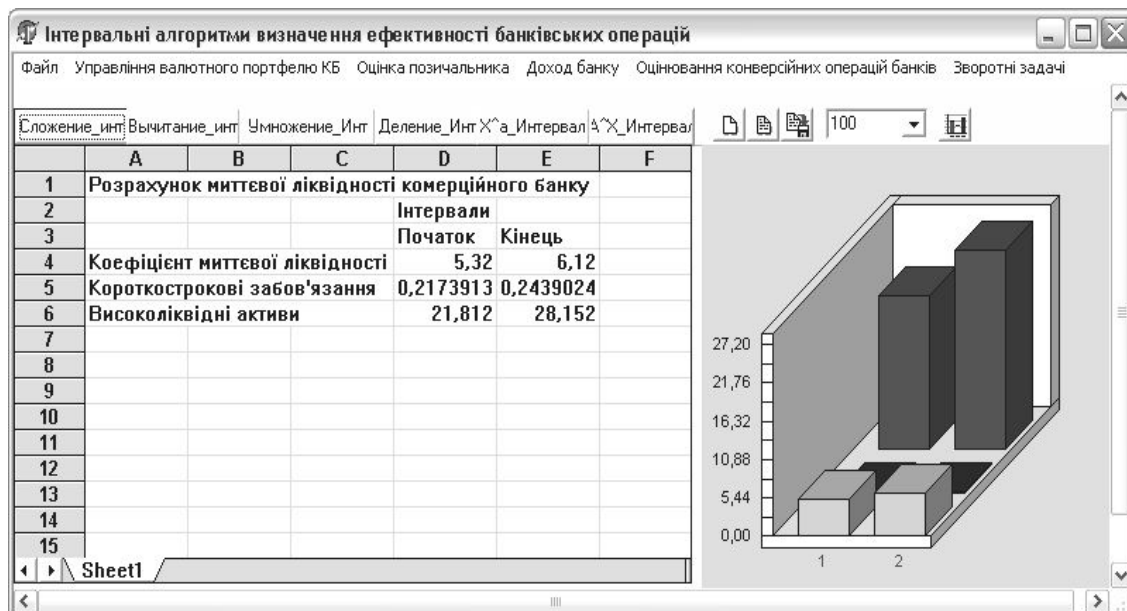


Рис. 14. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Коефіцієнта миттєвої ліквідності комерційного банку”

Коефіцієнт поточної ліквідності в інтервальній формі визначається як

$$[KL_2] = \left[\frac{Al}{Z_n} \right] = \left[\frac{Al(n); Al(v)}{Z_{n(n)}; Z_{n(v)}} \right]$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 15.

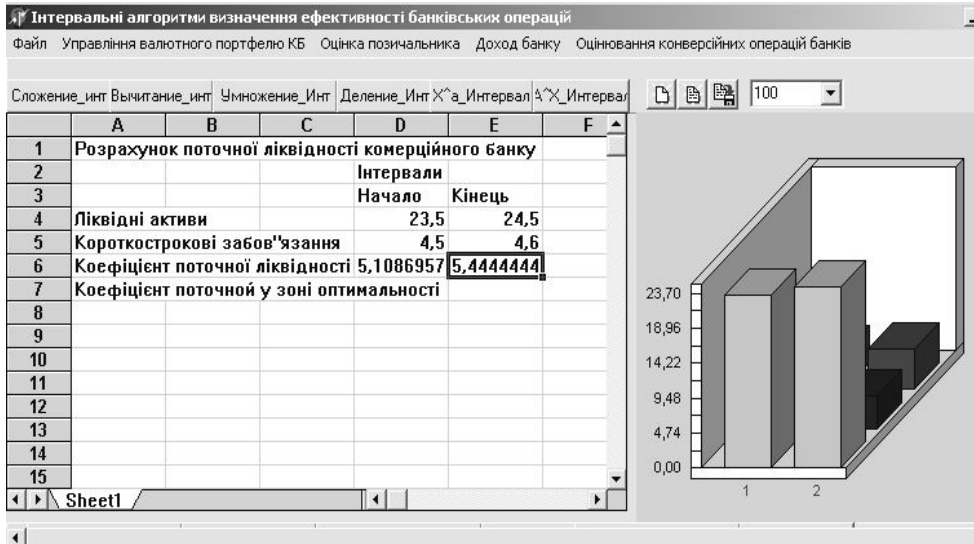


Рис. 15. Приклад розрахунку коефіцієнта поточної ліквідності комерційного банку

Вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта поточної ліквідності комерційного банку” відносно “Ліквідних активів” наведено на рис. 16 і 17.

Рішення зворотніх задач інтервальної математики

Вибрати назву задачі: Розрахунок поточної ліквідності комерційного банку

Вибрати назву першої змінної та встановити її інтервальні значення

	Начало	Кінець	
Коефіцієнт поточної ліквідності	5,1086956	5,42222222	<input type="checkbox"/> Вкл зворотній вид

Вибрати назву другої змінної та встановит її інтервальні значення

	Начало	Кінець	
Короткострокові забор'язання	0,2173913	0,22222222	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл зворотній вид

Вибрати операцію: DivideInterval

Вибрати назву змінної для результату

	Начало	Кінець
Ліквідні активи	22,9891304347826	24,9422222222222

Закрити формулу Виконати розрахунки Зберегти в таблиці

Рис. 16. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта поточної ліквідності комерційного банку”

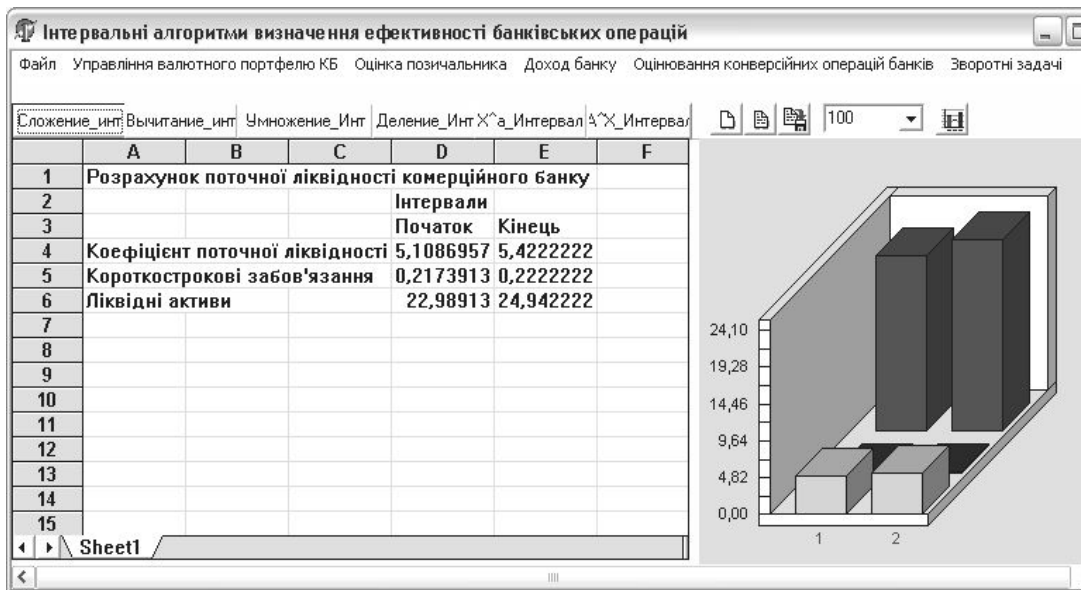


Рис. 17. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Коефіцієнта поточної ліквідності комерційного банку”

Коефіцієнт маневреності власних коштів визначається як

$$[KM] = [1;1] - \left[\begin{matrix} A_{н(с)}; A_{н(в)} \\ B_{к(н)}; B_{к(в)} \end{matrix} \right]$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 18.

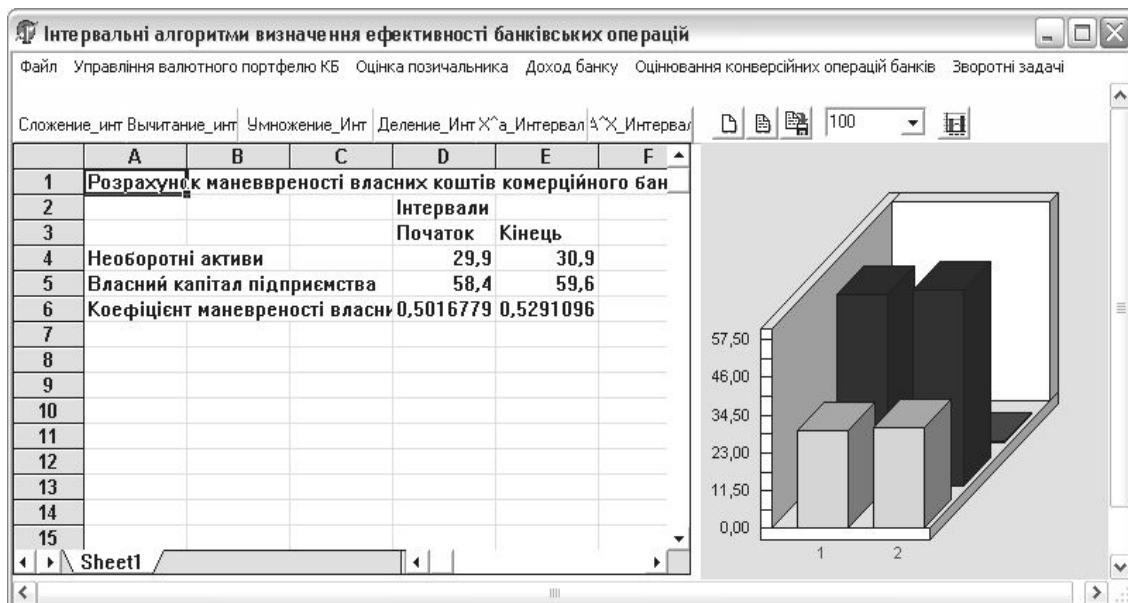


Рис. 18. Приклад розрахунку коефіцієнта маневреності

Вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта маневреності власних коштів комерційного банку” відносно “Необоротних активів” наведено на рис. 19 і 20.

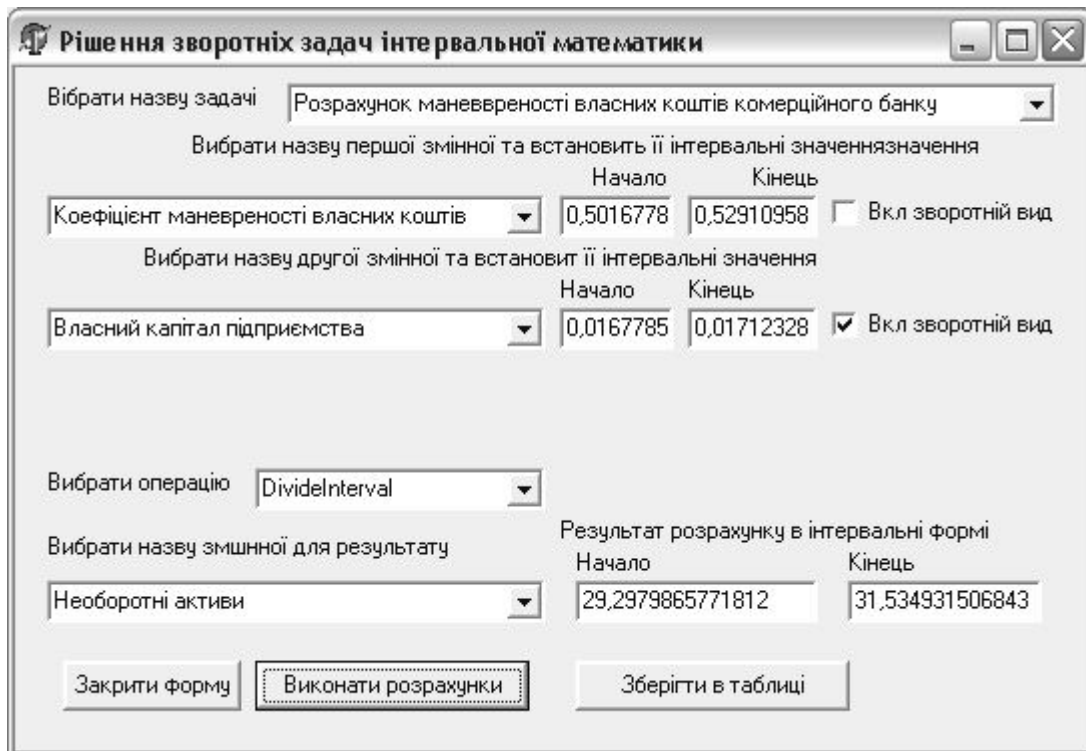


Рис. 19. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта маневреності власних коштів комерційного банку”

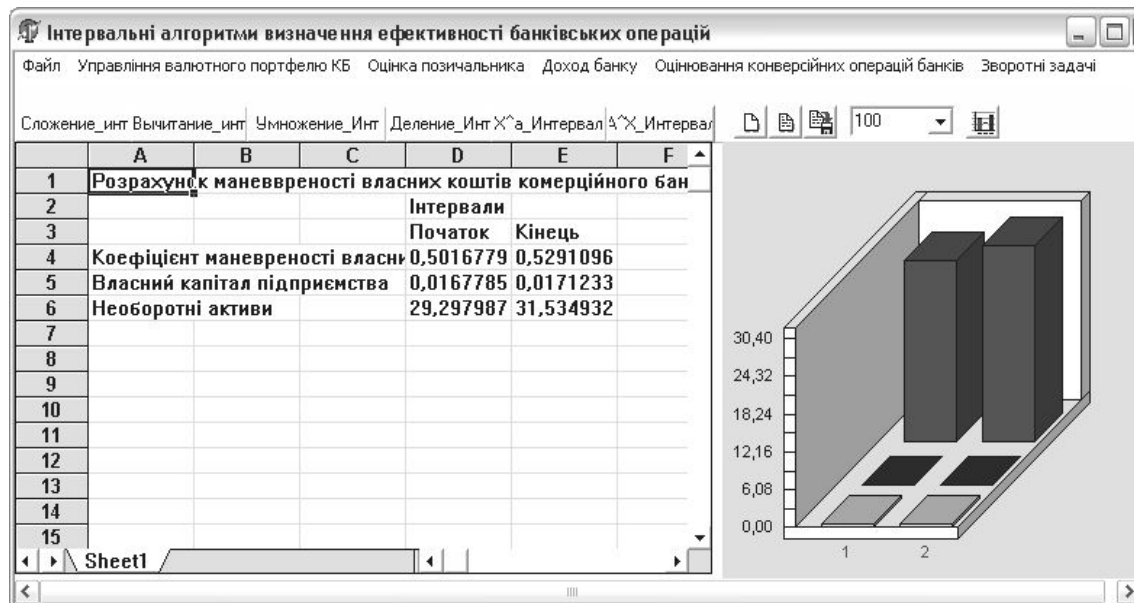


Рис. 20. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Коефіцієнта маневреності власних коштів комерційного банку”

Коефіцієнт незалежності визначається як

$$[KH] = \frac{[ЗК]}{[BK]} = \left\{ \frac{ЗК_{(н)}; ЗК_{(в)}}{BK_{(н)}; BK_{(u)}} \right\}.$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 21.

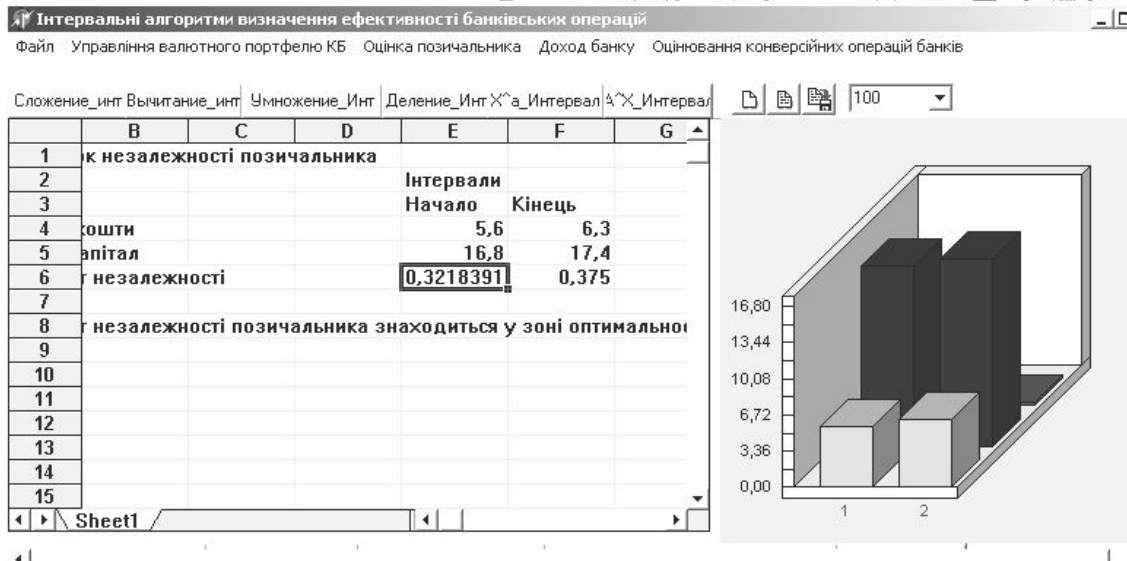


Рис. 21. Приклад розрахунку коефіцієнта незалежності

Вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта незалежності позичальника” відносно “Залучених коштів” наведено на рис. 22 і 23.

Рис. 22. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Коефіцієнта незалежності позичальника”

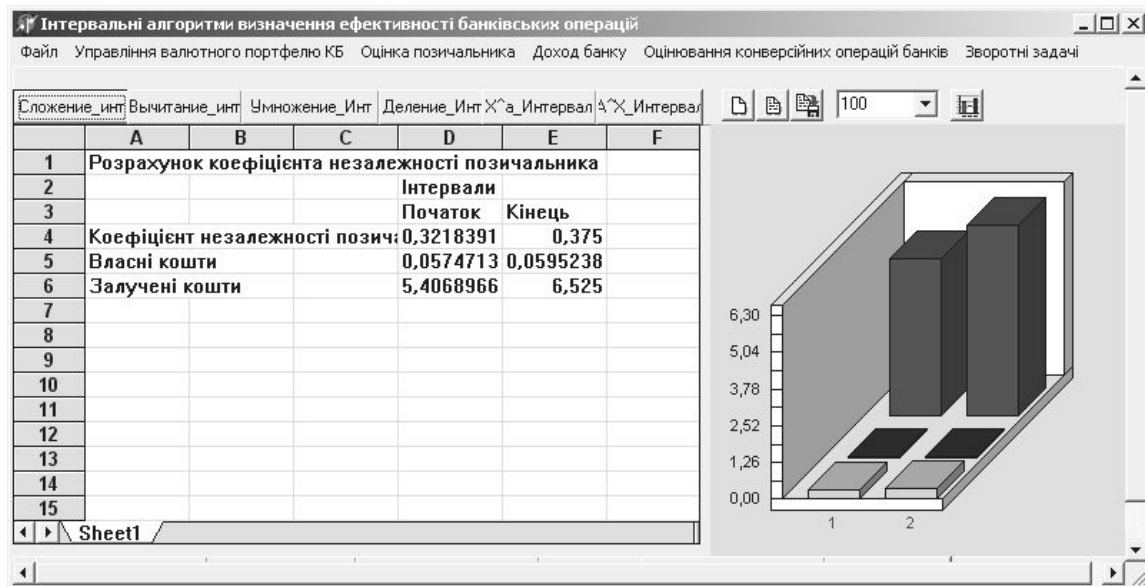


Рис. 23. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Коефіцієнта незалежності постачальника” відносно “Залучених коштів”

Рентабельність позичальника визначається як

$$[P] = \frac{[П_ч]}{[A]} = \frac{[П_{ч(н)}; П_{ч(в)}]}{[A_n; A_в]}$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 24.

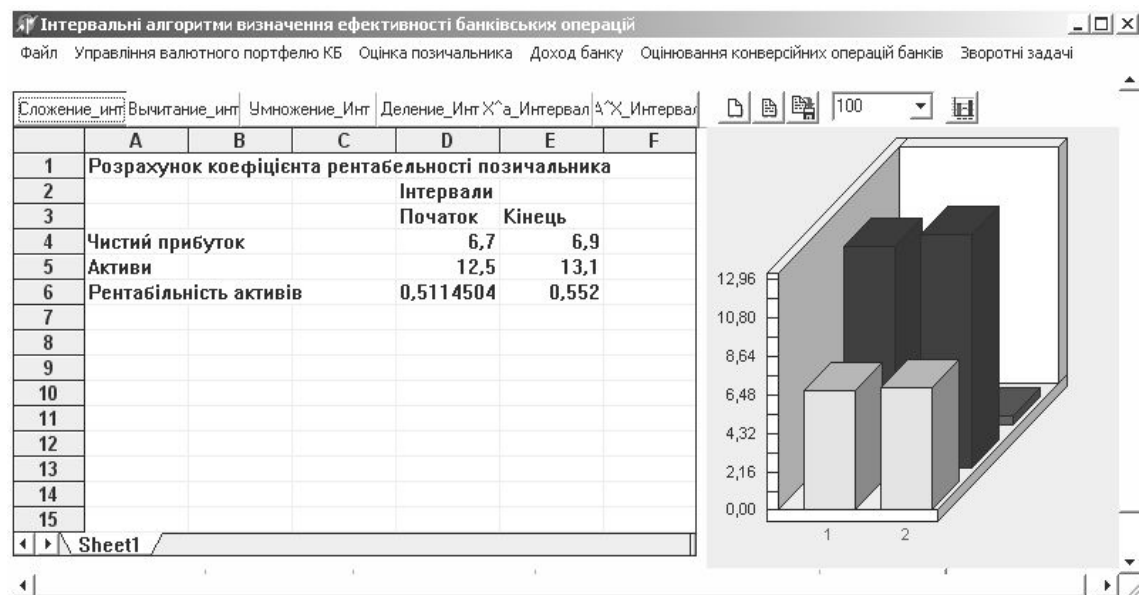


Рис. 24. Приклад розрахунку рентабельності позичальника

Вирішення зворотної задачі розрахунку “Рентабельності позичальника” відносно “Чистого прибутку” наведено на рис. 25 і 26.

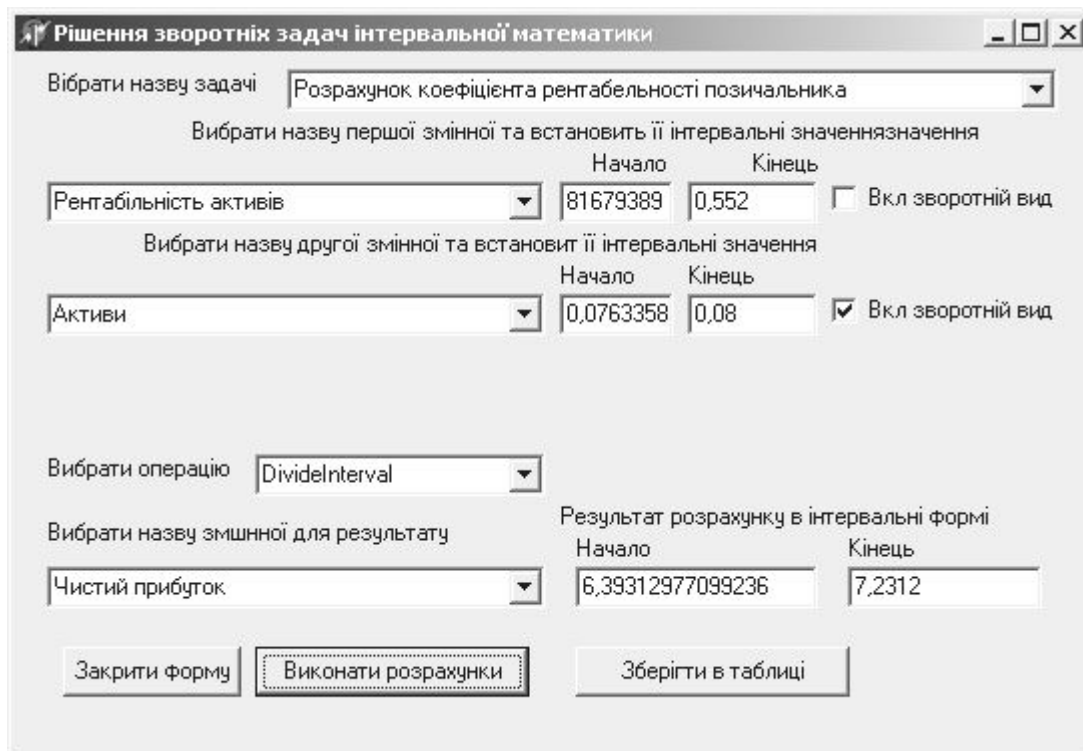


Рис. 25. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Рентабельності позичальника”

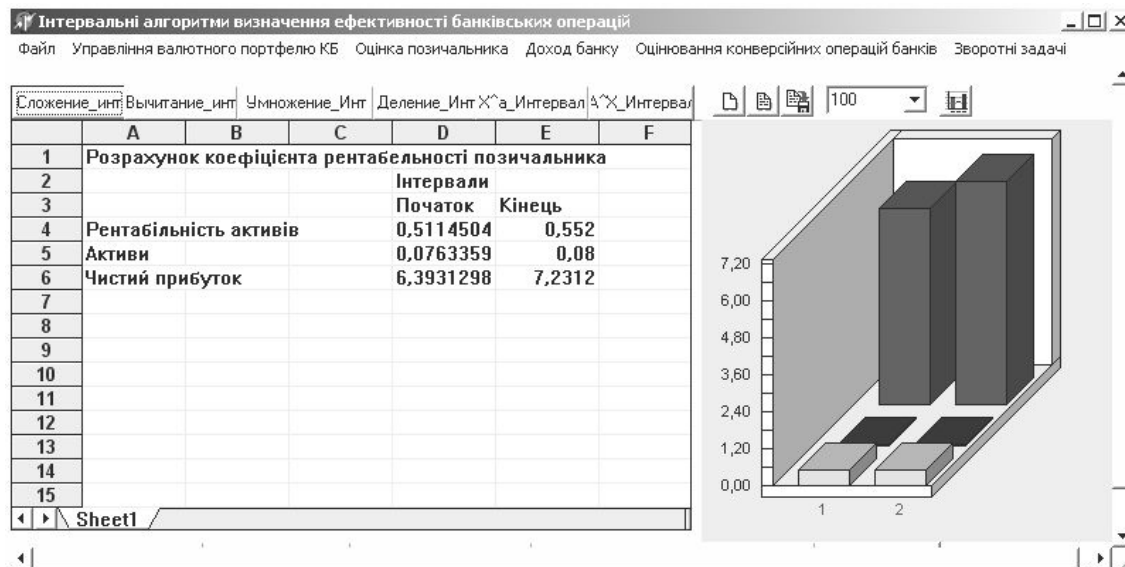


Рис. 26. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Рентабельності постачальника” відносно “Чистого прибутку”

Рентабельність продажу визначається як

$$[P] = \frac{[P_p]}{[O_p]} = \frac{[P_{пн}; P_{пв}]}{[O_{рн}; O_{рв}]}$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 27.

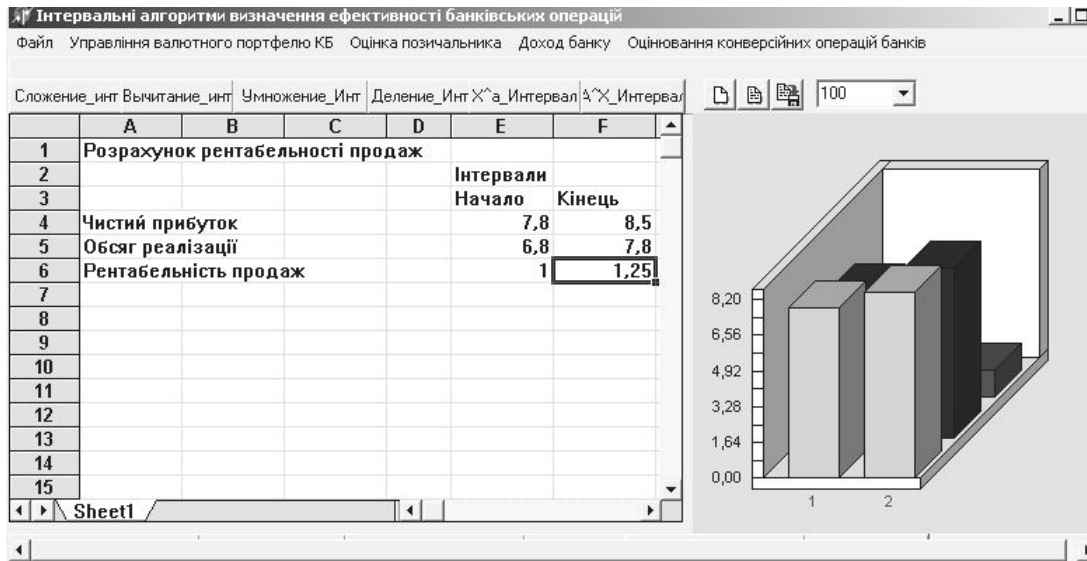


Рис. 27. Приклад розрахунку рентабельність продажів

Вирішення зворотної задачі розрахунку “Рентабельності продажів” відносно “Чистого прибутку” наведено на рис. 28 і 29.

Рішення зворотних задач інтервальної математики

Вибрати назву задачі: Розрахунок коефіцієнта рентабельності продаж

Вибрати назву першої змінної та встановити її інтервальні значення

Начало: 1 Кінець: 1,25 Вкл зворотній вид

Вибрати назву другої змінної та встановити її інтервальні значення

Начало: 0,1282051 Кінець: 0,14705882 Вкл зворотній вид

Вибрати операцію: DivideInterval

Вибрати назву змінної для результату: Чистий прибуток

Результат розрахунку в інтервальній формі

Начало: 6,79999999999999 Кінець: 9,75000000000000

Закрити форму Виконати розрахунки Зберегти в таблиці

Рис. 28. Приклад вирішення зворотної задачі розрахунку “Рентабельності продажів” відносно “Чистого прибутку”

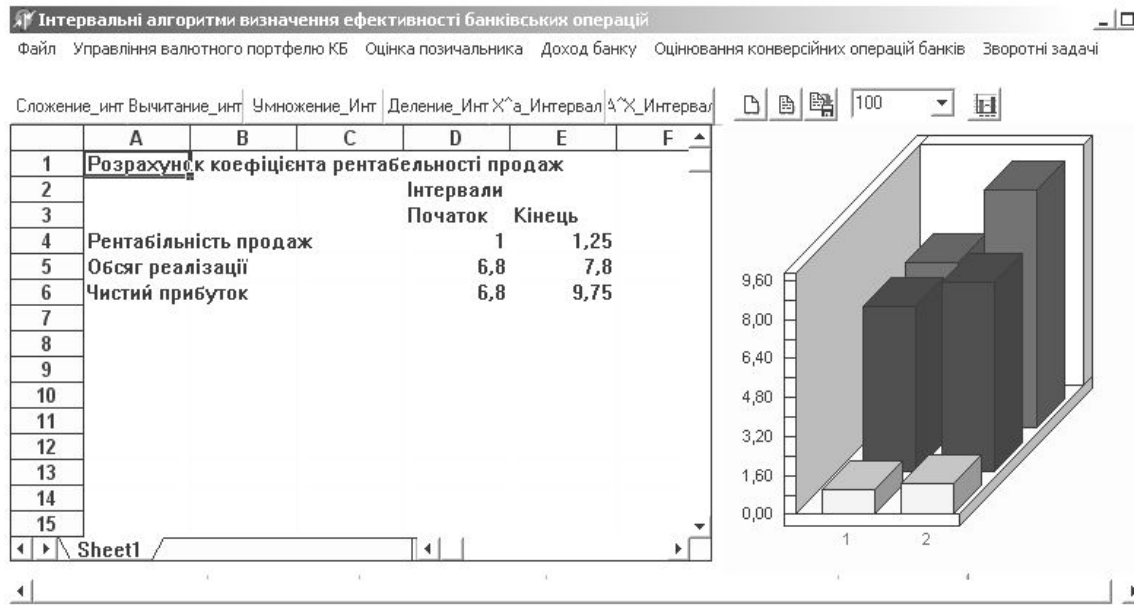


Рис. 29. Приклад виконаних розрахунків для зворотної задачі “Рентабельності продажів” відносно “Чистого прибутку”

Запропоновані методи з відповідними змінами можна використувати також для інших фінансових та економічних розрахунків.

Список літератури

1. Дубницький В. Ю. Інтервальне обчислення ефективності банківських операцій / В. Ю. Дубницький, А. М. Кобилін // Математичні моделі та інформаційні технології / під редакцією доктора економічних наук, професора А. О. Єпіфанова. – Суми : УАБС НБУ, 2007. – С. 143–165.
2. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : Изд. ТюмГУ, 2002. – 352 с.
3. Васюренко О. В. Банківські операції / О. В. Васюренко. – К. : Знання, 2004. – 324 с.

Наукове видання

СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Монографія
У 2 частинах

Частина 2

Редактор

Н.І. Одарченко

Комп'ютерна верстка

Н.А. Височанська

Підписано до друку 06.08.2008. Формат 60x90/16. Гарнітура Times.
Обл.-вид. арк. 11,2. Умов. друк. арк. 16,25. Тираж 300 пр. Зам. № 800

Державний вищий навчальний заклад

“Українська академія банківської справи Національного банку України”

40030, м. Суми, вул. Петропавлівська, 57

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК № 3160 від 10.04.2008

Надруковано на обладнанні Державного вищого навчального закладу

“Українська академія банківської справи Національного банку України”

40030, м. Суми, вул. Петропавлівська, 57