

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ
ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*За загальною редакцією
професора З. М. Соколовської*

О д е с а
«Астропринт»
2 0 1 6

УДК 004.94:330.342
ББК 32.965.7
М34

Автори: **З. М. Соколовська**, д-р екон. наук (*передмова, параграф 2.2, розділи 3, 4, 6*);
В. М. Андрієнко, канд. екон. наук (*розділ 8*);
І. Ю. Івченко, канд. екон. наук (*розділ 1, параграф 2.1*);
О. А. Клепікова, канд. екон. наук (*розділ 7*);
Н. В. Яценко, ст. викл. (*розділ 5*)

Рецензенти: **І. О. Лапкіна**, д-р екон. наук, професор, завідувачка кафедри системного аналізу та логістики Одеського національного морського університету;
В. О. Діленко, д-р екон. наук, професор кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Одеського національного політехнічного університету

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Одеського національного політехнічного університету
(*протокол № 1 від 06.09.2016 р.*)

М34 **Математичне** та комп'ютерне моделювання економічних процесів : [монографія] / **З. М. Соколовська, В. М. Андрієнко, І. Ю. Івченко** [та ін.] ; за заг. ред. **З. М. Соколовської**. — Одеса : Астропринт, 2016. — 308 с.
ISBN 978—966—927—201—0.

Монографію присвячено теоретичним та прикладним проблемам застосування трьох видів математичного моделювання — економіко-математичного, імітаційного (комп'ютерного) і статистичного — в дослідженні складних економічних систем та процесів. Наведені прикладні моделі побудовані для економічних об'єктів різних типів на мікро-рівні. Розглянуті підходи до моделювання фондових індексів як провісників змін у реальному секторі економіки. Функціонування представлених моделей проілюстровано аналізом отриманих експериментальних результатів.

Книга розрахована на використання спеціалістами в галузі економіко-математичного, імітаційного та статистичного моделювання, фахівцями-економістами у різних предметних галузях. Книга також може бути корисною для студентів економіко-математичних спеціальностей та аспірантів.

УДК 004.94:330.342
ББК 32.965.7

© Соколовська З. М., Андрієнко В.М., Івченко І. Ю. та ін., 2016

ISBN 978—966—927—201—0

З М І С Т

<i>Передмова</i>	5
Розділ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	
1.1. Аналіз практики комплексного моделювання підприємства	8
1.2. Особливості моделювання підприємства як складної економічної системи	15
1.3. Моделювання процесів обслуговування виробничого апарату підприємства	24
1.4. Оптимізація інноваційно-інвестиційної програми підприємства.....	36
1.5. Проведення імітаційно-оптимізаційних експериментів на моделі комплексної оптимізації виробничої та інвестиційної діяльності підприємства	43
1.6. Побудова динамічної оптимізаційної моделі фінансових потоків підприємства	56
Розділ 2 ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ	
2.1. Модель логістичної системи промислового підприємства	67
2.2. Модель логістичної мережі торговельної компанії	80
Розділ 3 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	92
3.1. Концептуальні основи комп'ютерного моделювання	92
3.2. Моделювання виробничо-збутової діяльності підприємства.	105
3.3. Планування імітаційних експериментів на моделях.	120
3.4. Імітаційна модель оцінки інвестиційних рішень.....	135

Розділ 4

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА
КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ**

- 4.1. Потоків діаграми матеріальних та фінансових ресурсів. . 144
4.2. Імітаційна динаміка функціонування підприємства 151

Розділ 5

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ПІДПРИЄМСТВА РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА**

- 5.1. Структура моделі. 157
5.2. Прогноз основних показників на базі імітаційних експе-
риментів. 163

Розділ 6

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ІТ-ФІРМИ
(ІТ-АУТСОРСИНГ)**

- 6.1. Модель аутсорсингової фірми. 172
6.2. Постановка імітаційних експериментів. 178

Розділ 7

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФІНАНСОВОГО
УПРАВЛІННЯ В ДІЯЛЬНОСТІ СТРАХОВИХ КОМПАНІЙ**

- 7.1. Оцінка прибутку страхової компанії засобами комп'ютер-
ного моделювання 187
7.2. Розробка моделей оцінки економічної спроможності стра-
хової компанії з використанням сучасних технологій імі-
таційного моделювання 199
7.3. Імітаційна модель страхової компанії як спосіб досягнення
стратегічних фінансових цілей 210

Розділ 8

**ІНСТРУМЕНТИ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

- 8.1. Теоретичні та методологічні аспекти моделювання ста-
тистичних рядів даних. 224
8.2. Моделювання фондового індексу ПФТС в умовах фрак-
тальної концепції ринку 237
8.3. Моделі аналізу стійкості фондових ринків. 243
8.3.1. Відстеження критичної ситуації на регресійно-фак-
торній моделі Українського фондового індексу ПФТС . . . 244
8.3.2. Детермінований хаос і фрактали в моніторингу
процесів на фондових ринках 255

Література 263

ПЕРЕДМОВА

Математичні методи і моделі є ефективним інструментом дослідження складних економічних систем на різних рівнях управління. Економіко-математичне моделювання активно розвивається не тільки як науковий напрям, але і як засіб обґрунтування управлінських рішень в бізнесі, в аналізі й прогнозуванні соціально-економічних процесів і явищ.

В арсеналі економіко-математичного моделювання сьогодні — сучасні обчислювальні методи та комп'ютерна техніка. Бібліотеки економіко-математичних моделей є невід'ємною частиною архітектури систем підтримки прийняття рішень в конкретних сферах економіки.

Як будь-яка велика і складна галузь знань, математичне моделювання розвивається у різних напрямках, набуваючи нових гнучких методів дослідження, базуючись на нових апаратних, технологічних й програмних платформах. Бурхливий розвиток комп'ютерних технологій стимулює виникнення та становлення нових теоретичних та прикладних напрямків моделювання. Одним з таких напрямків є імітаційне (комп'ютерне) моделювання.

Поява імітаційного моделювання, його перетворення у ефективний засіб аналізу складних систем обумовлено потребами практики, а також розвитком статистичних методів дослідження — зокрема, методу статистичних випробувань (метод Монте-Карло). Це дає можливість моделювання різноманітних стохастичних факторів, які суттєво впливають на процес функціонування систем. Імітація ймовірнісних впливів в динаміці розвитку економічних систем й процесів притаманна даному напрямку моделювання.

У деякому сенсі імітаційне моделювання протистоїть аналітичному моделюванню. Імітаційна модель повинна з необхідною

повнотою (проблема необхідної та достатньої складності й адекватності моделі) відтворювати структуру та особливості функціонування об'єкту-оригіналу, а також орієнтуватися на отримання знань стосовно прототипу не шляхом аналітичного дослідження й одноразових чисельних розрахунків, а внаслідок проведення цілеспрямованих модельних експериментів. Однак на практиці часто імітаційні моделі комбінуються з аналітичними. Вибір конкретних методів моделювання залежить від задач, які потребують розв'язання, а також від кінцевих цілей дослідження.

Монографія присвячена питанням, пов'язаним з трьома видами математичного моделювання — класичним економіко-математичним (аналітичним), імітаційним (комп'ютерним) та статистичним моделюванням. Розглядаються прикладні моделі, побудовані для різних економічних систем на мікро- та макро-рівнях.

Монографія містить вісім розділів. Перші сім розділів присвячені інструментам моделювання різноманітних аспектів діяльності підприємств. Перший та другий розділи висвітлюють можливості застосування методів економіко-математичного (аналітичного) моделювання; третій—сьомий розділи визначають можливості залучення апарату імітаційного (комп'ютерного) моделювання.

Об'єктами дослідження є підприємства, що належать до різних галузей державного господарства — підприємства виробничої (розділи 1—3), комунальної сфери (розділ 4); суб'єкти ресторанного господарства (розділ 5); ІТ-фірми (розділ 6); суб'єкти діяльності страхового ринку (розділ 7).

Наведені типи підприємств розрізняються специфікою господарювання, що обумовлює відмінність складових бізнес-процесів та систем управління ними. Згідно з цим в монографії розкриваються теоретичні та методичні основи комплексного економіко-математичного моделювання підприємств, а також деякі концептуальні аспекти (коротко) комп'ютерного моделювання. Базова методологія побудови представлених імітаційних моделей суб'єктів господарювання — метод системної динаміки, реалізований на програмній платформі технології Ithink.

Сучасні вітчизняні підприємства функціонують в умовах підвищеної ентропії економічного середовища. Тому дуже важливим чинником їх ефективного функціонування є своєчасне прогнозування поглиблення кризових явищ.

Провісниками змін в реальному секторі економіки можуть бути події на фондовому ринку. У свою чергу стан ринку визначають фондові індекси. У розділі 8 розглянуті підходи до моделювання фондових індексів з метою визначення факторів, що впливають на їх динаміку і стійкість. Приведені відповідні моделі світових фондових індексів, а також Українського фондового індексу ПФТС.

Головні результати, описані у монографії, отримані в процесі виконання наукової теми кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій Одеського національного політехнічного університету. Вони використовуються в практиці роботи наведених об'єктів дослідження, а також в навчальному процесі в ході підготовки студентів за спеціальностями «Економічна кібернетика» та «Прикладна економіка».

Книга розрахована на використання спеціалістами в галузі економіко-математичного, імітаційного та статистичного моделювання, фахівцями-економістами у різних предметних галузях. Книга також може бути корисною для студентів економіко-математичних спеціальностей та аспірантів.

Розділ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. АНАЛІЗ ПРАКТИКИ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

На сучасному етапі розвитку економіки актуальною є проблема розробки комплексного підходу до керування виробничими, інвестиційними та фінансовими процесами на підприємстві. Це викликано необхідністю своєчасного розподілу факторів виробництва між основними видами діяльності, а також необхідністю їх сумісного фінансування. Таким чином, як з позицій потреб народногосподарської практики, так і з позицій потреб розвитку відповідного напрямку економічної науки, проблема розробки методичних підходів до побудови комплексної економіко-математичної моделі, що дозволяє синхронізувати основні процеси на підприємстві, є актуальною.

У науковій економічній літературі співіснує значна кількість різноманітних моделей опису процесів виробництва продукції, динаміки фондів, методів аналізу інвестиційних проектів. З теоретичної точки зору питання побудови моделей підприємства розглядалися в багатьох працях вітчизняних та іноземних економістів: О. Б. Альохіна, К. А. Багріновського, Ю. Блеха, П. Л. Віленського, В. К. Галіцина, У. Гетце, А. Г. Гранберга, В. В. Леонтьєва, А. Ю. Мазарчука, В. М. Нижника, З. М. Соколовської, Дж. Форрестера, У. Шарпа та інших.

Дослідження показали, що проблеми об'єднання розглянутих процесів в єдину комплексну модель пов'язані зі складнощами спільного використання принципово різнорідних за своєю природою показників, що описують виробничу [103, с. 40; 2, с. 36] та інвестиційну діяльність підприємства [37, с. 293]. Таке ж положення спостерігається і щодо використання фактора часу

(наприклад, див. [60, с. 36]). Відірваність опису процесів, які аналізуються, один від одного призводить до можливих помилок і неточних результатів при прийнятті управлінських рішень як щодо вибору найбільш ефективної інвестиційної або виробничої програми підприємства, так і щодо вибору програми комплексного планування всієї господарської діяльності. А відомі сьогодні у науковій літературі комплексні моделі підприємства мають значний ступінь агрегування і спрощення, що дозволяє переважно розглядати їх лише як концептуальні. Крім того, незважаючи на очевидні переваги імітаційного підходу як інструменту побудови комплексних моделей [45], він пов'язаний з істотними недоліками.

Проведений аналіз існуючих моделей дозволив сформулювати основні напрями побудови комплексної економіко-математичної моделі підприємства на базі моделей планування інвестиційної, виробничої та фінансової діяльності підприємства:

— вирішення питання про необхідність однакового уявлення процесів виробництва продукції, відновлення основних виробничих фондів (ОВФ) та інвестиційної діяльності в рамках комплексної моделі управління;

— вибір математичного апарату, що дозволяє об'єднати в єдиній моделі статичні показники, що описують виробничу діяльність, і динамічні показники інвестиційного проектування;

— застосування методів оптимізації до динамічних імітаційних моделей складної структури для пошуку оптимального управління.

Процеси виробництва продукції та діяльності, пов'язаної з відтворенням фондів, пропонується представляти у вигляді технологічного способу, за яким в кожен фіксований момент часу на вхід «чорної скриньки» «подаються» фактори виробництва, включаючи ОВФ, а на виході «знімаються» обсяги випуску продукції. Суворо ув'язка розглянутих видів діяльності здійснюється завдяки представленню інвестиційних процесів (вони здійснюються відповідно до заходів, які передбачені кожною стадією) в межах одного часового такту також за схемою технологічного способу виробництва, тобто з відповідною специфікацією «витрат» і «результатів». Фінансова діяльність підприємства розглядається як діяльність, що пов'язана із забезпеченням можливості здійснення всіх необхідних для функціонування підприємства платежів.

Описані види діяльності об'єднані в єдиний комплекс динамічних моделей імітаційного типу з дискретним часовим кроком. Модель подана у вигляді відповідних математичних блоків, в яких апарат виробничих функцій використаний не тільки для опису виробничої діяльності, а й для опису процесів технічного обслуговування і відновлення основних виробничих фондів та інвестиційних процесів [79].

Моделювання процесів виробництва продукції.

Обсяг виробництва продукції виду p (Q_l^p) відповідно до технології l , $l \in L_p$, в кожен момент часу t структурно задається в моделі традиційно за допомогою деякої виробничої функції φ_{lk} :

$$Q_l^p = \varphi_{lk}(R_{li}^p, F_{kt}^p), \quad Q_l^p = \min_{i \in I, k \in K} \left(\left\{ \frac{R_{li}^p}{r_{li}^p} \right\}_i, \left\{ \frac{F_{kt}^p}{f_{kt}^p} \right\}_i \right),$$

$$\forall l, l \in L_p, t = \overline{1, T}, \quad (1.1.1)$$

- де φ_{lk} — виробнича функція, що описує залежність витрат факторів виробництва та обсягів випуску продукції виду p ;
- R_{li}^p — кількість використовуваних ресурсів виду i ;
- F_{kt}^p — кількість ОВФ виду k , задіяних у виробництві продукції даного виду;
- Q_l^p — обсяг виробництва продукції виду p за технологією l в момент часу t ;
- R_{li}^p — кількість ресурсу i -го виду, яка може бути використана для випуску продукції виду p за технологією l в момент часу t ;
- r_{li}^p — норма витрат ресурсу i -го виду на випуск продукції виду p за технологією l в момент часу t ;
- F_{kt}^p — кількість ОВФ виду k , яка може бути використана для випуску продукції виду p за технологією l в момент часу t ;
- f_{kt}^p — фондомісткість одиниці продукції виду p , передбачена технологією l в момент часу t .

Моделювання простого відтворення фондів.

Схематично динаміка стану об'єктів основних фондів підприємства кожного виду може бути описана за допомогою наступного кінцево-різницевого рівняння:

$$\overline{F}_{kt} = \overline{F}_{kt-1} + \Delta F_{kt}^+ - \Delta F_{kt}^-, \quad (1.1.2)$$

де \overline{F}_{kt} , \overline{F}_{kt-1} — стан (кількість) ОВФ виду k в поточний (t) і попередній ($t - 1$) моменти часу відповідно;
 ΔF_{kt}^+ , ΔF_{kt}^- — поповнення та вибуття ОВФ виду k в поточний момент часу.

Моделювання інвестиційної діяльності підприємства.

Модель кожного інвестиційного проекту (ІП) будується у вигляді набору уніфікованих моделей кожної з основних ($n = \overline{1, 6}$) стадій ІП: науково-дослідні роботи; дослідницько-конструкторські роботи; технічна підготовка виробництва; будівельно-монтажні та пуско-налагоджувальні роботи; запуск виробництва продукт; виведення нового виробництва (або виробництва нової продукції) на проектну потужність.

За аналогією з виробничою діяльністю, залежність між результатами ІП (динамікою приросту ОВФ певного виду ΔF_{it}^s та обсягом виробленої продукції, які є відомими апіорі) і мінімально необхідними для її виробництва витратами, задіяними в реалізації цього проекту в кожен момент часу, представлений за допомогою функції витрат, причому облік часової структури кожного ІП здійснено за допомогою відповідних керуючих змінних:

$$R_{pt}^s = \psi_n^s(\Delta F_{it}^s, \Delta t_{nt}^s) \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad (1.1.3)$$

- де R_{pt}^s — змінні витрати на реалізацію ІП в момент часу t ;
- ψ_n^s — вектор-функція змінних витрат усіх факторів виробництва при реалізації n -ї стадії s -го проекту в розрахунку на один момент часу, тобто модель окремої стадії певного проекту;
- ΔF_{it}^s — приріст ОВФ певного виду, відповідного проекту виду s ;
- Δt_{nt}^s — булеві змінні, які визначають реалізацію відповідної стадії n проекту s в момент часу t ;
- v^s — булеві змінні, що відображають факт включення проекту виду s в інвестиційну програму;
- τ^s — булеві змінні, які визначають моменти початку реалізації проектів виду s , що входять в інвестиційну програму.

У моделі сукупні виробничі ресурси, що витрачаються на випуск продукції як в натуральному ($\{R_i\}_{i \in I}$), так і в вартісному

вираженні (R_i^{sc}), збільшуються на величину витрат, пов'язаних з відновленням ОВФ:

$$R_i^c = R_i^{pc} + R_i^{Fc} + R_i^{sc}, \quad (1.1.4)$$

де R_i^c — вартість сукупних витрат ресурсів на випуск продукції, відновлення фондів і реалізацію інвестиційної програми в момент часу t ;

R_i^{pc} — вартість сукупних витрат ресурсів на випуск продукції в момент часу t ;

R_i^{Fc} — вартість витрат ресурсів виду i на відновлення ОВФ в момент часу t ;

R_i^{sc} — вартість витрат на реалізацію ІІІ в момент часу t .

Тим самим здійснюється ув'язка за витратами, ОВФ і результатами інвестиційної діяльності підприємства, що має строго певну часову структуру, з основною виробничою діяльністю підприємства, структура якої не залежить від часу.

Завданням комплексного моделювання виробничої та інвестиційної діяльності є забезпечення найбільш ефективної реалізації економічних рішень у процесі діяльності підприємства. Прийняття цих рішень зводиться до вибору варіантів узгодженого розподілу факторів виробництва (ресурсів і ОВФ) між видами діяльності, що розглядаються.

Умови-обмеження на керуючі змінні.

Розроблена модель належить до класу кінцево-різницевих моделей імітаційного типу, що містять динамічні змінні, які відповідають управлінським рішенням, прийнятим у всіх основних сферах діяльності підприємства. На керуючі змінні, що дають можливість моделювання різних режимів функціонування підприємства, накладаються відповідні обмеження.

Підсистема виробництва продукції.

1. Обмеження, зумовлені запасами виробничих ресурсів, наявністю основних фондів і попитом на продукцію підприємства:

$$0 \leq u_{it}^p \leq 1, \sum_{l \in L_p} u_{it}^p = 1, \forall p, l, t; p \in P, l \in L, t = \overline{1, T}, \quad (1.1.5)$$

де u_{it}^p — інтенсивність використання технології виду l для виробництва продукції виду p ;

T — кінцевий момент часу періоду моделювання.

2. Обмеження на обсяги виробництва продукції:

$$Q_i^p = \sum_{l \in L_p} u_{it}^p \cdot Q_{pt}^{\max}; \quad Q_{pt}^{\max} = \min \{Q_{pt}^M, Q_{pt}^F, Q_{pt}^{R_1}, \dots, Q_{pt}^{R_r}\} \\ \forall p, t; p \in P, t = \overline{1, T}, \quad (1.1.6)$$

де Q_{pt}^{\max} — максимально можливі обсяги виробництва продукції з урахуванням усіх факторів (попит на продукцію, виробничі потужності і запаси ресурсів);

Q_{pt}^M — величина ринкового попиту на продукцію виду p ;

Q_{pt}^F — максимально можливі обсяги продукції виду p , зумовлені виробничими потужностями, які є в наявності на момент часу t ;

$Q_{pt}^{R_i}$ — максимально можливі обсяги продукції виду p , що обумовлені наявними на момент часу t запасами ресурсу виду i .

Підсистема простого відтворення фондів.

1. Обмеження на кількість директивно виведених у кожен момент часу t ОВФ і на обсяги відновлених ОВФ кожного виду:

$$0 \leq \alpha_{kt} \leq 1, \quad 0 \leq \gamma_{kt} \leq 1, \quad \forall k, t; k \in K, \\ t = \overline{1, T}, \quad (1.1.7)$$

де α_{kt} — коефіцієнти директивного виведення ОВФ виду k ;

γ_{kt} — частка зношених фондів, що спрямовуються на відновлення в поточний момент часу.

2. Обмеження на обсяги відновлення ОВФ за допомогою альтернативних технологій відновлення та на виробничі ресурси, включаючи працю, які використовуються в процесі відтворювальної діяльності:

$$0 \leq \chi_{klt} \leq 1; \quad \sum_{l=1}^{L_k} \chi_{klt} = 1, \quad \forall k, t, l; k \in K, l \in L_k, \\ t = \overline{1, T}, \quad (1.1.8)$$

де χ_{klt} — рівень використання технологій відновлення фондів;
 L_k — множина індексів технологій відновлення фондів виду k .

Підсистема інвестиційної діяльності.

Обмеження на включення інвестиційного проекту в інвестиційну програму і обмеження, що визначають момент початку реалізації кожного проекту, включеного в програму не повинні перевищувати масштаб реалізації ІП:

$$v_s = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s \in S \\ 0, & \text{якщо } s \notin S \end{cases} \rightarrow 0 \leq M_s \leq 1 \quad \forall s, s \in S, \quad (1.1.9)$$

де v_s — факт включення проекту у інвестиційну програму;
 M_s — масштаби реалізації проекту виду s .

Підсистема фінансування.

На керуючі змінні накладаються обмеження, які впливають з природи запозичень, а саме: обмеження на кредит; на величину поточних запозичень; на величину грошових коштів, що спрямовуються на погашення кредитів в момент часу t ; обмеження на розміри сукупних поточних запозичень; обмеження щодо лімітів по кожній кредитній лінії g .

У дослідженні запропоноване нове вирішення наукової задачі, яка полягає в розробці комплексного імітаційно-оптимізаційного підходу до економіко-математичного моделювання інвестиційної та виробничої діяльності підприємства.

На основі динамічних моделей імітаційного типу розроблено комплекс взаємоузгоджених математичних моделей, що дозволяють відображати логічну структуру основних підсистем реального підприємства, а також імітувати динаміку взаємодій цих підсистем.

Встановлено, що комплексний підхід до моделювання підприємства переважніше ніж ізольований, оскільки дозволяє своєчасно розподіляти між виробничим та інвестиційним видами діяльності усі фактори виробництва та фінансові ресурси, що веде до раціонального управління і підвищення економічних результатів роботи підприємства-представника.

Для якісного аналізу множини оптимальних за Парето управлінь з метою вибору найбільш раціонального (компромісного) з них у цьому дослідженні пропонується скористатися схемою оптимізації, яка базується на ідеології статистичних випробувань (метод Монте-Карло) [47, 20].

1.2. ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ЯК СКЛАДНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

Системний підхід пропонує розглядати підприємство як функціонуючу керовану виробничу систему, що складається з взаємозалежних елементів. При виділенні системи зазвичай задається безліч відносин або зв'язків між елементами. Економічна система характеризується структурною різноманітністю елементів і зв'язків, що свідчить про її складність. У системи завжди є мета, і всі елементи системи розглядаються з точки зору досягнення мети.

Одним з основних інструментів наукового пізнання підприємства як системи є модель. Модель являє собою умовний образ об'єкта дослідження або управління. Об'єктом даного дослідження є функціонування промислового підприємства. Моделювання функціонування підприємства дозволяє найбільш точно відобразити необхідні процеси і явища і є важливим елементом управління виробничою діяльністю. Моделювання необхідно кожному підприємству, бажаному йти в ногу з часом і мати високі показники ефективності виробництва.

Функціонування виробничого підприємства як об'єкту математичного моделювання та оптимізації являє собою об'єднання принципово різнорідних процесів і заходів. Для опису таких процесів в економіко-математичній літературі розроблені спеціальні, також різнорідні економіко-математичні моделі та методи.

У моделюванні підприємств виділяють ізольовані і комплексні (агреговані) моделі. Існуючі комплексні моделі в основному є узагальненими. Тому при їх побудові дослідники в першу чергу стикаються з проблемами, пов'язаними з принциповими відмінностями в методах опису виробничої, допоміжної та інвестиційної діяльності виробничого підприємства. Для ув'язки таких процесів в рамках однієї моделі використовують прийоми узагальнення і агрегування при описі підприємства, що в свою чергу призводить до спрощення дійсності.

Ізольовані моделі зазвичай використовуються для моделювання конкретних процесів або заходів, що відбуваються на підприємстві. В ізольованому моделюванні виділяють: моделювання фінансової діяльності підприємства, моделювання виробничих процесів (процесів виробництва продукції, моделі динаміки виробничих фондів, моделі управління запасами, моделі розподілу

ресурсів і виробничих потужностей), методи і моделі аналізу інвестиційних проектів.

Однак моделі, які застосовуються для вирішення багатьох питань (до них також відносяться, наприклад, моделі вибору технологічних способів виробництва заданого асортименту продукції, розподільні задачі тощо) переважно є вузькоспеціалізованими і не дозволяють поглянути на проблеми управління підприємством у цілому. Крім того, переважно більшість моделей розроблені лише для статичних задач і відповідно є досить спрощеними.

Для побудови моделей підприємства, які будуть точно і злагожено відображати процеси, які розглядаються в кожному конкретному дослідженні, існує безліч моделей і методів. Найбільший інтерес серед них становлять оптимізаційні моделі [61]. Оптимізаційні моделі засновані на методах математичного програмування — лінійного та нелінійного, статичного і динамічного. Однак на відміну від описових моделей, в них знаходиться оптимальне рішення за допомогою пошуку екстремуму заздалегідь вибраних критеріальних параметрів.

У оптимізаційних моделях будується цільова функція і задається критерій оптимальності. А для опису найважливіших умов функціонування підприємства та взаємозв'язку його параметрів будуються відповідні умови-обмеження. Залежно від виду функцій, що беруть участь у формуванні мети і обмежень, розрізняють лінійні і нелінійні, цілочисельні і змішані моделі [8]. У оптимізаційних моделях є можливість отримувати безліч рішень, що задовольняють умовам задачі при відомих вихідних параметрах. Потім, відповідно до прийнятого критерію (критеріїв) оптимізації, здійснюється вибір оптимального рішення.

Прикладами таких моделей є моделі визначення оптимальної виробничої програми, моделі оптимального змішування компонентів, оптимального розкрою матеріалу, оптимального розміщення підприємств на заданій території, транспортні моделі, пошук найкращих маршрутів та інші. Більшість розроблених і використовуваних на практиці оптимізаційних моделей є моделями планування і мають один критерій оптимальності.

Однак за допомогою лінійних математичних виразів і подальшої їх оптимізації неможливо повноцінно відобразити складні процеси функціонування й розвитку економічного потенціалу. Причиною цього є необхідність спрощення та узагальнення

опису процесів, що відбуваються на підприємстві. Відповідно, застосування таких моделей досить обмежено [41].

До оптимізаційних моделей відносять також ігрові моделі прийняття рішень в умовах невизначеності. Вихідними даними для моделей, що розробляються в теорії ігор, виступають показники ефективності роботи підприємства, які записуються в платіжну матрицю. Рядки платіжної матриці відповідають стратегіям розвитку ситуації, яка моделюється, а стовпці описують різні умови функціонування підприємства. Оптимальні мінімаксні або максимінні стратегії вибираються на підставі різних критеріїв песимізму та оптимізму, наприклад, на підставі критеріїв Вальда, Севіджа, Гурвіца, Лапласа.

Слід зауважити, що недоліком статистичних і стратегічних ігрових моделей, також як і в описаних вище моделях, є те, що з їх допомогою виробниче підприємство можна описувати дуже узагальнено. Перевагою ж таких ігрових моделей є можливість прийняття рішення в ситуації невизначеності завдяки розробленому в теорії ігор механізму пошуку мінімаксних і максимінних стратегій.

Існують і інші підходи до моделювання складних систем. Так, наприклад, для опису залежності між ресурсами та обсягами випуску готової продукції широко використовується апарат виробничих функцій (ВФ) [29]. При моделюванні виробничих процесів за допомогою виробничих функцій використовується один з основних принципів економічної кібернетики — представлення складної системи у вигляді «чорного ящика». Виробничі функції можуть бути як статичні, так і динамічні. Динамічні ВФ точніше описують виробництво, оскільки дозволяють пов'язати обсяги випуску продукції з витратами виробничих ресурсів і основного капіталу в кожен момент часу. Велика різноманітність ВФ дає можливість моделювати різні за своїм типом і опису види підприємств. Але, аналогічно оптимізаційним моделям, істотним недоліком виробничих функцій є агрегований опис процесів виробництва продукції та факторів виробництва. Цей факт слугує причиною обмеженого застосування апарату ВФ в рамках розглянутої проблеми.

Досить широке застосування в науковій економічній літературі при побудові описових моделей підприємства отримали економетричні моделі. Вони зазвичай ґрунтуються на методах і моделях регресійного і кореляційного аналізу. У економетричних

моделях взаємозв'язку результатів роботи підприємства з різними факторами (витратами ресурсів, обсягами капітальних вкладень, кількістю і віком устаткування і інше) відтворюються за допомогою регресійних рівнянь [19]. Для побудови регресійних рівнянь необхідна відповідна статистика. Однак складність отримання вихідних статистичних даних також створює перешкоди для математико-статистичного моделювання виробничого підприємства.

Описаний вище недолік вирішено в моделі В. В. Леонтьєва «витрати-випуск» [41]. Це класична модель, що дозволяє описувати структуру виробництва (технології), взаємозв'язок ресурсів і готової продукції. Цю модель використовують як в макроекономіці (для аналізу національної економіки), так і в мікроекономіці (для аналізу роботи окремого підприємства). В якості витрат у цій моделі використовуються показники, що характеризують споживання в процесі виробництва. Випуск — результат виробничого процесу.

У моделях «витрати-випуск» ключовими характеристиками технологій служать коефіцієнти прямих витрат (технологічні коефіцієнти). Саме технології визначають залежність випуску продукції і витрат виробничих ресурсів. Рішення моделі «витрати — випуск» зводиться до вирішення системи відповідних лінійних рівнянь, які встановлюють баланс між технологіями, що використовуються, випуском продукції та витратами факторів виробництва.

Результатом проведеного аналізу існуючих методів і моделей підприємства став висновок, що, незважаючи на їх переваги, жоден з них в чистому вигляді не дозволяє побудувати модель необхідної точності і деталізації. Існуючі методи і моделі, присвячені проблемам моделювання промислового підприємства, мають або надмірно узагальнений погляд на досліджувану проблему або мають зайву деталізацію і є складними з точки зору збору вихідних даних.

Характерним для складних систем є те, що незалежно від природи досліджуваної системи, при вирішенні завдань управління використовуються одні й ті ж абстрактні моделі. Однак, як зазначено вище, це переважно або вузькоспеціалізовані моделі, які вирішують конкретні завдання і не дозволяють поглянути на проблему в цілому, або навпаки це дуже укрупнені агреговані моделі з відповідними недоліками. Пропонується розглянути

системний підхід до моделювання складних систем для подальшої розробки динамічної моделі функціонування підприємства з метою підвищення ефективності виробництва.

Системний підхід до моделювання вимагає в першу чергу визначення мети моделювання. Для цього слід проаналізувати фактори, що впливають на виробничий процес на підприємстві, і потім вичленувати найбільш актуальні проблеми і розробити найкращу модель для вирішення проблем управління підприємством.

Крім того, слід визначитися зі структурою системи. З цією метою потрібно вибрати найбільш впливові для вирішення поставленого завдання елементи, з яких буде складатися розглянута система, і перерахувати сукупності зв'язків між елементами системи.

Проблема моделювання функціонування промислового підприємства досить складна. Це пов'язано з тим, що модель повинна включати в себе безліч факторів, що впливають на ефективність виробництва.

Математичне моделювання факторної системи господарської діяльності ґрунтується на певних економічних критеріях і параметрах, що дозволяють описувати виробництво. У зв'язку з цим моделювати господарську діяльність, здійснювати комплексний пошук внутрішньогосподарських резервів з метою підвищення ефективності виробництва можна, ґрунтуючись на заздалегідь обраних факторах. Виділяють фактори внутрішні і зовнішні. Внутрішні чинники це фактори, які залежать від діяльності самого підприємства і характеризують роботу підприємства.

До внутрішніх факторів належать:

— матеріально-технічні (застосування передових технологій, вдосконалення основних фондів і нового більш продуктивного технологічного обладнання, модернізація та реконструкція матеріально-технічної бази підприємства);

— економічні (економічне стимулювання виробництва, фінансове та податкове планування, пошук нових резервів зростання прибутку);

— організаційно-управлінські (освоєння нових видів продукції, розробка інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень);

— соціальні фактори (створення кращих умов праці для працівників, поліпшення кваліфікації робітників, організація побуту, оздоровлення та відпочинку для працівників підприємства).

Зовнішні фактори не залежать від діяльності підприємства. Однак зовнішні фактори також впливають на рівень використання як виробничих, так і фінансових ресурсів розглянутого підприємства.

До зовнішніх факторів належать:

— господарсько-правові (податкова політика країни, регулювання тарифів і цін на продукцію з боку держави);

— ринкові (коригування цін на продукцію і послуги в разі інфляції або дефляції, організація ефективної реклами підприємства та його продукції, підвищення конкурентоспроможності підприємства, формування зовнішньо економічних зв'язків);

— адміністративні (правові акти, постанови і положення, що регламентують діяльність організації).

Моделювання функціонування промислового підприємства, як і моделювання основних видів діяльності можливо з точки зору кожного з цих факторів. Це в свою чергу має привести до певного підвищення ефективності виробництва.

В основу системного підходу до моделювання виробничого підприємства покладено визначення структури економічної системи. Під структурою системи в даному дослідженні будемо розуміти елементи системи і сукупності зв'язків між ними, а також їх взаємоузгоджені дії. Після того, як буде створена структура розглянутої системи, її слід досліджувати. Існує декілька підходів до дослідження структури системи з її властивостями. До них в першу чергу відносять структурний і функціональний підходи:

1. Система може вивчатися ззовні. У цьому випадку вона розглядається з точки зору складу окремих підсистем і відносин між ними (структурний підхід).

2. Система може вивчатися зсередини. Тоді аналізуються деякі властивості системи, за допомогою яких підприємство зможе досягати заданої мети (в цьому випадку вивчаються функції системи).

При структурному підході проявляються склад виділених елементів системи S і зв'язки між ними. Структура системи — це сукупність елементів і зв'язків між ними.

Залежно від мети дослідження систему можна описувати на різних рівнях аналізу. У найбільш загальному випадку опис структури — це зв'язний опис, що дозволяє визначити складові частини системи.

При функціональному підході розглядаються окремі функції, які виконує система, тобто алгоритми поведінки системи. При цьому під функцією розуміють властивість, що приводить до досягнення мети.

У системному підході модель створюється під поставлену проблему, а моделювання полягає в проблемі побудови моделі, пошуку цілі, а також у проблемах роботи з моделлю. Вірно розроблена модель повинна виявляти лише ті закономірності, які потрібні досліднику, і не розглядає властивості системи, що несуттєві для даного дослідження.

Для побудови моделі пропонується розглянути виробничий процес як сукупність взаємозв'язаних основних, допоміжних і обслуговуючих процесів, в результаті яких вихідні матеріали перетворюються на готові вироби.

У виробництві розрізняють процеси, які за своїм призначенням відносять до основних, допоміжних і обслуговуючих.

До основних виробничих процесів на підприємстві належать процеси виробництва продукції та заходи, спрямовані на розвиток виробничих можливостей підприємства. Сукупність основних виробничих процесів являє собою комплекс заходів з виготовлення готової продукції. Продукція випускається у відповідності зі спеціалізацією підприємства. Продукція заданої якості випускається відповідно до наявної на підприємстві виробничої програми випуску, в якій обумовлюються номенклатура, кількість і терміни.

До допоміжних процесів відносять заходи, пов'язані з виготовленням допоміжної продукції для потреб даного підприємства, яка потім використовується в основному виробництві. До них відносяться, наприклад: виготовлення і ремонт виробничих фондів, ремонт будівель і споруд, виробництво і передача енергії всіх видів та ін.

Обслуговуючі процеси на підприємстві — це, як правило, заходи з надання послуг основному виробництву. До них відносяться транспортні послуги, складування і відпуску матеріалів і напівфабрикатів у виробництво, збір, зберігання і обробка науково-технічної інформації, перевірка точності роботи приладів та інструментів.

Взаємозв'язок основних виробничих, допоміжних і обслуговуючих процесів утворюють структуру виробничого процесу.

В економічній літературі існує розбиття основних і допоміжних процесів на прості і складні. До простих процесів відносять

заходи з виготовлення простих предметів праці, а також окремо взяті процеси, наприклад процес складання продукції (виготовлення деталей, складання механізмів, машин і т. ін.). Складні процеси — це процеси, які є сукупністю координованих в часі простих процесів.

Розглядаючи всілякі траєкторії параметрів зовнішнього середовища за допомогою відповідних динамічних моделей підприємства можна простежити вплив найважливіших екзогенних факторів і різноманітних сценаріїв їх розвитку на процес функціонування підприємства.

Для цілей математичного моделювання вся господарська діяльність підприємства за своїм характером поділяється на дві якісно різні групи:

- постійно повторювані процеси;
- певні послідовності різнорідних дій (заходів).

Процеси першої групи це процеси виробництва продукції, обслуговування і ремонту основних виробничих фондів (просте відтворення виробничого апарату підприємства), процеси ресурсного (включаючи фінансове) забезпечення діяльності підприємства.

Процеси другої групи в сучасній теорії і практиці розглядаються звичайно в термінах проектної діяльності. Прикладами таких заходів можуть служити заходи щодо модернізації обладнання, реконструкції та розширення виробництва, впровадження нової техніки і освоєння нових видів продукції, інші інвестиційні та інноваційні заходи.

Сучасні умови функціонування виробничих підприємств змушують їх що дня конкурувати між собою. Тому важливим моментом є синхронне управління всіма основними процесами, що відбуваються на підприємстві в кожен момент часу з метою підвищення ефективності виробництва. Це обумовлює необхідність розробки динамічної економіко-математичної моделі підприємства (моделі, яка описує економіку в розвитку).

Зазвичай економіко-математична модель підприємства містить блоки для розрахунку витрат, прибутку, потоку грошових коштів і фінансового балансу. Як вихідні параметри для цих розрахунків зазвичай використовуються обсяг виробництва продукції, обсяги продажів продукції, терміни і розміри інвестиційних вкладень, джерела і розміри фінансування, показники, що описують технологію виробництва. Найважливішим етапом у процесі

моделювання діяльності підприємств є розробка виробничої програми, тобто обґрунтування обсягу виготовлення продукції, конкретної номенклатури і асортименту відповідно до потреб ринку.

У міру потреби, залежно від набору вихідних даних, рівня деталізації модельованих процесів і використовуваних методів розрахунків, модель може доповнюватися новими блоками.

Модель будується так, щоб відтворити основні характеристики описуваної системи (властивості, взаємозв'язки, структурні або функціональні параметри тощо), істотні для цілей дослідження [93].

Загальна модель системного опису підприємства як динамічного економічного суб'єкта:

$$Y(t) = F(x(t), \omega(t), \alpha), \quad (1.2.1)$$

де x — екзогенні змінні, керовані змінні;

ω — некеровані змінні;

α — параметри системи;

Y — ендогенні, або залежні змінні;

F — функціональна залежність.

Щоб задати систему, повинні бути відомі:

- а) елементи системи — універсальні функціональні складові одиниці;
- б) зв'язки між елементами системи;
- в) структура системи, а також система зв'язків між такими основними елементами системи;
- г) сукупність «прикордонних» елементів, які мають здатність «відмежовувати» внутрішнє середовище системи від навколишнього середовища.

Економіко-математична модель, як правило, включає три основні складові частини:

- цільову функцію — математичний вираз мети;
- систему обмежень, що визначає межі зміни досліджуваних характеристик об'єктів, процесів або явищ;
- систему параметрів моделі, що закріплюють ситуації проведення модельного експерименту (система норми нормативів, параметри реального часу, системного часу, початкові умови та інше).

У сучасних умовах будь-яке підприємство відчуває гостру конкуренцію і перебуває в процесі безперервних змін. В іншому

випадку його здатність до виживання в динамічній обстановці ставиться під загрозу. Характер змін охоплює не тільки аналітичну та прогностичну діяльність підприємства, але й вимагає розробки і вибору відповідної стратегії з урахуванням основних параметрів діяльності підприємства. Однак, у зв'язку з неоднорідним характером діяльності підприємств, для вирішення існуючих проблем підприємства досить складно підібрати такий математичний апарат, який не вимагатиме відповідної адаптації до конкретного підприємства.

При побудові моделі складної економічної системи підприємства рекомендується скористатися основними принципами системного моделювання: послідовний рух по етапах створення моделі; узгодження ресурсних, інформаційних та інших характеристик; точне співвідношення різних рівнів побудови моделі; цілісність різних стадій проектування моделі. Це дозволить побудувати модель управління підприємством з метою прогнозу стану виробничого процесу при існуючих або обраних управліннях і синтезувати оптимальні закони управління.

1.3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО АПАРАТУ ПІДПРИЄМСТВА

На сучасному етапі розвитку економіки в структурі виробничої діяльності промислових підприємств поряд з удосконаленням процесів виробництва все більшого значення набувають процеси з поліпшення і розширення виробничо-технічної бази підприємства. Активізація діяльності по відновленню виробничого апарату підприємства вимагає залучення для цих цілей значних ресурсів, які в свою чергу обмежені низькими результатами господарювання і незадовільним станом підприємств. В умовах нестабільної економіки залучення ресурсів ускладнюється, тому в сучасних кризових для підприємства умовах часто відтворювальна діяльність здійснюється власними силами, а позикові кошти залучають лише в разі відсутності власних коштів.

Передумовою для активізації та ефективного впровадження заходів з метою оновлення виробничо-технічної бази є пошук рішень, що забезпечує паралельно з виробничим аспектом

комплексне урахування як інвестиційного аспекту, так і фінансового, що відображає напрями та результати вкладення капіталу. Ця задача також пов'язана з пошуком оптимальних шляхів сумісного використання факторів виробництва — фондів і ресурсів (як фінансових, так і трудових, і матеріальних).

В науковій літературі в рамках процесів відтворення розрізняють процеси простого і розширеного відтворення виробничого апарату підприємства. Просте відтворення основних фондів передбачає їх відтворення в колишньому обсязі, незмінному масштабі як в цілому, так і по частинах, а також їх підтримку в працездатному стані протягом всього терміну служби.

Основною характеристикою розширеного відтворення є накопичення, приріст основних фондів за той чи інший період, як правило, за рік. Деякі фахівці вважають за доцільне брати до уваги не тільки приріст фізичного обсягу основних фондів, але і поліпшення їх якості. Відповідно до цього можна визнати розширеним і відтворення фондів в обсязі, рівному вибулим внаслідок старості і зносу, в тому випадку, якщо знову введені фонди (нехай навіть в тому ж обсязі) більш продуктивні, технологічні, менш енергоємні і володіють якостями, кращими в порівнянні з вибулими фондами.

В рамках процесів розширеного відтворення розрізняють інвестиційні процеси неінноваційного характеру та інноваційні інвестиційні процеси.

В задачах управління виробничою діяльністю значне місце займають задачі моделювання процесів обслуговування і відновлення виробничого апарату підприємства. В таких моделях на кожному часовому кроці повинні бути визначені:

— динаміка фондів (тобто обсяги виведення основних виробничих фондів кожного виду з експлуатації та обсяги відновлюваних основних фондів кожного виду);

— розподіл робіт з відтворення фондів (і виробничих ресурсів) між альтернативними технологіями відновлення фондів.

Найбільш поширений погляд на моделювання таких задач є розгляд руху фондів за такою схемою: динаміка фондів визначається їх наявністю на початок фіксованого моменту часу, а також кількістю фондів, які вибули або надійшли на підприємство в кожний момент часу. Динаміка фондів описується диференціальними, або кінцево-різницевиими рівняннями, що відображають процеси освоєння ОВФ і їх вибуття з урахуванням

етапу розвитку ОВФ. Конкретний вид функцій і значення відповідних коефіцієнтів залежать від типу ОВФ та умов їх експлуатації [8] і від виду часових змінних.

Беручи до уваги циклічний характер процесів з відтворення фондів, які відбуваються в економічній діяльності підприємств, у моделі яка розробляється в дослідженні, кожен цикл пропонується описувати різницевиими рівняннями, в яких стан системи в наступному циклі залежить від стану системи в попередньому циклі, а також від управління системою і від зовнішніх чинників. Такі дискретні моделі динаміки фондів використовуються досить широко для прийняття управлінських рішень з обслуговування та відновлення ОВФ.

В ситуації, коли тривалість циклу стає набагато менше інтервалу управління з дискретних моделей виходять безперервні моделі. При цьому в результаті крайового переходу різниці рівняння перетворюються в диференціальні рівняння. Слід зазначити, що при розгляді процесу розвитку економічної моделі на значному часовому інтервалі, що включає багато циклів, доцільніше переходити від дискретної моделі до безперервної моделі.

У таких моделях розглядаються процеси створення продукції, розподілу цієї продукції і кінцевого продукту, а також розподіл капітальних вкладень в розвиток виробництва за певними співвідношеннями. У загальному випадку рішення задачі розрахунку на оновлення фондів зводиться до рішення неоднорідних диференціальних рівнянь першого порядку виду:

$$\frac{df}{dt} + a\varphi = b. \quad (1.3.1)$$

Принципово інший підхід до моделювання динаміки фондів був запропонований одним з основоположників моделей системної динаміки Дж. Форрестером [99]. Моделі індустріальної динаміки присвячені вивченню промислових мікросистем і засновані на вивченні складних систем з нелінійними зворотними зв'язками (інформація про минуле використовується як підстава для рішення про майбутні дії). В основу таких моделей покладено моделювання потоків сировини, замовлень, грошових коштів, обладнання, робочої сили та подібної інформації. Динаміку цих змінних визначає система диференціальних рівнянь.

Характерним для циклів зі зворотним зв'язком є наявність часових затримок: затримка між рішенням та наслідком від нього, а потім, затримка між наслідком і тим моментом часу, коли інформація про цей результат вплине на нове рішення [28].

Саме підприємство, як динамічна система, подається як сукупність потоків ресурсів (потоки людей, грошей, матеріалів, зав'язок і обладнання, продукції, а також потоки інформації). А для основних фазових змінних (так званих системних рівнів) пишуться диференціальні рівняння одного і того ж типу:

$$\frac{dy}{dt} = y^+ - y^-. \quad (1.3.2)$$

де y^+ — позитивний темп швидкості змінної y , що включає в себе всі фактори, що викликають зростання змінної y ;
 y^- — негативний темп швидкості, що включає в себе всі фактори, що викликають спад змінної y [56].

Моделі, що побудовані на принципах системної динаміки, зазвичай використовуються, як інструмент дослідження зворотних зв'язків у виробничо-господарської діяльності [7]. Для їх аналізу Дж. Форрестер застосував імітаційне моделювання, яке дозволяє отримати «кількісну оцінку процесів, пов'язаних з різними збуреннями і керуючими впливами» [99].

На сучасному етапі розвитку економіко-математичного моделювання принципи побудови імітаційних моделей динамічних систем використовуються сучасними економістами не тільки для побудови моделей, що описують окремі процеси на підприємстві, але і для побудови комплексних моделей підприємства [108]. Для цього структуру системи (підприємства), яка моделюється, відображають в моделі, а процеси її функціонування програються (імітуються) на побудованій моделі. Мета — отримати інформацію про поведінку складної економічної системи і оцінити різні стратегії, які демонструють функціонування цієї системи.

Принциповою перевагою техніки імітаційного моделювання є відсутність будь-яких обмежень на математичну природу окремих її елементів, компонент і підсистем. Це, з одного боку, робить процес побудови імітаційних моделей більш гнучким, дозволяє добитися високої точності та деталізації опису модельованого об'єкта, а з іншого — ускладнює процес аналізу моделі

і прийняття рішень, що обумовлено необхідністю багатьох обчислювальних експериментів з умовами та параметрами моделей, які безперервно змінюються.

Підводячи підсумки, можна сказати, що моделі, що були розглянуті вище, використовують різний математичний інструментарій для опису процесів відтворення фондів і процесів динаміки фондів. Вони дозволяють поглянути на ці процеси під різним кутом зору, а також дозволяють при необхідності виокремлювати різні аспекти діяльності.

Однак, незважаючи на принципові відмінності у засобах і способах моделювання, а також і в можливостях їх застосування, розглянуті вище моделі мають принципову загальну властивість — всім їм притаманний високий ступінь агрегування при описі підприємства. А це призводить до спрощення сприйняття дійсності. Крім того, описовий характер цих моделей не дозволяє давати рекомендації щодо вироблення управляючих рішень. Недоліками таких моделей є також те, що вони задають досить жорсткі вимоги до моделей підприємства і також обмежуються гранично спрощеними описами процесів, що оптимізуються.

Мета цього дослідження полягає у розробці економіко-математичного інструментарію для моделювання процесів обслуговування і відновлення виробничого апарату підприємства. Основні завдання дослідження у наступному: розробити динамічну модель відтворення основних виробничих фондів (ОВФ) підприємства, відмінною рисою якої є однотипний і взаємоузгоджений опис цієї діяльності на основі застосування апарату виробничих функцій і функцій витрат. У моделі повинне бути враховано можливість формального опису допустимих керуючих дій на виробничу, відтворювальну та інвестиційну діяльність підприємства, а також на їх фінансове забезпечення. Це дасть змогу оптимізувати узгодження інвестиційних та виробничих процесів в ресурсно-часовому просторі.

В процесі функціонування підприємства його ОВФ зазнають певні відміни як спонтанного (не залежного від людини) характеру, так і тими, що обумовлені цілеспрямованими діями людей. У моделях динаміки ОВФ це знаходить своє відображення в класичних за формою диференціальних або кінцево-різницевих рівняннях. У змістовному плані такі рівняння відображають той факт, що стан ОВФ до кінця одиничного часового

періоду є результатом взаємодій процесів поповнення та вибуття ОВФ з урахуванням стану ОВФ на початок даного часового періоду.

У моделі, яка описується, розрізняються два види вибуття ОВФ: внаслідок фізичного зносу і внаслідок директивного їх виведення з експлуатації. Розмір фізичного зносу приймається пропорційним кількості фондів даного виду.

Такий підхід є традиційним для моделей динаміки фондів. Обсяги фондів, що директивно виведені в кожен момент, задаються на основі керуючих змінних зі значеннями на відрізку $[0, 1]$, які мають сенс частки (від тих, які є в даний момент часу) фондів, виведених з виробничого процесу за рішенням підприємства, тобто також вважаються пропорційними наявним на даний момент часу фондам.

В цій моделі, для спрощення, можливість реалізації на вторинному ринку фондів, які були директивно виведені, не розглядається. Ці фонди вважаються для підприємства безповоротно втраченими. Поповнення ОВФ в загальному випадку можливе за рахунок відновлення або заміни фізично зношених фондів, а також за рахунок введення в експлуатацію нових фондів в процесі розширення діючого підприємства, модернізації ОВФ і реконструкції виробництва.

Пропонуються принципово різні підходи до моделювання зазначених двох складових відтворення ОВФ. В основі цього розрізнення лежить якісна відмінність самих процесів поповнення ОВФ як виробничо-економічного явища.

Процеси підтримки та розвитку виробничого апарату промислового підприємства включають в себе дві якісно різні складові. Одна з них цілком відноситься до повсякденної виробничої діяльності підприємства і мало чим відрізняється від процесів виробництва продукції. Це процеси технічного обслуговування і відновлення основних виробничих фондів. Друга складова реалізується в рамках інвестиційної діяльності підприємства і за характером здійснюваних процесів принципово відрізняється від зазначених вище виробничих процесів. Якісна відмінність двох зазначених складових стала основою для застосування і різного математичного апарату для опису цих процесів.

Схематично динаміка стану об'єктів основних фондів підприємства кожного виду може бути описана за допомогою наступного кінцево-різницевого рівняння:

$$\bar{F}_{kt} = \bar{F}_{kt-1} + \Delta F_{kt}^+ - \Delta F_{kt}^-, \quad (1.3.3)$$

де \bar{F}_{kt} , \bar{F}_{kt-1} — стан (кількість) ОВФ виду k в поточний (t) і попередній ($t-1$) моменти часу відповідно;
 ΔF_{kt}^+ , ΔF_{kt}^- — поповнення та вибуття ОВФ виду k в поточний момент часу.

У моделі враховуються два види процесів вибуття ОВФ:

- а) директивне виведення фондів з експлуатації;
- б) фізичний знос.

Директивне виведені фонди вважаються безповоротно втраченими для підприємства. Величина фізичного зносу в моделі інтерпретується як зменшення кількості «працездатних» фондів (виробничих потужностей), еквівалентне появі відповідної кількості фондів, що вийшли з ладу та відновлення яких можливе шляхом ремонту.

Миттєве вибуття фондів внаслідок зазначених процесів розраховується за формулою:

$$\Delta F_{kt}^- = \alpha_{kt} \cdot \bar{F}_{kt-1} + \beta_k \cdot \bar{F}_{kt-1}, \quad (1.3.4)$$

де α_{kt} — коефіцієнти директивного виведення ОВФ виду k ;

β_k — коефіцієнти фізичного зносу ОВФ виду k .

Очевидно, параметр α_{kt} є керуючим, а параметр β_k є відомою характеристикою фондів даного виду в конкретних умовах їх використання на даному підприємстві.

Поповнення ОВФ можливе за рахунок відновлення ОВФ, заміни зношених фондів на аналогічні, а також шляхом розширення виробництва, технічного переобладнання підприємства і модернізації. При цьому остання група зазначених процесів реалізується в рамках інвестиційної діяльності і вимагає спеціального підходу до математичного опису.

У моделі обсяги ОВФ, що підлягають відновленню в кожний момент часу, визначаються як частина вибулих у попередній момент часу, тобто за допомогою відповідних керуючих параметрів. Це повинно бути відображено або в системі технологічних коефіцієнтів, або в параметрах виробничих функцій відповідних технологій відновлення фондів.

Оскільки обслуговування та відновлення ОВФ є систематично здійснюваним видом діяльності, що передбачає постійне використання всієї сукупності виробничих ресурсів, в моделі

запропоновано використовувати апарат виробничих функцій також і для опису цього виду діяльності. Відмінність в даному випадку полягає лише в тому, що в якості виробничих ресурсів відповідних технологій обслуговування та відновлення ОВФ виступають фізично зношені фонди і певні фондові товари (наприклад, запчастини), необхідні для відновлення цих фондів, а в якості результату виступає певна кількість ОВФ з відновленими характеристиками. При цьому будемо розглядати процес відновлення ОВФ, за аналогією з процесом виробництва продукції, протягом одного часового такту.

За аналогією з виробничою функцією для виробничої діяльності, отримаємо виробничу функцію взаємодоповнюючих ресурсів, що є відомою характеристикою фондів даного виду в конкретних умовах їх використання на даному підприємстві.

В моделі передбачається (для простоти демонстрації сутності підходу), що зміни в структурі використаних ресурсів, які спрямовано на відновлення фондів, пов'язані тільки зі зміною самих технологій простого відтворення фондів (обслуговування та відновлення ВПФ). За аналогією з виробничою функцією для виробничої діяльності (див. формулу 1.1.1), отримаємо виробничу функцію взаємодоповнюючих ресурсів (ϕ_{ik}) для відтворювальної діяльності:

$$\Delta F_{kt}^+ = \phi_{ik}(F_{kt}^-, R_{it}^F, F_{kt}^F), \quad (1.3.5)$$

де F_{kt}^+ — поповнення ОВФ виду k в момент часу t за рахунок відновлення;

F_{kt}^- — кількість зношених до моменту часу t фондів виду k , спрямованих на відновлення в поточний момент часу;

R_{it}^F — кількість витрат ресурсів i виду на відновлення ОВФ виду k в поточний момент часу, включаючи необхідні фондові товари;

F_{kt}^F — кількість основних виробничих фондів виду k , що використовуються для відновлення зношених фондів.

ВФ показує залежність поповнення ОВФ виду k в момент часу t за рахунок відновлення від відповідних факторів виробництва (без втрати єдності будемо вважати, що для кожного виду фондів існує одна технологія відновлення). Урахування динаміки фондів здійснюється за допомогою відповідних керуючих змінних:

$$\Delta F_{kt}^+ = \min_{i \in I} \left\{ F_{kt}^-; \frac{R_{ikt}^F}{r_{ikt}^F}; \frac{F_{kt}^F}{f_{kt}^F} \right\}, \quad \forall i \in I, k \in K, t = \overline{1, T}, \quad (1.3.6)$$

де R_{ikt}^F — витрати ресурсів i виду на відновлення ОВФ виду k в поточний момент часу, включаючи необхідні фондіві товари;

r_{ikt}^F — норма витрат ресурсу i -го виду для поповнення ОВФ виду k в момент t ;

F_{kt}^F — кількість основних виробничих фондів виду k ;

f_{kt}^F — фондомісткість одиниці готової продукції (відновлених фондів), для поповнення ОВФ виду k в момент часу t .

Передбачається, що на відновлення може бути спрямована частина фондів (від 0 до 1), які зіпсувалися внаслідок фізичного зносу в попередній момент часу, тобто

$$F_{kt}^- = \gamma_{kt} \cdot \Delta F_{kt-1}^-, \quad k \in K, t = \overline{1, T}, \quad (1.3.7)$$

де γ_{kt} — керуючі змінні, які визначають частку зношених фондів, що спрямовуються на відновлення в поточний момент часу;

ΔF_{kt-1}^- — миттєве вибуття фондів внаслідок фізичного зносу і директивного виведення в попередній момент часу (див. формулу (1.14)).

Частина зношених фондів, які директивно виведені з експлуатації, в моделі вважаються безповоротно втраченими для підприємства.

За допомогою керуючих параметрів $\{\alpha_{kt}\}$ і $\{\gamma_{kt}\}$ в моделі може бути описаний широкий спектр стратегій і конкретних режимів реалізації діяльності по продукції (див. вище), обслуговуванню і відновленню ОВФ підприємства. Однак, як і в разі діяльності з виробництва, на вибір значень цих змінних накладаються обмеження щодо використання наявних виробничих потужностей відповідних допоміжних служб.

У моделі сукупні виробничі ресурси, які витрачаються на випуск продукції як і витрат, пов'язаних з відновленням ОВФ:

$$R_i = R_i^p + \sum_{k \in K} R_{ik}^F, \quad \forall i, \quad (1.3.8)$$

$$R^c = \sum_{i \in I} R_i^p c_i^r + \sum_{i \in I} c_i^r \sum_{k \in K} R_{ik}^F, \quad (1.3.9)$$

де R_i — сукупні витрати ресурсів на випуск продукції та відновлення фондів;

R_i^p — сукупні витрати ресурсів на випуск продукції;

R_{ik}^F — витрати ресурсів виду i на відновлення ОВФ;

c_i^r — вартість ресурсів виду i .

Однаковий опис процесів виробництва продукції та відновлення ОВФ істотно спрощує структуру моделі (основні співвідношення і систему обмежень), розрахунок основних показників цих видів діяльності підприємства, таких як виручка від реалізації продукції, витрати на виробництво продукції та відновлення зношених фондів, асоційованих з ними фінансових потоків. Прозорою стає і система керуючих параметрів, що визначають асортимент та обсяги випуску продукції, способи реалізації виробничої програми (перелік і масштаби використовуваних технологій), структуру та обсяги виведення ОВФ з експлуатації, програму робіт з відновлення фондів, розподіл виробничих потужностей і наявних виробничих ресурсів між технологічними способами виробництва продукції та відновлення. При цьому можливості випуску продукції в кожний момент часу строго детерміновані динамікою ОВФ.

Задача управління в підсистемі відтворення (відновлення) ОВФ полягає у визначенні для кожного моменту часу програми відновлення ОВФ, яка передбачає встановлення в розрізі кожного виду ОВФ частки директивно виведених з експлуатації фондів, частки відновлюваних ОВФ з числа фізично зношених, вибір технологій відновлення ОВФ з числа можливих, та визначення інтенсивності їх використання (визначення частки ОВФ кожного виду, які відновлюються за допомогою кожної з доступних технологій відновлення фондів).

Оскільки для кожної технології відновлення ОВФ визначено перелік факторів виробництва (виробничі ресурси і фондіві товари, необхідні для відновлення цих фондів, тип відновлюваних ОВФ і залежність витрат факторів і результатів), то всі зазначені керуючі змінні дозволяють визначити в кожний момент часу всі прямі витрати на відновлення ОВФ в натуральному та вартісному виразі.

Таким чином, управління в підсистемі відтворення ОВФ задає в кожний момент часу t :

— структуру та обсяги директивного виведення ОВФ з експлуатації;

- структуру та обсяги ОВФ, що підлягають відновленню;
- структуру та обсяги ОВФ, що були відновлені;
- витрати виробничих факторів на їх відновлення;
- характер і рівень використання виробничих потужностей виробничої підсистеми підприємства (відповідних технологій відновлення ОВФ).

Оскільки в моделі забезпечується синхронне здійснення процесів виробництва продукції та відновлення зношених фондів, то можливості випуску продукції в кожен момент часу детерміновані динамікою ОВФ. Зворотнє твердження також вірно.

Програма відновлення зношених ОВФ пов'язана з програмою випуску продукції, як мінімум, за допомогою загальних обмежень на запаси виробничих ресурсів.

Виходячи з цього, вибір значень керуючих змінних в підсистемі відновлення ОВФ обмежується факторами, які сформульовані в пункті 1.1 (див. 1.1.7, 1.1.8).

Обмеження на використання в процесі відновлення ОВФ виробничих потужностей відповідних виробничих підрозділів:

$$\sum_{i=1}^L \varphi(\chi_{klt}) + \Phi_{kt} \leq F_{kt}, \quad \forall k, t, k \in K, t = \overline{1, T}, \quad (1.3.10)$$

де $\varphi(\chi_{klt})$ — алгоритм (задається імітаційною моделлю функціонування підприємства), який за значеннями керуючих змінних виду $\{\chi_{klt}\}$ визначає «вихід», відновлених за технологією l ОВФ виду k в момент часу t ;

Φ_{kt} — кількість ОВФ виду k , що задіяні в момент часу t в підсистемі виробництва продукції (зазначені величини також є «алгоритму імітації виробничої діяльності підприємства»); вихідними» параметрами;

F_{kt} — кількість працездатних ОВФ виду k на момент часу t (зазначені величини визначаються відповідно до рівняння динаміки ОВФ з урахуванням відтворювальної та інвестиційної діяльності підприємства).

Обмеження на виробничі ресурси, включаючи працю, які використовуються в процесі відтворювальної діяльності:

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L_k} \psi_{kit}(\chi_{klt}) + R_{it} \leq \bar{R}_{it}, \quad \forall i, t; i \in I_R, \\ t = \overline{1, T}, \quad (1.3.11)$$

де ψ_{kit} — функція (алгоритм розрахунку) витрат ресурсу виду i відповідно до технології виду l при відновленні ОВФ виду k ;

R_{it} — витрати ресурсу виду i в підсистемі виробництва продукції;

\bar{R}_{it} — наявні запаси ресурсів виду i .

Таким чином, вибір керуючих змінних в кожен момент часу досліджуваного періоду визначає траєкторію управління в підсистемі відновлення ОВФ і, як наслідок, всі виробничо-економічні характеристики відповідних процесів синхронізації з діяльністю виробничої підсистеми підприємства.

За результатами дослідження можна зробити такі висновки. Побудована економіко-математична модель управління відтворювання ОВФ, яка синхронізована з виробничою та інвестиційною діяльністю промислових підприємств з метою узгодження інвестиційних та виробничих процесів в ресурсно-часовому просторі. Це є певним внеском в розвиток економічної науки в цілому і математичного моделювання в економіці зокрема.

Підсистема відтворювальних процесів підприємства розділена в моделі на три складові: блок динаміки ОВФ, блок відновлення зношених фондів; блок інвестиційних процесів. Динаміка ОВФ в моделі задається класичними за структурою кінцево-різницевиими рівняннями, що враховують вибуття фондів кожного виду внаслідок фізичного зносу, директивне виведення з експлуатації ОВФ, поповнення за рахунок відновлення та реалізації інвестиційних заходів. Підсистема відновлення ОВФ в моделі представлена ідентично підсистемі виробництва продукції за допомогою відповідних виробничих функцій. Інвестиційна діяльність підприємства в моделі представлена у вигляді інвестиційної програми, тобто сукупності взаємопов'язаних інвестиційних проектів. Відмінною особливістю моделі інвестиційної діяльності підприємства став опис параметрів кожної стадії будь-якого інвестиційного проекту за схемою технологічного способу виробництва, де кожному відповідає своя функція витрат.

Отримані наукові результати дозволять підприємству сформулювати оптимальне управлінське рішення в рамках процесів обслуговування і відновлення виробничого апарату підприємства, опираючись на фінансові можливості самого підприємства і кон'юнктуру ринку позикових коштів.

1.4. ОПТИМІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПІДПРИЄМСТВА

Задачу формування найкращої інноваційно-інвестиційної програми можна сформулювати таким чином: розробити оптимізаційну економіко-математичну модель, що погоджує інвестиційну і виробничу діяльність в рамках єдиної задачі і дає можливість знаходити оптимальну множину інноваційних та інвестиційних проектів, які в сукупності можуть забезпечити максимальне підвищення ефективності виробничої діяльності підприємства у рамках обмеженого обсягу факторів виробництва та інвестицій.

Будь-яка задача оптимального управління є комплекс керуючих змінних, система обмежень на керуючі змінні, цільова функція (або множина цілей), яка відображає критерій оптимальності (умова, що накладається на цільову функцію) і визначена на зазначених змінних.

Розглянемо структуру моделі інвестиційної діяльності. Передбачається, що для кожного ІП виду s відомі:

- тривалість здійснення кожної n -ої стадії ІП виду s ;
- витрати ресурсів виду i в кожен момент часу для реалізації кожної n -ої стадії ІП виду s ;
- приріст ОВФ певного виду ΔF_{it}^{s+} (для стадій запуску у виробництво і виведення проекту на повну потужність) в кожен момент часу як результат виконання інвестиційного проекту та / або випуск нової або традиційної для підприємства продукції.

Динаміка приросту ОВФ задається самим проектом і вважається відомою апріорі. Для пунктів (б) і (в) може бути досить знання або питомих (на одиницю продукції або вводяться ОВФ) витрат, або функцій витрат.

У моделі приймається припущення про безперервність реалізації кожного проекту з моменту початку його здійснення. Тому рішення про початок реалізації проекту і вибір масштабу його здійснення задають однозначну прив'язку до часової осі всіх стадій проекту, його витрат і результатів, а також платежів, що генеруються проектом.

Для визначення часової структури кожного ІП у модель вводяться такі керуючі змінні:

- ν^s — булеві змінні, що відображають факт включення ІП виду s в інвестиційну програму;

— M^s — максимальний масштаб ІП (максимально можливі обсяги введення в дію ОВФ);

— δ^s — змінні фактичного масштабу реалізації проекту;

— τ_i^s — булеві змінні, які визначають моменти початку реалізації проектів виду s , (вектор-рядок для кожного ІП), причому

$$\sum_{i=1}^T \tau_i^s = 1.$$

Загальні витрати в короткому періоді представимо у вигляді суми постійних і змінних витрат:

$$R_t^s = R_{0t}^s + R_{pt}^s, \quad t = \overline{1, T}, \quad (1.4.1)$$

де R_t^s — загальні витрати в короткому періоді на приріст ОВФ певного виду (ΔF_t^s) та / або випуск продукції s -го проекту в розрахунку на один момент часу;

R_{0t}^s — постійні витрати s -го проекту в розрахунку на один момент часу;

R_{pt}^s — змінні витрати на приріст ОВФ певного виду (ΔF_t^s) та / або випуск продукції проекту виду s в розрахунку на один момент часу.

Можна вважати, що в кожен момент часу всього періоду здійснення стадій науково-дослідні роботи; дослідно-конструкторські роботи; технічна підготовка виробництва; будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи ($n = \overline{1, 4}; t = \overline{1, T}$), витрати відносяться до постійних. Відповідно, параметри «функції витрат» на цих стадіях постійні. Будемо враховувати так само, що й на стадіях запуску виробництва продукції і виведення нового виробництва (або виробництва нової продукції) на проектні потужності також є постійні витрати:

$$R_{0it}^s = \frac{r_{0in}^s}{\Delta t_n^s} \cdot \nu^s \cdot \tau_i^s, \quad \forall n = \overline{1, 6}, \quad (1.4.2)$$

де R_{0it}^s — постійні витрати ресурсів i -го виду на n -ній стадії ІП виду s ;

r_{0in}^s — норми постійних витрат ресурсів i -го виду на n -ній стадії ІП виду s ;

ν^s — булеві змінні, що відображають факт включення проекту виду s в інвестиційну програму;

τ^s — булеві змінні, які визначають моменти початку реалізації проектів виду s , що входять в інвестиційну програму;

t_{nt}^s — булеві змінні, які визначають реалізацію відповідної стадії n проекту s в момент часу t .

При цьому

$$\Delta t_n^s = \sum_{t=1}^T t_{nt}^s, \quad n = \overline{1, 6}, \quad (1.4.3)$$

де Δt_n^s — тривалість n -ої стадії проекту виду s .

Побудуємо функцію витрат для стадій, на яких виникають змінні витрати на приріст ОВФ ($n = \overline{5, 6}; t = \overline{1, T}$), тобто для стадій запуску виробництва продукції і виведення на проектну потужність.

Така функція витрат є залежністю між результатами ІІ (динамікою приросту ОВФ певного виду (ΔF_t^s) та / або обсягом виробленої продукції, які є відомими апріорі) і мінімально необхідними для її виробництва змінними витратами, задіяними в реалізації даного проекту в кожен момент часу, причому урахування часової структури кожного ІІ здійснимо за допомогою відповідних керуючих змінних:

$$R_{pt}^s = \psi_n^s(\Delta F_t^s, t_{nt}^s) \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad (1.4.4)$$

де R_{pt}^s — змінні витрати на реалізацію ІІ в момент часу t ;

ψ_n^s — вектор-функція змінних витрат усіх факторів виробництва при реалізації n -ної стадії s -го проекту в розрахунку на один момент часу, тобто модель окремої стадії певного проекту;

ΔF_t^s — приріст ОВФ певного виду, відповідного проекту виду s .

Стосовно розроблюваної моделі, в якій для простоти передбачається, що приріст ОВФ певного виду в кожен момент часу здійснюється лінійно, пропорційно тривалості стадій запуску відповідного інвестиційного проекту у виробництво і виведення його на проектну потужність (коли $n = \overline{5, 6}; t = \overline{1, T}$):

$$\Delta F_t^s = \frac{M^s \cdot \delta^s}{\Delta t_n^s}, \quad \forall s \in S, \quad n = \overline{5, 6}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (1.4.5)$$

де M^s — максимально можливий масштаб реалізації проекту s ;

δ^s — керуючі змінні, що визначають фактичний масштаб реалізації проекту;

Δt_n^s — тривалість n -ної стадії проекту виду s .

Тоді

$$R_{zit}^s = \frac{r_{in}^s \cdot M^s \cdot \delta^s}{\Delta t_n^s} \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{5, 6}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (1.4.6)$$

де R_{zit}^s — змінні витрати ресурсу i -го виду проекту виду s в момент часу t ;

r_{in}^s — норми змінних витрат ресурсу i -го виду проекту виду s в момент часу t ;

v^s — булеві змінні, що відображають факт включення проекту виду s в інвестиційну програму;

τ^s — булеві змінні, які визначають моменти початку реалізації проектів виду s , що входять в інвестиційну програму.

Узагальнюючи функцію виробничих витрат, що описує сукупні витрати в кожен момент часу на кожному з етапів інвестиційного проекту, отримаємо

$$R_{it}^s = \left(\frac{r_{0in}^s}{\Delta t_n^s} + \frac{r_{in}^s \cdot M^s \cdot \delta^s}{\Delta t_n^s} \right) \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{1, 6}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (1.4.7)$$

У вартісному вираженні сукупні витрати на реалізацію ІІ в кожен момент часу:

$$R_t^{sc} = \left(\frac{\sum_{i \in I} r_{0in}^s \cdot c_i^s}{\Delta t_n^s} + \frac{M^s \cdot \delta^s \cdot \sum_{i \in I} r_{in}^s \cdot c_i^s}{\Delta t_n^s} \right) \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{1, 6}, \quad (1.4.8)$$

де R_t^{sc} — сукупні витрати проекту виду s в момент часу t ;

c_i^s — ціни на ресурси i -го виду проекту виду s .

Використовуючи дану конструкцію для кожного проекту в кожен момент часу можна розрахувати витрати усіх видів ресурсів, які необхідні для здійснення відповідної стадії інвестиційного проекту, фонди, а також додаткові обсяги випуску продукції і введені в дію нові ОВФ.

У моделі сукупні виробничі ресурси витрачаються на випуск продукції як в натуральному ($\{R_i\}_{i \in I}$), так і в вартісному

вираженні (R_i^{sc}) збільшуються на величину витрат, пов'язаних з відновленням ОВФ:

$$R_i^c = R_i^{pc} + R_i^{Fc} + R_i^{sc}, \quad (1.4.9)$$

де R^c — вартість сукупних витрат ресурсів на випуск продукції, відновлення фондів і реалізацію інвестиційної програми в момент часу t ;

R_i^{pc} — вартість сукупних витрати ресурсів на випуск продукції в момент часу t ;

R_i^{Fc} — вартість витрат ресурсів виду i на відновлення ОВФ в момент часу t ;

R_i^{sc} — вартість витрат на реалізацію ІІІ в момент часу t .

Задача управління інвестиційною діяльністю підприємства зводиться до формування інвестиційної програми підприємства та її основних параметрів. У моделі — це вибір (з числа альтернативних) інвестиційних проектів (ІІІ), що підлягають реалізації, масштабів реалізації кожного ІІІ, який включається в програму, і термінів початку його реалізації.

В модель введені обмеження на управляючі змінні:

1. Управляючі змінні $\{v_s^s\}$, що визначають факт включення інвестиційного проекту s в інвестиційну програму:

$$v_s^s = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s \in S \\ 0, & \text{якщо } s \notin S \end{cases}, \quad (1.4.10)$$

де S — ІІІ щодо розширеного відтворення виробничої інфраструктури підприємства;

s — вид інвестиційного проекту;

v^s — булеві змінні факту включення проекту виду s в інвестиційну програму.

2. Ці змінні приймають значення, рівне 1, в момент початку реалізації даного проекту. Значення цих змінних повинні задовольняти умовам виду:

$$\sum_{t=1}^T \tau_t^s = 1, \quad \forall s, \quad (1.4.11)$$

де T — тривалість досліджуваного періоду часу;

τ_t^s — момент початку реалізації кожного проекту.

Це означає, що ІІІ виду s буде запущений тільки один раз в момент часу $t = \overline{1, T}$.

3. Керуючі змінні виду $\{M_s^s\}$, які введені в модель, дозволяють приймати рішення про масштаби реалізації проекту виду s . При цьому максимально можливий масштаб ІІІ відповідає максимально можливому приросту випуску того чи іншого виду продукції, який може забезпечити реалізація відповідного ІІІ у повному обсязі. Масштаб ІІІ заздалегідь відомий і є параметром даного проекту. Легко також бачити, що зазначені змінні визначають і конкретну величину (і динаміку) поповнення ОВФ відповідних видів, передбачених проектами (розширення, модернізація та / або нове будівництво). Зазначені змінні масштабу ІІІ повинні відповідати таким умовам:

$$0 \leq M_s \leq 1 \quad \forall s, s \in S. \quad (1.4.12)$$

Оскільки реалізація кожної стадії будь-якого ІІІ, що включається в інвестиційну програму, пов'язана з використанням відповідних ОВФ і виробничих ресурсів, значення керуючих змінних даної підсистеми повинні задовольняти обмеженням на спільне використання всіх факторів виробництва усіма підсистемами підприємства.

В задачах знаходження оптимального управління процесами, що відбуваються на підприємстві, однією з ключових є проблема вибору критерію оптимальності (критерію якості), який виражається в цільових показниках. В комплексних моделях оптимізації, в силу існування системи впорядкованих цілей, краще багатокритеріальний підхід до вирішення оптимізаційних задач. Він дозволяє прагнути до отримання рішення, які підтримують досягнення певної сукупності найбільш важливих для економіки підприємства цілей. Зазвичай ці цілі суперечливі і оптимізація по кожному з критеріїв оптимальності призводить до різних значень векторів варійованих параметрів. Тому в економіко-математичній літературі виділяється клас задач багатокритеріальної оптимізації (наприклад, [108]).

Задачу багатокритеріальної оптимізації в загальному вигляді запишемо таким чином:

$$\max_{x \in D_x} F(x) = F(x^*), \quad (1.4.13)$$

де D_x — множина допустимих значень вектора варійованих параметрів (x);

$F(x) = (\varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots, \varphi_s(x))$ — векторний критерій оптимальності, що є сукупністю окремих критеріїв оптимальності $(\varphi_k(x), k \in [1, s])$.

Результати реалізації кожного інноваційного проекту формують загальний результат від впровадження обраної інвестиційної програми, який вимірюється як приростом прибутку, так і зниженням витрат.

Як критерії оптимальності в багатокритеріальному підході до оптимізації розроблюваної комплексної динамічної оптимізаційної моделі синхронізації виробничої, інноваційно-інвестиційної та фінансової діяльності підприємства пропонується використовувати інтегральні за часом величини прибутку. З урахуванням викладеного та з урахуванням того, що метою функціонування підприємства є максимізація економічного результату за аналізований період, найбільш доцільно для вибору оптимального комплексного управління використання наступних критеріїв оптимізації.

1) Максимін чистого прибутку:

$$F_1 = \max_j \min_t Pr_{jt}, \quad (1.4.14)$$

де j — номер експерименту;

Pr_{jt} — чистий прибуток в момент часу t , відповідний кожному j -му експерименту.

Цей критерій є обережним. Він передбачає максимум негативного розвитку стану зовнішнього і внутрішнього середовища і враховує найменш сприятливий розвиток для кожної альтернативи.

2) Максимальне значення (серед множини проведених експериментів $(\forall j, j = 1, J)$ середнього (на усьому періоді планування $(\forall t, t = 1, T)$) чистого прибутку:

$$F_2 = \max_j \sum_{t=1}^T \frac{Pr_{jt}}{T}. \quad (1.4.15)$$

Цей критерій є узагальнюючим, що характеризує поведінку прибутку на всьому відрізку планування і відображає результат діяльності підприємства в цілому (з усіх аспектів діяльності підприємства — виробничому, інвестиційному і фінансовому). У сукупності з першим критерієм він дозволяє вибрати оптимальне

управління при синхронізації роботи підприємства у всіх його основних сферах діяльності (виробничої, відтворювальної) та їх спільне фінансування.

Як відомо, рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в загальному випадку не є оптимальним ні для одного з окремих критеріїв, а виявляється деяким компромісом для вектора в цілому [91]. Для вирішення задачі багатокритеріального вибору пропонується використовувати принцип оптимальності за Парето. Для пошуку серед усіх можливих поєднань (множин) інноваційних проектів оптимальної програми, яка забезпечить максимальне збільшення прибутку, скорочення витрат або термінів окупності інвестицій запропоновано використовувати методи статистичних випробувань. Застосування методу Монте-Карло до завдань оптимізації на моделях імітаційного типу розглянуто раніше автором підрозділу [39].

1.5. ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНО-ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА МОДЕЛІ КОМПЛЕКСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОЇ ТА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Імітаційний підхід до моделювання дозволяє не тільки відобразити логічну структуру розглянутих підсистем реального підприємства, але й імітувати динаміку взаємодій цих підсистем між собою. Тому ставиться задача провести імітаційно-оптимізаційні експерименти на розроблення та викладення у статтях [38; 40] комплексної динамічної імітаційно-оптимізаційної моделі виробничої та інвестиційної діяльності підприємства та продемонструвати працездатність моделі на прикладі реального промислового підприємства, а також проаналізувати, наскільки дійсно показує модель результати функціонування підприємства.

У рамках даного дослідження під імітаційним підходом розуміється підхід, що передбачає побудову моделей, що імітують функціонування об'єкта. При цьому імітаційна модель використовується як інструмент зв'язування всіх параметрів — і управлінських змінних, і параметрів, що описують розглянуті види діяльності. Проблема полягає в знаходженні оптимального поєднання керуючих впливів. Для її вирішення використовується

оптимізаційний підхід, який передбачає постановку оптимізаційної задачі. Дослідження побудовані за схемою: імітація — управління — завдання оптимального управління — метод пошуку рішення оптимального управління (рис. 1.5.1).

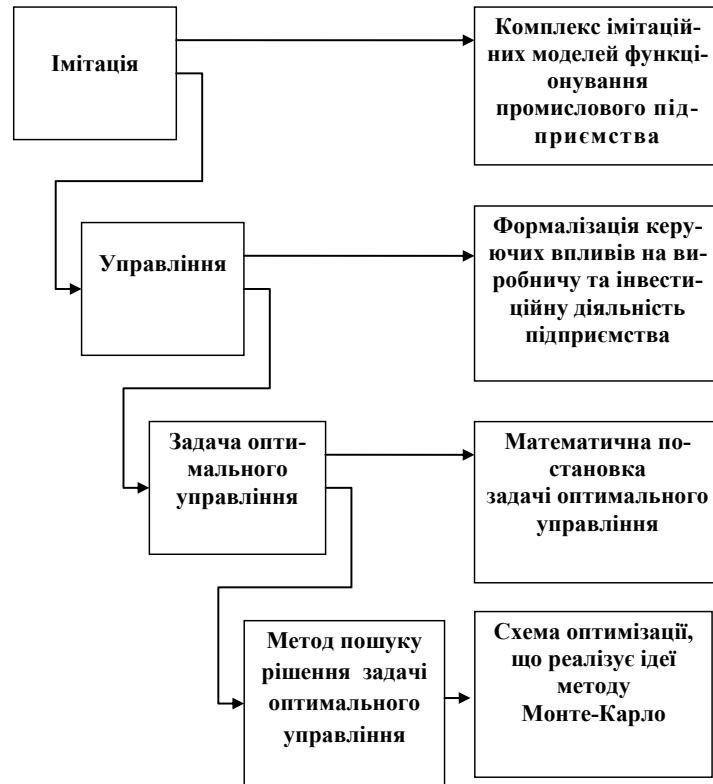


Рис. 1.5.1. Схема імітаційно-оптимізаційних експериментів

Для проведення імітаційно-оптимізаційних експериментів використана комплексна математична модель, яка описана автором в статтях [38; 40]. Експерименти проведено на даних реального підприємства ТОВ «ТНР».

При розгляді величезної кількості варіантів вибору траєкторій управління виробничою та інвестиційною діяльністю ТОВ «ТНР» встановлено, що задача управління має оптимізаційний характер.

Тому в моделі здійснена оптимізаційна постановка задачі, яка відноситься до класу звичайно-різницевої моделі імітаційного типу, що містять динамічні змінні. Змінні, які використані в моделі [38], відповідають управлінським рішенням, прийнятим у виробничій та інвестиційній сферах діяльності підприємства.

Вибір оптимального управління в моделі проводиться одночасно за критерієм максиміна чистого прибутку ($F_1 = \max_j \min_t Pr_{jt}$), та критерієм максимального середнього значення чистого прибутку за весь досліджуваний період

$$(F_2 = \max_j \sum_{t=1}^T \frac{Pr_{jt}}{T}).$$

Розглянуто випадок, коли підприємство паралельно з виробництвом продукції здійснює інвестиційну діяльність з відтворення фондів. Інвестиційні заходи істотно впливають на виробничу програму підприємства і хід її виконання. Спільність виробничих ресурсів (в тому числі і фінансових) та факторів виробництва обумовлює необхідність паралельного розгляду основної та інвестиційної діяльності підприємства і піднімає проблему оптимальної синхронізації цих видів діяльності. Під синхронізацією в даному дослідженні мається на увазі узгодження в ресурсно-часовому просторі процесів виробництва продукції, відтворення фондів та інвестиційних процесів з відтворення фондів. Узгодження передбачає: коли і в якій кількості розподіляти ресурси та фонди між розглянутими видами діяльності.

Синхронізація забезпечується оптимізацією. Синхронізація має на увазі таке поєднання керуючих змінних, котре забезпечить отримання найкращу по Парето множину оптимальних рішень з точки зору обраних критеріїв оптимальності. В дослідженні розроблюється синхронізація за такими критеріями оптимальності, як максимін чистого прибутку та максимальний середній чистий прибуток.

Оскільки у модель були введені управляючі змінні, які дозволяють визначати моменти початку й закінчення всіх операцій та їх об'єм, то в задачі оптимізується узгодження інвестиційних та виробничих процесів в ресурсно-часовому просторі. При цьому керуючі змінні підібрані таким чином, щоб в процесі оптимізації було можливим змінювати розпорядок, тобто змінювати взаємне розташування ресурсів в просторово-часовому континуумі. В результаті обираються такі управляючі змінні, які забезпечують

оптимальний результат. Всі параметри і змінні в моделі є функціями часу, тому модель, яка розробляється в дослідженні, є динамічною. У моделі межчасові зв'язки присутні не між керуючими змінними, а сутнісні — по станах фондів, станів запасів ресурсів, за балансовою вартістю, по грошових ресурсах.

В оптимізаційній моделі комплексної виробничої та інвестиційної діяльності підприємства, що розроблена в статті [40], приведена постановка задачі оптимального управління, в якій використовуються керуючі змінні виробничої діяльності — інтенсивність використання технологій; α_{kt} — частка фондів, виведених з виробництва рішенням керівництва; β_{kt} — частка ОВФ, що спрямовуються на відновлення; χ_{kt} — інтенсивність використання технологій відновлення ОВФ та керуючі змінні інвестиційної діяльності; ν_s — булеві змінні, що відображають факт включення проекту виду s в інвестиційну програму; τ_{ts} — момент початку реалізації кожного проекту; δ_{gt} — змінні фактичного масштабу реалізації проекту (у випадку можливості його «квантування»); M^s — керуючі змінні, які дозволяють приймати рішення про масштаби реалізації проекту виду s .

Для вирішення задачі управління, пов'язаної з вибором інвестиційних проектів, що входять в інвестиційну програму, попередньо були обрані найкращі за критерієм чистого дисконтованого доходу (NPV) проекти. При цьому у разі, коли інвестиційна програма складається з декількох інвестиційних проектів, під чистим дисконтованим доходом інвестиційної програми розумілася сума чистих дисконтованих доходів інвестиційних проектів, які входять в інвестиційну програму.

Моделювання паралельно з основною виробничою діяльністю інвестиційної програми з відтворення ОВФ дозволило знайти множини оптимальних траєкторій керуючих змінних, які задають в кожен момент часу розподіл ресурсів і основних виробничих фондів за технологічними способами виробництва продукції, підтримки фондів в робочому стані, а так само по всіх стадіях кожного інвестиційного проекту, що реалізується в рамках інвестиційної програми в кожен момент часу і, відповідно, множину оптимальних траєкторій функціонування підприємства.

Результатом синхронного управління інвестиційною та виробничою діяльністю підприємства є:

— кількість ресурсів виду i для виробництва продукції виду p (R_{it}^p) і кількість виробничих потужностей (ОВФ) виду k , що

використовуються при виробництві продукції виду p за технологією l (F_{kt}^p), а також обсяг випуску продукції виду p всіма технологіями (Q_t^p);

— виробнича програма з урахуванням максимально можливого приросту випуску продукції в кожен момент часу t , який може забезпечити реалізація відповідного інвестиційного проекту виду s (Q_{it}^{sp}) (з урахуванням ринкового попиту на продукцію);

— кількість ОВФ виду k в момент часу t (F_{kt});

— кількість зношених до моменту часу t фондів виду k , спрямованих на відновлення (F_{kt}^-); кількість основних виробничих фондів, що використовуються для відновлення зношених фондів (F_{kt}^F);

— визначення термінів і динаміки поповнення ОВФ, відповідних видів (ΔF_{kt}^{s+}) за рахунок реалізації інвестиційної програми;

— потоки платежів, що генеруються як виробничою, так і інвестиційною діяльністю описуваного підприємства.

Результати оптимізаційного дослідження (відповідні оптимальні рішення) з використанням розробленої моделі наведені нижче.

Для підприємства з попередньо обраним єдиним інвестиційним проектом рішення задачі синхронного управління виробничої, відтворювальної та інвестиційної діяльності промислового підприємства з використанням багатокритеріального підходу дозволило отримати наступні траєкторії субоптимального управління:

— технології виробництва продукції завантажені на 100 % ($u_{pit} = 1$);

— зношені фонди відновлюються повністю ($\chi_{kt} = 1$ і $\beta_{kt} = 1$);

— інвестиційний проект, який включається в інвестиційну програму, запускається в максимально можливому обсязі ($\delta^s = 1$);

— час початку запуску ІІ відповідає першому такту:

$$\begin{cases} \tau_1 = 1 \\ \tau_i = 0, \text{ де } i = 2, \dots, T \end{cases}$$

— позикові кошти не використовуються ($n_{gt} = 0, \forall g \in G, t = 1, T$; $z_{gt} = 0, \forall g \in G, t = 1, T$) та фінансування відбувається тільки за рахунок власних коштів ($\lambda_i = 1, t = 1, T$).

Запропоноване оптимальне управління генерує поведінку підприємства, яке характеризується такими особливостями.

Відповідно до оптимальної траєкторії управління, починаючи з моменту введення в експлуатацію додаткової кількості виробничих фондів, спостерігається рівномірне зростання випуску продукції. Це дозволило збільшити виробничу програму в 2 рази і досягти величини ринкового попиту на продукцію (перевищення ринкового попиту неприпустимо за умовами задачі) (див. рис. 1.5.2).

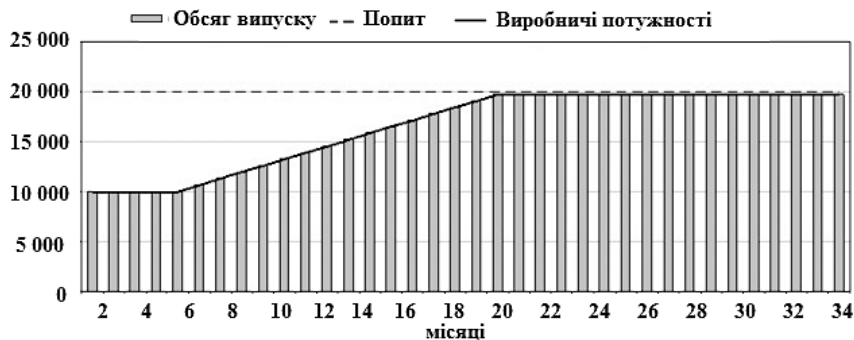


Рис. 1.5.2. Траєкторія зростання випуску продукції з урахуванням реалізації III, од. прод.

Траєкторії основних виробничих і фінансово-економічних показників виробничої діяльності отриманого оптимального рішення в динаміці наведені на рис. 1.5.3—1.5.5. Запропоноване управління привело до росту витрат і підвищення собівартості продукції.

Структура витрат на випуск продукції в ситуації реалізації оптимальної інвестиційної програми, вибраної із запропонованих варіантів за критерієм NPV, паралельно з основною діяльністю, наведена на рис. 1.5.3.

Спостережуване на рис. 1.5.3 збільшення змінних витрат на випуск продукції відповідає зростанню кількості випущеної продукції за рахунок впровадження додаткової кількості фондів, що є результатом запропонованого оптимального управління. А траєкторії постійних витрат, що становлять суму амортизаційних відрахувань та інших постійних витрат, хоч і не залежать безпосередньо від обсягу випуску продукції, також мають тенденцію до збільшення. Це пов'язано з тим, що зміна витрат

на відновлення фондів, а також необхідні витрати на інвестиційний проект за інших рівних умов призводять до зростання балансової вартості основних фондів, яка відбивається на зростанні амортизаційних відрахувань.



Рис. 1.5.3. Динаміка витрат на випуск продукції, тис. грн

Траєкторії руху фондів в динаміці при даному управлінні представлені на рис. 1.5.4. Вибуття фондів відбувається природним шляхом в результаті фізичного зносу фондів і становить 3 % від загальної кількості фондів в кожен момент часу t . Оптимальне управління передбачає повне відновлення зношених фондів в кожний наступний момент часу t , що дозволяє підтримувати наявні виробничі потужності підприємства на постійному рівні.

Відмова від директивного виведення фондів (за рішенням керівництва) в оптимальному рішенні (при високому попиті на продукцію паралельне заміщення фондів новими фондами не дає оптимального результату) пояснюється тим, що краще максимально завантажити старі фонди і паралельно нарощувати додаткові виробничі потужності за рахунок впровадження обраної інвестиційної програми. Результатом управління в інвестиційній діяльності є здійснення інвестиційної програми, починаючи з початкового моменту часу ($t = 1$). В експлуатацію вводяться фонди в розмірі, що відповідає максимальному масштабу інвестиційного проекту. Відповідно до отриманого оптимального рішення до моменту повного введення в експлуатацію фондів, їх кількість зростає в 2 рази.

Як видно з рис. 1.5.4, в результаті обраного оптимального управління балансова вартість фондів в кожен момент часу

збільшувалася на суму витрат, понесених на придбання основних фондів (на загальну суму 70 млн грн). А також на суму витрат на відновлення фондів (в рамках простого відтворення) (30 млн грн щорічно, що становило 200 млн грн за весь період планування) і зменшувалася на суму виведених з експлуатації основних фондів протягом періоду, що передує звітному, а також на суму амортизаційних відрахувань, нарахованих у періоді, що передує звітному (в середньому 35 млн грн щорічно, що склало 220 млн грн за весь період планування). На підприємстві нарахування амортизації здійснюється шляхом застосування норм амортизації до балансової вартості груп основних фондів на початок звітного періоду.



Рис. 1.5.4. Балансова вартість фондів у динаміці, тис. грн

Траєкторії різних видів прибутку підприємства в кожен момент часу, отримані в результаті реалізації оптимального управління представлені на рис. 1.5.5.

Отримані оптимальні траєкторії керуючих параметрів визначили траєкторію параметрів синхронізації виробничої, інвестиційної та фінансової діяльності підприємства, які передбачають одночасно з основною діяльністю з випуску продукції здійснювати процеси відновлення всіх ОВФ, що вибули внаслідок фізичного зносу, а також паралельно проводити інвестиційні заходи щодо впровадження інвестиційної програми.

Таким чином, запропоноване управління дозволило отримати такі результати роботи підприємства:

— валовий прибуток, що свідчить про прибутковість основної діяльності підприємства і показує, скільки заробило підприємство

за вирахуванням витрат на виробництво продукції (з моменту виходу на повну проектну потужність обсяг продукції зріс в 2 рази);



Рис. 1.5.5. Траєкторії прибутку, тис. грн

— операційний прибуток, що представляє собою чисту виручку за вирахуванням змінних витрат та інших постійних витрат без урахування виплати за відсотками і амортизації, і свідчить про те, скільки готівки принесла виробнича діяльність підприємства (також спостерігається зростання в 2 рази);

— траєкторія чистого прибутку, що відрізняється від траєкторії валового прибутку і операційного прибутку, оскільки враховує всю безготівкову амортизацію фондів, вартість фінансування боргу та оподаткування, після виходу III на проектну потужність (тобто коли закінчиться процес приросту фондів, пов'язаний з впровадженням III), також має тенденцію до поступового підвищення на 12 %, що відображено на рис. 1.5.6;

— в процесі розподілу прибутку підприємства забезпечується використання прибутку на різні цілі, в тому числі на впровадження інвестиційної програми з відтворення фондів (тобто на технічне переозброєння, реконструкцію і розширення діючих виробництв), що відображено на графіку, відповідному траєкторії розподіленого прибутку (див. рис. 1.5.5).

Зіставлення ситуацій ізольованої виробничої діяльності і ситуації реалізації інвестиційної програми з відтворення фондів паралельно з процесом випуску продукції дозволило зробити висновок, що оптимальна траєкторія функціонування підприємства,

що займається інвестиційною діяльністю, краща, ніж у інвестиційно-пасивного підприємства.

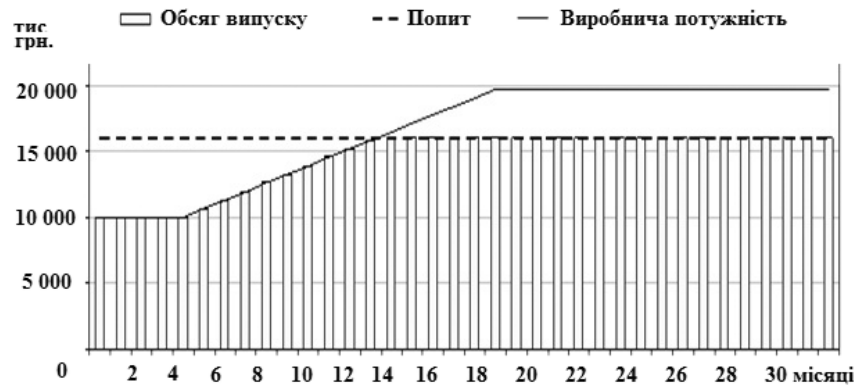


Рис. 1.5.6. Динаміка випуску продукції в ситуації низького попиту, од. прод.

Таким чином, можна зробити висновок, що підприємство адекватно реагує на дії і дає реальні, логічні результати. А оптимальне управління, що генерується моделлю, дозволило покращити фінансові результати роботи підприємства за рахунок здійснення обраної інвестиційної програми.

Проведений на основі побудованих математичних моделей аналіз впливу умов функціонування підприємства (значень параметрів зовнішнього економічного середовища, їх динаміки) на оптимальний вибір синхронної інвестиційної та виробничої програми підприємства показав, що модель реагує адекватно і дає очікувані результати.

Для цього на моделі синхронізації виробничої та інвестиційної діяльності були послідовно досліджені ситуації зменшення попиту на продукцію, включення в інвестиційну програму проєктів, що мають менше значення NPV. В результаті отримано такі ситуації.

1. З урахуванням того, що стосовно ринку продукції прийнято припущення про те, що підприємство може реалізувати продукцію в обсязі, що не перевищує величину ринкового попиту, було проведено дослідження поведінки підприємства в ситуації, коли попит на вироблену продукцію нижче наявних на підприємстві

виробничих потужностей. Як і передбачалося, зниження попиту на продукцію призвело до необхідності зменшення обсягу випущеної продукції і, відповідно, прибутку.

На рис. 1.5.6 представлені траєкторії показників, що характеризують виробничу діяльність підприємства при описаному раніше управлінні, але в ситуації зниженого попиту на продукцію. В цих умовах значення цільової функції за критерієм максиміна чистого прибутку знизилася на 40 %, а за критерієм максимуму середнього чистого прибутку на 45 %.

За критерієм максиміна чистого прибутку для ситуації низького попиту було отримано кілька варіантів оптимальних управлінь:

$$u_{pit} = 1, \forall t, t \in T; \quad \alpha_{kt} = 0, \forall t, t \in T; \quad \beta_{kt} = 1, \forall t, t \in T;$$

$$\chi_{kt} = 1, \forall t, t \in T, \quad \begin{cases} \tau_1 = 1 \\ \tau_t = 0, \text{ де } t = 2, \dots, T \end{cases};$$

$$0,5 \leq \delta_{gt} \leq 0,9.$$

Як видно, відмінності в керуючих впливах полягають лише в зміні значення керуючих змінних, що визначають масштаб ІІ (δ_{gt}). При цьому управлінні передбачається зменшення масштабу ІІ до 50 %, а значення цільової функції $F_1 = \max_j \min_t Pr_t$ зросло на 40 %.

Застосування другого критерію оптимальності — максимуму середнього прибутку в рамках багатокритеріального підходу дозволило виділити єдине найкраще рішення з наявних варіантів. Воно припускає, що керуючі впливи в основній діяльності залишаться попередніми, а щодо інвестиційної діяльності прийнято рішення впроваджувати ІІ в обсязі, відповідному 60 % від максимально можливого масштабу ІІ ($\delta_{gt} = 0,6$).

Парето-оптимальне рішення в даній ситуації відповідає управлінню, при якому значення цільових функцій змінилося таким чином відносно базового варіанту: максимум чистого прибутку залишився без зміни; максимальний середній прибуток зменшився на 20 %.

Запропоноване оптимальне управління в ситуації низького попиту на продукцію генерує таку поведінку підприємства. При повному завантаженні фондів і своєчасному відновленні ОВФ

в повному обсязі зменшення масштабу ІІ дозволяє відрегулювати випуск продукції щодо попиту. При цьому спостерігається зростання чистого прибутку в кожний момент часу в міру приросту фондів (див. рисунок 1.5.7).

2. Дослідження ситуації, коли при інших рівних умовах в інвестиційну програму був включений інвестиційний проект другого типу, має NPV проекту більше нуля, але менше, ніж у оптимального ІІ1, що дозволило зробити такі висновки.

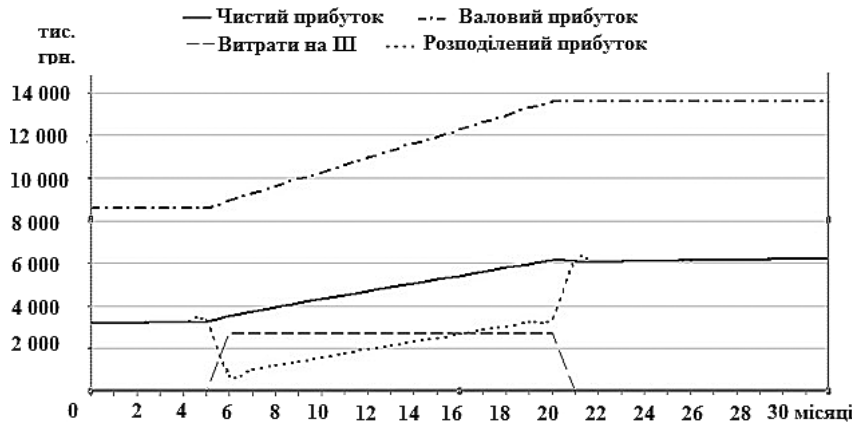


Рис. 1.5.7. Динаміка витрат і прибутку при зниженому попиті (оптимальне управління), тис. грн

Оптимальне управління виробничою, відтворювальною, інвестиційною та фінансовою діяльністю підприємства в багатокритеріальному підході відповідає наступним траєкторіям керуючих змінних: $u_{pit} = 1$, $\alpha_{kt} = 0$, $\beta_{kt} = 1$, $\chi_{klt} = 1$.

Фінансування в цьому випадку передбачено за рахунок власних коштів та за рахунок використання, в разі дефіциту грошових коштів, кредитної схеми першого виду: $\lambda_{gt} = 1$, $\eta_{gt} = 1$.

При такому управлінні значення цільової функції $F_1 = \max_j \min_t Pr_t$ не змінилося в порівнянні з варіантом, у якому в інвестиційну програму включений ІІ1, що є більш ефективним за критерієм NPV. А значення другої цільової функції

$$F_2 = \max_j \sum_{t=1}^T \frac{Pr_t}{T}$$

зменшилася на 3 %.

Траєкторії чистих прибутків для описаних ситуацій наведені на рис. 1.5.8.

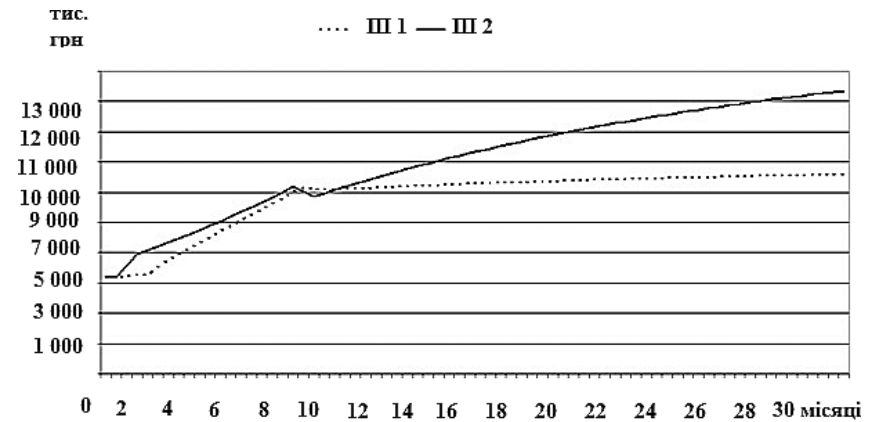


Рис. 1.5.8. Траєкторії чистого прибутку для двох інвестиційних програм, які мають різні значення NPV (тис. грн)

Відмінності в траєкторіях чистого прибутку пов'язані з відмінностями в часовій структурі кожного ІІ: не збігаються початкові моменти запуску ІІ і тривалості кожної стадії, відрізняються капітальні та поточні витрати на реалізацію кожного проекту та програми в цілому в кожен момент часу як у натуральному, так і у вартісному вираженні. Це все породжує відповідну динаміку в часі витрат та результатів.

Таким чином, аналіз функціонування підприємства при обраному управлінні продемонстрував доцільність проведення інвестиційних заходів з відтворення фондів паралельно з випуском продукції, що покликано наростити обсяги продукції до величини попиту на ринку продукції. Результатом даного управління стало поліпшення ефективності роботи підприємства і зростання середньої за досліджуваний період чистого прибутку. Модель адекватно реагує на дії і дає реальні, логічні результати. Алгоритм справляється з вирішенням задачі оптимізації виробничо-відтворювальної діяльності. Вивчення залежності оптимальних рішень від ендогенних і екзогенних параметрів моделі дозволило зробити висновки про адекватність моделі.

1.6. ПОБУДОВА ДИНАМІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ФІНАНСОВИХ ПОТОКІВ ПІДПРИЄМСТВА

На сучасному етапі розвитку економіки України перед підприємствами виникає проблема ефективного управління фінансовими потоками. На сьогодні управління фінансовими потоками неможливе без застосування теоретичних та практичних методів їх моделювання, котрі відповідають сучасній економічній ситуації в країні. Виходячи з того, що фінансові потоки є складною економічною категорією та їх формування залежить від багатьох факторів, виникає необхідність розробки їх економіко-математичної моделі.

У дослідженнях виділяється декілька підходів до визначення фінансового потоку (ФП), які представлені у табл. 1.6.1.

Таблиця 1.6.1

Підходи до визначення поняття «фінансовий потік»

№ п/п	Ознака підходу	Переваги	Недоліки
1	Фінансові потоки як складова логістичної системи	Досліджуються всі види фінансових ресурсів та ФП розглядаються на рівні підприємства	ФП розглядаються у взаємозв'язку із матеріальними потоками та не враховуються відносини, що супроводжують рух фінансових ресурсів
2	Ототожнення з грошовим потоком	ФП розглядаються в динаміці на рівні підприємства	Не враховуються інші фінансові ресурси та відносини, що супроводжують рух фінансових ресурсів
3	Визначення фінансових потоків як специфічних грошових	Враховуються відносини, що супроводжують рух фінансових ресурсів	Враховується переважно перерозподільна стадія руху фінансових ресурсів

Відсутність достатнього обсягу коштів для забезпечення поточних зобов'язань може викликати погіршення фінансової стійкості та зниження ділової активності підприємства, що поступово

приведе до банкрутства суб'єкту господарювання. В той же час від визначення оптимального залишку грошових коштів залежить можливість безперебійного процесу виробництва та надання послуг, ліквідність підприємства, його платоспроможність.

В рамках даного дослідження під фінансовими потоками будемо розуміти сукупність розподілених у часі надходжень та виплат грошових коштів, що формуються в процесі господарської діяльності, що відповідає другому підходу визначення поняття.

В результаті аналізу існуючих моделей фінансових потоків, вирішено розподілити їх на три групи аналогічно до підходів до визначення поняття «фінансовий потік»:

- логістичні моделі фінансових потоків;
- моделі грошових потоків;
- моделі специфічних грошових потоків.

В першій групі виділяються такі найбільш відомі моделі: модель Баумоля [110], модель Міллера—Орра, модель Стоуна [94], модель інтегрованого управління фінансовими і матеріальними потоками в ланцюгах багатопродуктових поставок [10], в яких закладені ті ж ідеї, що і в методах оптимізації виробничих запасів.

Розглянемо основну модель В. Баумоля, яка ґрунтується на моделі оптимальної партії замовлення (Economic order quantity). Передумовою моделі є те, що підприємство починає функціонувати з доцільним залишком грошових коштів. У процесі операційної діяльності, підприємство витрачає грошові кошти, а всі надходження вкладає у купівлю короткострокових цінних паперів. Як тільки запас грошових коштів закінчується, підприємство продає частину цінних паперів і тим самим отримує грошові кошти на розрахунковий рахунок.

Поповнення грошових коштів у моделі Баумоля обчислюється за формулою:

$$Q = \sqrt{(2 \cdot V \cdot c) / r}, \quad (1.6.1)$$

- де Q — сума поповнення грошових коштів;
 V — прогнозована потреба в грошових коштах у періоді (рік, квартал, місяць);
 c — витрати з конвертації грошових коштів у цінні папери;
 r — прийнятний і можливий для підприємства процентний дохід по короткострокових фінансових вкладенням.

Загальні витрати (ЗВ) за моделлю Баумоля розраховуються за формулою:

$$ЗВ = c \cdot k + r \cdot (Q/2). \quad (1.6.2)$$

В другій групі майже в усіх моделях грошових потоків основним показником є чиста приведена вартість (*NPV*). Виділяють модель дискontованого грошового потоку, модель грошових потоків інвестиційних проектів, які характеризуються невизначеним графіком реалізації [23], модель потоку вільних коштів [13], динамічну модель визначення вартості капіталу.

Найбільш розповсюджена модель другої групи — модель дискontованого грошового потоку — це дослідження грошового потоку від майбутнього моменту часу до поточного, що дозволяє привести майбутні грошові надходження до нинішніх умов. Для цього використовують формулу:

$$PV_n = \frac{CF_n}{(1+r)^n} = CF_n \cdot k_d, \quad (1.6.3)$$

де PV_n — грошові надходження;
 CF_n — дохід від проекту за конкретний рік;
 r — ставка дискontування;
 k_d — коефіцієнт дискontування;
 n — термін проекту.

Чиста поточна вартість реалізації проекту розраховується за формулою:

$$NPV = PV - CI, \quad (1.6.4)$$

де CI — сума первісних інвестицій.

При капітальних вкладеннях в кілька етапів *NPV* проводиться за формулою :

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{CI_i}{(1+r)^i}, \quad (1.6.5)$$

де i — кількість етапів капітальних вкладень.

Для оцінки результатів *NPV* порівнюють з нулем:

— $NPV > 0$ — проект є прибутковим і по закінченню строку його реалізації буде отриманий додатковий дохід, що дорівнює величині *NPV*;

— $NPV = 0$ — проект лише окупає початкові витрати;

— $NPV < 0$ — проект є збитковим.

У роботі [46] наведена динамічна модель визначення вартості капіталу. Вартість капіталу на початок планового періоду можна визначити відповідно до формули:

$$KW = \sum_{t=1}^T (e_t - a_t)q^{-t}, \quad (1.6.6)$$

де t — індекс часу;

T — останній момент часу, у який здійснюються платежі;

e_t — надходження в момент часу t ;

a_t — виплати в момент часу t ;

q^{-t} — коефіцієнт на момент часу t .

До третьої групи відносяться моделі грошових потоків у банківській та страховій діяльності.

Перша група моделей використовується для оптимізації залишку грошових коштів за рахунок купівлі та продажу цінних паперів. Але в умовах не досить розвинутого ринку цінних паперів України застосування цих методів стає неможливим для багатьох підприємств. Друга група моделей переважно використовується для інвестиційних проектів, тобто розглядає в основному грошові потоки від інвестиційної діяльності. Група специфічних моделей грошових потоків може використовуватися тільки в банківській та страховій сфері [63; 69; 104].

Побудуємо динамічну модель фінансових потоків підприємства на базі моделі визначення вартості капіталу, основними параметрами якої є надходження та виплати грошових коштів.

Вхідними параметрами моделі є потоки грошових коштів у результаті:

- операційної діяльності;
- інвестиційної діяльності;
- фінансової діяльності.

Вхідні дані беруться зі звіту «Про рух грошових коштів».

Вихідним показником динамічної моделі буде стан фінансових потоків на момент часу t . Він складається з залишку грошових коштів у попередній момент $t - 1$ та надходжень та витрат у момент, що розглядається. Тобто фінансові потоки представляють собою лінійну рекурентну послідовність.

Розроблена модель має наступний вигляд:

$$A_t = A_{t-1} + N_t^+ - N_t^-, \quad (1.6.7)$$

де A_t — показник стану фінансових потоків у момент часу t ;
 A_{t-1} — залишок грошових коштів у попередній момент часу $t-1$;

N_t^+ — потік надходжень від усіх видів діяльності у момент часу t ;

N_t^- — потік витрат від усіх видів діяльності у момент часу t ;
 t — момент часу, що розглядається.

В результаті отримано кінцево-різницеvu неоднорідну модель (7) першого порядку, тому що вихідний показник залежить тільки від одного показника попереднього моменту часу. Припускається для моделі моменти часу $t = \overline{1, T}$ з шагом, який відповідає першому місяцю.

Потоки надходжень та витрат для динамічної моделі залишку грошових коштів далі розглядаються більш детально.

Принципова формула, за якою розраховується потік надходжень у періоді t , має вигляд:

$$N_t^+ = \sum_{i=1}^n N_{ti}^+, \quad (1.6.8)$$

де N_{ti}^+ — потік надходжень від усіх видів діяльності у момент часу t ;

N_{ti}^+ — потік надходжень від i -го виду діяльності у момент часу t ;

n — кількість основних видів діяльності, $n = \overline{1, 3}$.

Розглядається множина I — основні види діяльності підприємства, де $i \in I$.

Нехай $i = 1$ — операційна діяльність; $i = 2$ — інвестиційна діяльність; $i = 3$ — фінансова діяльність.

Потоки надходжень від кожного виду діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{ti}^+ = \sum_{j=1}^n N_{tj}^+, \quad (1.6.9)$$

де j — види надходжень від основних видів діяльності, $j = \overline{1, m}$;
 $j = \overline{1, k}$ — види надходжень від операційної діяльності;

$j = \overline{k+1, m}$ — види надходжень від інвестиційної діяльності;
 $j = \overline{m+1, n}$ — види надходжень від фінансової діяльності;
 N_j^+ — сума надходжень j -го виду.

Надходження від операційної діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{t1}^+ = \sum_{j=1}^k N_j^+. \quad (1.6.10)$$

Представимо види надходжень від операційної діяльності у табл. 1.6.2.

Таблиця 1.6.2

Види надходжень від операційної діяльності

Назва надходження	Позначення
Реалізація послуг	N_{rp}
Погашення одержаних векселів	N_{pv}
Надходження від покупців та замовників авансів	N_a
Повернення авансів	N_{pa}
Надходження від установ банків відсотків за поточними рахунками	N_b
Надходження від бюджету податку на додану вартість	N_{pav}
Повернення інших податків і зборів	N_{pz}
Отримання субсидій, дотацій	N_{sd}
Надходження від цільового фінансування	N_{cf}
Надходження від боржників, неустойки	N_{bn}
Інші надходження від операційної діяльності	N_{ino}

Згідно з табл. 1.6.2 надходження від операційної діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{t1}^+ = N_{rp} + N_{pv} + N_a + N_{pa} + N_b + N_{pav} + N_{pz} + N_{sd} + N_{cf} + N_{bn} + N_{ino}. \quad (1.6.11)$$

Надходження від інвестиційної діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{i2}^+ = \sum_{j=k+1}^m N_j. \quad (1.6.12)$$

Види надходжень від інвестиційної діяльності перераховані у табл. 1.6.3.

Таблиця 1.6.3

Види надходжень від інвестиційної діяльності

Назва надходження	Позначення
Реалізація фінансових інвестицій	N_{fi}
Реалізація необоротних активів	N_{na}
Реалізація майнових комплексів	N_{mk}
Отримані відсотки	N_v
Отримані дивіденди	N_d
Інші надходження від інвестиційної діяльності	N_{ini}

Згідно з табл. 1.6.3 надходження від інвестиційної діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{i2}^+ = N_{fi} + N_{na} + N_{mk} + N_v + N_d + N_{ini}. \quad (1.6.13)$$

Надходження від фінансової діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{i3}^+ = \sum_{j=m+1}^n N_j. \quad (1.6.14)$$

Види надходжень від фінансової діяльності перераховані у табл. 1.6.4.

Згідно з табл. 1.6.4 надходження від фінансової діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{i3}^+ = N_{vk} + N_{op} + N_{inf}. \quad (1.6.15)$$

Таблиця 1.6.4

Види надходжень від фінансової діяльності

Назва надходження	Позначення
Надходження власного капіталу	N_{vk}
Отримані позики	N_{op}
Інші надходження від інвестиційної діяльності	N_{inf}

Математична формула потоку витрат кожного виду діяльності має вигляд:

$$N_{ii}^- = \sum_{l=1}^r V_l, \quad (1.6.16)$$

де l — види витрат від основних видів діяльності, $l = \overline{1, r}$;
 $l = \overline{1, p}$ — види витрат операційної діяльності;
 $l = \overline{p+1, q}$ — види витрат інвестиційної діяльності;
 $l = \overline{q+1, r}$ — види витрат фінансової діяльності;
 V_l — сума витрат l -го виду.

Витрати операційної діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{i1}^- = \sum_{l=1}^p V_l. \quad (1.6.17)$$

Види витрат операційної діяльності перелічені у табл. 1.6.5.

Таблиця 1.6.5

Види витрат операційної діяльності

Назва витрат	Позначення
Витрати на оплату товарів (робіт, послуг)	V_{of}
Витрати на оплату авансів	V_{oa}
Витрати на повернення авансів	V_{pa}
Витрати на оплату працівникам	V_{pr}
Витрати на відрядження	V_v

Закінчення таблиці

Назва витрат	Позначення
Витрати на оплату зобов'язань з податку на додану вартість	V_{pdo}
Витрати на оплату зобов'язань з податку на прибуток	V_{pp}
Відрахування на соціальні заходи	V_{sz}
Витрати на оплату зобов'язань з інших податків і зборів	V_{pz}
Витрати на оплату цільових внесків	V_{cv}
Інші витрати операційної діяльності	V_{io}

Витрати операційної діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{i1}^- = V_{of} + V_{oa} + V_{pa} + V_{pr} + V_v + V_{pdo} + V_{pp} + V_{sz} + V_{pz} + V_{cv} + V_{io}. \quad (1.6.18)$$

Витрати інвестиційної діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{i2}^- = \sum_{l=p+1}^q V_l. \quad (1.6.19)$$

Види витрат інвестиційної діяльності перераховані у табл. 1.6.6.

Таблиця 1.6.6

Види витрат інвестиційної діяльності

Назва витрат	Позначення
Придбання фінансових інвестицій	V_{fi}
Придбання необоротних активів	V_{na}
Придбання майнових комплексів	V_{mk}
Інші платежі інвестиційної діяльності	V_{ip}

Витрати інвестиційної діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{i2}^- = V_{fi} + V_{na} + V_{mk} + V_{ip}. \quad (1.6.20)$$

Витрати фінансової діяльності розраховуються за формулою:

$$N_{i3}^- = \sum_{l=q+1}^r V_l. \quad (1.6.21)$$

Види витрат фінансової діяльності перераховані у табл. 1.6.7.

Таблиця 1.6.7

Види витрат фінансової діяльності

Назва витрат	Позначення
Погашення позик	V_p
Сплачені дивіденди	V_{sd}
Інші платежі фінансової діяльності	V_{if}

Згідно з табл. 1.6.7 витрати фінансової діяльності представлені у детальній формулі:

$$N_{i3}^- = V_p + V_{sd} + V_{if}. \quad (1.6.22)$$

Метою моделювання фінансових потоків є їх оптимізація, тобто визначення такого позитивного і негативного фінансового потоків, щоб, з одного боку, збалансувати їх у часі i , з іншого боку, забезпечити такий резерв грошових коштів, щоб покрити поточні витрати на початку наступного періоду, поки на підприємстві не надійде новий потік надходження коштів.

Оптимізаційні задачі вирішуються за допомогою оптимізаційних моделей методами математичного програмування. Тому побудуємо оптимізаційну модель вихідної економіко-математичної моделі, мета якої полягає в знаходженні найкращого варіанта стану фінансових потоків з точки зору критерію їх максимізації.

Метою оптимізації є максимізація середнього показнику стану фінансових потоків за весь період, що моделюється. Використання середнього показника обумовлено необхідністю збалансування потоків у часі. Тобто враховується можливість їх коливань у різні моменти часу.

Тому цільова функція оптимізаційної моделі має вигляд:

$$F = \sum_t \sum_i \frac{A_{it}}{n} \rightarrow \max, \quad (1.6.23)$$

де A_{it} — показник стану фінансових потоків по i -му виду діяльності у момент часу t ;

n — кількість моментів часу, котрі моделюються.

Обмеження по операційній діяльності відображається у формулі:

$$N_{rp,t} \leq K_t, \quad (1.6.24)$$

де $N_{rp,t}$ — реалізація послуг перевантажень в момент часу t ;

K_t — виробнича потужність підприємства в момент часу t , котра приведена до грошових одиниць.

При описанні фінансової діяльності необхідно встановити обмеження на обсяг позик. Виходячи з того, що отримані позики не повинні похитнути фінансову стійкість підприємства, то потрібно встановити їх ліміт. Так, для його розрахунку можна використати коефіцієнт фінансової автономії, який при значенні більше 0,5 вказує на фінансову залежність підприємства. Тому ліміт позикових коштів розраховується за формулою:

$$L_{pk} = \gamma \cdot VK, \quad (1.6.25)$$

де L_{pk} — ліміт позикових коштів;

γ — коефіцієнт ліміту позикових коштів (0,5);

VK — власний капітал.

Отримали обмеження з фінансової діяльності, виражене у формулі:

$$N_{op} \leq L_{pk}, \quad (1.6.26)$$

де N_{op} — обсяг отриманих позик.

Побудована оптимізаційна динамічна модель фінансових потоків дозволяє знайти максимальний показник стану фінансових потоків при обмеженні на виробничі можливості підприємства та обсяг отриманих позик задля підвищення фінансової стійкості та незалежності підприємства.

Розділ 2

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

2.1. Модель логістичної системи промислового підприємства

Кожне промислове підприємство стикається з необхідністю вирішення проблеми доставки факторів виробництва (ресурсів та фондів) або готової продукції одночасно в кілька місць або декільком замовникам. Тому будь-яке сучасне підприємство являє собою складну динамічну логістичну систему із зворотним зв'язком і має досить розвинуті зв'язки із зовнішнім середовищем.

Мета логістичної системи підприємства — своєчасне забезпечення потрібних факторів виробництва, максимально підготовлених до виробничого процесу, або готової продукції в необхідній кількості і асортименті при заданому рівні логістичних витрат.

Логістична система промислового підприємства складається із ланок, між якими є внутрішні та зовнішні системні зв'язки, які мають циклічний характер. Ці зв'язки встановлюють послідовність передачі як матеріальних, так і інформаційних потоків в логістичному ланцюгу. Логістична система складається переважно з декількох підсистем з наступним ланцюгом обороту засобів виробництва:

1) закупівля факторів виробництва (матеріальних потоків), які надходять у логістичну систему;

2) складування, обробка, зберігання матеріальних потоків;

3) обмін матеріальних потоків логістичної системи, які йдуть на споживання, на фінансові ресурси [11].

До типових логістичних операцій відносяться операції виробничого процесу, пов'язані з товарними потоками (складування, транспортування сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції); операції, пов'язані з фінансовими потоками; операції,

пов'язані з обробкою інформації (збір, збереження та обробка даних). Значна частина логістичних операцій виробничого процесу, починаючи з руху сировини від постачальника до споживання готової продукції, здійснюється із застосуванням транспортних засобів. Загальновідомо, що витрати на виконання цих транспортних операцій становлять до 30—50 % від суми загальних витрат на логістику [107].

Оптимізація рішень в логістичному менеджменті дозволить отримати значну економію витрат. Але для вирішення цих проблем менеджеру з логістики потрібно вирішити задачу координації транспортного обслуговування споживачів за їх замовленнями. Це потребує комплексного підходу для виконання всіх умов доставки з мінімізацією різних видів витрат. Управління логістичними процесами промислового підприємства — це складна динамічна система, яка включає ефективні інструменти, які дають комерційним організаціям можливість обмінюватися інформацією (про матеріальні ресурси, фонди, готову продукцію та інше) з метою прискорення виконання замовлень, скорочення терміну постачання, зведення до мінімуму зайвих запасів і можливості поліпшення якості обслуговування.

Вирішення цього комплексного завдання можливе завдяки автоматизації логістики. В сучасній науці рішення цих задач можливе за допомогою економіко-математичних моделей. У своїй основі усі компоненти моделі повинні бути залежними від змінних часу. Використання математичних моделей управління логістичними процесами промислового підприємства допоможе забезпечити реалізацію комплексного підходу до управління всіма потоками інформації. Це стосується як послуг постачальників матеріалів і сировини, так і процесів виробництва на підприємстві, а також складування та доставки готової продукції до кінцевого споживача. Це означає, що для мінімізації сумарних витрат на всі процеси необхідно прагнути скорочення часу оформлення й обробки заявок, маршрутизації, завантаження і вивантаження замовлень, доставки вантажів з урахуванням непередбачених витрат. Таким чином, проблема розробки математичної моделі логістичної системи підприємства є актуальною.

В економіко-математичних дослідженнях, які присвячені логістиці промислових підприємств, виробниче підприємство описується як складна динамічна логістична система, яка являє собою комбінацію матеріальних, техніко-технологічних і людських ресурсів.

Підприємство виконує такі основні види діяльності, як постачання, виробництво, збут [108]. Основні операції процесу постачання — закупівля, доставка, зберігання та передпродажна підготовка продукції. До функцій постачання відносяться дії, пов'язані з виявленням постачальників ресурсів та продукції; розрахунок необхідної кількості ресурсів; рішення про замовлення продукції; встановлення термінів поставок та спостереження за ними; облік і контроль за виконанням договірних зобов'язань. Виробництво — це процес перетворення факторів виробництва (ресурсів і фондів) в готову продукцію. Збут пов'язаний з процесами організації ринкових зв'язків з метою доведення продукції до кінцевого споживача з максимальним задоволенням його потреб і з метою отримання прибутку. Основні задачі, які виникають перед підприємством в процесі виконання збутових операцій це раціональна поведінка на ринку в умовах невизначеності з ціллю максимізації прибутку підприємства при найбільш повному задоволенні попиту споживачів.

Перед сучасним підприємством постійно виникає завдання одночасної доставки товарів одному або декільком замовникам, але одночасно в кілька місць. Тому процеси постачання і збуту безпосереднім чином зв'язані з задачами логістики, які повинні вирішуватись за допомогою транспорту. Транспорт — найважливіший фактор розвитку економіки й торгівлі. Виробництво практично неможливе без перевезення з різних районів сировини, робочої сили, палива. Без транспорту неможлива доставка готової продукції споживачам. Для промислово розвинених країн в тарифному еквіваленті транспортні витрати становлять 21 %, причому приблизно 9 % складають витрати, зв'язані з тривалістю перевезення товарів [107]. Зміни в системах матеріально-технічного забезпечення та в структурі ринків окремих товарів призвели до збільшення тривалості та вартості вантажних перевезень. Зростання таких витрат визначає обсяги й напрямки транспортних товаропотоків. Тобто актуальною стає завдання формування логістичних зв'язків між контрагентами.

Останніми роками на підприємствах постійно розширюється використання елементів логістики транспорту завдяки застосуванню ЕОМ, введенню в дію локальної та глобальної мережі ПЕОМ. Але на даному етапі формування логістичних систем неможливо без необхідних знань в області економіко-математичного моделювання. Перспективною областю дослідження в цій

сфері є розробка ефективних методів оптимізації на рівні «людина — машина».

Сучасні методи логістичного підходу до управління матеріальними потоками становлять практичний інтерес для української економіки. Використання цих методів надасть можливість українським підприємствам ефективно діяти як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Дослідження проблем логістики на промислових підприємствах розглядаються в численних працях відомих учених-економістів, проте, незважаючи на вагомість цих розроблень, надто мало ефективних логістичних моделей забезпечення промислової та збутової діяльності підприємств.

Математичне моделювання — процес встановлення відповідності деякого математичного об'єкта, тобто математичної моделі, реальному об'єкту. Суттєвою характеристикою моделі є її подібність модельованому об'єкту.

У логістиці широко застосовуються два види математичного моделювання: аналітичне та імітаційне.

Аналітичне моделювання дозволяє за допомогою функціональних співвідношень (алгебраїчних, диференціальних, кінцево-різницевих тощо) пов'язати явною залежністю вихідні дані з шуканими результатами. Тому їх можливо застосувати для порівняно простих систем.

Якщо відомі залежності, що зв'язують шукані характеристики з параметрами і змінними системи, то за допомогою аналітичних моделей можна провести повне дослідження процесу функціонування логістичної системи. Однак це можливо зробити тільки для порівняно простих систем. При ускладненні систем виникають певні труднощі дослідження аналітичними методами.

Основна мета використання економіко-математичних моделей в логістиці підприємств — пошук кращих субоптимальних рішень для задачі зниження транспортних витрат і зокрема маршрутизації транспортних засобів в логістичних системах. У літературних джерелах [12; 113; 114; 115] вченими наводяться найбільш відомі задачі маршрутизації.

Наприклад, у [125] розглянута задача маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problems, VRP). Задача відноситься до класу комбінаторної оптимізації. Постановка задачі: визначити набір оптимальних маршрутів до декількох споживачів для парку транспортних засобів, розташованих в одному або

декількох вузлах. Інтерес до задач типу VRP був викликаний їх практичною значимістю при значній складності.

Задача VRP лежить на перетині двох класичних завдань: задача комівояжера та задача про рюкзак. До обмежень задач VRP належать: вчасна наявність необхідного транспорту в відповідному вузлі; врахування послідовності вузлів; використання декількох типів транспортних засобів. Цільова функція в цих задачах зводиться до мінімізації загальної вартості транспортування. Задача може бути багатокритеріальною. Критеріями оптимізації можуть бути: мінімізація кількості маршрутів або транспортних засобів; мінімізація загального часу та завантаженості машин; мінімізація штрафів та інше [114].

Економіко-математичну модель VRP задачі можна представити у вигляді графа $G(V, E)$:

$V = \{v_0, v_1, \dots, v_m\}$ — множина вершин;

E — множина ребер $\{(v_i, v_j) \mid i \neq j\}$;

C — матриця вартості;

R_i — маршрут i -го виду транспорту ($i = 1, \dots, m$);

$C(R_i)$ — вартість маршруту R_i .

Кожний вузол множини V повинний відвідуватись тільки один раз, всі маршрути повинні починатися і закінчуватися у вузлі-джерелі.

Цільова функція:

$$F = \sum_{i=1}^m C(R_i) \rightarrow \min, \quad (2.1.1)$$

де $C(R_i)$ — сума довжин маршруту R_i .

Задачі маршрутизації — широко відомі задачі цілочислового програмування, обчислювальна складність яких залежить від розміру вхідних даних. Для таких завдань зазвичай достатньо знайти наближені рішення, які є досить точними для необхідних цілей. Звичайно це досягається різними методами, до яких відносяться динамічне програмування та метод гілок [113]. Задачі маршрутизації є ключовими в областях транспортних перевезень і логістики.

Іншим розповсюдженим методом математичного моделювання є імітаційне моделювання. Як уже зазначалося, при керуванні матеріальними потоками повинно враховуватися багато факторів, які носять випадковий характер. Тому можна стверджувати, що

логістичні системи функціонують в умовах невизначеності навколишнього середовища. Виходячи з цього, в імітаційному моделюванні логістичний процес розглядається як «чорний ящик». Цей прийом моделювання логістичної системи полягає в побудові економіко-математичної моделі та пошуку оптимального рішення за допомогою ПЕОМ.

Побудова логістичної концепції моделі транспортного обслуговування промислових підприємств є одним з важливіших стратегічних рішень. Але, незважаючи на великий обсяг досліджень, багато завдань потребують ретельного вивчення. Цікавим, наприклад, є рішення не окремих логістичних функцій — розміщення і вибір транспорту, оптимізація запасів, маршрутизація, а спроба об'єднання цих моделей у комбіновану систему для зниження загальних транспортних витрат.

На практиці вивчення поведінки логістичних систем підприємств при тих чи інших видах керуючих впливів зводиться до дослідження та прогнозування поведінки їх моделей.

Метою цього дослідження є побудова комплексної логістичної моделі підприємства з метою найкращого транспортного обслуговування процесів виробництва та контрагентів (постачальників і споживачів). Процес ефективного логістичного обслуговування ґрунтується на раціональній організації матеріалопотоку (ресурсів та готової продукції). Тобто ставиться завдання побудови раціональних маршрутів доставки необхідних ресурсів на підприємство, своєчасної доставки на виробництво й перевезення готової продукції споживачам. Побудовані маршрути перевезень будуть впливати на ефективне використання транспорту в рамках діяльності підприємства.

Існують принципові відмінності логістичного і традиційного підходів до управління матеріальними потоками. При логістичному підході управління здійснюється шляхом інтеграції окремих ланок логістичного ланцюга в єдину систему, що охоплює планування, технологію, економіку, а також процеси управління матеріальними і інформаційними потоками [21].

Головні рішення в логістиці зв'язані з попитом на транспортні послуги. Вони включають планування і маршрутизацію транспорту, вид і розмір транспорту, тарифи на послуги та інше [26].

Для розробки економіко-математичної моделі логістичної системи підприємства розглянемо укрупнену модель діяльності підприємства. На схемі роботи компанія умовно представлена

«чорним ящиком» з деякою кількістю вхідних і вихідних зв'язків. На вході в «чорний ящик» розглядаються показники, які характеризують оптову закупівлю та збір сировини. Закупівля являє собою зовнішні операції по придбанню товару (готових виробів) у виробників. Дані операції містять у собі пошук постачальників, налагодження з ними контактів, укладання договорів, планування і здійснення доставок і розміщення отриманого товару на складах для наступного продажу (див. рис. 2.1.1).



Рис. 2.1.1. Укрупнена модель діяльності підприємства

Збір сировини являє собою придбання та доставку сировини, напівфабрикатів від виробників даної продукції, необхідну

механічну обробку товарів на місці збору, компактне складування в транспорті для подальшого перевезення на склад. Далі до певних видів продукції застосовуються необхідні операції, оброблення-сортування та інші.

Вихідними показниками є об'єми доставки та реалізації товару (сировини, напівфабрикатів) зі складу після процедур прийняття і оформлення замовлення, переміщення продукції між ланками виробничого ланцюга. Реалізація готової продукції відбувається різними способами, наприклад доставкою транспортом виробничого підприємства або самовивозом за допомогою транспорту клієнта. Процедури самовивозу здійснюються після обробки замовлення та збору товару на складі.

Процедури переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції містять у собі складні логістичні задачі з маршрутизації, підбору транспорту і розміщення товару в транспорті. Дані завдання будуть розглядатися в контексті із завданнями оптимізації прийому і оформлення замовлень, а також їхньої збірки на складі.

Розглянемо опис складу. Розміщенням товару по складах займається складський логіст, що має у своєму підпорядкуванні комірників. У компетенцію працівників складу входить прийом товару, сортування, розташування, переміщення товару між різними складськими приміщеннями (склад швидкопсувної та склад замороженої продукції), а також прийом заявок і формування партій продукції до відправлення, завантаження вантажного автотранспорту для наступної доставки товару клієнтам.

Функціональна схема роботи ланок логістичної мережі, представлена на рис. 2.1.2.

Математична постановка розв'язування задач формулюється в такий спосіб.

Ціль — мінімізація сумарних логістичних витрат.

$$F = C_0 \rightarrow \min, \tag{2.1.2}$$

де C_0 — сума витрат.

При цьому складовими витрат є:

$$C_0 = C_{03} + C_3 + C_D + C_B + C_H; \tag{2.1.3}$$

$$C_{03} = \sum_n C_{03(n)}, \tag{2.1.4}$$

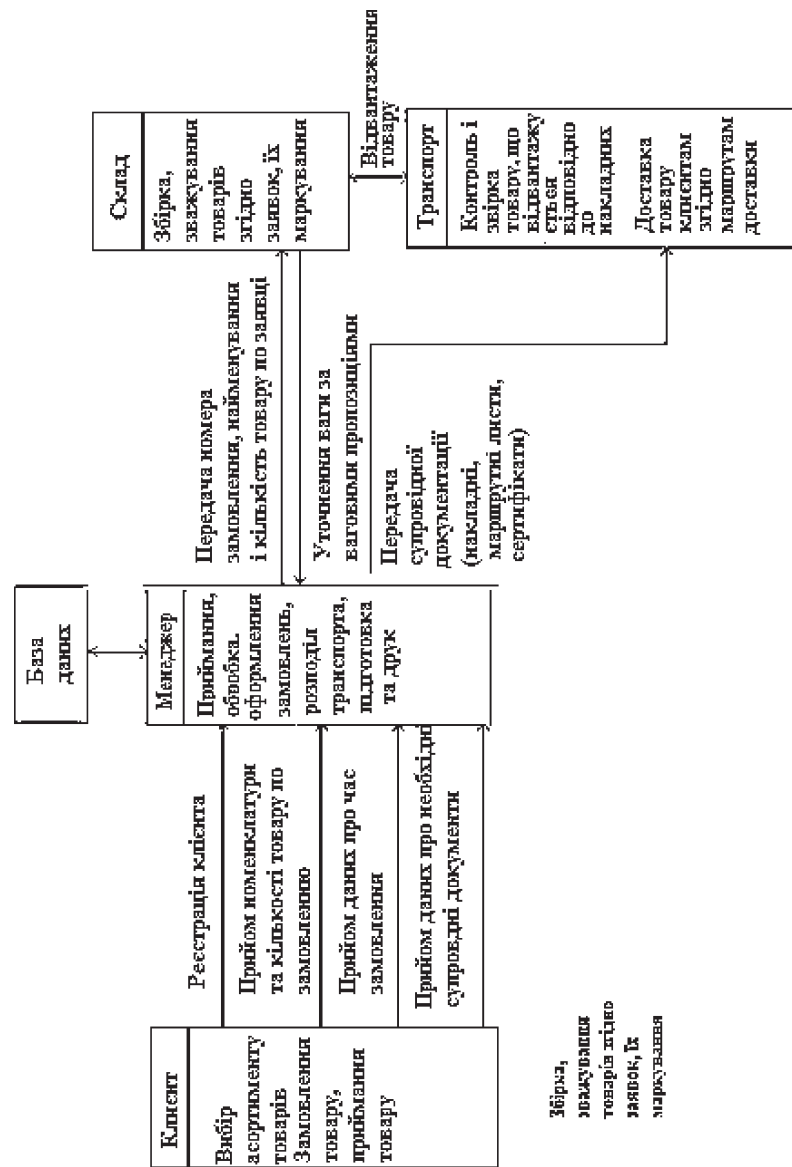


Рис. 2.1.2. Функціональна схема роботи ланок логістичної мережі

$$C_3 = \sum_n C_{3(n)}, \quad (2.1.5)$$

$$C_D = \sum_n C_{D(n)}, \quad (2.1.6)$$

$$C_B = \sum_n C_{B(n)}, \quad (2.1.7)$$

$$C_H = \sum_n C_{H(n)}, \quad (2.1.8)$$

де C_{03} — витрати на обробку всіх n замовлень менеджером, грош. од.;

C_3 — витрати на зборку й завантаження всіх n замовлень, грош. од.;

C_D — витрати на доставку всіх n замовлень, грош. од.;

C_B — витрати на вивантаження всіх n замовлень водієм, грош. од.;

C_B — витрати на будь-які непередбачені операції (будь-які додатково оплачувані дії персоналу, не розглянуті вище, повернення товару, інвентаризація та інше), грош. од.

Витрати на обробку логістом всіх заявок на розглянутий день повинні становити певну частину його заробітної плати з нарахуваннями і розглядатися як своєрідна функція зарплати (дробова частина, що відповідає частині робочого часу, що відводиться діям, виконуваним при обробці замовлення) (завжди залишається постійною величиною):

$$\sum_n C_{03(n)} = f(Z_m(t_{p.н.})) = \text{const}, \quad (2.1.9)$$

де Z_m — зарплатня логіста.

Умова працездатності логіста виглядає як

$$t_{p.н.} \leq t_{p.дня}, \quad (2.1.10)$$

де $t_{p.дня} = 8$ годин — тривалість робочого дня.

Однак бажано і необхідно для стабільної роботи підприємства, щоб виконувалася умова

$$t_{p.н.} \leq t_{p.дня}. \quad (2.1.11)$$

Витрати на обробку замовлень будуть виглядати в такий спосіб:

$$\sum_n C_{03(n)} = Z_m^{\text{const}} + Z_m(t_{c.в.}), \quad (2.1.12)$$

де $Z_m(t_{c.в.})$ — заробітна плата з нарахуваннями за понаднормову роботу, додатково виконану при звіреннях, з'ясуванні обставин, винних, представлена у вигляді функції, що залежить від понаднормового часу. Необхідно прагнути до виконання наступної умови:

$$t_{c.в.} \rightarrow 0. \quad (2.1.13)$$

Розглянута вище конструкція справедлива й для витрат на завантаження й вивантаження товару. Таким чином:

$$\sum_n C_{3(n)} = Z_{кл}^{\text{const}} + Z_{кл}(t_{c.в.}), \quad (2.1.14)$$

Для «своїх» водіїв:

$$\sum_n C_{B(n)} = Z_{вод}^{\text{const}} + Z_{вод}(t_{c.в.}), \quad (2.1.15)$$

Для найманих водіїв:

$$\sum_n C_{B(n)} = Z_{вод}(t_{p.в.}) + Z_{вод}(t_{c.в.}). \quad (2.1.16)$$

Для операцій завантаження й вивантаження обов'язкове виконання вищеописаних умов (2.1.10) та (2.1.13).

Необхідно також прагнути до виконання умови:

$$\sum_n C_{H(n)} \rightarrow 0 \text{ або хоча б до } \sum_n C_{H(n)} \rightarrow \min. \quad (2.1.17)$$

Поставлена задача з моделювання процесу маршрутизації відповідає відразу декільком стандартним відомим задачам маршрутизації. Зокрема, виходячи з поставлених раніше умов роботи компанії, розглянута задача буде сукупністю наступних задач:

- маршрутизація з обмеженням по вантажопідйомності;
- маршрутизація з обмеженням за часом;
- маршрутизація з поверненням товарів;
- маршрутизація з різним транспортом.

З урахуванням розподілу всіх замовлень у певну кількість рейсів P при виконанні умови (13) витрати на доставку будуть визначатися як

$$\sum_n C_{Д(n)} = \sum_k \left(\sum_i \varphi_k(L_{i; i+1}^k, M_i^k) \right), \quad (2.1.18)$$

де k — номер маршруту, $1 \leq k \leq P$;
 i — номер точки на маршруті, $1 \leq i \leq I_k$;
 I_k — кількість точок у маршруті k ;
 $\varphi(L_{i; i+1}, M_i)$ — витрати на перевезення між точками i та $i + 1$;
 $L_{i; i+1}$ — відстань між точками i та $i + 1$;
 M_i — загальна маса вантажу на перегоні між точками i та $i + 1$; $M_{i+1} = M_i - m_i + 1$; m_i — маса вантажу, що вивантажується в i -тій точці.

Умова, що накладає обмеження вантажопідйомність автомобіля (використовуване при підрахунку числа рейсів P):

$$\sum_k \left(\sum_i (m_i^k) \right) \leq V^k, \quad (2.1.19)$$

де V^k — вантажопідйомність автомобіля, використовуваного для рейсу k .

Обмеження, пов'язані із граничним часом доставки вантажу клієнтові,

$$t_i^k \leq T_i, \quad (2.1.20)$$

де T_i — граничний час доставки клієнтові i на маршруті k ,
 t_i^k — момент підходу автомобіля на вивантаження в точку i .

$$t_i^k = t_0^k + \left(\sum_i (\tau(L_{i; i+1}^k) + \theta_i^k) \right), \quad (2.1.21)$$

де t_0^k — момент виходу транспорту k зі складу;
 $\tau(L_{i; i+1})$ — час, затрачуваний на перегоні між точками i та $i + 1$;

θ_i — час, затрачуваний на вивантаження в точці i .

Обмеження, пов'язані із тривалістю робочого дня,

$$\sum_i t_i^k < t_{р. дня} t. \quad (2.1.22)$$

Таким чином, сумарні витрати визначаються як

$$C_0 = [Z_m^{\text{const}} + Z_m(t_{c. в.})] + [Z_{вл}^{\text{const}} + Z_{вл}(t_{c. в.})] + \\ + \left[\sum_k \left(\sum_i \varphi_k(L_{i; i+1}^k, M_i^k, t_i^k) \right) \right] + \left[\frac{Z_{вод}^{\text{const}} + Z_{вод}(t_{c. в.})}{Z_{вод}(t_{р. в.}) + Z_{вод}(t_{c. в.})} \right] + \\ + \sum_n C_{Н(n)}(t_{c. в.}). \quad (2.1.23)$$

Дана модель є відбиттям транспортної логістики на виробничому підприємстві. Рішення головних задач описано математичною моделлю. В побудованій математичній моделі у своїй основі усі компоненти функції витрат є залежними від змінної часу. Це значить, що для мінімізації сумарних логістичних витрат необхідно прагнути скорочення часу обробки й оформлення заявок, маршрутизації та безпосередньої доставки, завантаження і вивантаження замовлень, а також виключити непередбачені витрати.

У представленій моделі зроблено акцент на транспортну логістику підприємства. Враховано витрати на постачальницьку діяльність, яка включає операції з планування, контролю і регулювання забезпечення виробництва сировиною і матеріалами; виробничу діяльність, спрямовану на досягнення високого ступеня взаємодії всіх підрозділів виробництва з мінімальними витратами сировини та робочої сили; на організацію та здійснення раціональної доставки товарів від місць їх виробництва або закупівлі до місць споживання, а також контроль за всіма операціями, пов'язаними з їх переміщенням. Модель може бути розширена введенням в неї додаткових обмежень, що описують такі операції логістичної системи, як розподільну, що забезпечує збут і розміщення товару у споживача; інформаційну, що здійснює обмін даними всередині кожної ланки логістичного ланцюжка (наприклад обмін відповідною інформацією між вантажовласником, перевізником та іншими компаніями, які беруть участь у процесі доставки товару), а також в рамках логістичної системи в цілому.

2.2. МОДЕЛЬ ЛОГІСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ ТОРГОВЕЛЬНОЇ КОМПАНІЇ

Логістика торговельної компанії є єдиною взаємопов'язаною системою, складовими якої є логістичні ланцюги закупок та збуту продукції. Організація ефективної системи сприяє економії витрат обороту товарів в мережі «закупки-збут» за рахунок мінімізації складських запасів, часу руху товарів між контрагентами, усунення нерентабельних операцій та непередбачуваних витрат. Серед логістичних задач, які постійно вирішують торговельні компанії, одними з головних є розробка та оптимізація системи руху товарів; використання складських приміщень; взаємодія всіх підрозділів й філій тощо.

Від впровадження ефективних логістичних технологій залежать успішність та конкурентоспроможність торгової компанії, що особливо актуально в умовах зростання конкуренції на фоні поглиблення кризових явищ в економіці. На сучасному етапі розвитку економіки і бізнесу саме логістика є одним з найважливіших факторів конкурентної боротьби.

Проблемам організації логістичних систем підприємств, зокрема, підприємств торгівлі присвячена значна кількість праць вітчизняних та закордонних фахівців [6; 11; 22; 25; 66; 90] та ін. Однак постійний розвиток логістичних систем висуває все нові невирішені проблеми, для розв'язання яких потрібне залучення відповідного конкретним задачам математичного апарату.

Як один з потужних інструментів створення математичних моделей логістичних систем пропонуються методи оптимізації.

Методи оптимізації давно і плідно використовуються у економічних дослідженнях різного спрямування [20; 43; 91]. Зокрема, методи цілочисельної лінійної оптимізації належать до однієї з найбільш розроблених груп оптимізаційних методів [43; 65; 91]. На базі них побудовано кілька стандартних моделей, до яких належать модель комівояжера і модель транспортної мережі. На сьогодні поряд із стандартними математичними постановками наведених моделей існує і певна кількість їх модифікацій [65; 68].

Незважаючи на достатньо розвинуту теоретичну базу, прикладне застосування наведених методів на реальних об'єктах дослідження все ще обмежене в кризових умовах вітчизняної економіки. Окрім цього, в реальних умовах реалізації специфіка

досліджуваних процесів вносить корективи у стандартні постановки оптимізаційних моделей, що породжує нові прикладні модифікації.

Об'єктом дослідження була обрана компанія «Еверлінг», яка займається імпортом та дистрибуцією зарубіжних вин в Україні, а також надає послуги з оформлення винних карт культурно-розважальним закладам, навчання персоналу винному етикету і закладам дегустаційної майстерності, представлення висококваліфікованих сомельє для проведення майстер-класів й дегустацій; здійснює інші послуги консультативного характеру.

Компанія має розвинуту логістичну мережу, що складається з багатьох каналів збуту. Серед каналів збуту компанії є такі великі гравці на вітчизняному торговельному ринку, як «Сільпо», «Таврія В», «Метро Кеш енд Керрі», «Ашан» та ін.

Система збуту компанії складається з декількох сегментів:

- система розповсюдження серед оптово-роздрібних торговельних мереж (складовою є мережа власних оптово-роздрібних виномаркетів — зокрема, мережа виномаркетів «ВайнСпот»);
- система розповсюдження серед об'єктів культурно-розважального спрямування;
- система розповсюдження серед малих роздрібних контрагентів (невеликі немережеві магазини, торгові точки на АЗС тощо).

Тобто логістична система компанії спрямована на переміщення продукції із-за кордону й забезпечення потреб філіалів у різних містах України (зовнішній логістичний ланцюг). Внутрішній логістичний ланцюг складається з пересування товарів зі складських приміщень до власне контрагентів.

За час роботи компанії її логістична система застаріла та потребує значних доопрацювань. У теперішній час це є особливо актуальним у зв'язку з соціально-економічною ситуацією в країні. Зміни валютних курсів призвели до відповідно значного підвищення цін на продукцію. На формування цінової політики значно впливають витрати на діючу систему збуту, від ефективності функціонування якої залежать і кінцеві показники роботи торговельної компанії.

Аналіз системи переміщення товарів до філіалів компанії по території України довів таке.

Продукція, що перетинає кордон, реєструється та ставиться на облік у найближчому філіалі, де перевіряється цілісність та

відповідність вимогам. Після цього продукція відправляється до центральних сховищ у Києві, де підлягає подальшому зберіганню до моменту розподілення між контрагентами й пересування до кінцевих пунктів збуту.

Вивчення маршрутів пересування товару (рис. 2.2.1) доводить їх нерациональність, неефективне збільшення кілометражу прогонів. До того ж після надходження машини з товаром до сховищ філії вона має повернутися на своє первинне місце розташування у Києві. Тобто відстань збільшується за рахунок подвоєння шляху пересування вантажу.



Рис. 2.2.1. Маршрут розподілення імпортованого товару у компанії «Еверлінг»

Імпортування та розподілення вантажу займає приблизно 4482,5 км. При відомих відстанях («Львів — Київ» — 540,9 км; «Київ — Одеса» — 475,3 км; «Київ — Харків» — 478,2 км; «Київ — Дніпропетровськ» — 476,4 км) та діючому логістичному ланцюгу («Львів — Київ»; «Київ — Львів»; «Київ — Одеса»; «Київ — Харків»; «Київ — Дніпро»): $540,9 + 540,9 \times 2 + 475,3 \times 2 + 478,2 \times 2 + 476,4 \times 2 = 4482,5$ км.

Для оптимізації зовнішнього логістичного ланцюга, а саме маршрутів перевезень з метою мінімізації прогонів (та відповідно транспортних витрат) була використана модель комівояжера.

Загальна постановка задачі про комівояжера полягає у наступному [65, с. 104]. Нехай є n міст, у які треба поставляти продукцію. Міста пронумеровані числами від 1 до n . Комівояжер, який виїжджає з міста 1, повинен побувати у кожному місті тільки один раз і повернутися до вихідного пункту.

Задані відстані між містами c_{ij} ; $i, j = \overline{1, n}, i \neq j$.

Мета розв'язання задачі полягає у знаходженні найбільш короткого маршруту.

Для розв'язання вводяться такі змінні:

$$\begin{cases} 1, \text{ якщо у маршруті задіяний переїзд з } i \text{ до } j \\ 0, \text{ у протилежному випадку } (i, j = \overline{1, n}, i \neq j). \end{cases}$$

Тоді математична постановка задачі має такий вигляд:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min;$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; j = \overline{1, n} - \text{умова одноразового в'їзду у місто} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; i = \overline{1, n} - \text{умова одноразового виїзду з міста} \\ u_i - u_j + n x_{ij} \leq n - 1; i, j = \overline{2, n}; i \neq j \\ x_{ij} \in (0, 1), u_i \geq 0, \text{ цілі} \end{cases}$$

Цілі невід'ємні змінні $u_i, i = \overline{1, n}$ вводяться спеціально для визначення додаткових обмежень (їх число дорівнює $(n - 1) \times (n - 2)$). Це дозволяє вилучити можливість розриву маршруту (тобто можливість наявності замкнених підмаршрутів).

Для розв'язання задачі оптимізації використано модуль «Пошук розв'язань» системи Excel.

Вхідна матриця відстаней (км) має вигляд — табл. 2.2.1.

Вхідна маршрутна матриця (із визначеними довільними маршрутами) має вигляд — табл. 2.2.2.

В результаті розв'язання задачі отримана наступна матриця оптимальних маршрутів — табл. 2.2.3.

Їй відповідає матриця прогонів (км), що свідчить про значне скорочення кілометражу (2513,9 км) порівняно з існуючим — табл. 2.2.4.

Таблиця 2.2.1

Відстані між містами знаходження філій компанії «Еверлінг»

Міста — пункти виїзду / призначення	Львів (1)	Київ (2)	Харків (3)	Дніпро (4)	Одеса (5)
Львів (1)	0	478,2	540,9	475,3	476,4
Київ (2)	478,2	0	1008,7	712,2	216,9
Харків (3)	540,9	1008,7	0	795,6	1014,7
Дніпро (4)	475,3	712,2	795,6	0	482,3
Одеса (5)	476,4	216,9	1014,7	482,3	0

Таблиця 2.2.2

Вхідна матриця маршрутів поставок у філії продукції компанії «Еверлінг»

Міста — пункти виїзду / призначення	Львів (1)	Київ (2)	Харків (3)	Дніпро (4)	Одеса (5)	Всього	Виїзд з міста
Львів (1)	0	1	1	1	1	4	1
Київ (2)	1	0	1	1	1	4	1
Харків (3)	1	1	0	1	1	4	1
Дніпро (4)	1	1	1	0	1	4	1
Одеса (5)	1	1	1	1	0	4	1
Всього	4	4	4	4	4	20	
В'їзд у місто	1	1	1	1	1		

Таблиця 2.2.3

Матриця оптимальних маршрутів поставок у філії продукції компанії «Еверлінг»

Міста — пункти виїзду / призначення	Львів (1)	Київ (2)	Харків (3)	Дніпро (4)	Одеса (5)	Всього	Виїзд з міста
Львів (1)	0	1	0	0	0	1	1
Київ (2)	0	0	1	0	0	1	1

Закінчення таблиці

Міста — пункти виїзду / призначення	Львів (1)	Київ (2)	Харків (3)	Дніпро (4)	Одеса (5)	Всього	Виїзд з міста
Харків (3)	0	0	0	1	0	1	1
Дніпропетровськ (4)	0	0	0	0	1	1	1
Одеса (5)	1	0	0	0	0	1	1
Всього	1	1	1	1	1	5	
В'їзд у місто	1	1	1	1	1		

Таблиця 2.2.4

Матриця прогонів транспорту (км) згідно з оптимальним маршрутом поставок у філії продукції фірми «Еверлінг»

Міста — пункти виїзду / призначення	Львів (1)	Київ (2)	Харків (3)	Дніпропетровськ(4)	Одеса (5)	Всього
Львів (1)	0	540,9	1008,7	1014,7	795,6	
Київ (2)	540,9	0	478,2	476,4	475,3	
Харків (3)	1008,7	478,2	0	216,9	712,2	
Дніпропетровськ (4)	1014,7	476,4	216,9	0	482,3	
Одеса (5)	795,6	475,3	712,2	482,3	0	
Всього	795,6	540,9	478,2	216,9	482,3	2513,9

Згідно проведених розрахунків у разі суттєвої зміни маршрутів проходження вантажу шлях скорочується на 1968,6 км. Це означає, що економія витрат на перевезення між філіями може сягати 44 %.

Маршрут значно скорочується, стає більш раціональним (рис. 2.2.2).

Перевізник не заходить у міста двічі, а розподіляє товарну продукцію згідно з планами потреб філій. Таким чином, економиться значна кількість часу та ресурсів. Треба також зазначити, що в разі втілення такого перепланування логістичного ланцюга

не потрібно буде наймати додаткових робітників для обслуговування транспортних потреб міжміського перевезення вантажу.



Рис. 2.2.2. Оптимізований маршрут перевезення товарів у компанії «Еверлінг»

Графік поставок продукції з закордону — щотижневий. Додаткові розрахунки витрат на експлуатацію транспорту до та після оптимізації логістичного ланцюга доводять, що економічний ефект складає приблизно 49 112 грн на одну вантажівку.

Для оптимізації внутрішнього логістичного ланцюга (переміщення товарів між складами філій та контрагентами) використана модель транспортної мережі.

На даний час логістична система на філіях потребує суттєвих покращень. Поставки здійснюються за умовами клієнтів в обумовлених товарних об'ємах. Водночас перевезення вантажу повинно бути доцільним. Усі вантажні машини мають бути оптимально завантажені, а на складах повинна знаходитися необхідна для збуту кількість продукції. Тобто витрати мають бути раціональними. Але це стає проблемою для компанії, зважаючи

на різке подорожання паливно-мастильних матеріалів, запасних частин, оренди сховищ тощо.

На даний момент компанія витрачає на перевезення вантажів до контрагентів фіксовану суму, яка вираховується згідно показників минулих років за той самий період з деякими поправками. Але такий підхід не дає можливості вільно планувати розширення її діяльності. Заважає відсутність точності у прогнозах. Це також відображається на вартості товару. З розширенням діяльності компанії витрати на перевезення будуть зростати і спрогнозувати необхідні об'єми фінансового забезпечення буде дуже важко, що може рано чи пізно негативно позначитися на формуванні цінової політики, а отже й на конкурентоспроможності.

Таким чином, необхідно створити модель, яка б дала ефективну картину використання ресурсів системи постачання товарів. Загальна постановка задачі виглядає таким чином [65, с. 112].

Введемо наступні позначення:

a_i — запас продукції, готової до відправки у пункті i (сховища);

b_j — потреба у продукті в пункті j (контрагенти);

v_{ij} — вартість транспортування одиниці продукції з i до j (тарифи);

x_{ij} — обсяги перевезень з i до j (невідомі задачі).

Тоді модель має вигляд:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \quad j = \overline{1, n},$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Роботу моделі продемонструємо на прикладі Львівської філії компанії.

В наявності 3 пункти зберігання та відправки вантажу (сховища) та 9 контрагентів — «Сільпо», «Фуршет», «Таврія В», «Ашан», «Метро Кеш енд Кері», «Барвінок», «Арсен», «Вайн-Спот № 1», «ВайнСпот № 2». Відомі вартість оренди сховищ та витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу.

В цілому на забезпечення зберігання та перевезення товару у місті Львів компанією виділяється 96 890,76 грн/місяць, з яких 2623,76 грн виділяється на витрати з перевезення товару, а 35 550 грн на оплату праці обслуговуючого персоналу на складських приміщеннях.

Вартість доставки одиниці вантажу з кожного пункту відправлення у відповідні пункти призначення задана матрицею тарифів, грн (табл. 2.2.5). Тарифи розраховувалися на основі показників витрат пального вантажівки, його вартості на даний момент та відстані, яку долатиме перевізник. У матриці відображаються потреби та запаси, розраховані на тиждень.

В результаті розрахунків була отримана наступна матриця оптимальних обсягів перевезень (од. прод.) — табл. 2.2.6.

Для коректного розрахунку враховується той факт, що контрагенту привозиться одразу ж весь вантаж, а не одна одиниця продукції. Склади міста Львів обслуговують вантажні машини марки Mitsubishi Fuso Canter 2002 з вантажопідйомністю у 5 т та витратою пального у розмірі 19 л на 100 км. За один рейс перевізник може доставити не більше 5000 одиниць продукції. Тож зважаючи на те, що яка б кількість продукції не перевозилася, враховуватися буде лише кількість рейсів вантажної машини, в дужках в таблиці проставлена кількість рейсів.

Таким чином, оптимальні витрати на перевезення вантажу протягом тижня складають:

$$1 \times 66,36 + 1 \times 36,34 + 1 \times 67,94 + 1 \times 7,11 + \\ + 1 \times 3,16 + 1 \times 48,19 + 1 \times 43,45 + 1 \times 85,32 + \\ + 1 \times 80,58 + 1 \times 15,8 + 1 \times 36,34 = 490,59 \text{ (грн)}.$$

Подальший аналіз привів до відмови від сховища № 2 та розподілення відповідних обсягів зберігання продукції між іншими двома сховищами. Проведені за такими обставинами оптимальні розрахунки довели наступні обсяги перевезень до контрагентів — табл. 2.2.7.

Відповідні щотижневі витрати на транспортування становили при цьому:

$$35,55 + 1 \times 36,34 + 1 \times 7,11 + 1 \times 51,35 + 1 \times 3,16 + \\ + 1 \times 43,45 + 1 \times 55,30 + 1 \times 15,80 + 1 \times 34,76 = \\ = 282,82 \text{ (грн)}.$$

Таблиця 2.2.5

Тарифи на перевезення одиниці продукції зі сховищ до контрагентів по місту Львів (грн)

Сховища	Контрагенти									Запаси (од. прод.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	35,55	36,34	7,11	51,35	71,89	90,85	55,3	27,65	41,87	2630
2	66,36	67,94	62,41	90,85	14,22	48,19	85,32	54,51	36,34	3240
3	72,68	73,47	65,57	86,11	3,16	43,45	80,58	15,8	34,76	2290
Потреби (од. прод.)	890	720	1060	1530	1220	670	590	730	750	

Таблиця 2.2.6

Оптимальні обсяги постачання продукції зі сховищ (3 сховища) до контрагентів

Сховища	Контрагенти									Запаси (од. прод.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0	38(1)	1058(1)	1528(1)	0	0	0	0	0	2630
2	888(1)	681(1)	0	0	0	497(1)	422(1)	0	748(1)	3240
3	0	0	0	0	1218(1)	172(1)	167(1)	728(1)	0	2290
Потреби (од. прод.)	890	720	1060	1530	1220	670	590	730	750	

Таблиця 2.2.7

Оптимальні обсяги постачання продукції зі сховищ (2 сховища) до контрагентів

Сховища	Контрагенти									Запаси (од. прод.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	890 [1]	720 [1]	1060 [1]	1530 [1]	0	0	590 [1]	0	0	4790
3	0	0	0	0	1220 [1]	670 [1]	0	730 [1]	750 [1]	3370
Потреби (од. прод.)	890	720	1060	1530	1220	670	590	730	750	

Таким чином, завдяки проведеній оптимізації передбачалося значне скорочення витрат:

— щомісячні витрати на транспортування становитимуть 1131,28 грн, що на 57 % менше за витрати до оптимізації;

— за рахунок відмови від сховища № 2 скорочуються витрати на оренду та заробітну плату складських працівників;

— місячні витрати на систему зберігання та транспортування по місту скоротилися на 32 105,48 гривень, що становить приблизно 33 % від початкової суми.

Аналогічні оптимізаційні розрахунки були проведені для усіх філій компанії, що довело суттєві можливості скорочення витрат на транспортування та зберігання продукції: по Одеській філії — на 30 %; Харківській філії — на 15 %; Дніпровській філії — на 17 %; по м. Києву — 1,5 %. Останнє доводить, що Київське відділення компанії функціонує майже оптимально.

Проведені на представлених моделях розрахунки доводять, що оптимізаційні методи можуть ефективно використовуватися у сучасних реаліях вітчизняної економіки. Це дозволяє досліджуватися компанії не тільки оптимально використовувати наявні ресурси, але і визначати можливості свого подальшого розширення.

Оптимізаційний ефект досягається за рахунок:

— оптимізації маршрутів перевезень: скорочуються відстані перевезень (зникають «петлі»), транспортні витрати, зменшується час постачання до ланок збутової мережі;

— оптимізації запасів: більш ефективної організації мережі сховищ і скорочення витрат на зберігання та поставки продукції дистриб'юторам;

— оптимізації використання транспортних засобів.

Завдяки достатньо ефективному функціонуванню на ринку торгова компанія «Еверлінг» планує значно збільшити список контрагентів та розвинути географію міст постачання. Для розробки ефективної стратегії подальшого розвитку значну роль відіграє моделювання елементів логістичної мережі компанії. Тому у перспективі наведені постановки моделей мають набути додаткових модифікацій за рахунок появи нових підрозділів та контрагентів компанії.

Перспективним напрямком подальших досліджень можна вважати також аналіз та моделювання взаємозв'язку перетворень у логістичній мережі з попитом на продукцію компанії на відповідному товарному ринку.

Розділ 3

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

3.1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Особливим видом математичних моделей є імітаційні моделі. Завдяки тому, що імітаційна модель — це комп'ютерна програма, яка визначає структуру та відтворює поведінку реальної системи у часі, цей вид моделювання ще зветься комп'ютерним¹.

Імітаційним моделям притаманний цілий ряд специфічних рис. Імітаційна модель передбачає створення логіко-математичної моделі складної системи. В ході моделювання логічна структура системи, що моделюється, адекватно відображається у моделі, а процеси її функціонування, динаміка взаємодії елементів відтворюються (імітуються) на моделі. Згідно з цим побудова імітаційної моделі містить структурний аналіз системи, що моделюється, та розробку функціональної моделі, яка відображає її динамічні стани.

Важливою особливістю імітаційного моделювання є використання спрямованого обчислювального експерименту як методу дослідження комп'ютерної моделі. Зміст експерименту визначається аналітичними дослідженнями й відповідними обчислювальними процедурами, які реалізуються на стадіях стратегічного планування експерименту й обробки та інтерпретації отриманих результатів.

Метою функціонування імітаційної моделі є надання експериментатору докладної статистики стосовно різних аспектів функціонування системи залежно від вхідних даних.

¹ Хоча комп'ютерне моделювання є більш широким поняттям і містить ще такий напрямок, як структурно-функціональне моделювання, надалі використовуємо це поняття як синонім імітаційного моделювання.

Загальна проблематика комп'ютерного моделювання містить кілька основних аспектів:

1. **Методологічний:** пов'язаний зі створенням нових концепцій формалізації і структуризації систем, що моделюються; створенням методологічних основ системного моделювання, відпрацюванням підходів до створення стратифікованих визначень систем; побудовою систем підтримки прийняття рішень в галузі комплексних проектів моделювання тощо.

2. **Математичний:** пов'язаний з використанням статистичних методів різноманітного призначення, математичних методів оптимізації, а також методів штучного інтелекту.

3. **Технологічний:** пов'язаний з використанням розвинутих інформаційних технологій й сучасних платформ програмування.

В методологічному плані на сучасному етапі розвитку комп'ютерного моделювання розрізняють три головні підходи:

- дискретно-подійне моделювання (процесно-орієнтоване);
- системна динаміка;
- агентне моделювання.

Дискретно-подійне моделювання розглядає систему зверху вниз, аналізуючи її на системному рівні. Агентне моделювання — це підхід знизу наверх: модель фокусується на поведінці індивідуальних об'єктів.

Дискретно-подійний (процесно-орієнтований) підхід використовується, як правило, на операційному та тактичному рівні. Системна динаміка передбачає високий рівень абстракції і використовується, зазвичай, для розв'язання задач стратегічного рівня. Спектр використання агентних моделей містить задачі будь-якого рівня абстракції.

Дискретно-подійний підхід (discrete event modeling) передбачає деталізоване представлення об'єкту моделювання, динаміка розвитку якого визначається шляхом генерації елементарних подій у деякій послідовності. В основі підходу лежить поняття події.

Моделі, що відповідають цьому підходу, можуть бути як безперервними, так і дискретними. Однак моделям економічних систем притаманні дискретні зміни часу. Тому при визначенні суті підходу орієнтуємось на дискретні моделі.

Елементи дискретної системи, що імітується, зветься компонентами моделі. Ціль імітації на такій моделі — встановлення функціонування та взаємодії окремих компонентів; вивчення режимів функціонування та можливостей системи, яка

досліджується. Система може знаходитися у конкретному стані у визначені моменти часу. Перехід з одного стану до другого здійснюється за допомогою якої-небудь дії.

Таким чином, процес імітації на такій моделі являє собою встановлення процесу динамічного переходу з одного стану до іншого.

Задача дослідника при наведеному підході складається з опису подій, які мають змогу змінювати стан системи, та з визначення взаємозв'язку між ними.

Стан системи, що моделюється за допомогою дискретно-подійної моделі, визначається значеннями глобальних змінних та атрибутів компонентів, що належать різним класам. При цьому початковий стан системи встановлюється за допомогою надання початкових значень змінним моделі, генерації початкових компонентів у системі (за необхідністю), а також за допомогою початкового планування подій у моделі.

В ході імітації система «рухається» від стану до стану по мірі того, як компоненти системи беруть участь у діях, які змінюють стан системи. При дискретно-подійній імітації зміни стану системи мають можливість відбуватися тільки на початку дії (тобто коли щось починається) або наприкінці дії (тобто коли щось закінчується). Підкреслимо, що для моделювання початку або кінця дії використовується подія.

Коли настає подія, стан системи може бути змінено, наприклад так:

1. Зміною значень однієї або декількох змінних моделі.
2. Зміною кількості компонентів в системі.
3. Зміною значення одного або декількох атрибутів компонента.
4. Зміною взаємозв'язку між компонентами.

Слід відзначити, що можливі такі події, при яких стан системи не змінюється. В ході імітації здійснюється планування настання подій в заданий момент часу.

Таким чином, при подійному підході дослідник визначає події, а також ті потенційні зміни, що відбуваються у системі внаслідок здійснення цих подій.

Однак зазвичай термін «дискретно-подійне моделювання» використовується у більш вузькому розумінні для позначення так званого «процесного моделювання», де динаміка системи представлена як послідовність операцій над деякими сутностями

(клієнтами, документами, дзвінками, пакетами даних, транспортними засобами та ін.). Сутності є пасивними, вони не контролюють власну динаміку, але їм притаманні конкретні атрибути, що впливають на процес їх обробки. Окремі сутності можуть накопичувати статистику.

Процесне моделювання використовується на середньому або низькому рівні абстракції: кожний об'єкт моделюється індивідуально, як окрема сутність, але множина деталей «фізичного рівня» не береться до уваги.

Процеси можуть функціонувати незалежно один від одного. Вони можуть бути як пов'язаними між собою, так і автономними. Згідно з цим робота «таймеру модельного часу» здійснюється інакше, ніж у подійному підході. Модельні блоки, відповідні процесам, виконуються з перериваннями, під час яких реалізуються інші процеси. Це викликано тим, що події в модельному часі здійснюються миттєво і можуть виконуватися послідовно згідно з упорядкуванням моментів часу їх настання. Процеси ж тривають у модельному часі і не можуть виконуватися послідовно, тому що момент часу настання події одного процесу може опинитися між моментами часу послідовних подій другого процесу.

Таким чином, в кожний момент реалізації моделі здійснюється тільки один процес, який називається активним. Решта процесів знаходиться у припиненому стані. На відміну від суто подійного, у розглянутому підході не відбувається дроблення логіки моделі на окремі події, що полегшує опис динаміки системи.

Методи імітації потокового типу використовуються тоді, коли динаміка об'єкту моделювання визначається у вигляді еволюційних змін, без відтворення окремих елементарних подій. Моделі реальних об'єктів при цьому представлені у вигляді взаємодії потоків різноманітної природи. Потокова концепція передбачає високий ступінь агрегування процесів, які відбуваються на об'єкті дослідження.

Потоковий підхід реалізується на базі методу системної динаміки, який був запропонований Дж. Форрестером на початку 60-х років минулого століття [98; 99]. Фундаментальними поняттями методу є поняття фонду (накопичувач, резервуар) та потоків. Об'єкт моделювання в межах прийнятої концепції представлено як динамічну систему, що складається з фондів, пов'язаних між собою потоками. Вміст фондів вимірюється їх

рівнем, а інтенсивність потоків визначається темпами або швидкістю переміщення вмісту фондів.

Наведені поняття є дуже універсальними і легко інтерпретуються у термінах конкретної економічної системи. Наприклад, у вигляді фондів (накопичувачів) можуть виступати рахунок підприємства у банку, склад готової продукції, резервні фонди страхової компанії, величина отриманого прибутку, обсяги відвантаженої продукції, бюджет рекламної компанії фірми тощо. Рівні фондів визначаються величинами, безперервними за діапазоном своїх значень та дискретними у часі. Вони фактично є змінними стану системи, значення яких формуються за рахунок накопичення різниць між вхідними та вихідними потоками.

Потоки можуть відображати різні процеси — матеріальні, фінансові, інформаційні, людські ресурси тощо. Їх темп визначається управлінськими рішеннями, які формуються на основі інформації про стан рівнів. Рівняння темпів — це формалізовані правила, що визначають, яким чином інформація про рівні призводить до вибору поточних значень темпів потоків.

В моделях потокового типу передбачувані елементи затримки у часі, тому що реальним системам притаманна тривалість конкретних процесів.

Моделі системної динаміки — це моделі зі зворотними зв'язками, у яких процеси тривають у часі. Останнє досягається за рахунок наявності специфічної дискретної змінної — «часу». Користувач має змогу встановити як термін імітації — загальний час моделювання, так і крок імітації — часовий крок моделювання (елементарну одиницю часу).

На математичному рівні моделі системної динаміки є системою кінцево-різницевого рівняння, які вирішуються на основі чисельного алгоритму інтегрування (за схемою Ейлера або Рунге — Кутта) з постійним кроком та заданими начальними значеннями.

Формування моделі за методом системної динаміки здійснюється за допомогою діаграм причинно-наслідкових зв'язків. Діаграми визначають, в яких відношеннях знаходяться між собою змінні, і являють собою розмічені графи. Умовно змінні моделі можна класифікувати на три групи: рівні, темпи та додаткові змінні. В ході формування діаграм необхідно враховувати наступне:

— Наявність між змінними відношень типу «рівень — темп».

— Завдання начальних значень.

— Необхідність врахування затримок у часі, запізнь.

— Обмеження конкретної мови програмної реалізації з використання змінних одного типу в ході обчислення змінних іншого типу.

Діаграми причинно-наслідкових зв'язків повинні відображати найбільш вагомі з точки зору функціонування об'єкту зв'язки.

Метою дослідження об'єкту за методом системної динаміки є вивчення динамічних властивостей системи, тобто його поведінки у часі при заданому начальному стані та значеннях управляючих параметрів. Фактично моделі системної динаміки є тренажерами для розробки та реалізації управлінських рішень завдяки ситуаційному, альтернативному підходу до вивчення тенденцій розвитку досліджуваного об'єкту.

Агентне моделювання (agent-based modeling) — це відносно новий сучасний підхід в комп'ютерному моделюванні. Агентна модель визначає досліджуваний об'єкт у вигляді окремих специфікованих активних підсистем (агентів).

В літературі існує багато визначень агентного моделювання [15; 18; 50; 62; 75; 83].

З точки зору практичного використання агентне моделювання визначається як метод імітаційного моделювання, який досліджує поведінку децентралізованих агентів і те, як ця поведінка визначає поведінку всієї системи в цілому [15; 18].

В ході побудови агентної моделі розробник вводить параметри агентів (людей, компаній, проектів, транспортних засобів та ін.), визначає їх поведінку, вводить їх у деяке оточуюче середовище, встановлює можливі зв'язки, після чого запускає процес моделювання. Індивідуальна поведінка кожного агенту складається у глобальну поведінку системи, що моделюється.

Мета агентних моделей — отримати уявлення про глобальні правила, загальну поведінку системи, виходячи з припущень щодо індивідуальної поведінки її окремих активних об'єктів та взаємодії цих об'єктів в системі.

Агентні моделі використовуються для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами та законами, а навпаки, ці глобальні правила та закони є результатом індивідуальної активності членів групи. Всі агентні моделі поєднують децентралізований характер їх організації і функціонування.

У галузі економіки не зовсім адекватні моделі сталих «рівноважних» режимів. Більш адекватним є аналіз моделей, які дозволяють виконати аналіз формування правил та тенденцій глобальної поведінки як інтегральних характеристик поведінки багатьох активних гравців.

Фахівці визначають три стадії побудови агентної моделі:

— Визначення меж моделі: яке явище / подія моделюється, які її рамки.

— Визначення поведінки / взаємодії агентів: розробка моделі поведінки / прийняття рішень агентом і його взаємодія з іншими агентами.

— Розробка і апробація моделі, проведення аналізу чутливості.

Вибір методологічного підходу моделювання залежить від задачі, яку потрібно розв'язати, та кінцевої мети дослідження. Однак не всі задачі можуть бути вирішені з використанням одного конкретного підходу. Часто для досягнення результатів необхідно комбінувати різні підходи в межах однієї моделі.

Багатопідхідним моделюванням зветься метод визначення системи, за яким використовується більш одного з наведених вище підходів.

Фактично багатопідхідне моделювання знищує межі, притаманні конкретному підходу. Використовуючи комбінацію підходів, користувач значно розширює арсенал засобів моделювання.

Необхідність у використанні багатопідхідного моделювання виникає у наступних випадках:

1. Система, що моделюється, містить у собі різні за сутністю об'єкти, моделювання яких потребує використання різних підходів.

2. У межах однієї моделі необхідна варіація рівнів абстракції.

3. Різні частини моделі простіше описувати з використанням різних підходів.

Таким чином, використання багатопідхідного моделювання обумовлено не розв'язанням локальної задачі, а глобальної проблеми у комплексі.

Технологічний аспект комп'ютерного моделювання передбачає сьогодні взаємопроникнення всіх видів моделювання, симбіоз різних інформаційних технологій в області моделювання, особливо для складних застосувань і комплексних проектів. Технологічний рівень сучасних систем моделювання характеризується великим вибором базових концепцій формалізації

і структуризації модельованих систем, розвиненими графічними інтерфейсами і анімаційним виведенням результатів. Імітаційні системи мають засоби для передачі інформації з баз даних і інших систем, або мають доступ до процедурних мов, що дозволяє легко виконувати обчислення, пов'язані з плануванням факторних експериментів, автоматизованою оптимізацією та ін.

Як домінуючі базові концепції формалізації і структуризації в сучасних системах моделювання використовуються такі системи.

Для дискретного моделювання:

— системи, засновані на визначенні процесів (process description): процесно-транзактно-орієнтовані системи моделювання блочного типу (Extend, Arena, ProModel, Witness, Taylor, Gpss / H-Proof та ін.);

— системи, засновані на мережевих концептах (network paradigms). Мережеві парадигми (мережі Петрі та їх розширення): використовуються при структуризації наслідкових зв'язків і моделюванні систем з паралельними процесами; передбачають стратифікацію та алгоритмізацію динаміки дискретних і дискретно-безперервних систем;

— мережі кусочно-лінійних агрегатів; автоматні схеми, що моделюють дискретні й дискретно-безперервні системи.

Для безперервного моделювання:

— моделі й методи системної динаміки (Powersim, Vensim, Dynamo, Stella, Ithink й ін.);

— динамічні системи (MATLAB);

— агентне моделювання (AnyLogic) та ін.

Технологічні характеристики найбільш розповсюджених сучасних систем моделювання наведені у табл. 3.1.1.

Відносно новою і однією з найбільш універсальних систем є AnyLogic — програмна платформа, розроблена у 1999 році фірмою XJ Technologies; розвивається, підтримується і впроваджується розробником у багатьох країнах світу [15; 17; 67].

AnyLogic — інструмент імітаційного моделювання новітнього покоління. Він ґрунтується на результатах, отриманих в теорії моделювання і в інформаційних технологіях за останнє десятиліття. У порівнянні з традиційними інструментами AnyLogic забезпечує багато можливостей, оскільки дозволяє:

— моделювати швидше за допомогою візуальних, гнучких, розширюваних, повторно-використовуваних об'єктів (стандартних і власних), а також інструментів Java;

Таблиця 3.1.1

Технологічні характеристики сучасних систем моделювання

Система моделювання	Виробник ПО	Моделює середовище і підтримка					Області застосування моделей	Стратифікація
		Графічна конструкція	Авторське моделювання, програмування моделей	Анімація (у реал. часу)	Підтримка аналізу результатів			
Arena	System Modeling Corporation	Блок-схеми	+	+	+	+	Виробництво, аналіз бізнес-процесів, дискретне моделювання	Ієрархічні багаторівневі структури
Extend	Imagine That, Inc.	Компонувальні блоки, безпервні і дискретні моделі	+	+	+	Аналіз чутливості	Стратегічне планування, бізнес-моделювання	Ієрархічні багаторівневі структури
Gpss/H-Proof	Wolverine Software Corporation	Блок-схеми	+	+	+	+	Загального призначення, виробництво, транспорт, системи масового обслуговування та ін.	—
Gpss World	Minuteman software. Com.							
Ithink Analyst	High Performance System, Inc.	CASE-засоби, потокові діаграми	+	+	+	Аналіз чутливості	Управління фінансовими потоками, реінжиніринг підприємств, банків, інвестиційних компаній і ін.	—
Process model	Promodel corporation	Блок-схеми, дискретне моделювання	—	—	+	+	Загальне виробництво, реінжиніринг	—
Simul8	Visual Thinking International	—	Об'єктно-орієнтоване програмування	+	+	+	Універсальний засіб імітації дискретних процесів	—
Taylor simulation software	F&H Simulation Inc.	Блок-схеми, дискретне моделювання	—	+	+	+	Виробництво, вартісний аналіз	Вкладені структури
Witness	Lanner Group Inc.	+	+	+	+	Блок оптимізації	Бізнес-планування, виробництво, фінанси	Вкладені структури
Vensim	Ventana Systems	Потокові діаграми	—	+	+	+	Моделі системної динаміки	—

Закінчення таблиці

Система моделювання	Виробник ПО	Моделює середовище і підтримка				Області застосування моделей	Стратегіфікація
		Графічна конструкція	Авторське моделювання, програмування моделей	Анімація (у реал. часу)	Підтримка аналізу результатів		
Power-sim Dynamo	Powersim Co. Expectation Software	Потокові діаграми Блок-схеми	— —	— —	— —	Безперервне моделювання Моделі системної динаміки обчислювального типу	Вкладені структури —
UML (Unified modeling language) Anylogic	Object Management Group XJ Technologies	Блок-схеми Блок-схеми, дискретне моделювання	— + мова Java	— +	— +	Бізнес-планування, виробництво, аналіз бізнес-процесів Бізнес-планування, виробництво, оцінка ризику, моделі системної динаміки, агентне моделювання	Вкладені структури Вкладені структури

— застосовувати різні підходи, комбінуючи і модифікуючи їх для конкретного завдання; збільшити життєвий цикл моделі, швидко підстроюючи її до змінних умов, при рішенні яких необхідні різні рівні абстракції;

— використовувати засоби аналізу і оптимізації безпосередньо з середовища розробки моделі;

— просто і ефективно інтегрувати модель відкритої архітектури з офісним і корпоративним програмним забезпеченням, включаючи електронні таблиці, бази даних (БД), ERP і CRM системи;

— ефектно представити свої результати, супроводжуючи модель інтерактивною анімацією будь-якої складності, а також даючи можливість доступу до моделі-аплету через Інтернет.

AnyLogic підтримує на єдиній платформі абсолютно всі існуючі підходи дискретно-подієвого і безперервного моделювання (блок-схеми процесів, системну динаміку, агентне моделювання, карти станів, системи рівнянь та ін.).

Таким чином, у сфері сучасних інформаційних технологій комп'ютерне (імітаційне) моделювання набуває в світових наукових дослідженнях і практичній діяльності значного розповсюдження. За допомогою імітаційного моделювання ефективно вирішуються завдання широкої проблематики — в області стратегічного планування, бізнес-моделювання, менеджменту (моделювання різного роду фінансових проектів, управління виробництвом), реінжинірингу, проектування. Актуальне застосування імітаційного моделювання в області інвестиційно-технологічного проектування, фінансових структур, а також моделювання і прогнозування соціально-економічного розвитку регіональних і міських систем.

Одним з пакетів імітаційного моделювання, інструментарій якого найбільш пристосований до рішення різноманітних економічних задач, є, на нашу думку, Ithink.

На користь використання платформи Ithink в економічних дослідженнях свідчить наступне:

1. В системі реалізовано один з головних принципів системно-динамічного підходу, за яким динаміку поведінки будь-якого процесу можна інтерпретувати як зміну рівнів деяких «фондів». Зміни регулюються темпами вхідних та вихідних потоків, які, відповідно, наповнюють або вичерпують фонди. Ці поняття є дуже універсальними і легко адаптуються до специфіки імітації бізнес-процесів різноманітної природи, які притаманні

досліджувальним економічним об'єктам. Таким чином, сучасна бізнес-процесна парадигма управління об'єктами добре співвідноситься з головними концепціями технології Ithink. Наприклад, на платформі Ithink можна ефективно реалізувати імітацію бізнес-процесів виробничо-збутової сфери діяльності підприємства, підприємств фінансово-кредитної сфери тощо. В моделях, побудованих в Ithink, відображається динаміка досліджуваних бізнес-процесів за будь-який період часу по кроках імітації. Практично не існує обмежень на ступінь охопту процесу, що досліджується. Користувач за власним бажанням може доповнювати модель новими аспектами бізнес-процесу або концентрувати увагу тільки на конкретних його складових, залишаючи інші за межами імітації. Це зручно з точки зору процесів, що моделюються, бо вони відчувають постійний вплив змін ринку, цільових аудиторій, технологій реалізації процесів, а також вплив різноманітних управлінських рішень у зовнішньому та внутрішньому середовищі.

2. В системі відтворюється механізм зворотних зв'язків (прямих та опосередкованих), завдяки чому стає можливим моделювання нетривіальної поведінки складної системи управління. Згідно з цим, наприклад, стає можливим простежувати вплив структури каналів збуту на кінцеві показники роботи підприємства, рівня ринкового попиту — на обсяги готової продукції; вплив попиту на інтенсивність роботи виробничої системи; вплив маркетингових зусиль страхової компанії на кінцеві результати її діяльності та ступінь ефективності використання резервних фондів і т. ін. Завдяки відкритості моделей можливим є аналіз множини факторних впливів на динаміку бізнес-процесів.

3. В системі Ithink легко відтворюється мінливість, невизначеність середовища, в якому тривають бізнес-процеси досліджуваних об'єктів, завдяки наявності багатьох засобів імітації стохастичних впливів. Наявні також засоби імітації часової затримки процесів, що наближає моделювання до реального відтворення їх у часі.

4. Модель, яка створюється у середовищі Ithink, фактично відіграє роль тренажеру для менеджерів завдяки об'єктивній спрямованості на різноманітні аспекти поведінки процесів управління. Тобто на імітаційних моделях системної динаміки менеджери можуть «програвати» різноманітні управлінські рішення щодо організації процесів виробництва та збуту продукції (послуг), а також їх можливих наслідків у майбутньому. Таким

чином, наведений математичний апарат залучається до оперативної аналітичної діяльності.

5. Позитивними рисами пакету Ithink є також його технічні характеристики:

— Підтримка структурно-функціонального підходу до аналізу та проектування моделей. Завдяки такій технології є можливість реалізації кількох рівнів представлення моделей: на високому рівні — представлення у вигляді блок-схем з використанням CASE-засобів, а на низькому рівні — побудова поточкових схем та діаграм.

— Вбудовані блоки, що забезпечують створення різних видів моделей. Підтримка множини форматів вхідних даних.

— Розвинуті засоби аналізу чутливості, що забезпечують автоматичне багаторазове виконання моделі з різними вхідними даними.

— Підтримка авторського моделювання, яке дуже спрощує використання моделей користувачами з недостатньою підготовкою.

Надалі розглянемо прикладні моделі, створені для економічних об'єктів різного спрямування на платформі технології Ithink.

3.2. Моделювання виробничо-збутової діяльності підприємства

Підвищення ефективності виробничо-збутової діяльності промислових підприємств є фундаментом формування їх конкурентоспроможності. Тому дослідження цієї сфери з використанням сучасних підходів комп'ютерного моделювання є актуальним та своєчасним, особливо зважаючи на вкрай нестабільний стан вітчизняної економіки.

Підвищення якості продукції, виконання виробничих процесів з додержанням відповідних технологічних вимог пов'язано з необхідністю перегляду концептуальних основ вітчизняного менеджменту. Динамізм змін, що відбуваються у зовнішньому середовищі, вимоги сучасної парадигми управління потребують від промислових підприємств впровадження такої системи управління, яка б базувалася на системно-інтегрованих (процесних) основах. Це передбачає перехід від управління конкретними дискретними операціями на підприємстві до управління

бізнес-процесами, а також використання превентивних методів менеджменту. Оптимізація бізнес-процесів в умовах трансформаційної економіки стає головним фактором забезпечення конкурентоспроможності підприємств.

Наведеній проблемі приділяється значна увага у зарубіжній та вітчизняній літературі [35; 51; 55; 62; 84]. Однак і досі наявна велика кількість питань, які потребують свого теоретичного обґрунтування та прикладної реалізації. До одного з таких питань належить відокремлення основних бізнес-процесів у виробничо-збутовій діяльності досліджуваних підприємств.

Відокремлення та класифікація бізнес-процесів є важливим кроком структуризації діяльності будь-якої організації. Необхідним є визначення «вузьких місць» в бізнес-процесах, прогнозування їх поведінки за різними сценаріями, оцінка загальної вартості процесів та рівня використання в них ресурсів (як людських, так і системних). Порівняння продуктивності, характеру використання ресурсів, відповідних витрат у межах процесів потребує моделювання двох або більшої кількості варіантів різноманітних процесів або проведення модельних експериментів стосовно різних версій одного й того ж процесу.

Згідно з цим актуальним є моделювання та візуалізація функціонування нових та удосконалених процесів, а також результатів перерозподілу ресурсів за допомогою багатofункціонального графічного середовища імітаційного моделювання.

Виробничо-збутова сфера — дуже складна система, де всі процеси тісно пов'язані один з одним. Наприклад, формування ефективної системи управління каналами збуту пов'язано не тільки із визначенням їх організаційної структури, але і з оцінкою впливу цієї структури на загальні обсяги та інтенсивність ринкового попиту, виробництво, реалізацію продукції, а також на структуру та склад витрат стосовно просування товарів до користувача. Необхідні також дослідження ступеня реагування ринку на маркетингові зусилля виробника.

Відповідно до цього в ході розробки моделі поставлені такі задачі:

— Моделювання головних процесів, пов'язаних з виробництвом готової продукції на типовому промисловому підприємстві, від оцінки та обробки потоків замовлень на виготовлення продукції до аналізу ефективності використання та достатності наявних виробничих потужностей.

— Моделювання процесів відвантаження готової продукції та її проходження по каналах збуту до реалізації у роздрібній мережі кінцевим користувачем. Проведення аналізу різних організаційних структур та стратегій управління каналами збуту.

— Імітація маркетингових зусиль підприємства, зокрема, моделювання різних стратегій організації рекламної діяльності та їх впливу на завантаження виробничих потужностей та кінцеві показники діяльності підприємства-виробника.

Залучення технології Ithink як сучасної платформи бізнес-процесного моделювання відповідає таким вимогам з точки зору менеджерів, як доступність і зрозумілість; забезпечення розвинутим сервісом та можливостями роботи на різних рівнях агрегації.

Таким чином, наведений математичний апарат залучається до повсякденної оперативної аналітичної діяльності.

Розроблено типову модель виробничо-збутових систем промислових підприємств, в якій легко може відтворюватися галузева специфіка. В моделі відображені різні структури бізнес-процесів збуту.

Загальна структура моделі наведена на рис. 3.2.1.

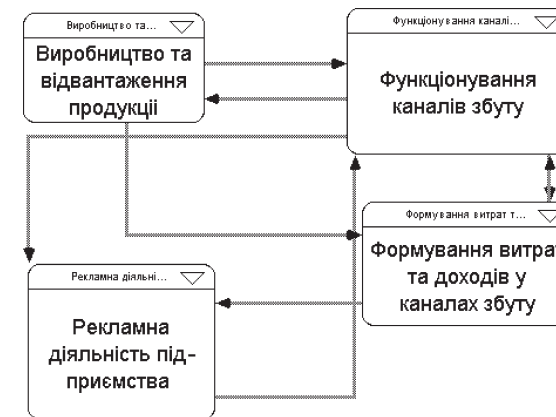


Рис. 3.2.1. Структура моделі функціонування виробничо-збутової системи

Модель містить чотири сектори:

— «Виробництво та відвантаження продукції» — імітація функціонування виробничо-збутової мережі типового промис-

лового підприємства з точки зору формування потоку замовлень на випуск продукції, реалізації виробничих можливостей, а також формування потоків просування готової продукції у мережі збуту.

— «Функціонування каналів збуту» — імітація потоків просування продукції у каналах збуту (зважаючи на структуру конкретного каналу).

— «Формування витрат та доходів у каналах збуту» — імітація потоків формування витрат та показників прибутковості у виробничій ланці та в окремих ланках ланцюга збуту.

— «Рекламна діяльність підприємства» — моделювання рекламного бюджету, поточних витрат на рекламу та реакції ринку на рекламні зусилля, що безпосередньо впливають на формування ринкового попиту. На базі даного сектора реалізується зворотний зв'язок між рекламною та виробничо-збутовою діяльністю підприємства.

Діаграми потоків моделі виробничо-збутової системи підприємства (на прикладі трьохланкової структури каналу збуту) наведені на рис. 3.2.2.

На змістовному рівні використання масивів конкретних блоків (визначеної розмірності) означає:

- можливість імітації багатопродуктового випуску та реалізації продукції;
- замовлень за різноманітною номенклатурою продукції та для різного числа замовників;
- використання у каналах збуту необхідної кількості дистриб'юторів, субдистриб'юторів, точок роздрібної торгівлі;
- стає можливим також використання комплексів нормативно-довідкових показників та різних допоміжних даних (допоміжних змінних).

Зупинимося більш докладно на кожному з наведених секторів.

Сектор «Виробництво та відвантаження продукції». Замовлення на випуск готової продукції формуються на основі ринкового попиту, який визначається як випадкова змінна («Текущий спрос на прод»), що рівномірно розподілена у заданому для конкретного підприємства та конкретної ситуації діапазоні. До цього враховується сезонність у інтенсивності споживання продукції в різних регіонах (що характерно для деяких видів продукції конкретних галузей).

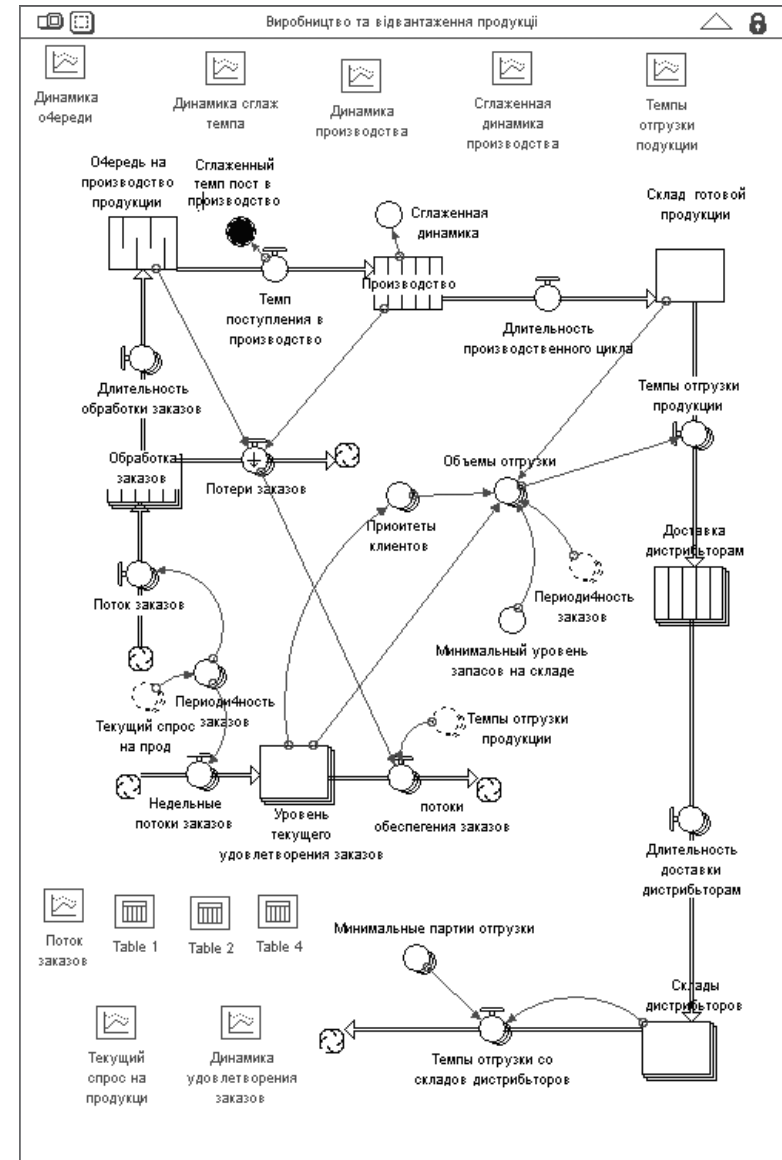


Рис. 3.2.2. Діаграми потоків моделі виробничо-збутової системи підприємства (збутовий канал — три ланки)

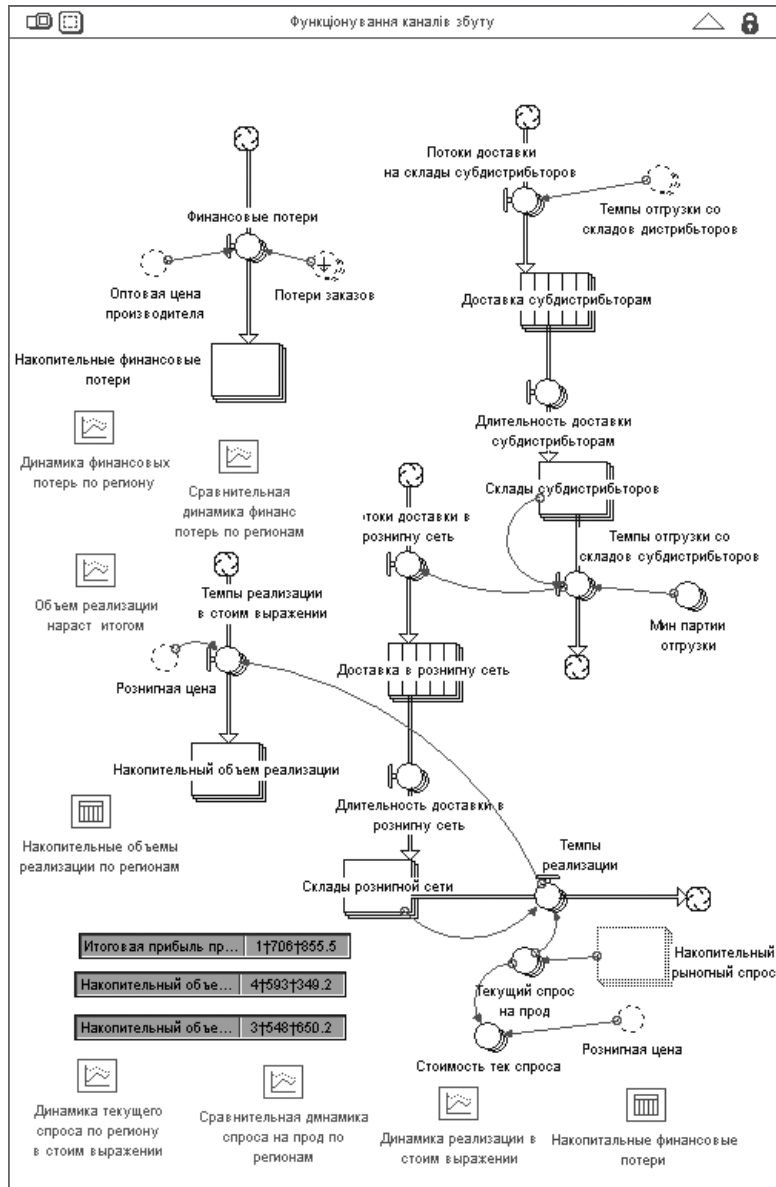


Рис. 3.2.2 (продовження)

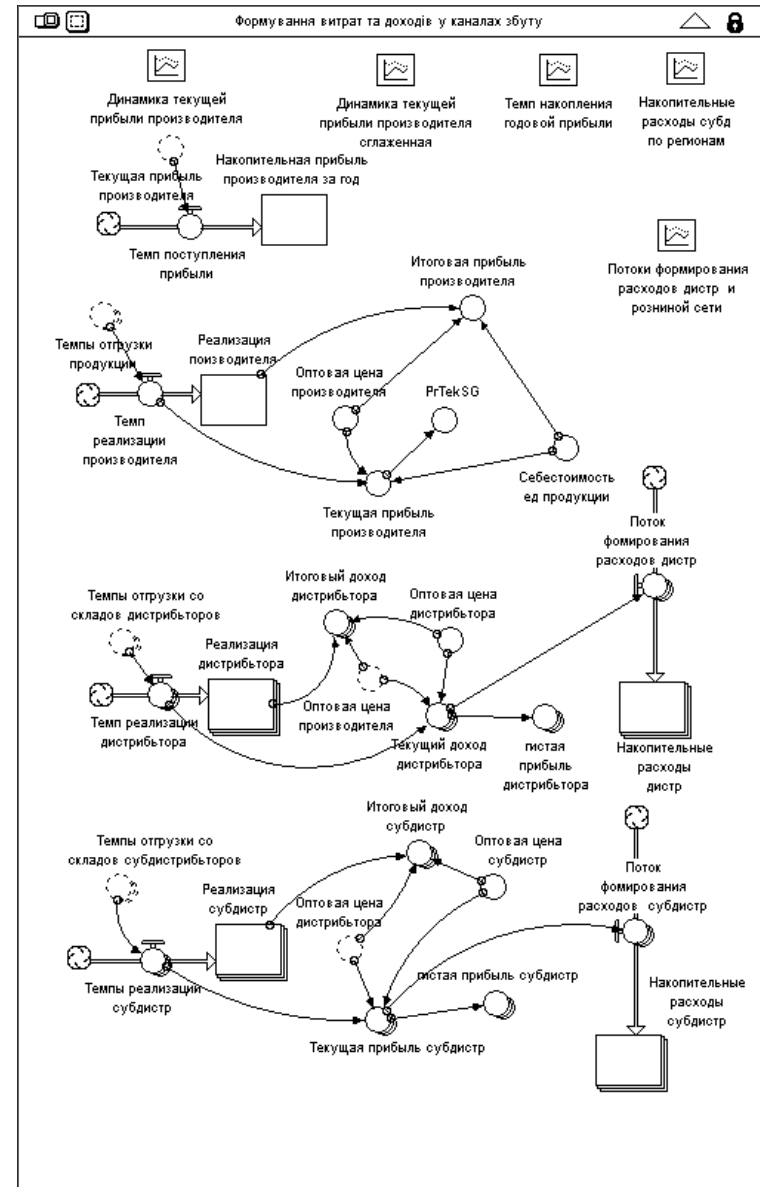


Рис. 3.2.2 (продовження)

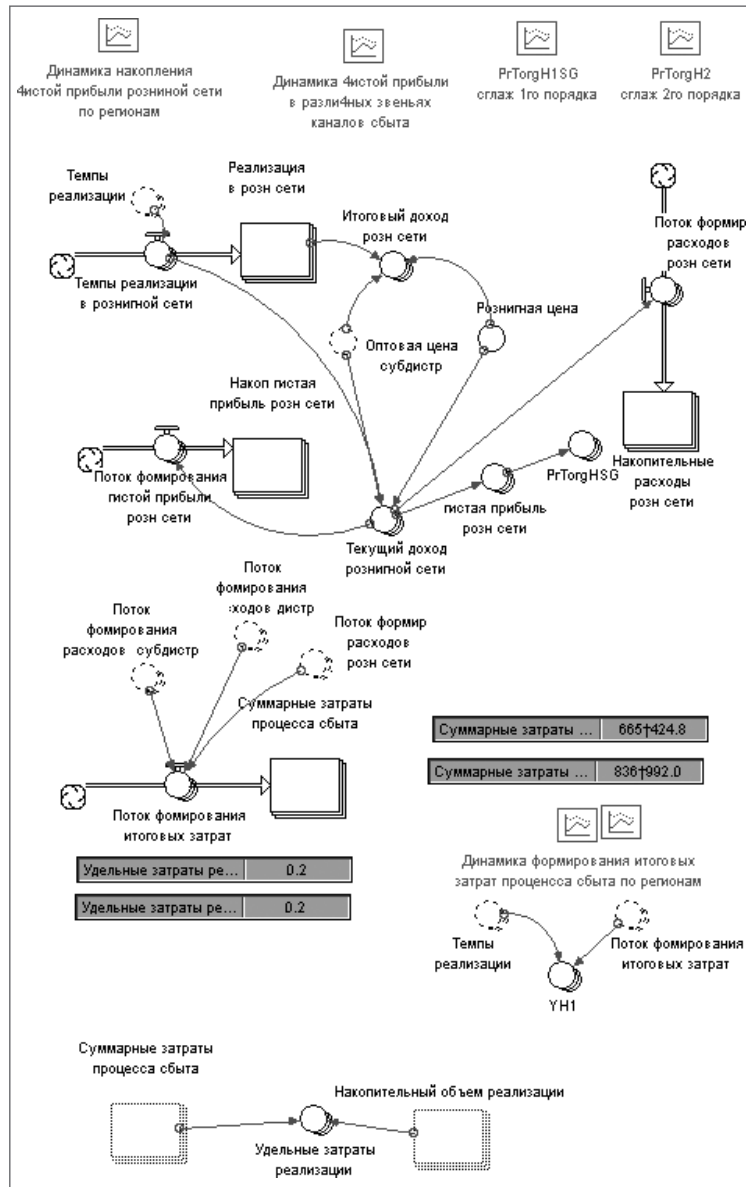


Рис. 3.2.2 (продовження)

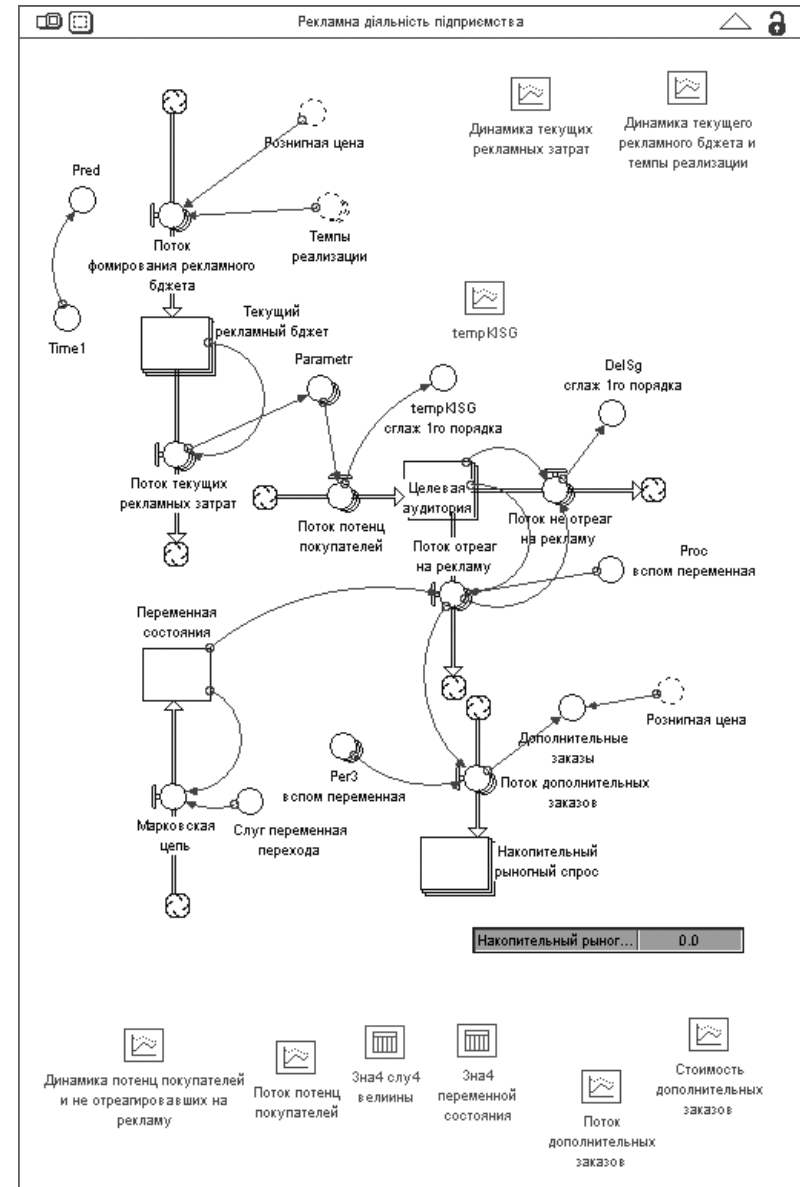


Рис. 3.2.2 (закінчення)

Згідно з тим, що на практиці замовлення від користувачів формуються та надходять на підприємство-виробник з конкретною періодичністю, ці обставини враховуються в ході формування потоку замовлень (вбудована функція Pulse).

Поточний фонд замовлень імітується за допомогою блоку-конвеєру «Обработка заказов», в якому при необхідності можна також вказати граничне число замовлень, що приймаються до обробки. Затримка у часі, тобто час обробки замовлень (темпи «Длительность обработки заказов», «Темп поступления в производство») визначаються з врахуванням середнього терміну розгляду одного замовлення перед запуском його у виробництво.

Поточна виробнича потужність підприємства — блок-конвеєр «Производство» — враховує тривалість виробничого циклу випуску продукції та межі реальних виробничих можливостей виробника (за допомогою завдання параметра місткості конвеєру). В моделі передбачається ситуація, коли клієнти залишають чергу через тривале очікування та недостатні виробничі потужності (блок «Потери заказов»). Залежно від конкретного об'єкту дослідник може передбачити власний алгоритм імітації «втрати» клієнтів.

Відвантаження готової продукції дистриб'юторам зі складу підприємства (фонд-резервуар «Склад готовой продукции») може здійснюватися у відповідності з різними стратегіями. В моделі передбачено достатньо повний набір змінних, який враховує різні алгоритми відтворення даного процесу. Так, «Темпы отгрузки продукции» залежать від поточного вмісту складу готової продукції, мінімального рівня запасів, що підтримується; ступеня поточного задоволення замовлень користувачів (визначається за рівнем однойменного фонду-резервуару), встановленої періодичності відвантаження (змінна «Периодичность заказов») та пріоритетів користувачів.

Пріоритети користувачів можуть формуватися згідно з різними алгоритмами. Наприклад, залежно від обсягу або черги надходження замовлень; іміджу користувачів, їх місця на цільовому ринку збуту тощо.

Сектор «Функціонування каналів збуту». Ланцюги просування продукції по ланках каналів збуту моделюються в динаміці за допомогою наступних блоків:

1. Блоків-конвеєрів, параметрами яких є вхідна та загальна ємкості, а також тривалість часової затримки:

— «Доставка дистриб'юторам» — фонд продукції, що відвантажена дистриб'юторам у різних регіонах зі складу виробника.

— «Доставка субдистриб'юторам» — фонд продукції, яка відвантажена субдистриб'юторам зі складів дистриб'юторів.

— «Доставка в розничну сеть» — фонд продукції, яка відвантажена у роздрібну торговельну мережу зі складів субдистриб'юторів.

2. Блоки-резервуари. Фонди, які відображають поточний вміст складів дистриб'юторів, субдистриб'юторів, роздрібною мережі.

Сектор «Формування витрат та доходів у каналах збуту». У розрізі ланок виробничо-збутової мережі на базі відповідних вхідних темпів («Темпы отгрузки продукции», «Темпы отгрузки со складов дистриб'юторов», «Темпы отгрузки со складов субдистриб'юторов», «Темпы реализации») формуються накопичувальні фонди реалізованої продукції («Реализация производителя» — обсяги реалізації виробничої ланки, «Реализация дистриб'ютора» — обсяги реалізації дистриб'ютора, «Реализация субдистриб'ютора» — обсяги реалізації субдистриб'ютора, «Реализация в розничной сети» — обсяги роздрібною реалізації).

Для учасників каналів збуту залежно від поточних обсягів реалізованої ними продукції формуються також накопичувальні фонди витрат.

Крім цього, для кожного з учасників досліджуваного процесу формуються значення показників прибутку — відповідно, поточні та накопичувальні за весь період імітації.

У формуванні вартісних показників беруть участь значення цінних змінних («Оптовая цена производителя», «Оптовая цена дистриб'ютора», «Оптовая цена субдистриб'ютора», «Розничная цена»).

На основі імітації основних елементів виробничо-збутового процесу менеджери підприємства можуть доповнити модель будь-якими розрахунковими аналітичними показниками. Наприклад, на основі темпу роздрібною реалізації та темпу формування сумарних витрат в каналі збуту формується питома вага витрат на одиницю реалізованої продукції (УН1). Дослідження динаміки даного показника та рівня його чутливості до факторів, що впливають на нього, є достатньо інформативним

для розробки відповідних управлінських впливів на процеси виробництва і реалізації.

Крім цього базові блоки моделей є основою для формування динамік різноманітних показників, необхідних у процесі розробки управлінських рішень. За необхідністю перелік таких «супутніх» показників може поповнюватись (практично без обмежень).

Наприклад, фінансові втрати підприємства у зв'язку зі зникненням клієнтів відстежуються на моделі за допомогою динаміки рівня резервуару «Накопительные финансовые потери» (темп вхідного потоку — «Финансовые потери»); динаміка обсягів реалізації у роздрібній ланці (у вартісному вимірі) визначається рівнями блоку резервуару «Накопительный объем реализации» (темп вхідного потоку — «Темпы реализации в стоимостном выражении»); ринковий попит у вартісному вимірі імітується допоміжною змінною «Стоимость текущего спроса» та ін.

Сектор «Рекламна діяльність підприємства». За визначенням, реклама — це оплачена неперсоналізована комунікація, що здійснюється ідентифікованим спонсором та використовує засоби масової інформації з метою схилити до чого-небудь аудиторію або вплинути на неї. Підкреслюючи комутативну роль реклами, в даному секторі розглядається процес формування бюджету на основі функції відклику.

Традиційні моделі відклику у рекламній діяльності досліджують реакцію ринку на маркетингові зусилля виробника та в узагальненому вигляді мають таке визначення:

$$L = F(P, A, D, K, S, E),$$

де L — міра відклику (обсяг збуту, дохід, доля ринку, прибуток та ін.);

P — ціна товару;

A — витрати на просування товару;

D — витрати на розповсюдження товару;

K — якість товару;

S — асортимент продукції;

E — інші екзогенні змінні, які не залежать від виробника.

Моделі відклику базуються на марківських процесах, що враховують вірогідності переходу груп користувачів з одного стану в інший, та на пуасонівських моделях, які описують розподіл

користувачів товару за законом Пуасону. У моделях попиту може враховуватись конкуренція. Такі моделі визначають сумарний попит на групу аналогічних товарів.

Процес прийняття рішення в ході формування рекламного бюджету можна представити у вигляді багатокрокової процедури, що розвивається за різними сценаріями.

Одним зі сценаріїв є ситуаційний розвиток процесу, коли первинним елементом управління є спостереження (ситуація). Інакше, в ході ситуаційного управління рішення приймається залежно від ситуації, що виникла.

Треба особливо підкреслити, що у задачах планування реклами часто послідовність дій є протилежною. Спочатку вирішується питання стосовно виду та засобів реклами, а потім залежно від отриманих результатів при спостереженні планується рекламний бюджет. Надалі процес знов повторюється, рекламний бюджет коригується або у бік збільшення, або зменшення.

В основі аналізу впливу реклами на виробництво та реалізацію продукції знаходяться функції комутативного відклику $\beta = F(R)$, які визначають залежність долі користувачів β , які позитивно відреагували на рекламу, від величини рекламних витрат R .

Слід враховувати основні властивості функції $\beta = F(R)$:

— якщо $R = 0$, то $\beta = 0$;

— якщо $R_1 \geq R_2$, то $\beta_1 \geq \beta_2$.

Властивості вірні у деякому релевантному періоді та при визначених обсягах реалізації. У практиці комунікативного маркетингу достатньо важливою є задача оптимізації витрат на рекламу. Вхідними даними для побудови функції комутативного відклику є дані про збут продукції. Плануючи рекламну компанію з метою розширення збуту продукції, підприємство приймає рішення стосовно доцільності рекламування конкретних видів продукції та надає для цього кошти.

Спираючись на наведену теорію питання, розглянемо алгоритмічну базу реалізації рекламних процесів у розглянутому секторі моделі засобами технології Ithink.

Алгоритмічну базу реалізації рекламних процесів в даному секторі моделі складають наступні блоки-фонди:

— Блок-резервуар «Текущий рекламный бюджет» — поточний фонд витрат на рекламу, величина якого може формуватися за різними алгоритмами. В моделі трьохланкової системи

збуту реалізовано формування бюджету залежно від динаміки реалізації продукції у роздрібній мережі (темپ реалізації у натуральному вимірі — «Темпы реализации») та роздрібною ціни — див. рис. 3.2.2. В моделі дволанкової системи використано формування бюджету на інвестиційній основі. Темп вхідного потоку бюджету може залежати також від встановленої верхньої межі на рекламний бюджет поточного кроку імітації.

— Блок-резервуар «Целевая аудитория» — фонд користувачів рекламної продукції, яка формується спрямованими рекламними зусиллями підприємства. Вхідний темп динаміки потенційних користувачів товару визначається згідно з пуассонівським законом розподілу, параметри якого враховують динаміку витрат на рекламу (вхідний темп поточних рекламних витрат).

— Блок-резервуар «Переменная состояния» використовується для формування «змінної стану». Це необхідно для моделювання переходу потенційних користувачів продукції до розряду постійних користувачів під впливом реклами. В основу покладено марківський випадковий процес, який враховує ймовірність переходу користувачів з одного стану (потенційних користувачів рекламної продукції) в друге (замовники продукції). Зміни стану системи моделюються за допомогою вхідного темпу «Марковская цепь», на який, в свою чергу, впливає «Случайная переменная перехода». Таким чином, потенційна цільова аудиторія поділяється на користувачів, які відреагували на рекламу, — динаміка їх розподілу визначається темпом «Поток отреагировавших на рекламу», та користувачів, які не відреагували на рекламу (темп «Поток не отреагировавших на рекламу»).

— Блок-резервуар «Накопительный рыночный спрос» — накопичувальний фонд збільшення замовлень на продукцію (у натуральному виразі) за рахунок рекламних зусиль підприємства. Формується на основі вхідного потоку додаткових замовлень (темп — «Поток дополнительных заказов»), що визначається на основі темпу «Поток отреагировавших на рекламу», та середньої норми споживання продукції на 1 особу (у натуральному виразі) — допоміжна змінна $Per3$. Обсяг додаткових замовлень у вартісному вимірі — змінна «Дополнительные заказы».

Значення зростаючого попиту на продукцію (поточне значення «Накопительный рыночный спрос» на кожному кроці імітації) враховуються при формуванні загального обсягу ринкового попиту (змінна «Текущий спрос на продукцию») та безпосередньо

визначають величини замовлень на випуск продукції виробником (темп «Поток заказов»).

Таким чином, досягається забезпечення зворотного зв'язку між рекламними зусиллями підприємства, ринковим попитом, обсягами замовлень на випуск та реалізацією продукції.

Відображаючи логічні зв'язки, поточкові діаграми допомагають виявити та врахувати різноманітні аспекти процесів, що моделюються, з необхідним ступенем деталізації. Детальний опис розглянутої моделі на математичному рівні наведено в [85; 87].

Інструментарія Ithink достатньо для реалізації різних алгоритмів розрахунків. Як було доведено раніше, в системі наявний великий арсенал вбудованих функцій, в тому числі — функцій-генераторів випадкових чисел згідно з різними законами розподілу. Більш складні процеси також можуть бути імітовані засобами системи.

Зупинимось більш докладно на реалізації Марківських випадкових процесів. Для реалізації алгоритму введена змінна стану (фонд-резервуар).

Наприклад, перехід частини цільової аудиторії зі стану потенційних користувачів у стан замовників продукції, які відреагували на рекламні зусилля підприємства, визначається марківським випадковим процесом з перехідною матрицею наступного

виду: $\begin{bmatrix} 0,9 & 0,1 \\ 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}$. До того ж знаходження у першому стані сим-

волізує 0, тобто реагування цільової аудиторії на рекламу відсутнє. Перехід в інший стан означає реагування 10 % цільової аудиторії на рекламу (допоміжна змінна Proc) та перехід їх у розряд реальних користувачів продукції.

Перехід зі стану у стан моделюється як змінна величина, що рівномірно розподілена на інтервалі $[0, 1]$ — випадкова змінна «Случайная переменная перехода» (Случ переменная перехода = Random (0, 1)). Проводиться перевірка того, чи попало розігране значення у заданий інтервал, границі якого визначені відповідними елементами матриці перехідних ймовірностей. Якщо подія переходу здійснилася, то рівень змінної стану змінює своє значення. Наприклад, ця змінна приймає одне з двох значень стану — 0 або 1.

Змінюючи параметри матриці переходу та відсотки реагування на рекламу, користувач може враховувати різні сценарії розвитку подій.

Позитивним моментом технології Ithink є наявність у користувача можливостей завдання довільних значень параметрів моделі, що забезпечує врахування специфіки господарювання конкретного об'єкту дослідження. Зміна значень параметрів дозволяє реалізувати різні плани проведення імітаційних експериментів. Наприклад, користувач може враховувати різні часові затримки, завдавати різні значення ємкостей блоків-конвеєрів, початкові значення блоків-фондів всіх типів, значення допоміжних змінних, параметри випадкових розподілів і т. п. Одним з позитивних аспектів моделей системної динаміки є можливість швидко змінювати часовий діапазон досліджень — період імітації та тривалість кроку імітації. Крім цього, користувачеві надається можливість отримання не тільки кінцевих, але і проміжних результатів моделювання. Різноманітні і можливості представлення результатної інформації.

У наступному параграфі зупинимось більш докладно на планах проведення імітаційних експериментів та аналізі результатів моделювання.

3.3. ПЛАНУВАННЯ ІМІТАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА МОДЕЛЯХ

Планування та реалізацію імітаційних експериментів на розробленій моделі проілюструємо на прикладі умовного промислового підприємства, яке має канали збуту у різних регіонах.

Досліджувалися виробничо-збутові бізнес-процеси в розрізі дво- та трьохланкової організації каналів збуту. Передбачається, що в кожному з регіонів діє один дистриб'ютор, який має одного субдистриб'ютора у випадку реалізації трьохланкової мережі. Термін імітації — рік, крок імітації — день.

В процесі проведення прогнозних експериментів передбачалося, що початкові значення всіх фондів-накопичувачів дорівнюють 0 (INIT (змінна) = 0), тобто виробничо-збутові процеси досліджувалися у «чистому» вигляді без врахування наявності запасів готової продукції в різних ланках системи на початку моделювання.

На рис. 3.3.1 наведена прогнозна динаміка ринкового попиту (у натуральних одиницях виміру — кг) на досліджуваний

рік за двома регіонами (умовно 1 та 2). Базова модель — трьохланкова система каналу збуту.

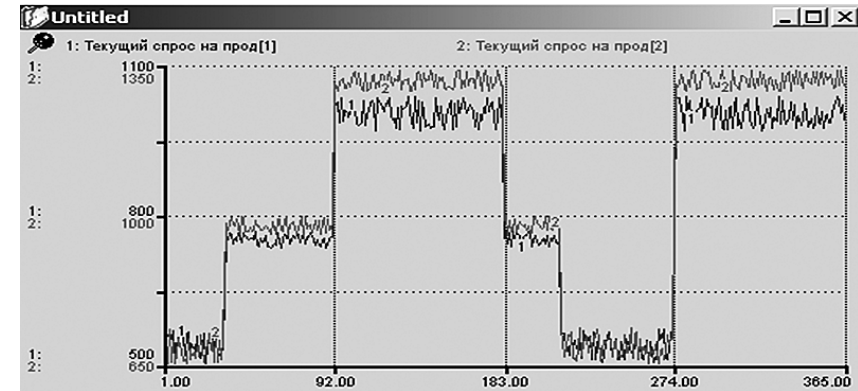


Рис. 3.3.1. Динаміка ринкового попиту в регіональному розрізі

Як видно з наведених даних, попит на продукцію по обох регіонах має явну виражену сезонність. Фактично можна відокремити три «часові сектори користування» — періоди низького, середнього та підвищеного попиту. Попит на досліджуваний вид продукції вище по регіону 2, що особливо очевидно у межах періодів підвищеного попиту.

Прогноз динаміки попиту має інтерес для підприємства-виробника з точки зору орієнтації на необхідні виробничі потужності та можливості їх достатнього завантаження. Крім цього, дослідження сезонності попиту сприяє виявленню оптимальних періодів зупинки на профілактику за вимогами технологічного процесу. Аналіз наявних виробничих потужностей підприємства-виробника та прогновної пропускну здатності довели недостатність виробничих потужностей для забезпечення потоку замовлень користувачів, особливо в періоди підвищеного попиту (рис. 3.3.2).

Тенденція підтвердилася і аналізом динаміки вмісту черги (рис. 3.3.3).

Недостатність виробничих потужностей вплинула на обсяги відвантаження готової продукції підприємства по регіонах. Динаміка процесів відвантаження (у натуральному вимірі) наведена на рис. 3.3.4.

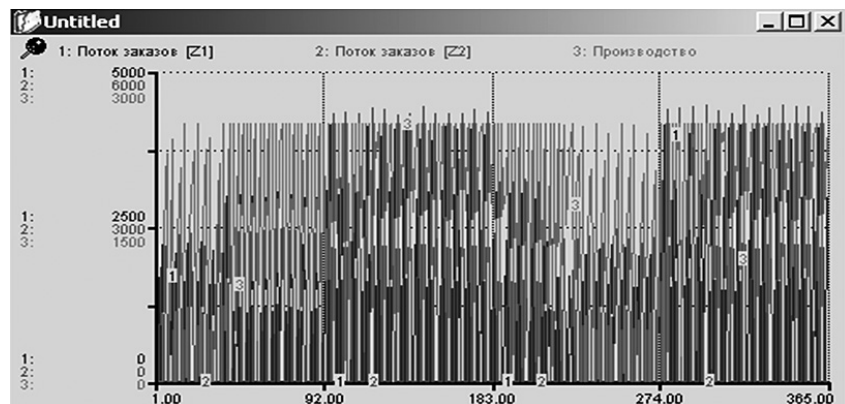


Рис. 3.3.2. Аналіз динаміки задоволення замовлень на продукцію з огляду на пропускну спроможність підприємства



Рис. 3.3.4. Динаміка відвантаження готової продукції підприємства по регіонах

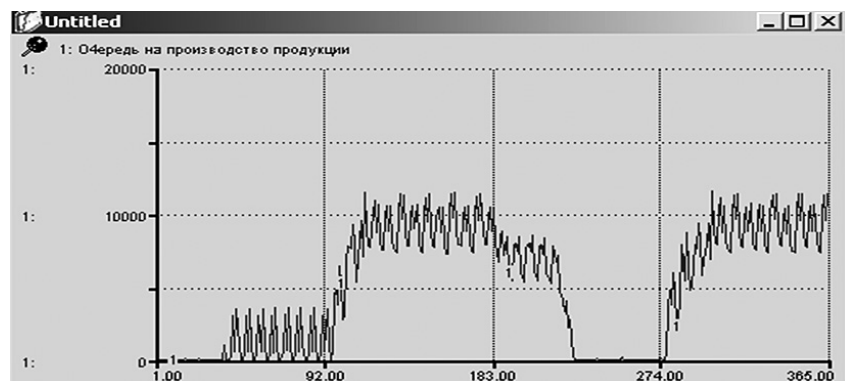


Рис. 3.3.3. Динаміка вмісту черги замовлень на виробництво

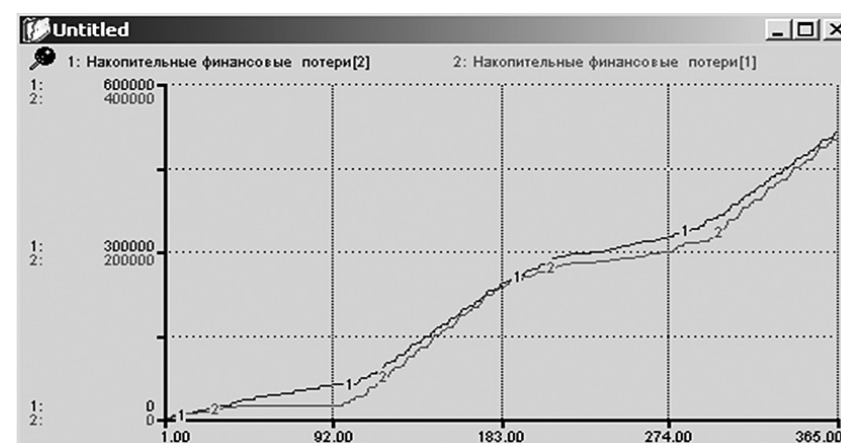


Рис. 3.3.5. Втрати підприємства при наявних виробничих потужностях

Підприємству можна рекомендувати перегляд завантаження наявних виробничих потужностей, можливо, їх нарощування, а також визначення більш обґрунтованих пріоритетів регіонів у відвантаженні готової продукції.

Незадоволення попиту може відштовхнути частину цільової аудиторії (покупців продукції) від даної марки продукції та переорієнтувати їх на продукцію іншого виробника. Втрата більш перспективного ринку збуту (відповідного ринкового сектору

регіону 2) негативно вплине на кінцеві показники діяльності виробника.

Прогнозна динаміка втрат підприємства (у вартісному вираженні — грн оптові ціни підприємства) від неможливості своєчасного виконання замовлень в розрізі окремих регіонів (наростаючим підсумком) наведена на рис. 3.3.5.

Однак виробництво достатньо чітко реагує на коливання ринкового попиту — динаміки наведених процесів цілком співпадають.

Дослідження механізму дії трьохланкової та дволанкової структур каналів збуту доводить такі результати.

На рис. 3.3.6 та 3.3.7 наведена динаміка збуту продукції (у натуральних одиницях виміру — кг) у роздрібній мережі

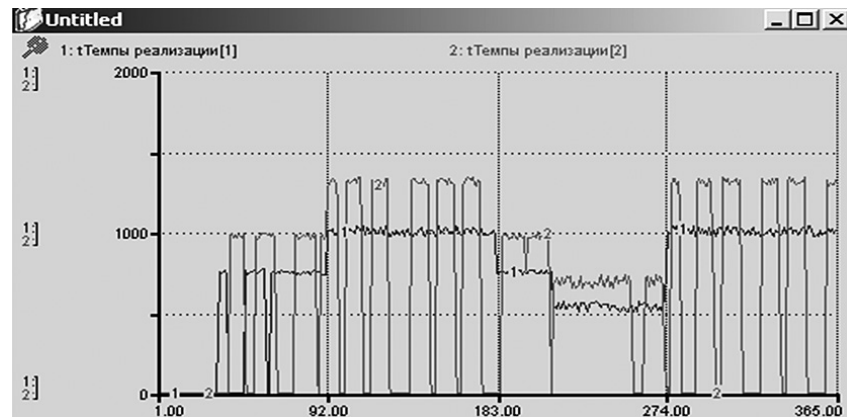


Рис. 3.3.6. Динаміка процесів реалізації у роздрібній мережі при трьохланковій структурі каналу збуту

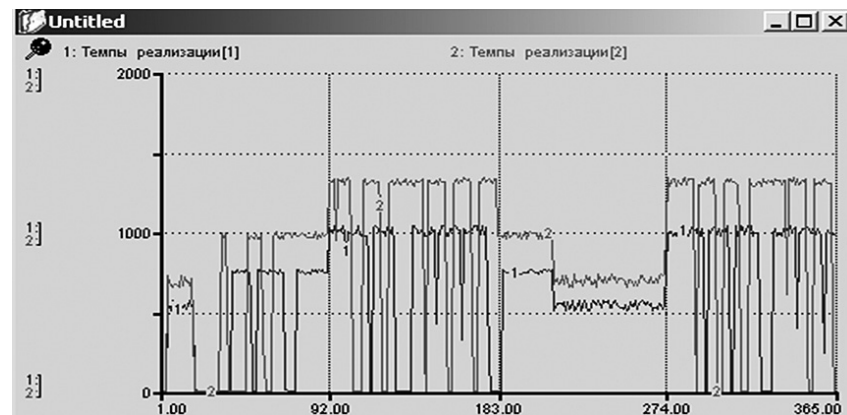


Рис. 3.3.7. Динаміка процесів реалізації у роздрібній мережі при дволанковій структурі каналу збуту

по регіонам відповідно у трьохланковому та дволанковому каналах. Наведені дані свідчать, що у регіоні 1 трьохланковий канал працює краще, ніж дволанкова система. Реалізація по періодам більш стабільна — особливо у періодах підвищеного попиту на досліджувану продукцію. Водночас у регіоні 2 спостерігається зворотна картина. Дволанкова система сприяє підвищенню ритмічності реалізації та загальному збільшенню обсягів збуту. Більш детальне ознайомлення з ситуацією у різних регіонах довело більшу ефективність субдистриб'юторів регіону 1 та недостатню гнучку політику й пасивність менеджерів аналогічної ланки регіону 2. Цей висновок підтверджується також інформацією стосовно динаміки витрат у ланках субдистриб'юторів.

Накопичувальні дані щодо витрат субдистриб'юторів впродовж досліджуваного періоду по регіонах наведені на рис. 3.3.8.

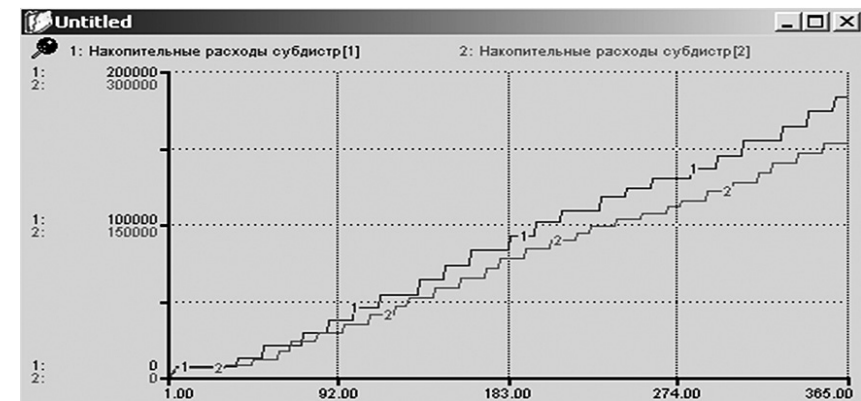


Рис. 3.3.8. Динаміка накопичувальних витрат (у грн) субдистриб'юторів по регіонах

Динаміка поточних та накопичувальних загальних витрат у каналах збуту для трьохланкової та дволанкової систем у розрізі регіонів наведена на рис. 3.3.9—3.3.12.

Наведені дані дозволяють зробити закономірні висновки.

По регіону 2 підсумкові витрати у каналі збуту більші, ніж по регіону 1 (ринковий попит на дану продукцію і, відповідно, обсяги її реалізації по даному регіону значно вищі, незважаючи на недостатність виробничих потужностей виробника).

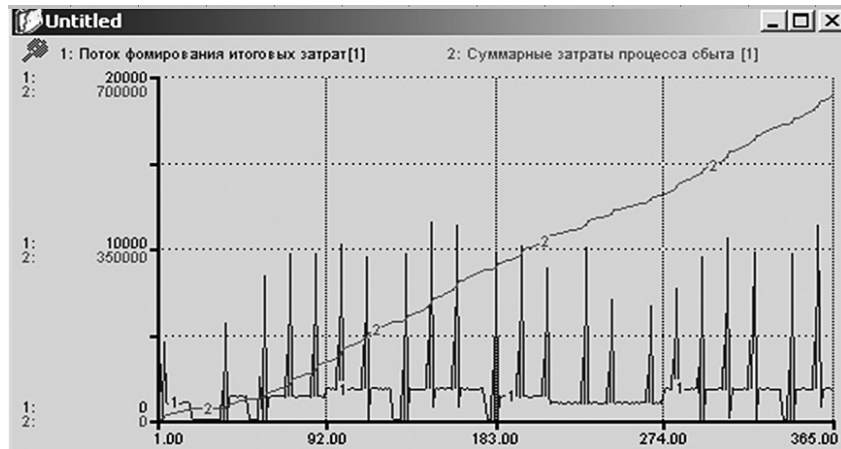


Рис. 3.3.9. Динаміка сумарних витрат у каналі збуту при трьохланковій системі (регіон 1)

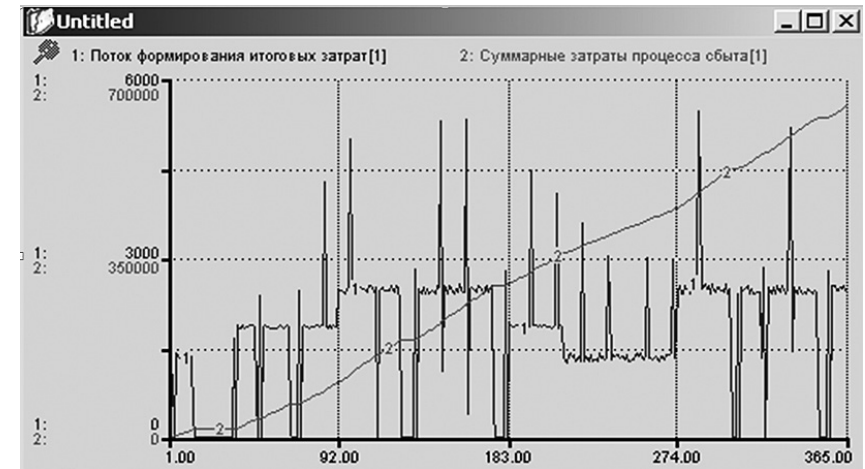


Рис. 3.3.11. Динаміка сумарних витрат у каналі збуту при дволанковій системі (регіон 1)

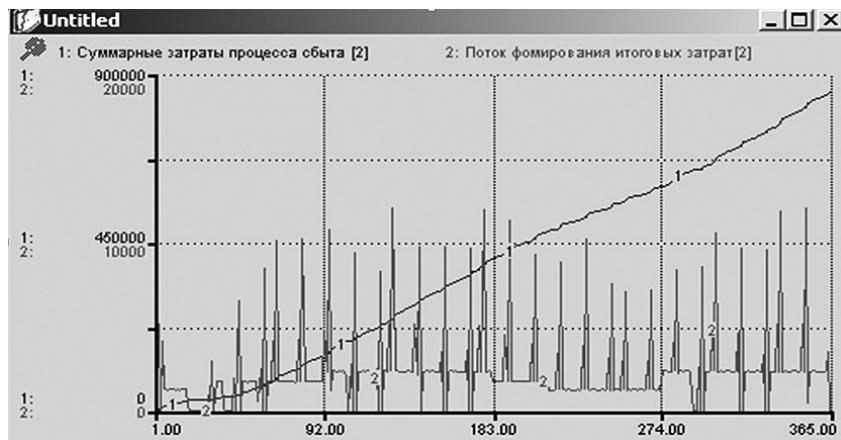


Рис. 3.3.10. Динаміка сумарних витрат у каналі збуту при трьохланковій системі (регіон 2)

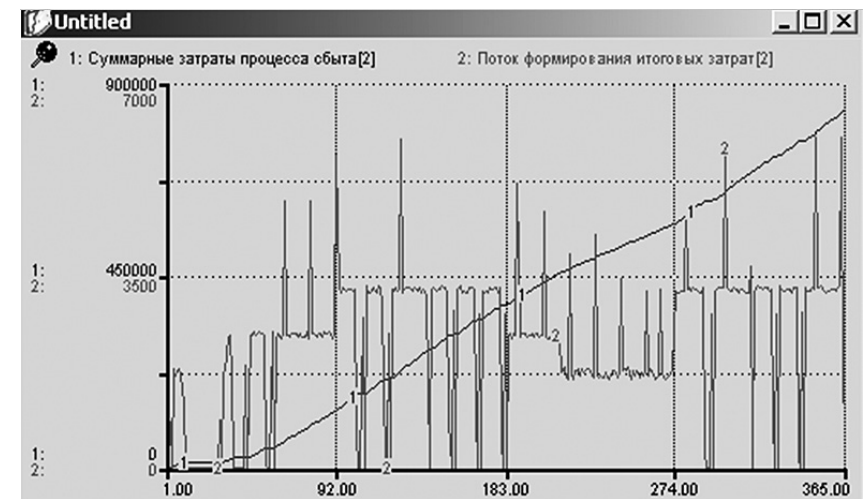


Рис. 3.3.12. Динаміка сумарних витрат у каналі збуту при дволанковій системі (регіон 2)

Рівень поточних витрат по регіону 1 вищий при трьохланковій, ніж при дволанковій системі каналу збуту. В той же час динаміка та рівень накопичувальних витрат на кінець року відрізняються незначно. Це цілком відповідає проведеному раніше

аналізу динаміки обсягів реалізації — при трьохланковій системі рівень реалізації вищий.

Таким чином, і з «витратної» точки зору у регіоні 1 більш виправдовує себе трьохланкова структура каналу розподілу. Значення показника питомих витрат (витрати по збуту) на одиницю реалізованої продукції (грн/кг) за результатами року свідчать про те ж саме:

При трьохланковій системі значення змінної «Удельные затраты реализации»:

Удельные затраты ре... 2.5

При дволанковій системі —

Удельные затраты ре... 2.8

По регіону 2 рівень поточних та накопичувальних витрат вищий при трьохланковій, ніж при дволанковій системі каналу збуту. Питомі витрати на одиницю реалізованої продукції за результатами року (грн/кг) складають при трьохланковій системі (змінна «Удельные затраты реализации»):

Удельные затраты ре... 3.1

При дволанковій системі:

Удельные затраты ре... 2.7

Таким чином, за рахунок більш активної роботи дволанкової структури каналу збуту значення показника питомих витрат при дволанковій системі нижчі.

На рис. 3.3.13 та 3.3.14 наведена динаміка показників чистого прибутку (грн), яка отримана у різних ланках каналів збуту при трьохланковій системі відповідно для регіонів 1 та 2.

Результати імітаційних експериментів доводять, що найбільш рівномірний прибуток отримують підприємства роздрібно-ї торгівлі. Найбільш високий рівень прибутку в обох регіонах у субдистриб'юторів. Таким чином, менеджерам слід зосередити особливу увагу саме на цій ланці (це середня ланка між дистриб'юторами та торговельною мережею, і тому вона має значно нижчий рівень витрат, чим дистриб'ютор). Існування такої ланки може бути виправдано тільки за умов її ефективної

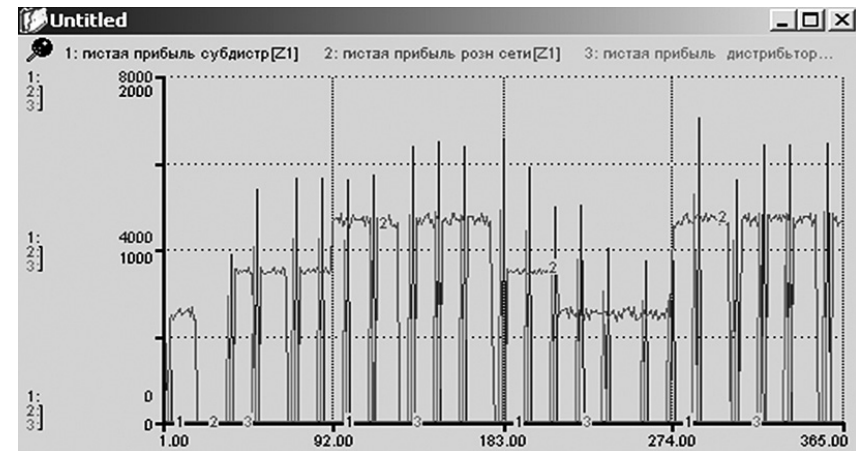


Рис. 3.3.13. Динаміка чистого прибутку у ланках каналів збуту (трьохланкова система регіону 1)

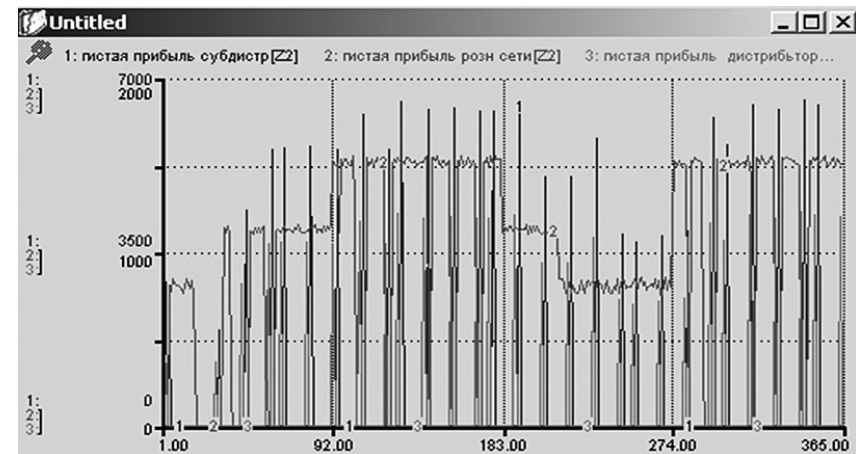


Рис. 3.3.14. Динаміка чистого прибутку у ланках каналу збуту (трьохланкова система регіону 2)

роботи та суттєвому впливі на кінцеві результати реалізації. Як довели імітаційні експерименти, раціональним є існування даної ланки тільки у регіоні 1.

Завдяки проведенню імітаційних експериментів на моделях менеджери можуть оцінити можливості зниження витрат у конкретних ланках каналів збуту. Модель дозволяє детально дослідити систему формування витрат у кожній з ланок. Змінюючи витратні та цінові нормативи та проводячи серію експериментів, можна спрогнозувати імовірний сценарій розвитку подій і заздалегідь запровадити відповідні заходи щодо підвищення ефективності каналів розподілу, збільшення їх пропускної спроможності. Динаміка чистого прибутку виробника загалом по досліджуваних регіонах наведена на рис. 3.3.15 (грн).

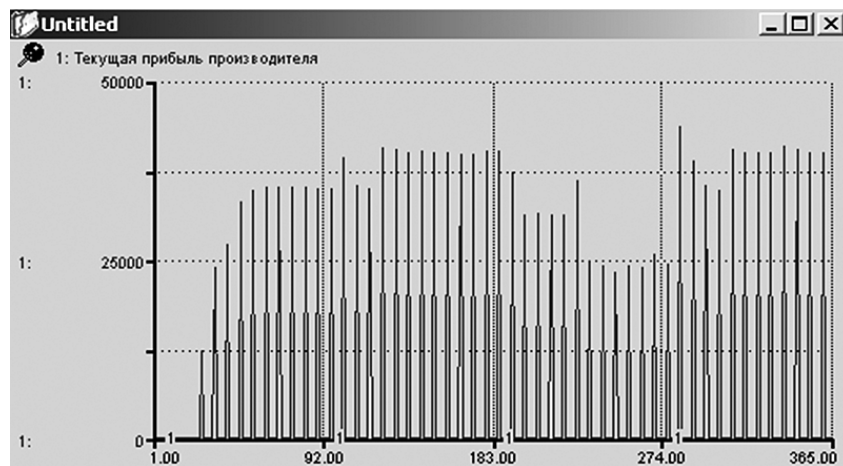


Рис. 3.3.15. Динаміка прибутку виробника

Як підкреслювалося раніше, реклама — один з найважливіших важелів підвищення ефективності функціонування виробничо-збутової мережі. У зв'язку з тим зупинимося більш докладно на дослідженні впливу рекламних зусиль на показники реалізації та прибутковості.

Наведемо результати прогнозу по регіонам у розрізі найбільш ефективних організаційних структур каналів збуту. Як довели попередні модельні експерименти — це трьохланкова система збуту для регіону 1 та дволанкова система для регіону 2.

На моделі пройшли апробацію різні стратегії формування рекламного бюджету. Одна зі стратегій — відрахування невеликого

відсотка (як правило, від 2 до 7 % роздрібної ціни) від обсягу реалізації без значних первинних фінансових вкладень на різних етапах життєвого циклу виробу.

Динаміка таких «рівномірних витрат» на рекламу по регіону 1 наведена на рис. 3.3.16.

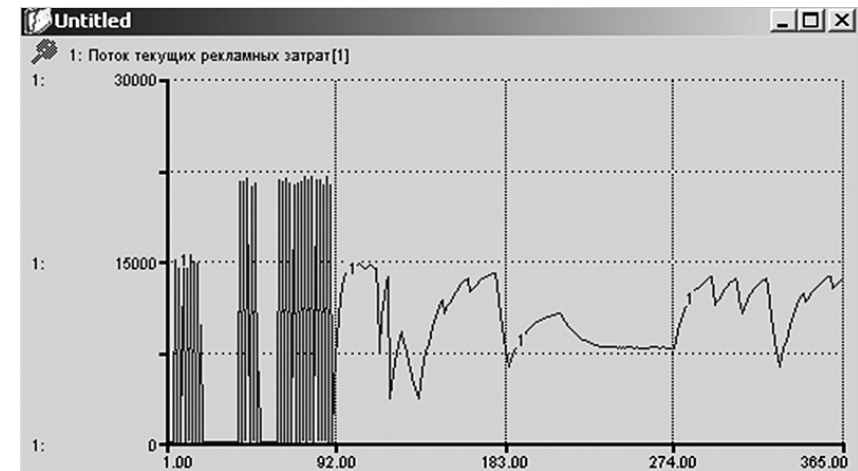


Рис. 3.3.16. Динаміка витрат на рекламу (у грн)

Наведена динаміка відображає сезонність у реалізації продукції, тому що у даному випадку відрахування здійснюються залежно від загального обороту реалізації. Прогнозне підвищення ринкового попиту (у вартісному вимірі) наведено на рис. 3.3.17.

Наведена динаміка демонструє адекватне реагування ринку на рекламні зусилля. Так, спочатку (перше півріччя) реакція ринку є мінімальною, що відповідає затриманню відгуку цільової аудиторії на рекламні витрати. Для другого півріччя характерним є сплеск попиту, потім поступово динаміка попиту стабілізується. Експеримент показав, що абсолютні значення показників попиту незначно перевищують витрати на рекламу у відповідних періодах. Однак слід пам'ятати про довготермінову «роботу» рекламних витрат.

Приблизно 40 % цільової аудиторії, яка відреагувала на рекламу (потенційних покупців), втрачається і тільки 60 % переходить до розряду постійних покупців. Динаміка потоків

потенційних та втрачених покупців наведена на рис. 3.3.18. (використана функція експоненціального згладжування 1-го порядку).

Розглянута ситуація відображає результати «оптимістичних» варіантів проведених імітаційних експериментів. Таким чином,

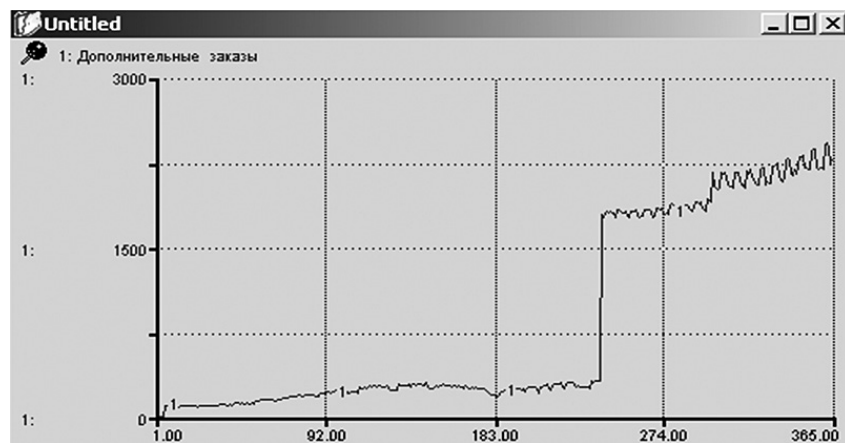


Рис. 3.3.17. Прогнозна динаміка підвищення ринкового попиту (грн) за рахунок рекламних зусиль

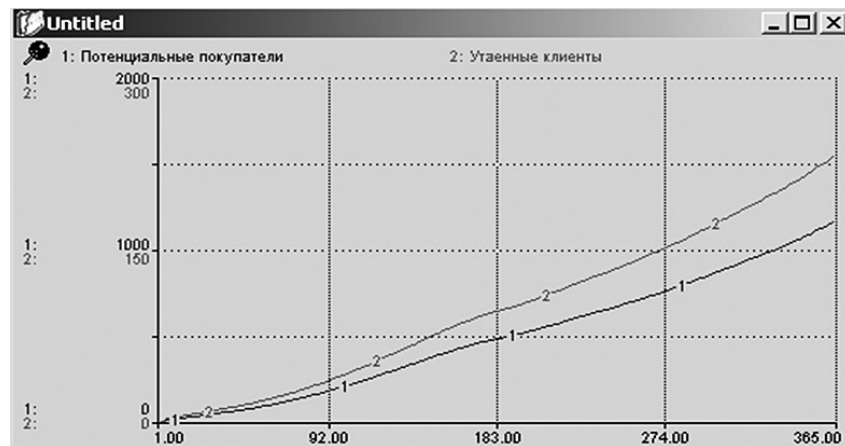


Рис. 3.3.18. Динаміка темпів потоків потенційних та втрачених клієнтів

при наведеній рекламній стратегії оптимістичний результат передбачає збільшення обсягів попиту покупців і, відповідно, подальшої реалізації продукції приблизно на 17—25 %.

Однак наявні виробничі потужності підприємства, як було доведено раніше, не дозволяють досягти таких показників. Необхідно значне збільшення пропускної спроможності виробника.

По регіону 2 досліджувався другий варіант рекламної стратегії — впроваджувався інвестиційний проект по інтенсифікації маркетингової діяльності на товарному ринку регіону. Одним із заходів в рамках проекту було посилення рекламної під-тримки номенклатури досліджуваних товарів. Досліджувалася наведена на рис. 3.3.19 динаміка формування рекламного бюджету просування продукції.

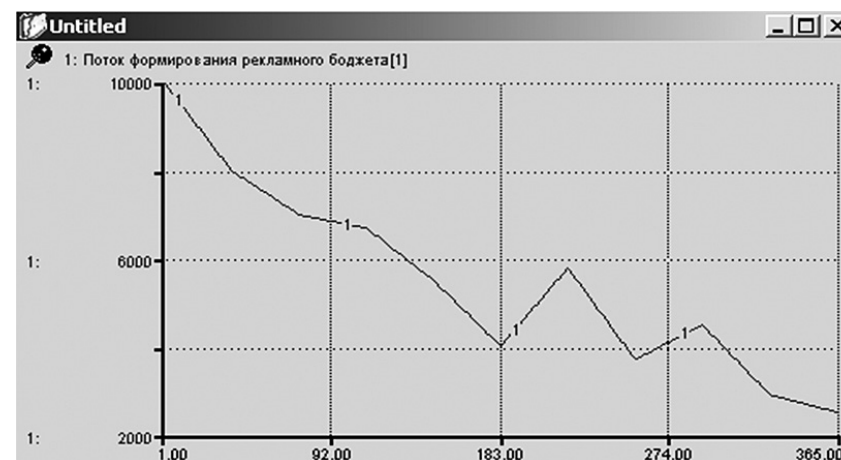


Рис. 3.3.19. Динаміка формування рекламного бюджету

Як свідчать наведені дані, потік інвестицій є найбільш інтенсивним на начальному етапі. Відповідний виклик ринку на рекламні зусилля у вигляді збільшення обсягів попиту покупців, наведений на рис. 3.3.20, демонструє прогнозне збільшення приблизно на 40 % (оптимістичний варіант прогнозу). Крім цього, графік демонструє подальше збільшення попиту.

Експерименти доводять, що проведені у рамках проекту заходи сприяють не тільки збільшенню сектора цільової аудиторії,

яка відреагувала на рекламу, але і зменшують число «втрачених клієнтів». Відповідна динаміка потоків потенційних та втрачених покупців представлена на рис. 3.3.21.

Динаміка процесів, відображених на рис. 3.3.19—3.3.21, показана з врахуванням використання функції експоненціального згладжування 1-го порядку.

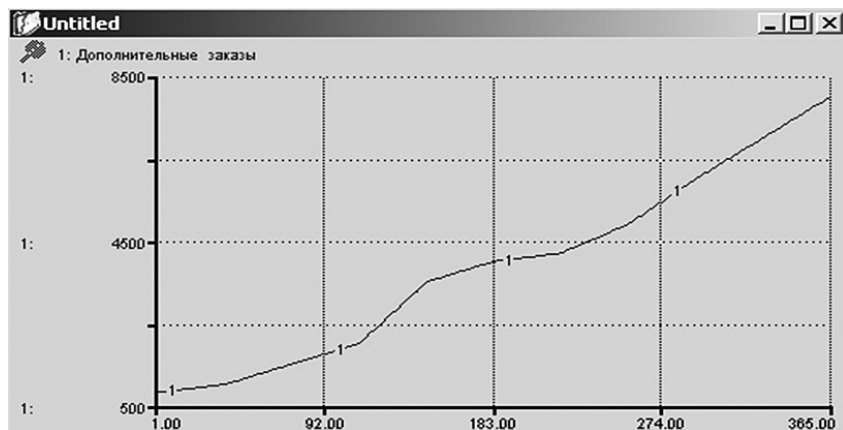


Рис. 3.3.20. Прогнозна динаміка збільшення ринкового попиту (грн) за рахунок рекламних зусиль

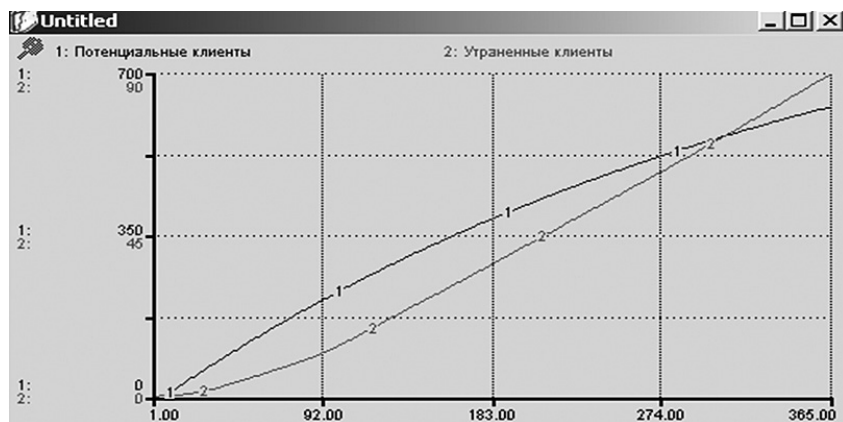


Рис. 3.3.21. Динаміка темпів потоків потенційних та втрачених клієнтів

Таким чином, завдяки проведенню комплексу імітаційних експериментів менеджери можуть визначитися з найбільш прийнятним (з точки зору кінцевих показників роботи) рівнем рекламних витрат протягом тривалого перспективного періоду, а також з найбільш ефективною технологією формування рекламного бюджету. Цьому сприяє прогноз динаміки реагування клієнтів на рекламні зусилля, тобто динаміка формування ринкового попиту. Позитивним моментом проведення експериментів є також можливість оцінки достатності та ефективності використання наявних виробничих потужностей.

3.4. ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Підвищення ефективності бізнес-процесів виробничо-збутової сфери підприємств часто пов'язано з прийняттям відповідних інвестиційних рішень. Обґрунтоване прийняття конкретних інвестиційних рішень безпосередньо впливає на результативність роботи досліджуваної системи загалом.

Модель оцінки інвестиційних альтернатив з використанням методу системної динаміки на платформі Ithink наведена на рис. 3.4.1.

Модель реалізує загальну концепцію процесу оцінки ефективності інвестиційної альтернативи на базі дослідження динаміки фінансових потоків, пов'язаних з проектом. Модель легко трансформується до реальних умов об'єкту дослідження з врахуванням специфіки інвестиційного проекту.

Динаміка формування позитивного потоку, пов'язаного з проектом, моделюється за допомогою наступних блоків-фондів:

— Блок-резервуар «Закази», що акумулює замовлення на випуск продукції підприємством. Надходження замовлень моделюється за допомогою відповідного потоку («Поступление заказов»), темп якого визначається ринковим попитом на продукцію підприємства (випадкова змінна «Спрос», підпорядкована конкретному закону розподілу згідно з тенденціями розвитку товарного ринку).

— Блок-чергу «Очередь заказов» складають замовлення, які очікують запуску у виробництво. Якщо черга стає надмірною

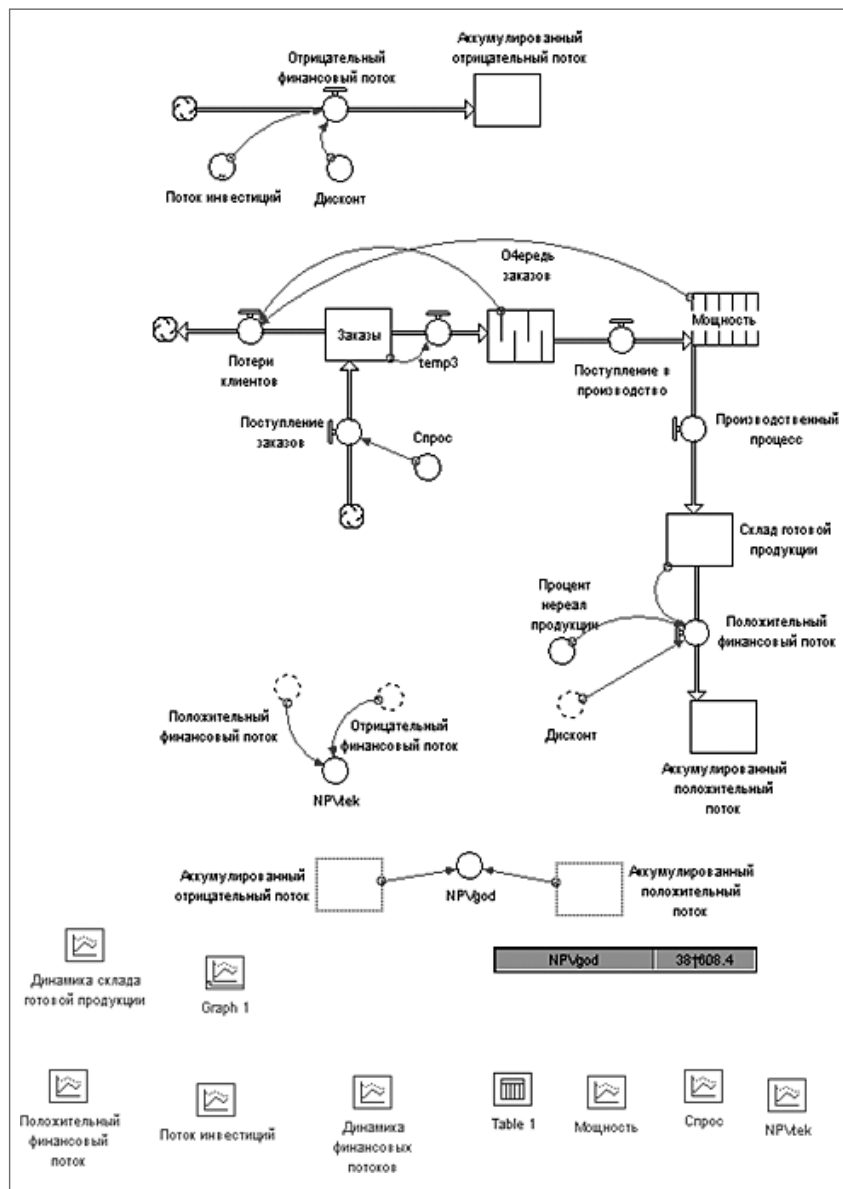


Рис. 3.4.1. Модель оценки инвестиционных альтернатив

з точки зору замовників (алгоритм процесу є гнучким та залежить від конкретної ситуації — наприклад, обсяги замовлень перевищують у кілька разів пропускну спроможність виробництва), визначений відсоток клієнтів залишає чергу. Відповідний потік — «Потери клієнтів».

— Блок-конвейєр «Мощность» моделює пропускну спроможність підприємства із визначеною тривалістю виробничого циклу.

— Блоки-резервуари «Склад готовой продукции» (вхідний потік «Производственный процесс»); «Аккумулятивный положительный поток» — дисконтована грошова маса, що накопичується за весь період імітації за результатами реалізації продукції (відсоток нереалізованої продукції та значення дисконту враховуються за допомогою відповідних змінних).

Позитивний дисконтований фінансовий потік — «Положительный финансовый поток».

Негативний фінансовий потік моделюється на основі потоку інвестицій (температура якого може алгоритмічно визначатися різними засобами — наприклад, за допомогою функції GRIF (Time)), дисконтованого заданим дисконтом. Загальний обсяг інвестицій, який акумулюється за весь період імітації, — блок-резервуар «Аккумулятивный отрицательный поток».

З докладним математичним описом моделі можна ознайомитися у [85; 87].

Ефективність інвестиційної альтернативи оцінюється на моделі на основі одного з основних показників методики UNIDO — чистої приведеної вартості — змінні $-NPV_{tek}$ (поточне значення показника на всіх кроках імітації впродовж досліджуваного періоду) та NPV_{god} (результатне значення).

Наприклад, досліджується інвестиційний проект, пов'язаний із нарощуванням виробничих потужностей підприємства, тобто зі збільшенням його пропускну спроможності. Ситуація є вельми актуальною, зважаючи на результати дослідження попереднього параграфу, де підприємству-виробнику суттєво не вистачало виробничих потужностей для задоволення зростаючого попиту на продукцію в розрізі регіональних ринків.

Динаміка інвестиційного процесу розгортається впродовж року, крок імітації — місяць. Значення показників наводяться у вартісному вимірі, числовий матеріал — умовний.

Мета — демонстрація аналітичних можливостей моделі в процесі прийняття інвестиційних рішень.

Ситуація 1. Вплив змін ринкового попиту на динаміку позитивного фінансового потоку з врахуванням наявних виробничих потужностей.

На рис. 3.4.2 наведені крива номінального попиту (2 — «Sketch of Спрос») та крива поточного попиту (1 — «Спрос»).

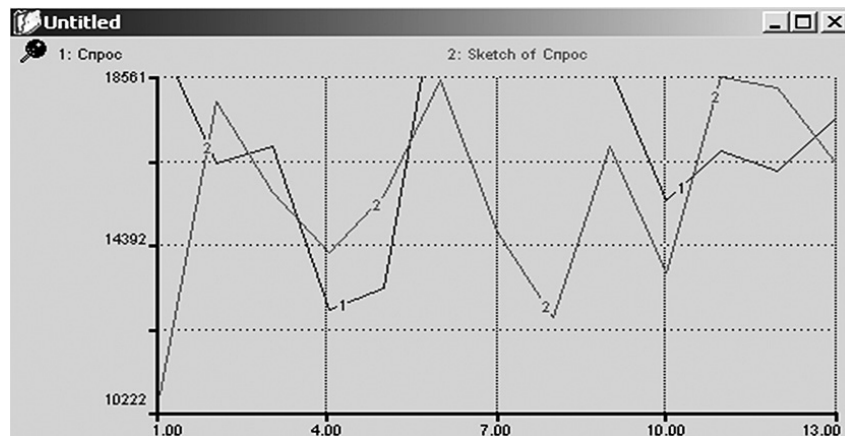


Рис. 3.4.2. Динаміка змін попиту на продукцію підприємства

Номінальний попит — середньостатистичний для підприємства рівень попиту на досліджувану продукцію, тобто базовий рівень. Поточний попит — прогнозний рівень, який може бути досягнутий підприємством в результаті впровадження конкретних маркетингових стратегій.

Таким чином, прогнозується збільшення ринкового попиту на продукцію впродовж періоду імітації.

В наведеній ситуації потужності підприємства залишаються незмінними.

Динаміка базової (2 — «Sketch of Мощность») та поточної (1 — «Мощность») пропускної спроможності виробництва наведені на рис. 3.4.3.

Наведені дані свідчать, що наявних виробничих потужностей недостатньо для забезпечення базового та прогнозного рівнів попиту. Однак, збільшення попиту сприяло більш ритмічному використанню наявних виробничих потужностей, що вплинуло на динаміку дискontованого позитивного потоку —

рис. 3.4.4 (базовий рівень 2 — «Sketch of Положительный финансовый поток»; поточний рівень 1 — «Положительный финансовый поток»).

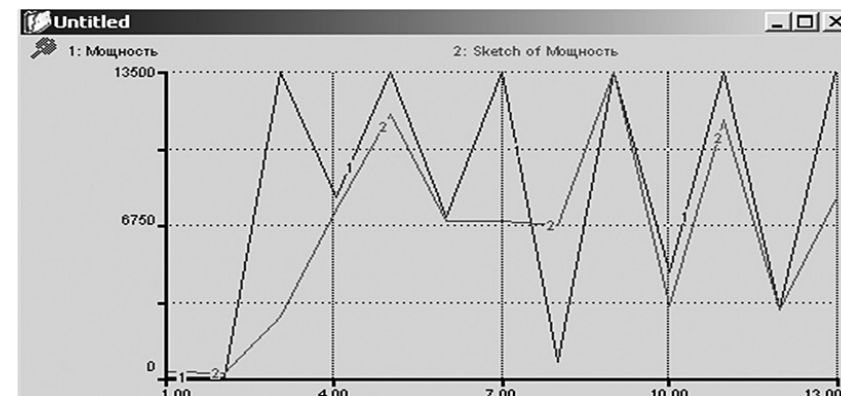


Рис. 3.4.3. Динаміка завантаження виробничих потужностей

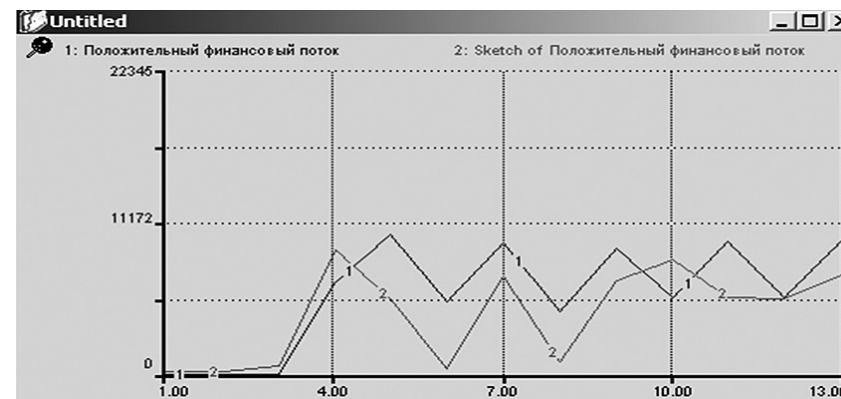


Рис. 3.4.4. Динаміка дискontованого позитивного фінансового потоку

Ситуація 2. Інвестування у виробництво — нарощування виробничих потужностей з врахуванням прогнозного збільшення ринкового попиту. Моделюється динаміка попиту на продукцію,

яка отримана в результаті попереднього імітаційного експерименту. Інвестиційні вкладення впродовж року достатньо рівномірні.

На рис. 3.4.5 наведена динаміка пропускної спроможності підприємства після проведення заходів по збільшенню виробничих потужностей («Мощность» — поточний рівень).

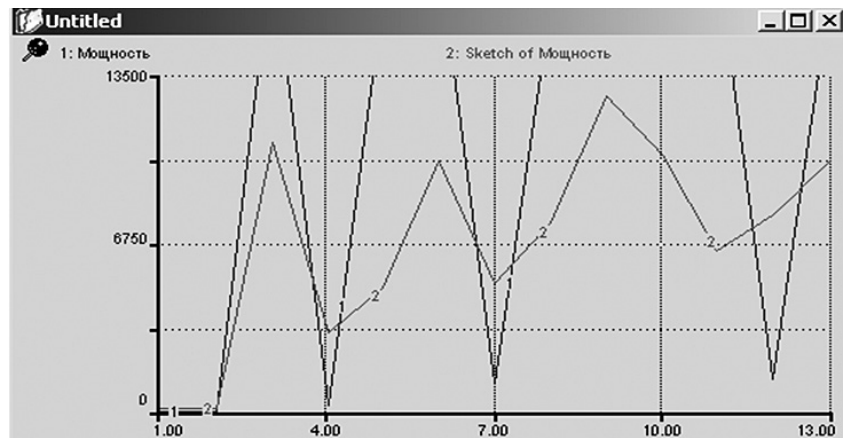


Рис. 3.4.5. Динаміка завантаження виробничих потужностей в результаті інвестування у виробництво

Динаміка дисконтованих фінансових потоків, пов'язаних з реалізацією проекту, наведена на рис. 3.4.6.

Як доводять отримані результати, проект є ефективним: темпи росту позитивного потоку значно вищі за темпи інвестиційних вкладень, особливо починаючи з четвертого місяця. Найефективніший період впродовж року припадає на друге півріччя.

Загальний висновок підтверджується позитивним значенням чистої приведенної вартості за рік:

$NPV_{год}$	637511.0
-------------	----------

Динаміка поточних значень чистої приведенної вартості ($NPV_{тек}$) також загалом позитивна — рис. 3.4.7.

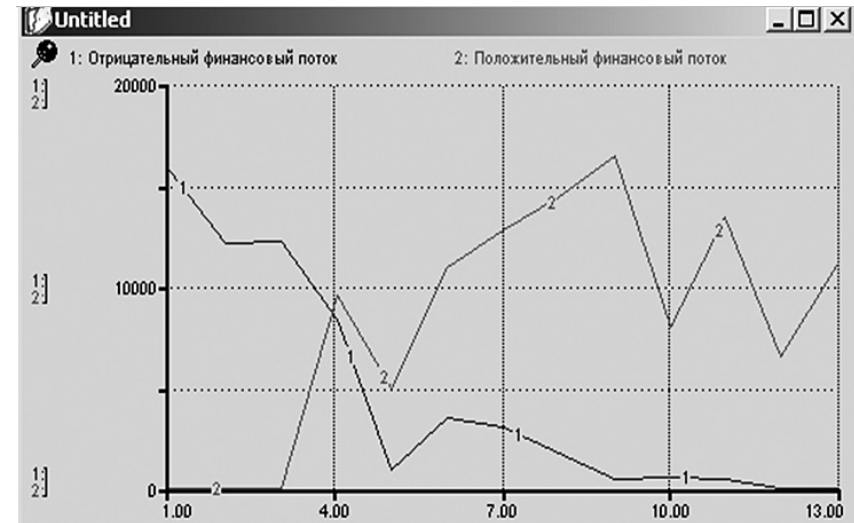


Рис. 3.4.6. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту

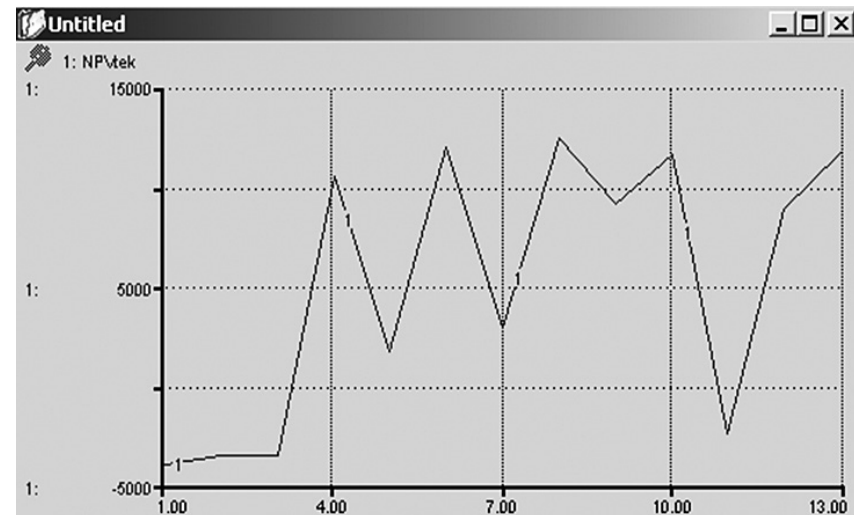


Рис. 3.4.7. Динаміка показника чистої приведенної вартості впродовж досліджуваного періоду

Ситуація 3. Зміна обсягу та структури інвестування.

Кінцеві результати впровадження інвестиційного проекту можна поліпшити, якщо посилити динаміку інвестування на початку досліджуваного періоду — рис. 3.4.8. Це підтверджується і збільшенням річного обсягу чистої приведеної вартості.

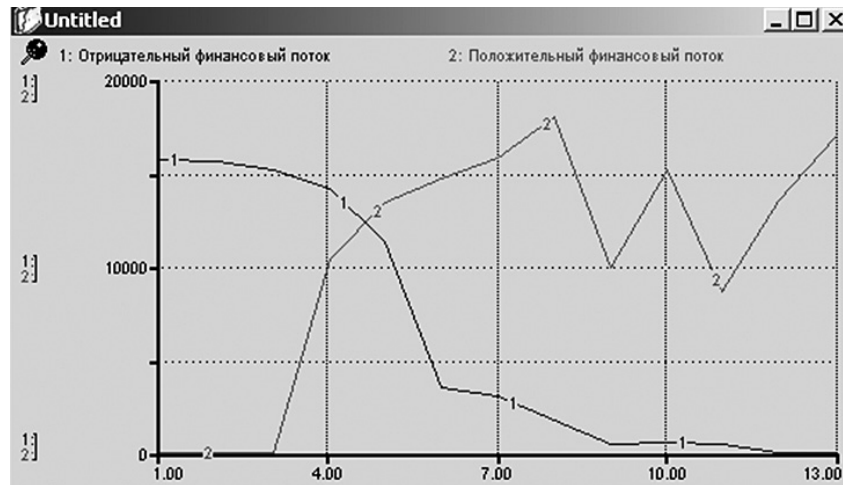


Рис. 3.4.8. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту (за зміненою структурою інвестування)

NPVgod	937722.6
--------	----------

В ході проведення імітаційних експериментів на моделі за допомогою параметру «Дисконт» може бути врахований і ступінь його ризикованості.

Змінюючи даний параметр, можна оцінити чутливість проекту щодо фактору ризику.

Наприклад, зменшуючи ризик впровадження проекту, тобто збільшуючи значення дисконту, отримуємо наступну динаміку фінансових потоків (рис. 3.4.9) і, відповідно, більше значення чистої приведеної вартості.

NPVgod	1087285.2
--------	-----------

Таким чином, використання розглянутого апарату досліджень спрямовано на прогнозування загальних закономірностей розвитку досліджуваних процесів та вивчення впливу різноманітних факторів на динаміку бізнес-процесів промислового підприємства.

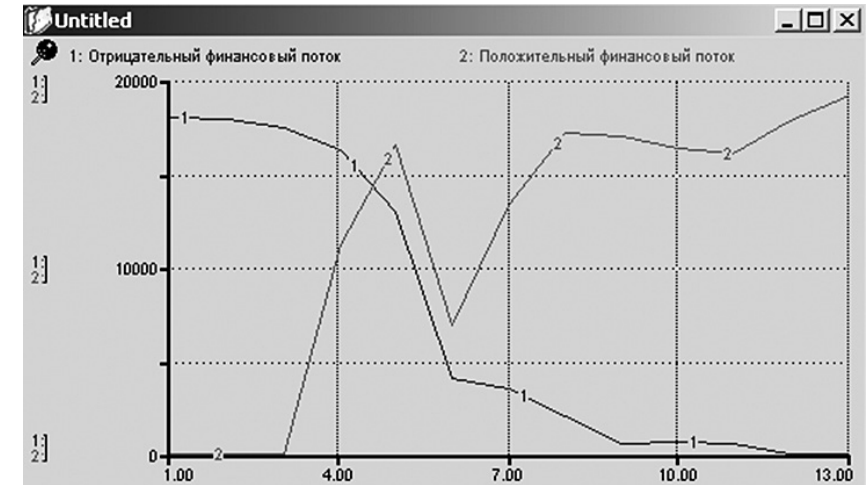


Рис. 3.4.9. Динаміка дисконтованих фінансових потоків інвестиційного проекту з врахуванням ступеня ризику

Наведені моделі носять тренажерний характер, що підтримується механізмом планування різних імітаційних експериментів. Завдяки відкритості модельний комплекс дозволяє користувачу впроваджувати необхідні додаткові елементи з метою врахування специфіки конкретного об'єкту дослідження.

Розділ 4

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ

4.1. ПОТОКОВІ ДІАГРАМИ МАТЕРІАЛЬНИХ ТА ФІНАНСОВИХ РЕСУРСІВ

Моделюється робота комунального підприємства (КП), яке забезпечує поставки продуктів підприємствам бюджетної сфери — дитячим садочкам, школам, лікарням тощо. Фактично підприємство є посередником між наведеними суб'єктами та постачальниками (виробниками) конкретних видів харчової продукції:

- М'ясо та м'ясні вироби.
- Молочні продукти.
- Бакалія.
- Овочі та фрукти.
- Хлібо-булочні вироби.

Комунальне підприємство орендує харчові блоки у відповідних бюджетних установах (їдальні, буфети тощо). Ці блоки знаходяться на балансі комунального підприємства, а робітники є його співробітниками.

Кожна установа періодично надає замовлення комунальному підприємству на постачання деякої кількості продуктів за встановленою номенклатурою. Різні установи (види установ) надають відповідні замовлення з різною періодичністю. Відрізняється також періодичність замовлень за окремими видами продукції.

Комунальне підприємство акумулює замовлення, обробляє їх та направляє постачальникам конкретної продукції. Після виконання замовлень постачальники продукції відвантажують її на оптові склади комунального підприємства.

Підприємству належать наступні склади за видами харчової продукції:

- Склад м'ясної продукції.
- Склад молочної продукції.
- Овочевий склад.
- Склад бакалії.
- Склад хлібо-булочних виробів.

Бюджетним підприємствам-замовникам продукти відвантажуються з оптових складів комунального підприємства.

За допомогою моделювання матеріальних та фінансових потоків підприємства треба зробити аналітичні висновки щодо рівня ефективності його роботи. На базі імітаційних експериментів на моделі необхідно надати пропозиції щодо підвищення рівня управління оборотними активами комунального підприємства.

Наступний фрагмент загальної моделі побудовано на базі обстеження процесу співробітництва комунального підприємства зі шкільними установами одного з районів міста Одеси.

В ході постановки загальної задачі зроблені наступні припущення:

- Всі шкільні установи розбито на 3 групи за ознакою загальної чисельності школярів: великі, середні, малі.
- Замовлення харчової продукції імітуються тільки узагальнено за окремими видами (наведені вище), тобто без деталізації за конкретними номенклатурними позиціями.
- Приймається, що одне замовлення — це партія товарів конкретного виду, відносно якої відомі її оптова та роздрібна ціна.
- Часові затримки між етапами технологічного процесу надання та виконання замовлень встановлені як середні величини, визначені за матеріалами обстежень.

Діаграми причинно-наслідкових зв'язків моделі наведені на рис. 4.1.1.

Модель містить 3 сектори, які відображають наступні аспекти процесів, які моделюються:

- Sektor1 — імітація матеріальних потоків (харчової продукції): від шкіл-замовників — до оптових складів комунального підприємства.
- Sektor2 — імітація розподілу продукції з оптових складів комунального підприємства по школах-замовниках згідно з обсягом замовлень кожного з видів шкіл.
- Sektor3 — імітація фінансових потоків.

Процес отримання та обробки замовлень від шкіл комунальним підприємством (КП), а також процес виконання замовлень,

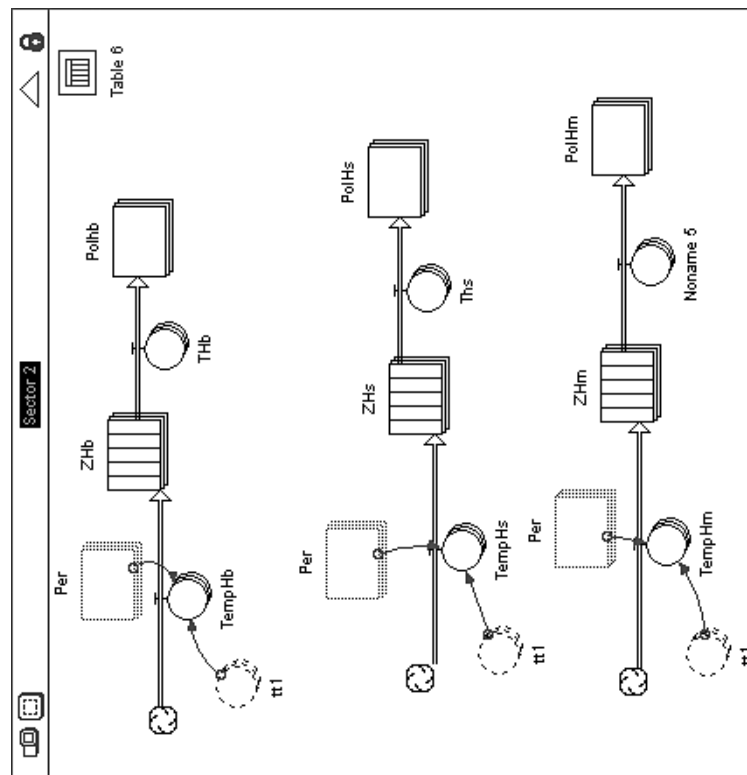
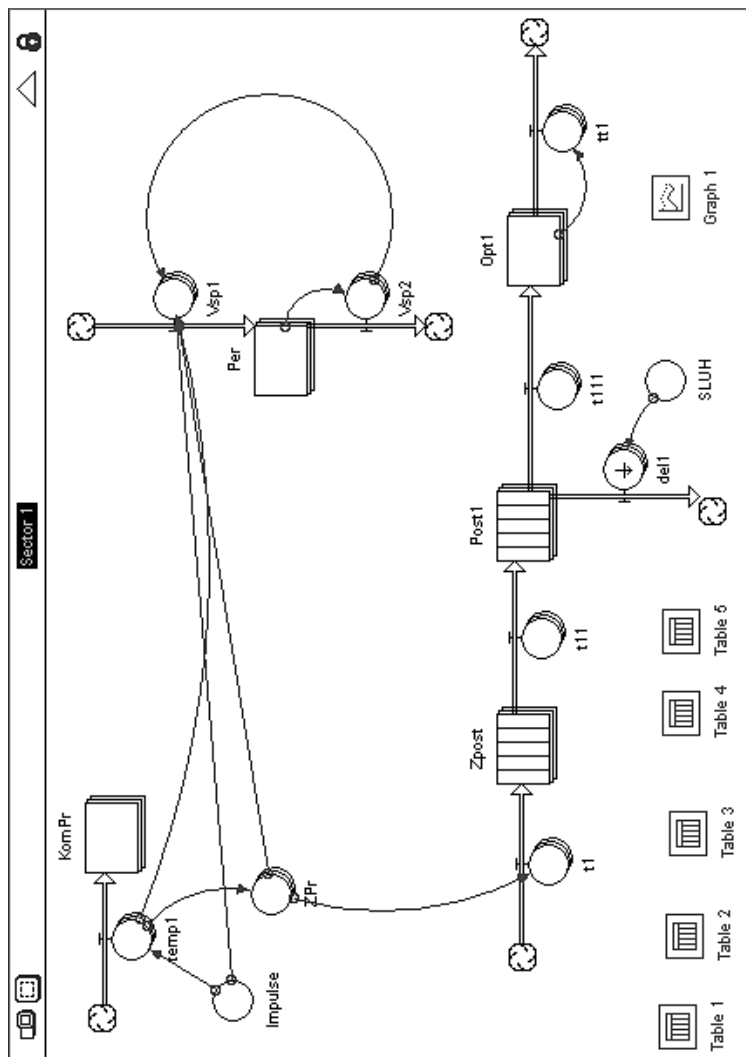


Рис. 4.1.1.1. Поточкові діаграми матеріальних та фінансових ресурсів комунального підприємства

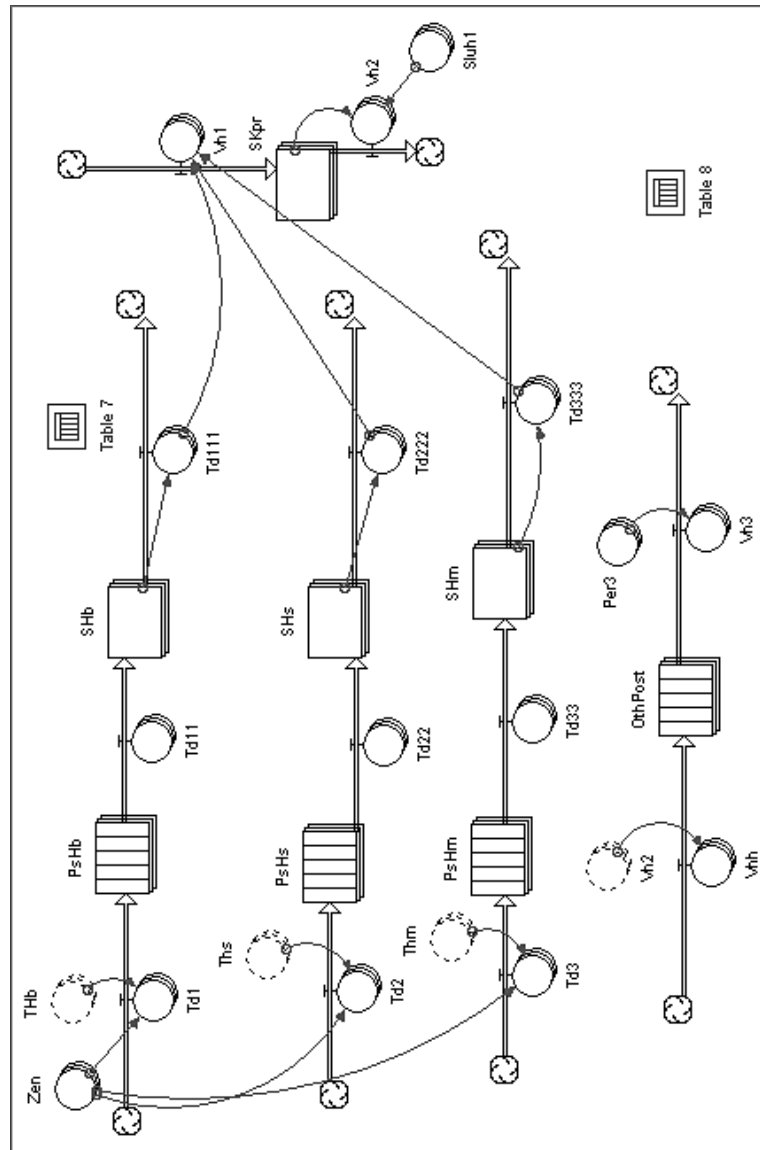


Рис. 4.1.1. Потоків діаграми матеріальних та фінансових ресурсів комунального підприємства (замкнення)

тобто поставки харчової продукції на оптові склади К.П., моделюються в динаміці за допомогою кількох блоків-фондів, серед яких:

1. Блоки-резервуари:

— KomPr — фонд замовлень на харчову продукцію від шкіл. Цей фонд є одномірним масивом. Його елементи — замовлення від конкретної групи шкіл (великих, середніх, малих) на конкретний вид продукції. Вміст фонду-масива формується на базі вхідного темпу (temp1) замовлень від шкіл. Завдяки тому, що замовлення робляться не на кожному кроці імітації, а тільки в конкретні часові періоди, використовується змінна Impulse. Потоків замовлень можуть моделюватися як детерміновані або випадкові змінні.

— Per — «штучний» фонд, в якому формується частка (відсоток), яку складає замовлення конкретного виду шкіл на конкретний вид продукції в загальному обсязі замовлень на цей вид продукції від всіх шкіл. Для визначення цієї частки (відсотка) використовується допоміжна змінна ZPr, в якій формуються сукупні замовлення на види продукції від всіх шкіл, що досліджуються. Значення Per визначається за допомогою вхідного темпу Vsp1. Це значення повинно бути незмінним, доки не надходять нові замовлення від шкіл (вони моделюються в конкретні часові періоди за індивідуальними графіками об'єктів дослідження). Щоб Per зберігала це постійне значення до нових замовлень, використовується зв'язок вихідного темпу Vsp2з вхідним темпом Vsp1.

— Opt1 — фонд-масив, який моделює оптові склади К.П.

2. Блоки-конвейери, тобто блоки, параметрами визначення яких є, зокрема, вхідна та загальна ємність, а також затримка у часі:

— Zpost — фонд-масив замовлень на конкретні види продукції від К.П. до постачальників (виробників). Його вміст формується на базі вхідного темпу t1 (агреговані замовлення, що згруповані по видах продукції). Часова затримка (вихідний темп t11) визначає тривалість надходження замовлень до постачальників.

— Post1 — фонд-масив виконаних замовлень виробниками (постачальниками). Часова затримка (вихідний темп t111) визначає тривалість виконання замовлень та їх доставки на оптові бази К.П. Але можуть бути наявні випадки, коли частина

замовлень не може бути виконана. Ця ситуація моделюється за допомогою іншого вихідного темпу $del1$ та допоміжної випадкової змінної $SLUH$.

Процес розподілу продукції з оптових баз КП до шкіл за виконаними замовленнями та постачання продуктів безпосередньо до шкіл моделюється у $Sektor2$. Відповідно до цього використовуються наступні блоки-фонди:

1. Блоки-конвейєри: ZHb , ZHs , ZHm — фонди-масиви виконаних замовлень за видами замовників (великих, середніх та малих шкіл, відповідно). Вміст фондів формується за вхідними темпами ($TempHb$, $TempHs$, $TempHm$) на базі вихідного темпу $tt1$ (загальні обсяги виконаних замовлень за видами харчової продукції) та частці в цих обсягах окремих шкіл (Per). Часова затримка (вихідні темпи Thb , Ths , Thm) імітує тривалість процесу постачання продуктів до шкіл-замовників.

2. Блоки-резервуари: $PolHb$, $PolHs$, $PolHm$ — фонди-масиви, в яких накопичуються поставки продукції за увесь період імітації. Таким чином, вміст цих фондів надає уяву про реальні надходження замовленої продукції до шкіл району за весь досліджуваний період.

$Sektor3$ моделі призначений для імітації фінансових потоків, пов'язаних з постачанням харчової продукції КП бюджетним установам (школам), а також з розрахунками КП з безпосередніми виробниками (постачальниками) продукції.

Процеси розрахунків шкіл з комунальним підприємством моделюються за допомогою наступних блоків-фондів:

1. Блоки-конвейєри: $PsHb$, $PsHs$, $PsHm$ — обсяги здійснених поставок, тобто продукція, що надійшла відповідно великим, середнім та малим школам. Наведені обсяги визначаються у вартісному вимірі з підрозділом по видах продукції. Вміст фондів-масивів визначається на базі темпів вхідних потоків — $Td1$, $Td2$, $Td3$. Затримка у часі щодо руху коштів від шкіл — отримувачів продукції до рахунку комунального підприємства (тобто час від надходження до шкіл продукції до надходження на рахунок КП коштів за неї) визначається темпами вихідних потоків $Td11$, $Td22$, $Td33$.

2. Блоки-резервуари: SHb , SHs , SHm — поточні рахунки шкіл (за групами та видами продукції). Вихідні темпи $Td111$, $Td222$, $Td333$ моделюють кошти, що перераховуються на рахунок КП від різних груп шкіл.

3. Блок-резервуар: $SKPr$ — поточний рахунок комунального підприємства (фонд-масив формує надходження коштів за видами продукції). Вміст фонду-рахунку визначається на базі вхідного темпу $Vh1$, який моделює загальні (від всіх клієнтів) надходження коштів за видами продукції.

Розрахунки комунального підприємства з постачальниками продукції моделюються за допомогою блоку-конвейєру $OthPost$ (відрахування постачальникам). Вміст цього фонду визначається вхідним темпом Vhh (вихідний темп $Vh2$).

Можливі несплати моделюються за допомогою випадкової змінної $Sluh1$ (рівномірно розподілена змінна в заданому інтервалі). Часова затримка, тобто час руху коштів між рахунками КП та рахунками постачальників, визначається вихідними темпами $Vh3$. Значення $Vh3$ залежать від змінних $Per3$, які можуть задаватися експериментаторами як параметри моделі.

Повністю алгоритми реалізації моделі наведені в [85; 87].

Імітаційні експерименти на наведеній моделі можуть проводитися за різні часові періоди з різними кроками імітації. Наприклад, як прогностичний період обстеження можна запропонувати період, не менший за квартал, з добовим кроком імітації.

4.2. ІМІТАЦІЙНА ДИНАМІКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Розглянемо деякі результати імітаційних експериментів на моделі.

Моделюється процес постачання для чотирьох видів продукції. Термін імітації — квартал. Крок імітації — день.

Кінцеві результати моделювання можуть бути представлені у різних формах. Далі користуємося графічним представленням динаміки показників, пов'язаних з процесами, що моделюються на наведеному фрагменті моделі.

На рис. 4.2.1 наведена динаміка замовлень на постачання продукції від різних клієнтів комунального підприємства (у натуральних одиницях виміру).

Як зазначалося раніше, підприємство агрегує замовлення та передає їх безпосередньо підприємствам-виробникам. Представлена динаміка добре відображає періодичність надходження

замовлень впродовж кварталу. Видно, що досліджуваний процес є достатньо нерівномірний, але це спричинено об'єктивними причинами і зумовлено встановленою ритмічністю споживання продукції в організаціях-замовниках. Наскільки така організація є ефективною, теж можна вивчати на імітаційній моделі. Якщо постачальники не спроможні вчасно задовольняти замовників, мабуть, такий ритм треба буде змінити.

Це дійсно так у нашому випадку, тому що, як свідчить динаміка, представлена на рис. 4.2.2, кількість незадоволених замовлень є значною.

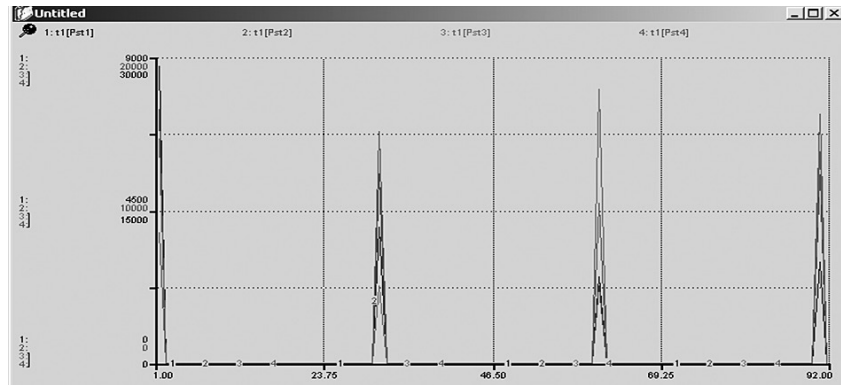


Рис. 4.2.1. Динаміка агрегованих КП замовлень на постачання продукції

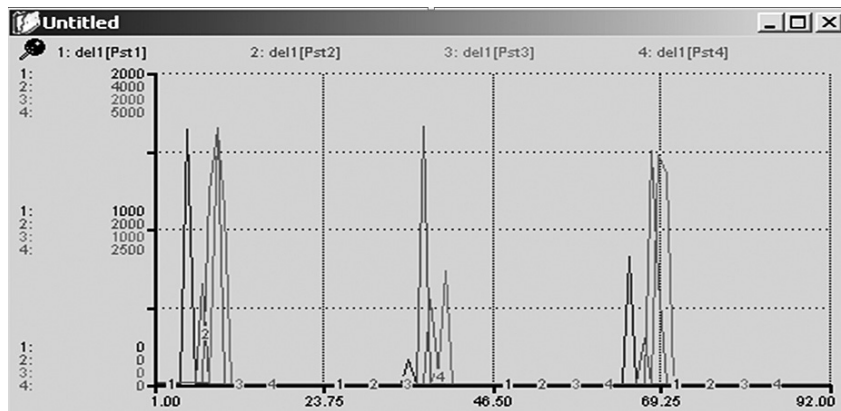


Рис. 4.2.2. Динаміка невиконаних замовлень на постачання продукції

Динаміка обсягів продукції на оптових складах комунального підприємства представлена на рис. 4.2.3 (натуральні одиниці виміру).

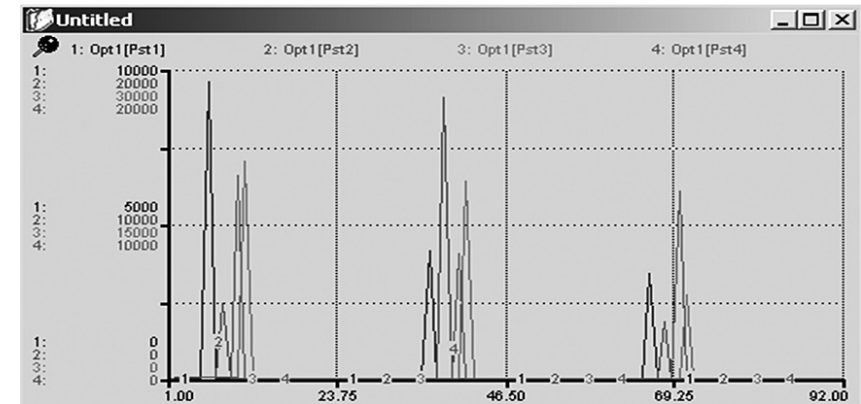


Рис. 4.2.3. Динаміка продукції на оптових складах комунального підприємства

Як видно з наведеного графіку, динаміка накопичення продукції відповідає періодичності надходження та обробки агрегованих замовлень від клієнтів.

Більш ретельне вивчення становища потребує перехід від аналізу динаміки агрегованих замовлень на різні види продукції від сукупного клієнту до розгляду закономірностей обслуговування конкретних клієнтів (у нашому випадку — шкіль).

На рис. 4.2.4 представлена динаміка темпів замовлень на різні види продукції одним з клієнтів (одним з видів шкіль) комунального підприємства (натуральні одиниці).

На рис. 4.2.5 наведена динаміка задоволення цих замовлень. Як видно, загалом замовлення задовольняються, хоча і не завжди своєчасно. Має місце запізнення, що у кожному конкретному випадку потребує додаткового аналізу.

Динаміка розрахунків клієнта за виконані замовлення наведена на рис. 4.2.6. Як видно з графіку, клієнт розраховується достатньо своєчасно. Фінансові надходження на фінансовий рахунок комунального підприємства загалом ритмічні.

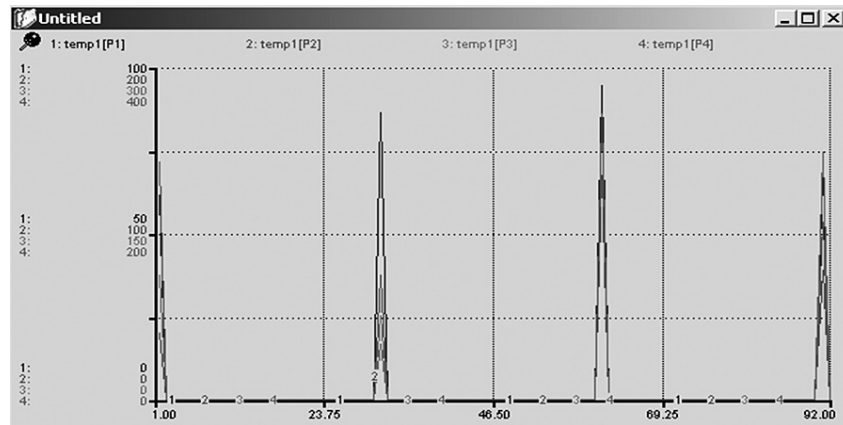


Рис. 4.2.4. Динаміка темпів замовлень на різні види продукції одним з клієнтів комунального підприємства

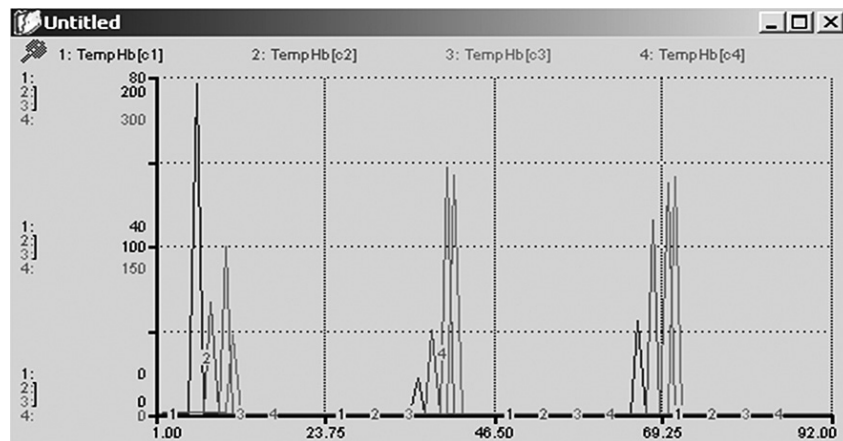


Рис. 4.2.5. Динаміка темпів задоволення замовлень клієнта комунального підприємства на різні види продукції

Фінансові потоки за розрахунки в розрізі чотирьох досліджуваних видів продукції наведені на рис. 4.2.7.

З наведеної динаміки можна дослідити картину фінансових надходжень на рахунок комунального підприємства від всіх клієнтів стосовно досліджуваних видів продукції.

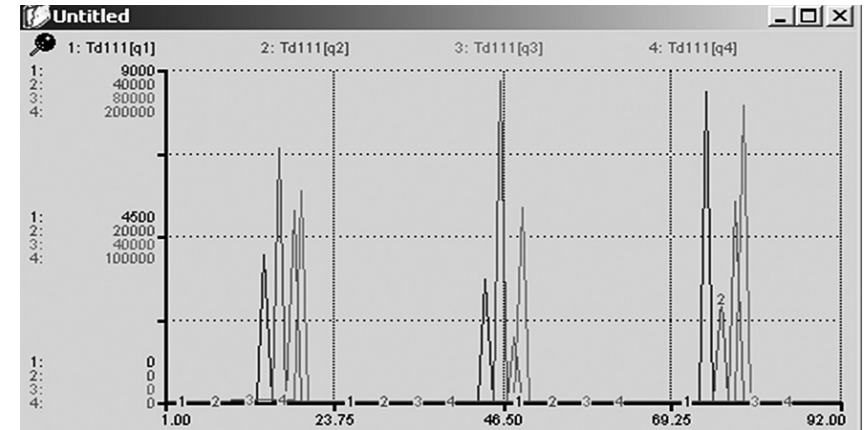


Рис. 4.2.6. Динаміка розрахунків клієнта за виконані замовлення (грн)

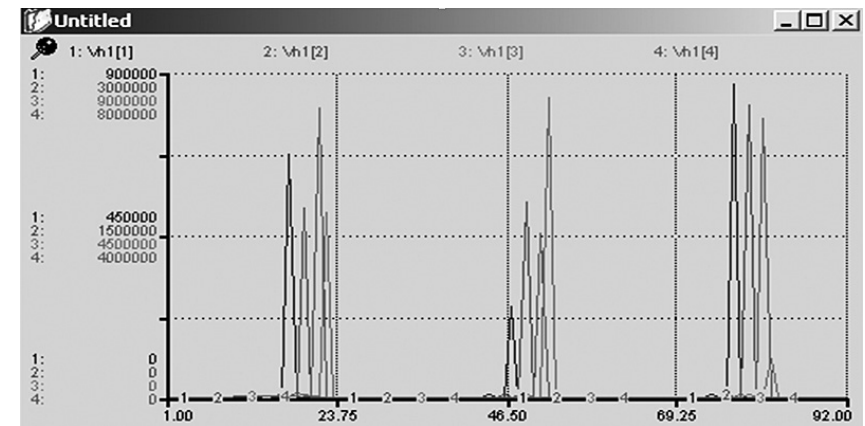


Рис. 4.2.7. Динаміка фінансових потоків — розрахунків замовників з комунальним підприємством (грн)

Розрахунки комунального підприємства безпосередньо з виробниками (постачальниками) продукції наведені на рис. 4.2.8.

Як видно з рис. 4.2.8, відрахування комунального підприємства теж достатньо ритмічні, зважаючи на існуючу затримку у часі, за яку кошти проходять весь шлях до рахунків постачальників.

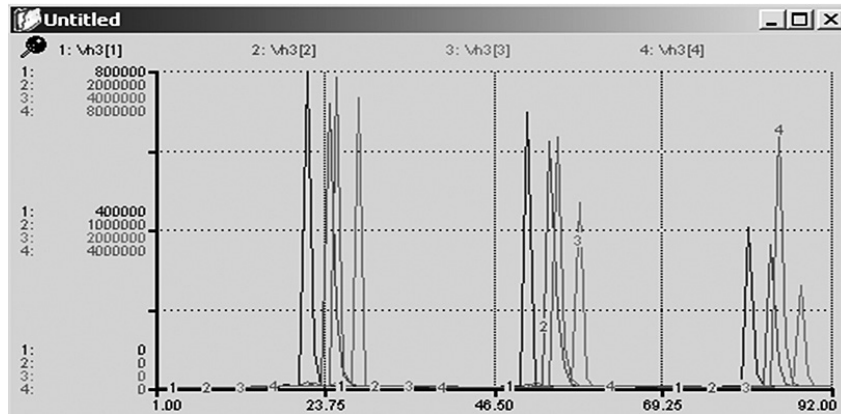


Рис. 4.2.8. Динаміка фінансових потоків — розрахунків комунального підприємства з виробниками (постачальниками) продукції (грн)

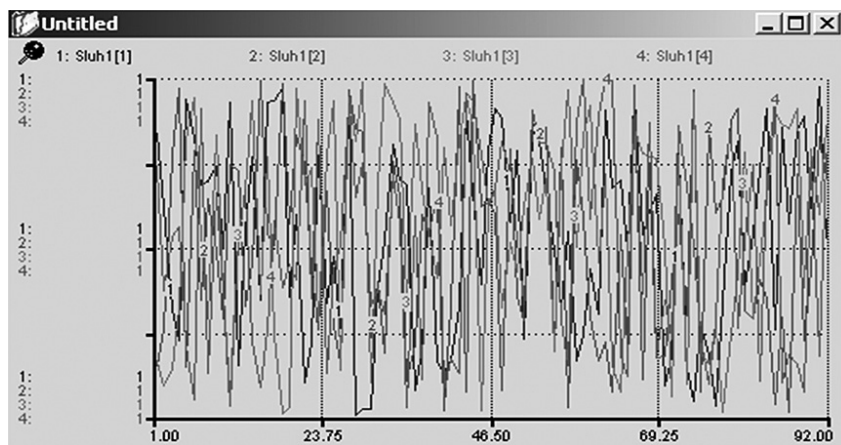


Рис. 4.2.9. Динаміка можливих несплат комунальним підприємством власним постачальникам продукції

Можливі несплати комунального підприємства власним постачальникам продукції можуть бути промодельовані за допомогою наступних шумів — рис. 4.2.9.

Наведені фрагменти імітаційних експериментів на моделі демонструють можливості імітаційних технологій в управлінні оборотними коштами будь-якого підприємства.

Розділ 5

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

5.1. СТРУКТУРА МОДЕЛІ

Ресторанне господарство (РГ) країни виконує важливі соціально-економічні функції та поряд з іншими сферами діяльності вносить свій вклад у формування валового доходу. Розвиток ресторанного господарства є важливим індикатором рівня життя населення країни і одним з факторів зростання національної економіки.

Ресторанний бізнес є сферою діяльності, дуже чутливою до змін економічного клімату навіть при відносно стабільній економіці, а при виникненні кризи він зазнає значних втрат. За статистичними даними, ресторанне господарство України перебуває у глибокій кризі, що відбивається на негативній динаміці показників його функціонування.

З 2003 по 2014 р. спостерігається значне зниження загальної кількості підприємств РГ — майже на 20,6 % [33]. Водночас спостерігається тенденція збільшення кількості і питомої ваги ресторанів — з 9,7 % до 20,5 % за рахунок зменшення питомої ваги кафе (на 5 %) та їдалень (на 5 %) [33]. Експерти відзначають, що за час кризи прибуток ресторанів в Україні знизився на 30 % [80].

Забезпеченість населення України закладами РГ приблизно у 4—9 разів менше за світову практику. Так, у світовій практиці на один заклад РГ приходить 477 жителів, тоді як в Україні на початок 2015 року — 2214,6 осіб [81].

Кінцевий внесок ресторанного господарства у формування макроекономічних показників здійснюється за напрямом — від мікро-, мезо- до макrorівня. Найважливішою ланкою при цьому є окремі суб'єкти РГ. На ефективність їх функціонування впливає

безліч факторів — як тих, що залежать від діяльності конкретних рестораторів, так і загальних факторів об'єктивного характеру. До останніх, наприклад, належать рівень валового внутрішнього продукту країни (регіону) та рівень доходів населення. Причинами зниження доходів суб'єктів ресторанного бізнесу є також подорожчання через девальвацію гривні продуктів харчування і напоїв, а також несприятливі умови орендна плата.

Серед індикаторів ефективності суб'єктів РГ на мікрорівні багатьма авторами визначаються рентабельність закладів РГ, середній товарообіг (продуктивність) посадкового місця закладу РГ, оборотність посадкового місця, коефіцієнт ступеню фактичного заповнення посадкових місць, середній чек [59; 72; 73; 74; 102].

Ресторанний бізнес є частиною міської інфраструктури, якій притаманний значний рівень конкуренції.

Згідно з наведеним проблема підвищення ефективності та виживання конкретних суб'єктів у ресторанному бізнесі стає дуже гостро. Процеси прийняття управлінських рішень у мінливому середовищі в оперативному режимі потребують використання особливо гнучкого інструментарію, наприклад, методів імітаційного моделювання.

Хоча моделі суб'єктів ресторанного бізнесу вже стали класичними [105], розвиток як ресторанної сфери, так і виникнення більш потужних методів та програмних платформ імітаційного моделювання породжують нові можливості створення діючих імітаційних моделей.

Зазвичай для моделювання діяльності суб'єкту РГ як моделі масового обслуговування використовуються подійний або процесний підходи імітаційного моделювання. Але дослідження загальних тенденцій розвитку об'єктів РГ із визначенням ефективних стратегій управління ними, формування важелів реагування на ринкові зміни даного сектору економіки та розв'язання інших задач з позицій агрегованого підходу роблять залучення методу системної динаміки доцільним і ефективним.

Діяльність типового закладу ресторанного господарства — це складний динамічний процес, який включає в себе велику кількість бізнес-процесів, пов'язаних між собою причинно-наслідковими зв'язками. Більшість процесів має стохастичний характер. Тому дослідження динаміки розвитку закладу із врахуванням

впливу багатьох внутрішніх та зовнішніх факторів ефективно на базі створення моделі-тренажеру із гнучкою настройкою на існуючі реалії.

Використання спеціальних систем імітаційного моделювання для створення таких моделей-тренажерів надає наступні переваги:

- чітке вираження понять, які притаманні процесам, що моделюються;
- можливості динамічного аналізу сценаріїв розвитку;
- проведення автоматичного формування типів даних, які відповідають обраному засобу (методологічному підходу) і необхідні для здійснення імітаційних експериментів на моделі;
- наявність зручних можливостей щодо накопичення та представлення результатних даних;
- наявність можливостей врахування суб'єктивних налаштувань та досвіду експертів у процесах прийняття управлінських рішень;
- використання ефективних методів, які дозволяють виявити «вузькі місця» та помилки процесів імітації;
- зменшення часових витрат на програмування;
- наявність можливостей створення стандартних компонент (бібліотек модулів імітаційних моделей) для досліджуваних предметних галузей.

Аналіз специфіки функціонування типового закладу РГ свідчить, що на кінцеві показники діяльності найбільше впливають такі фактори, як кількість посадкових місць, чисельність клієнтів, ціни закупівлі сировини, відпускні ціни на страви та напої (вартість середнього чеку), чисельність, склад та кваліфікація персоналу тощо.

Згідно з цим типова фреймова структура моделі пропонується наступною — рис. 5.1.1. Програмна платформа реалізації моделі — пакет Ithink.

Розглянемо більш докладно призначення наведених блоків моделі.

Блок «Клієнт ресторану» призначений для імітації потоків відвідувачів ресторану за категоріями. Для типового ресторану середнього класу ці категорії представлені: неможливими клієнтами (наприклад, студентами), клієнтами середнього достатку (представники середнього класу), можливими відвідувачами — VIP-клієнтами. Результати імітації є вхідними для блоку

«Меню ресторану», де моделюються об'єми реалізації страв та напоїв. Функціонування блоку у зв'язку з блоками «Замовлення клієнтів за категоріями меню» та «Ціна продажу одиниці товару за категоріями меню» здійснює процес імітації обслуговування клієнтів.

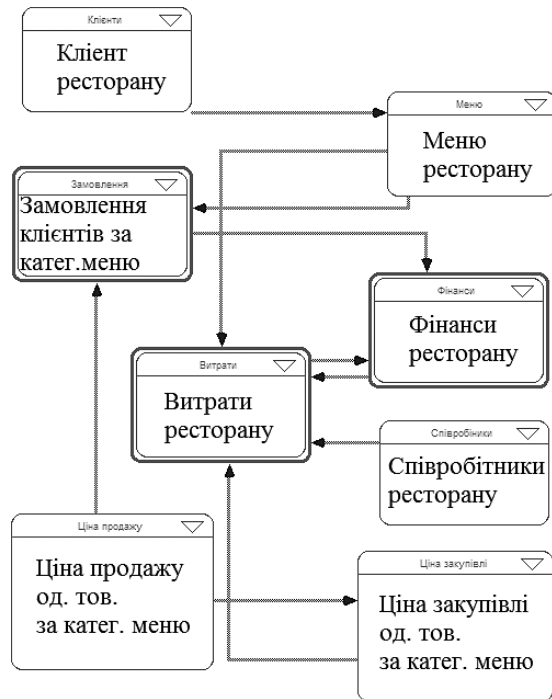


Рис. 5.1.1. Фреймова структура імітаційної моделі діяльності закладу ресторанного господарства

У блоці замовлень здійснюється імітація кількості замовлень за категоріями клієнтів, а також результатів їх фактичного виконання. Вихідні дані роботи блоку потрапляють до блоку «Фінанси ресторану» і є складовими потоку доходів. Ціна продажу одиниці товару за кожною категорією меню є складовою відповідного блоку. Оскільки обсяг реалізації ресторану представлений категоріями страв, то у спрощеному варіанті експериментів

ціна визначається як усереднена ціна страв у категорії. В моделі враховуються також можливі коливання ціни.

Ціна продажу невідривно пов'язана з ціною закупівлі сировини для приготування страв і напоїв коефіцієнтом націнки. Відповідні ціни використовуються у блоці «Ціна закупівлі одиниці товару за категоріями меню» при формуванні витрат ресторану за даною статтею.

У блоці «Співробітники ресторану» відтворюється склад персоналу, який бере участь у діяльності закладу та формує частину витрат у блоці «Витрати ресторану». Блок містить дані стосовно чисельності та заробітної плати співробітників за посадами.

В реалізації процесів у блоці «Витрати ресторану» беруть участь майже усі змінні імітаційної моделі, оскільки витрати закладу формуються за рахунок витрат на оплату праці співробітників (фонд заробітної плати (ЗП) створюється в результаті функціонування блоку «Співробітники ресторану»), витрат на закупівлю сировини для приготування страв і напоїв та інших витрат. До останніх належать щомісячні витрати на оренду приміщення та складу, рахунки за електроенергію, інші комунальні витрати, а також невеликі поточні витрати.

В процесі імітації враховується ретельне формування змінних «податки». Діючий алгоритм формування розміру податків містить такі компоненти: нарахування на ЗП, яке включає в себе ЕСВ й страхування; податок на прибуток. ПДВ вираховується з доходу у розмірі 20 %. Нарахування на заробітну плату вираховується таким чином: $\langle \text{фонд ЗП} \rangle \times (\langle \text{ставка ЕСВ} \rangle + \langle \text{ставка страхування} \rangle)$. Податок на прибуток з 2015 року складає 18 % від прибутку (без урахування витрат) та сплачується раз на рік юридичними особами, прибуток яких не перевищує 20 млн грн.

Блок «Фінанси ресторану» є одним з головних і призначений для імітації основних фінансових результатів роботи закладу: доходів, прибутку / збитків, рентабельності закладу. Вхідною інформацією для блоку є значення показників, що отримані в результаті роботи блоків «Замовлення клієнтів за категоріями меню» та «Витрати ресторану», які в свою чергу пов'язані з усіма іншими модельними блоками.

Фрагмент потокової діаграми блоку «Витрати ресторану» наведено на рис. 5.1.2.

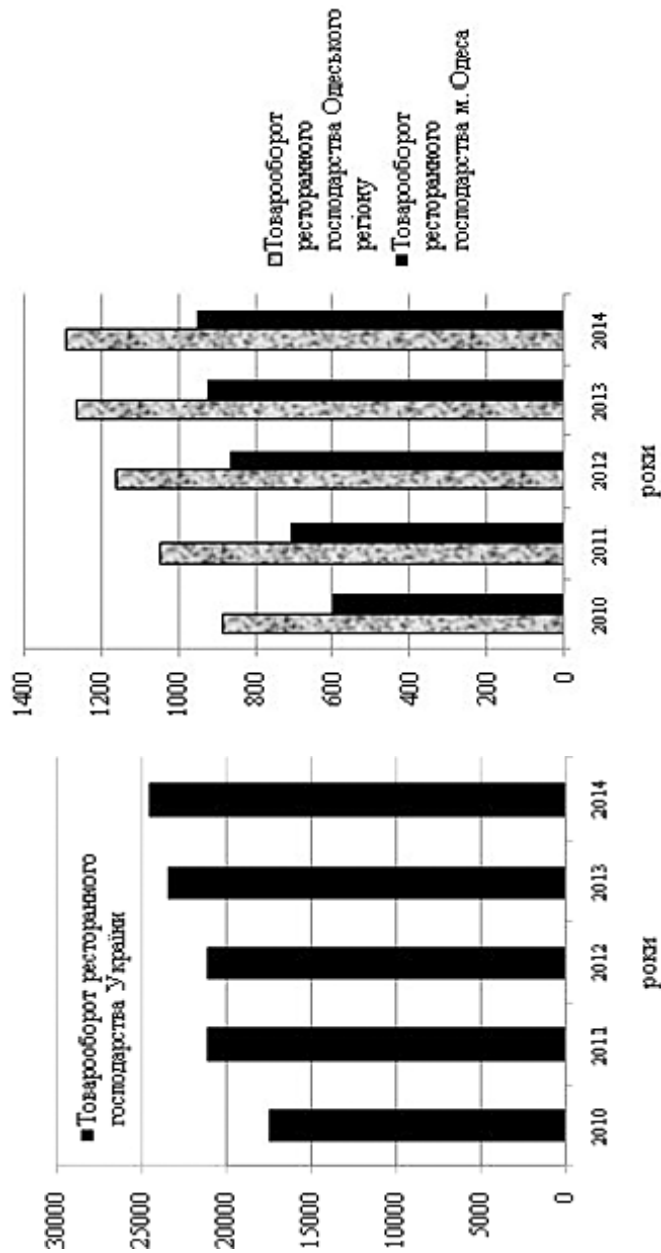


Рис. 5.2.1. Динаміка товарообігу ресторанного господарства України (млн грн)

Рис. 5.2.2. Динаміка товарообігу ресторанного господарства Одеського регіону та м. Одеси (млн грн)

Побудовано за даними Державної служби статистики України [24; 64]

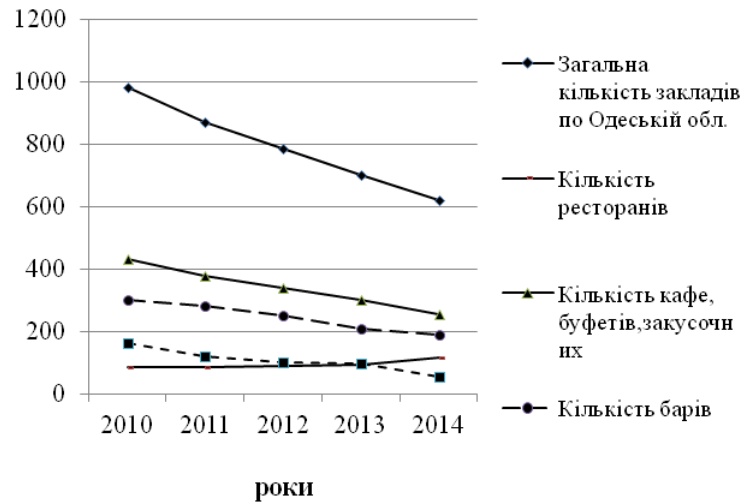


Рис. 5.2.3. Динаміка кількості об'єктів ресторанного господарства Одеського регіону (од.) (побудовано за даними Державної служби статистики України [24; 64])

Далі розглянуто фрагменти серії експериментів, проведених за період імітації 3 роки з кроком в один місяць. Фрагменти демонструють можливі реалізації імітаційних експериментів за сценарним підходом, коли здійснюється варіація складу та значень параметрів моделі з аналізом отриманих кінцевих результатів на предмет відповідності поставленим цілям.

Як видно з рис. 5.2.4, де представлено динаміку фінансового обігу ресторану протягом терміну дослідження, при сталому рівні цін і кількості клієнтів заклад отримує стабільний прибуток (прибуток представлено наростаючим підсумком). Однак високій ступінь ентропії ресторанного ринку диктує необхідність дослідження динаміки в умовах варіації цінових параметрів та потоків клієнтів.

Потоки клієнтів в моделі генеруються як стохастичні величини за рівномірним законом розподілу. Початкові межі інтервалів, встановлені в результаті обстеження мережі ресторанів «GoodFood», є наступними: студенти — від 100 до 350 осіб/місяць, середній клас — від 350 до 650 осіб/місяць, VIP-клієнти — від 80 до 150 осіб/місяць. За наведеним рівнем

клієнтів та при інших незмінних параметрах (цін продажу й закупівлі) модельні експерименти показують суміжні результати — зростання доходів. Це свідчить про те, що такий рівень відвідувачів є достатнім для нормального функціонування ресторану та отримання доходу.

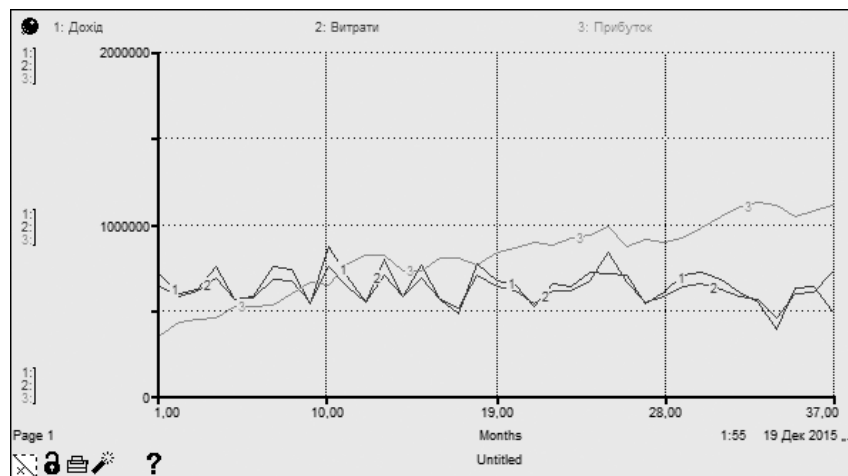


Рис. 5.2.4. Динаміка фінансового обігу ресторану (грн)

У наступних серіях експериментів потік відвідувачів закладу був варійований покрокове (по 5 %) у напрямку зменшення до 25 % з метою відображення відтоку клієнтів у зв'язку з загальним зниженням платоспроможності населення — рис. 5.2.5. Експерименти спрямовані на встановлення мінімально можливої кількості клієнтів, достатньої для безбиткової роботи ресторану.

Наведені експериментальні результати свідчать про те, що при втраті 25 % клієнтів заклад безумовно стає збитковим. Рівень максимально можливої втрати клієнтів, за яким ресторан ще функціонує безбитково, становить приблизно 10 %. Таким чином, залежність прибутку від кількості клієнтів є доволі чутливою. Якщо у стабільних економічних умовах заклад має можливість впливати на клієнтів за допомогою рекламних заходів, то за умов глибокої економічної кризи при неможливості впливати на інші показники існує реальна загроза банкрутства.

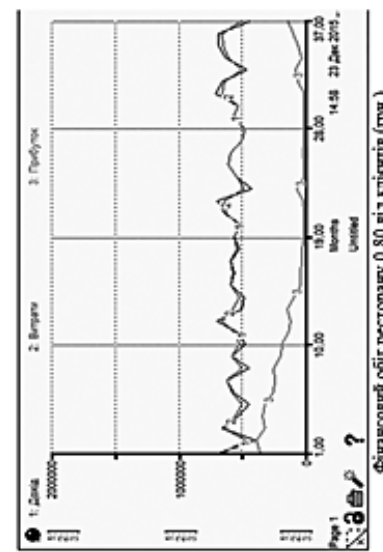
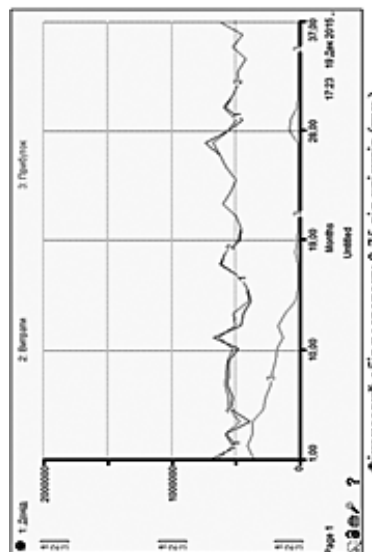
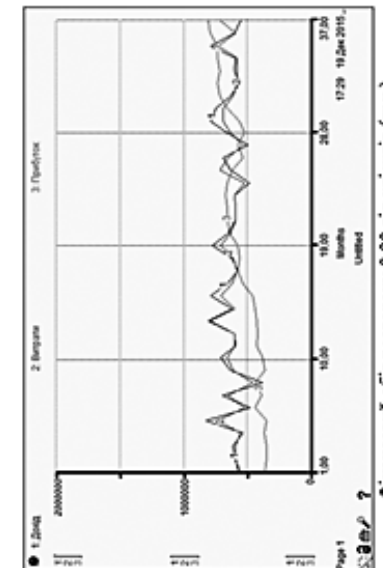
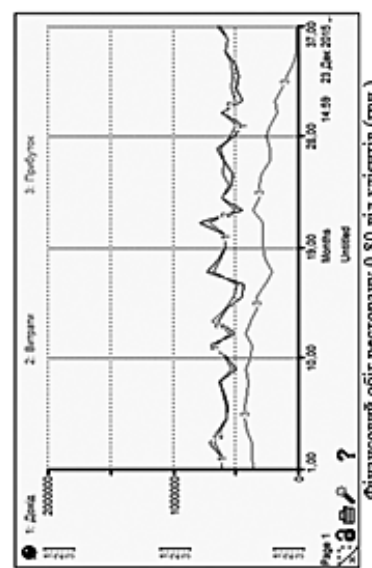


Рис. 5.2.5. Динаміка фінансового обігу ресторану з варіативними потоками клієнтів

Наступні серії експериментів були проведені з варіацією цін продажу страв та напоїв (рис. 5.2.6) й цін закупівлі сировини (рис. 5.2.7).

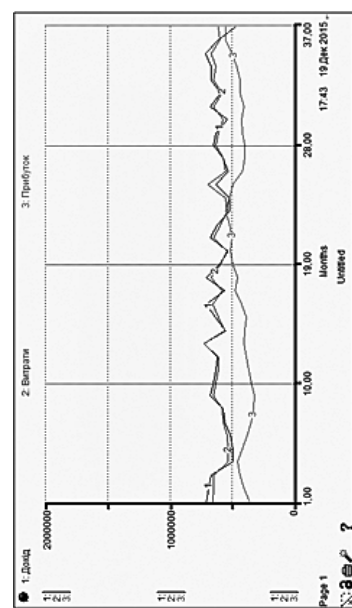
В ході моделювання встановлено, що стабільний прибуток можливо отримувати при загальному зниженні цін в межах 10—15 % від початкового рівня. Хоча рівень прибутковості знижується, спостерігається його стабільна позитивна динаміка. Що стосується підвищення цін реалізації, то воно позитивно впливає на рівень прибутку, але в рамках даної моделі оцінка росту ціни не є максимально достовірною, оскільки не можливо оцінити ступінь реакції клієнтів на підвищення цін. У ході подальшого удосконалення моделі треба забезпечити врахування дій конкурентів та ментальності відвідувачів конкретних типів ресторанів. Можливо, підвищення ціни навіть на 5 % схилить клієнтів до вибору іншого закладу, а можливо, і підвищення на 10 % не змінить встановлених уподобань. Аналіз реакції клієнтів та визначення порогу цін за означених умов є напрямком подальших досліджень.

Ще одним показником, який відчуває непрямий вплив зовнішнього оточення, є ціна закупівлі. Вплив на неї здійснюється через коефіцієнт націнки, який встановлюється головним адміністратором, власником ресторану або спільним рішенням. Звісно, цей коефіцієнт різний для кожної категорії.

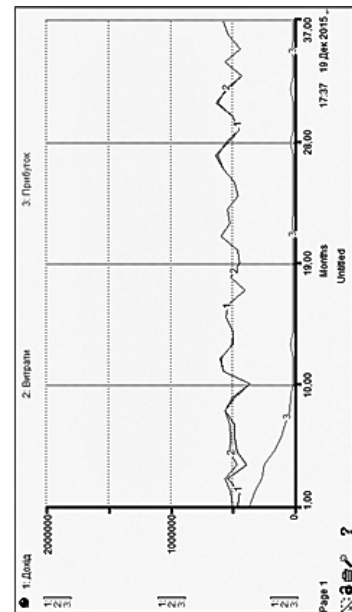
Варіація коефіцієнтів націнки (збільшення їх на 5 %, 10 % та т. д.) доводить, що ціна закупівлі є параметром, який має значний вплив на формування доходу закладу. Водночас це показник, на який важче всього впливати.

Проведені імітаційні експерименти дозволили визначити динаміку середньомісячної продуктивності одного закладу та посадкового місця мережі «GoodFood». Порівняння з відповідними показниками, усередненими по ресторанним закладам Одеського регіону (отримані на базі даних офіційної статистики), дозволяє зробити додаткові висновки на користь залучення запропонованого математичного апарату.

На рис. 5.2.8 та 5.2.9 наведені прогнозні динаміки середньомісячних продуктивностей на наступний рік, отримані з використанням модельних експериментів для мережі «GoodFood» і за допомогою статистичного прогнозу із залученням офіційної передісторії для ресторанних закладів Одеської області [24].

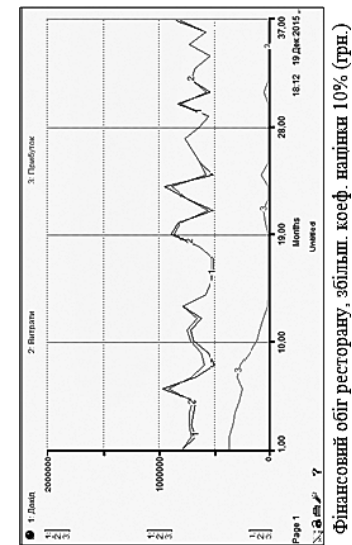


Фінансовий обіг ресторану 0,90 від ціни продажу (грн.)

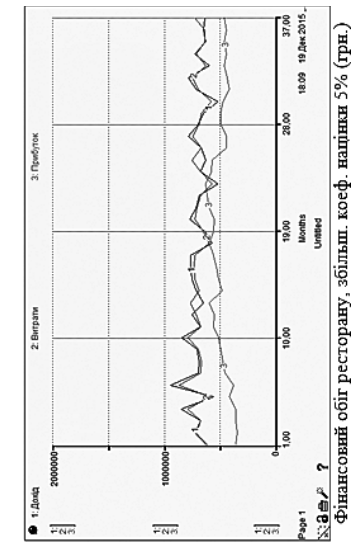


Фінансовий обіг ресторану 0,75 від ціни продажу (грн.)

Рис. 5.2.6. Динаміка фінансового обігу ресторану з варіативними значеннями цін продажу страв та напоїв



Фінансовий обіг ресторану, збільш. коеф. націнки 10% (грн.)



Фінансовий обіг ресторану, збільш. коеф. націнки 5% (грн.)

Рис. 5.2.7. Динаміка фінансового обігу ресторану з варіативними значеннями коефіцієнтів націнки

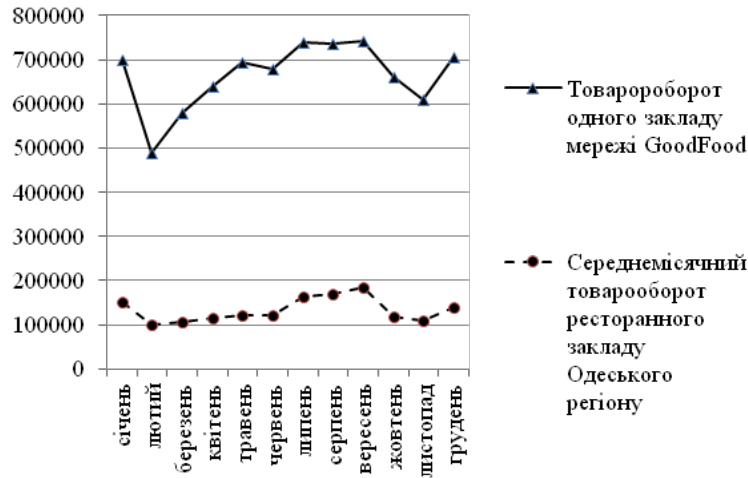


Рис. 5.2.8. Прогнозна динаміка товарообігу одного закладу РГ(грн)

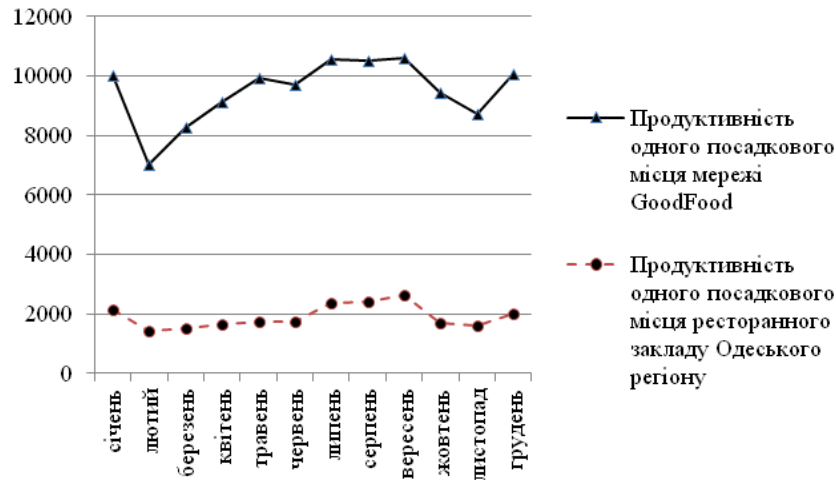


Рис. 5.2.9. Прогнозна динаміка середньомісячної продуктивності одного посадкового місця закладу РГ (грн)

Як видно, результати імітації на кілька порядків вище, що поряд з іншими причинами може вказувати на високий рівень

тінізації у ресторанному бізнесі. Однак ефективно управління передбачає наявність істинних результатів досліджень.

Використання системно-динамічного підходу дозволило побудувати гнучку модель для проведення спрямованих експериментів. Модель легко налаштовується на конкретну специфіку об'єкту моделювання, дозволяє визначати «вузькі місця» у його діяльності, прогнозувати динаміку основних кінцевих результатів на перспективу.

Розроблена модель може бути розглянута як база системи підтримки прийняття управлінських рішень. На основі аналізу результатів моделювання можна обґрунтовувати доцільність рішень, що приймаються. Зокрема, визначати вплив цінової політики закладу, ступеня ефективності його рекламної діяльності, різноманітних організаційних заходів на потоки клієнтів, їх склад; аналізувати ефективність системи постачання продукції та вплив цін закупівлі на фінансові результати роботи закладу тощо.

Розділ 6

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ІТ-ФІРМИ (ІТ-АУТСОРСИНГ)

6.1. Моделювання аутсорсингової фірми

Найбільш поширеними формами аутсорсингу сьогодні є аутсорсинг в інформаційних технологіях (ІТ-аутсорсинг) і аутсорсинг бізнес-процесів. ІТ-аутсорсинг — одна з галузей світового ринку, яка розвивається в останні роки найбільш швидкими темпами.

У сучасні часи ІТ-аутсорсинг перетворюється у реальну альтернативу для підприємств, яким не вистачає власних ресурсів для автоматизації бізнес-процесів з метою їх оптимізації та модернізації управління. Звернення до послуг аутсорсингових фірм сприяє зосередженню на розвитку конкурентних переваг та пошуку нових можливостей виживання, особливо в нестабільних економічних умовах.

Водночас аутсорсингові фірми постійно стикаються з низкою проблем, які потребують як оперативного розв'язання, так і прийняття стратегічних рішень на перспективу. Так, для вітчизняних аутсорсингових фірм — це і несприятливе економічне й політичне становище в країні, яке негативно впливає як на замовників, так і на виконавців аутсорсингових послуг; і загальне падіння ІТ галузі; високий рівень конкуренції та ризиків в сфері ІТ-аутсорсингу. Вплив наведених чинників особливо відчувається невеликими фірмами, які втрачають замовників і постійно знаходяться на грані закриття (зростання галузі відбувається здебільшого за рахунок великих та середніх гравців ринку). Труднощі посилюються у компаній, які працюють тільки на внутрішньому ринку. Все це потребує впровадження особливо гнучких механізмів управління аутсорсинговими компаніями, визначенню яких може сприяти моделювання їх діяльності.

Об'єктами моделювання обрано невеликі фірми, які надають клієнтам спектр послуг, пов'язаних з ІТ-аутсорсингом.

Для типової аутсорсингової ІТ-фірми характерні такі види діяльності:

- розробка різних видів програмного забезпечення;
- обслуговування технічних і програмних засобів;
- управління інформаційними системами, системами зв'язку і бізнес-процесами;
- web-дизайн;
- електронний бізнес;
- безпека ІТ тощо.

Створення імітаційної моделі має за мету прогнозування динаміки функціонування фірми на різну часову перспективу із визначенням найбільш ефективної стратегії розвитку. Імітаційні експерименти на моделі повинні виявити «вузькі місця» в роботі фірми, стати базою дослідження різноманітних впливів чинників зовнішнього та внутрішнього середовища функціонування фірми на кінцеві показники її діяльності.

Зокрема, за кожним з видів послуг, що надаються, необхідним є дослідження динаміки таких показників:

- кількості отриманих замовлень від клієнтів;
- кількості відхилених замовлень після проведеного фірмою аналізу;
- кількості оброблених фірмою замовлень клієнтів;
- вартості виконаних та втрачених замовлень;
- витрат фірми, пов'язаних із наданням аутсорсингових послуг клієнтам;
- фінансових результатів роботи фірми за різними видами послуг та загального фінансового результату діяльності.

Як реальний об'єкт моделювання була обрана типова ІТ аутсорсингова фірма — агентство інтернет-маркетингу «StarMarketing».

«StarMarketing» надає наступні види послуг:

— Розробка сайтів та інтернет-магазинів (відділ web-розробки). Агентство спеціалізується на розробці корпоративних сайтів та інтернет-магазинів з високою конверсією, які оптимізовані під розкрутку сайту та інтернет-рекламу.

— Розкрутка сайтів у пошукових системах: таких як Google і Яндекс (відділ SEO). Передбачається коректування текстового наповнення (контенту), структури сайту; контроль зовнішніх

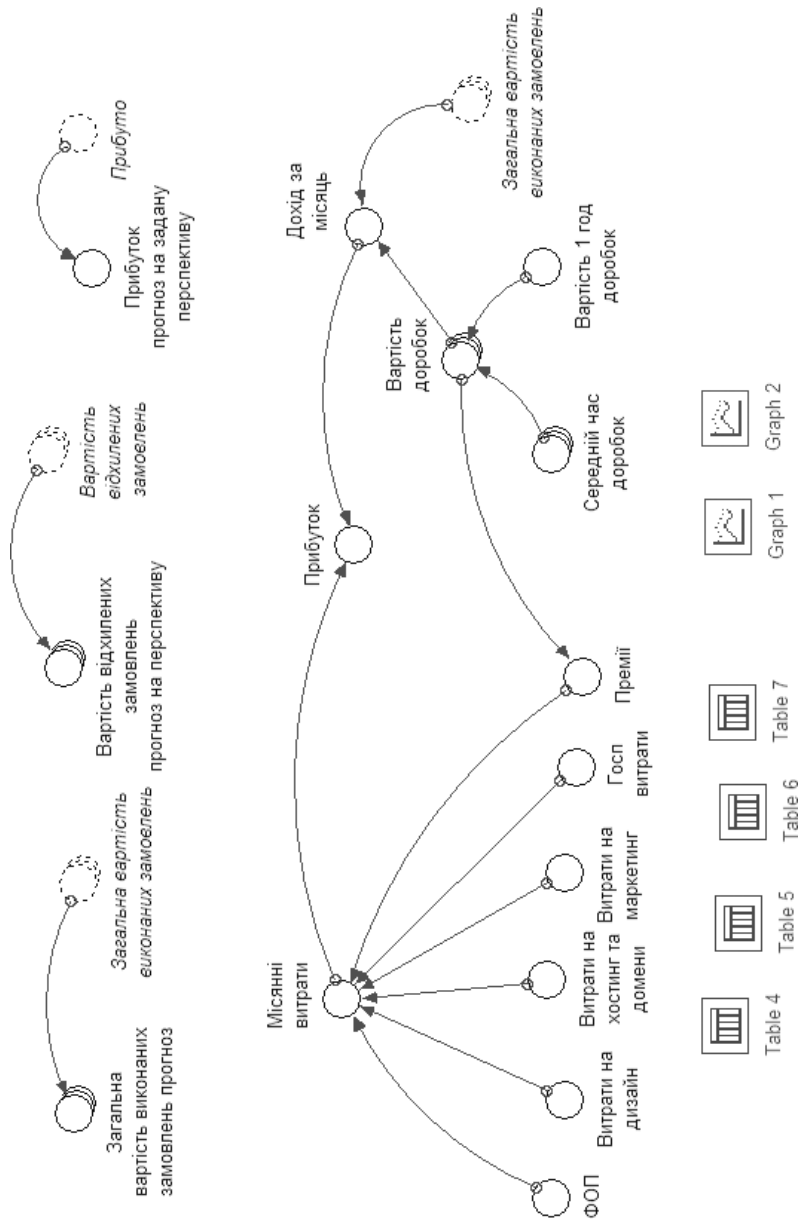


Рис. 6.1.2. Погокова діаграма блоку «Фінансові результати роботи фірми» (фрагмент)

Далі усі отримані замовлення розглядаються і аналізуються проектним менеджером та директором. Вони обговорюють технічні завдання та всі умови разом із замовниками.

Якщо вимоги та терміни виконання замовлення влаштовують агентство, то починається розробка прототипу сайту та дизайну в разі надходження замовлення на сайт; обговорюється з клієнтом і тільки після цього передається до відповідних відділів. В іншому випадку замовлення агентством відхиляється.

Наступним кроком є процес оперативно-календарного планування, в ході якого кожне замовлення розбивається на підзадачі. Виконання кожної підзадачі фіксується та ведеться облік. Це необхідно для полегшення контролю виконання замовлення та спрощення виправлення помилок. В деяких випадках щотижневі звіти відправляються замовнику.

Далі починається виконання замовлень співробітниками відділів. В обробку замовлень на сайти входить програмування, тестування сайту, наповнення контентом та його SEO-оптимізація, установка різноманітної аналітики, настройка хостингу та запуск проекту в мережу Інтернет.

В процесі виконання деякі замовлення можуть бути відхилені самим замовником. В разі необхідності фірма пропонує клієнту підтримку сайту, тобто його оновлення відповідно до вимог клієнта, просування в соціальних мережах, в пошукових системах Google та Яндекс, контекстну рекламу.

Але в той же час агентство пропонує просування в соціальних мережах, пошукових системах та контекстну рекламу як окремі послуги.

Тривалість моделювання визначається залежно від конкретної необхідності менеджерів. Кроком моделювання (за проведеннями обстеженнями) доцільно обирати часову одиницю, відповідну найкоротшій операції, яка імітується у моделі (наприклад, один день). За одиницю виміру вартісних показників, які визначаються протягом модельних експериментів, обрано долари США.

Докладні алгоритми розрахунків в межах моделі наведені у [87].

6.2. ПОСТАНОВКА ІМІТАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Роботу моделі проілюструємо деякими узагальненими результатами проведених імітаційних експериментів на базі фірми «Star Marketing».

Так, в ході імітації роботи агенції протягом півріччя (прогноз на перше півріччя 2015 року) з добовим кроком були отримані такі загальні результати — рис. 6.2.1—6.2.4 (інформація на графіках зведена по місяцях; показники у вартісному вимірі наведені у дол. США)¹.

У ситуації, що моделювалася, передбачалося, що фірма «Star Marketing» не буде суттєво змінювати умов діяльності, загалом орієнтуючись тільки на те коло клієнтів, що вже склалося традиційно.

Як видно, прогнозується падіння обсягів ІТ-послуг за всіма видами, що, відповідно, призведе і до падіння величини прибутку агенції.

Важливим показником умов функціонування аутсорсингової фірми є вартість відхилених замовлень. Замовлення можуть бути відхилені не тільки за ініціативою фірми в результаті проведеного аналізу (за різними причинами як технічного, так і фінансового характеру), але і за ініціативою клієнту в період виконання замовлень. Договір аутсорсингу укладається зазвичай на тривалий період, а це означає, що існує небезпека майбутніх витрат і ризиків, оскільки наявна залежність від замовника.

Наприклад, реорганізація підприємства-клієнта може спонукати його керівництво достроково завершити контракт і знову передати обслуговування бізнес-функцій внутрішньому підрозділу.

Зміна усвідомлення власних потреб часто призводить до ситуації, коли клієнти в останню мить змінюють свої побажання, що може негативно відобразитися на стані справ аутсорсера або ж дійти до відмови клієнта від послуг аутсорсингової фірми. В процесі роботи можливі випадки погіршення фінансового стану замовника, що призводить до збитків у аутсорсера завдяки тому, що при витрачених ресурсах неможливо продати розроблений унікальний продукт іншій компанії.

¹ Реально отримані прогнозні тенденції демонструються на графіках на умовних даних.

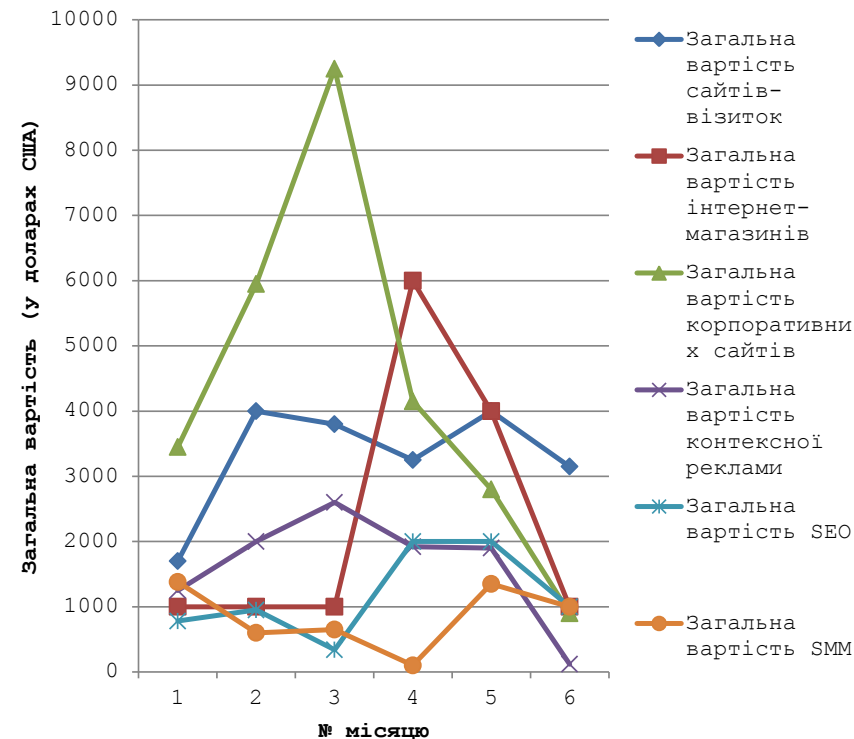


Рис. 6.2.1. Прогнозна динаміка місячної загальної вартості ІТ-послуг фірми

Динаміка місячних витрат фірми демонструє невелику амплітуду коливань, що зумовлено прогнозом їх достатньо сталої структури. Прогнозується виплата загалом стабільної заробітної плати співробітникам, а також стабільність витрат на хостинг та домени. Коливання інших витрат прогнозується у незначних межах.

Згідно з тим, що витрати та доходи фірми вимірюються у доларовому еквіваленті та коливання курсу гривні не має суттєвого впливу, отримані результати можна вважати достовірними.

Інша ситуація матиме місце, якщо фірма піде шляхом більшої диверсифікації кола клієнтів, а також нарощуватиме персонал й інтенсивність проведення роботи з виконання замовлень. Це, звісно, потребуватиме залучення певних інвестицій, що цілком

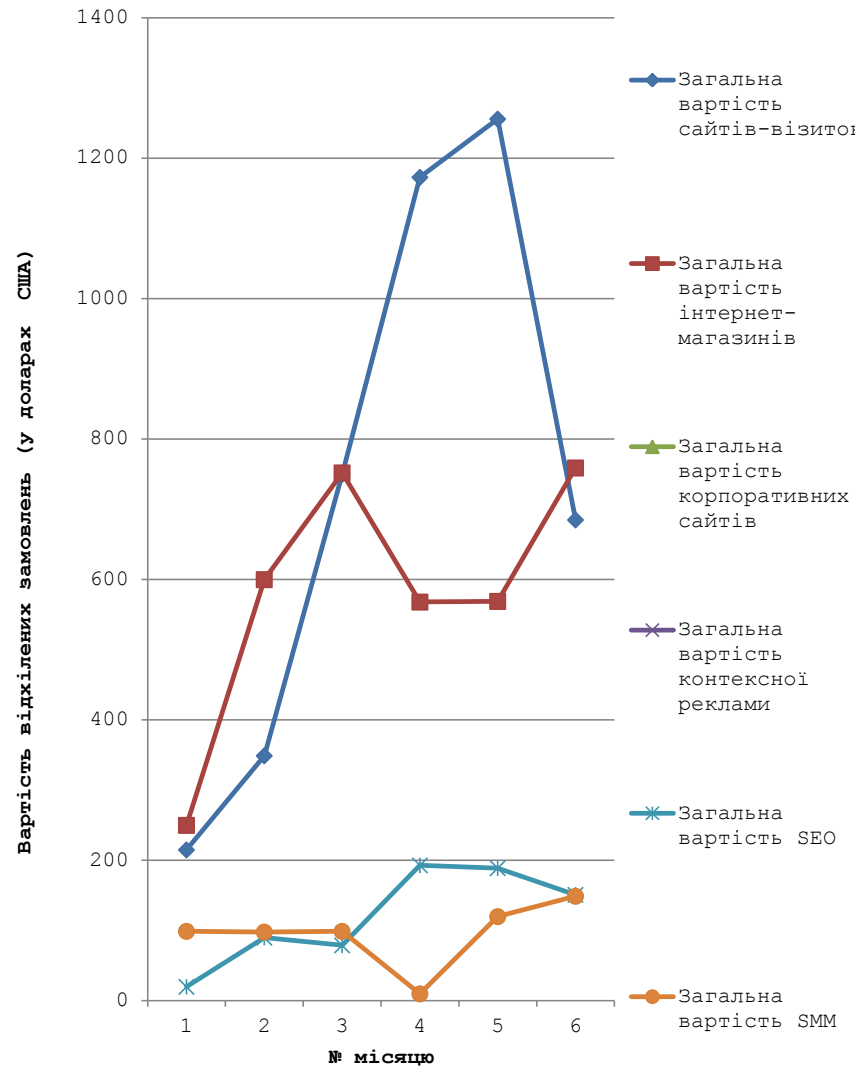


Рис. 6.2.2. Прогнозна динаміка місячної загальної вартості відхилених замовлень

реально з погляду менеджерів агенції. Однак таке розширення сфери діяльності потребує відповідного обґрунтування.

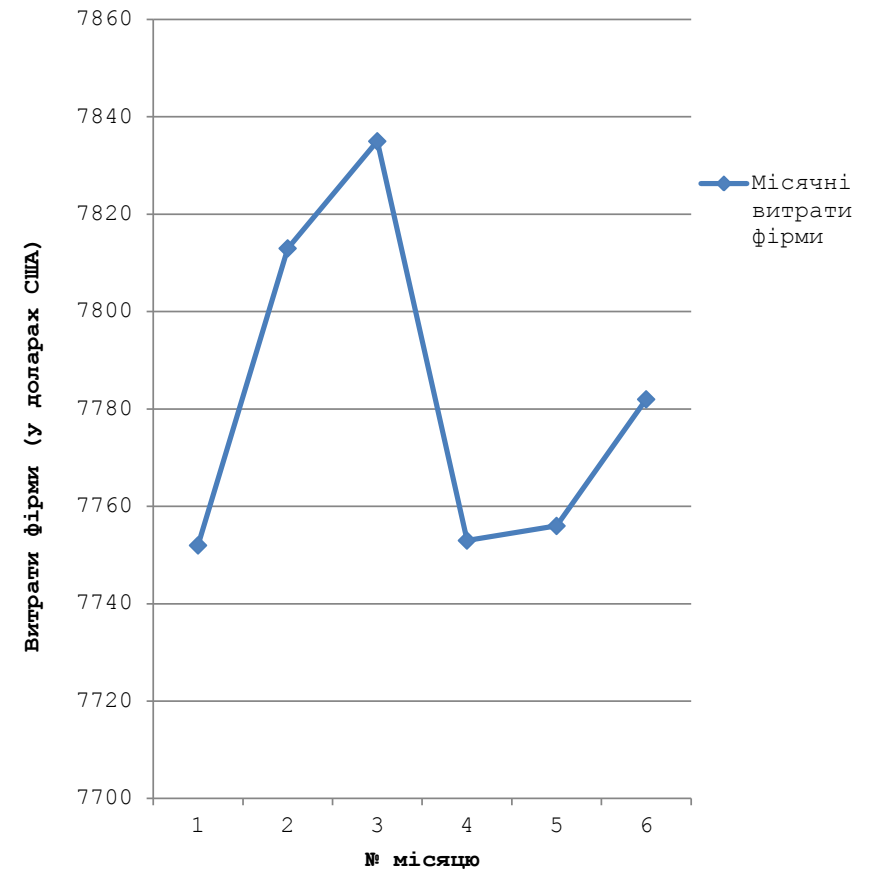


Рис. 6.2.3. Прогнозна динаміка місячних витрат фірми

Далі представлені окремі фрагменти результатів імітаційних експериментів стосовно визначеної ситуації, а також із дослідженням впливів сезонності потоку замовлень на ІТ-послуги, проведених на наступний рік (крок імітації — доба).

Сезонність значно впливає на головні показники роботи аутсорсингової фірми, коли змінюється структура потоку замовлень. Якщо підприємства або організації-замовники належать до галузей із сезонним типом виробництва (надання послуг), це часто обумовлює і періодичність їх звернення до агенції. Наприклад,

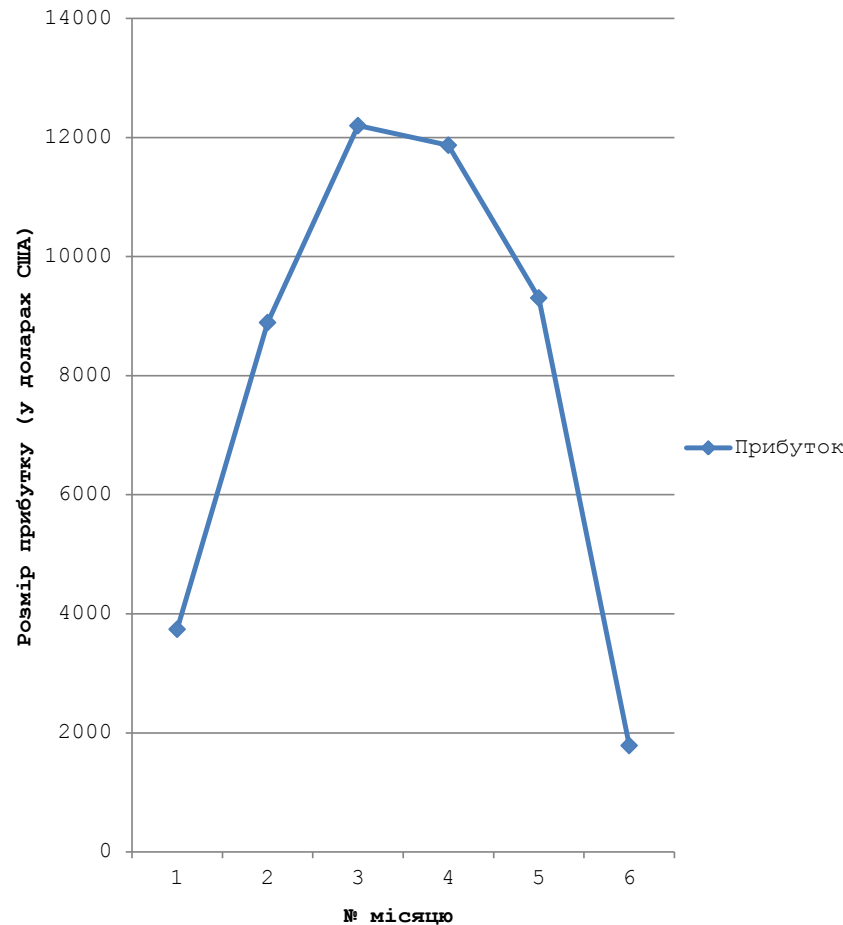


Рис. 6.2.4. Прогнозна динаміка прибутку фірми

це стосується компаній будівничої індустрії, туристичного бізнесу, легкої промисловості та ін. Зниження кількості замовлень впливає на доходи агентства, а їх збільшення в пік сезону іноді змушує співробітників працювати понаднормово. В таких випадках відмовляти клієнтам фірма не бажає, але і оперативно розширити штат теж не може, оскільки це завдання також потребує часу та додаткових фінансових вливань.

На рис. 6.2.5—6.2.7 представлена прогнозна динаміка головних показників без врахування та з врахуванням впливу фактору сезонності.

Як свідчать результати прогнозів, реалізація аутсорсинговою фірмою стратегії диверсифікації призведе до суттєвого збільшення її фінансових обігів. Водночас спостерігається значний вплив на кінцеві результати фактору сезонності.

Зміна клієнтури призводить не тільки до зміни номенклатури послуг, що користуються її попитом, але і до зміни кількості конкретних видів замовлень й загальної вартості ІТ-послуг, наданих фірмою впродовж досліджуваного періоду. З розширенням ринкової ніші фірми збільшуються обсяги відхилених замовлень. Особливо це стосується замовлень на розробку інтернет-магазинів (рис. 6.2.6).

Диверсифікована стратегія забезпечуватиме фірмі також значне зростання прибутку.

Загальними висновками на базі проведених імітаційних експериментів є наступні:

— Стратегія диверсифікації (з точки зору складу клієнтури) у освоєнні ринку ІТ-послуг принесе фірмі загалом позитивні результати.

— Загальна тенденція спаду значень усіх показників до кінця досліджуваного періоду зберігатиметься.

— Перед фірмою постає значна проблема — формування ефективної структури замовлень, тобто залучення і збалансований відбір клієнтів. Це суттєво, тому що результати експериментів доводять значний вплив фактору сезонності (обумовленого специфікою клієнтури) на кінцеві показники роботи агенції «Star Marketing».

— Експериментально визначені «вузькі місця» в роботі фірми передбачають впровадження комплексу заходів: налагодження документообігу; виключення зайвих комунікацій; автоматизація рутинних робіт; паралельне виконання задач; підвищення кваліфікації співробітників; реалізація ефективних маркетингових рішень.

Остаточне рішення стосовно прийняття конкретної стратегії фірма може прийняти, порівнюючи власні фінансові (інвестиційні) можливості свого розширення з прогноною динамікою отриманих результатів функціонування. Подальші розробки модельного комплексу передбачатимуть імітацію різноманітних кризових впливів на процеси реалізації обраних стратегій.

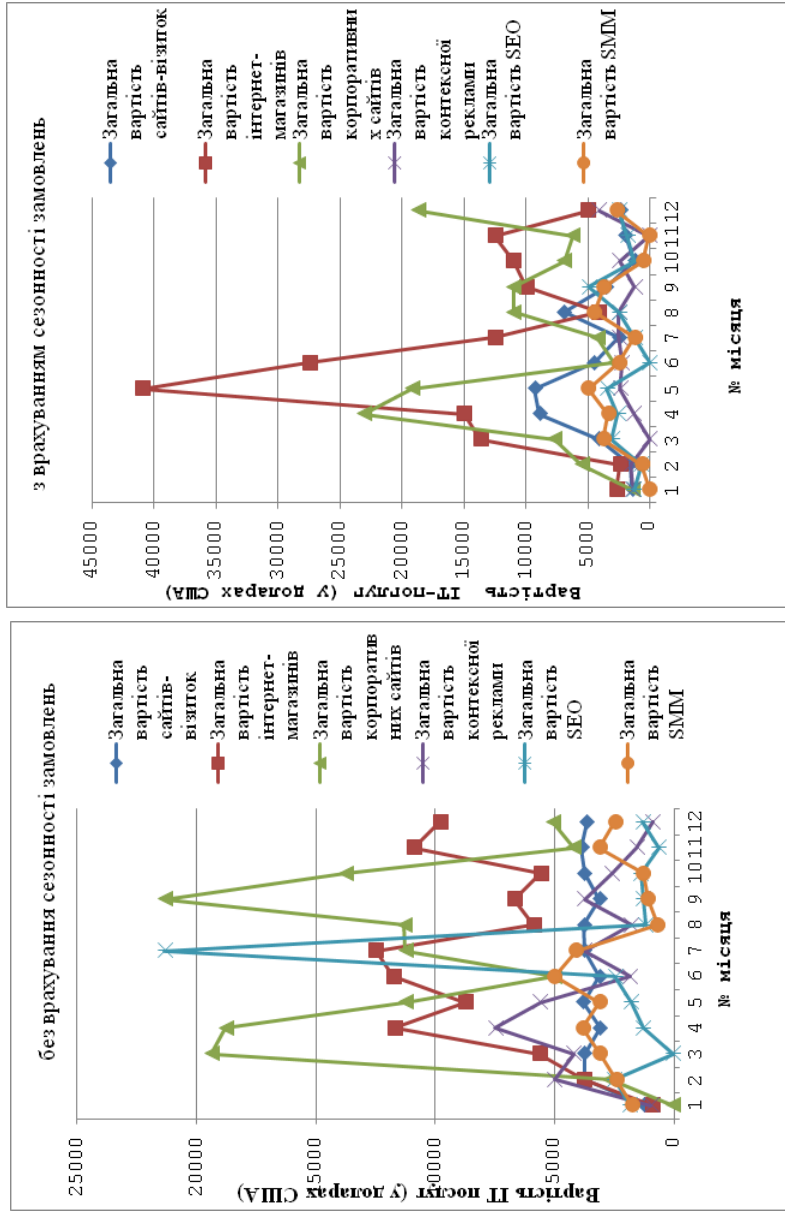


Рис. 6.2.5. Прогнозна динаміка місячної загальної вартості ІТ-послуг фірми

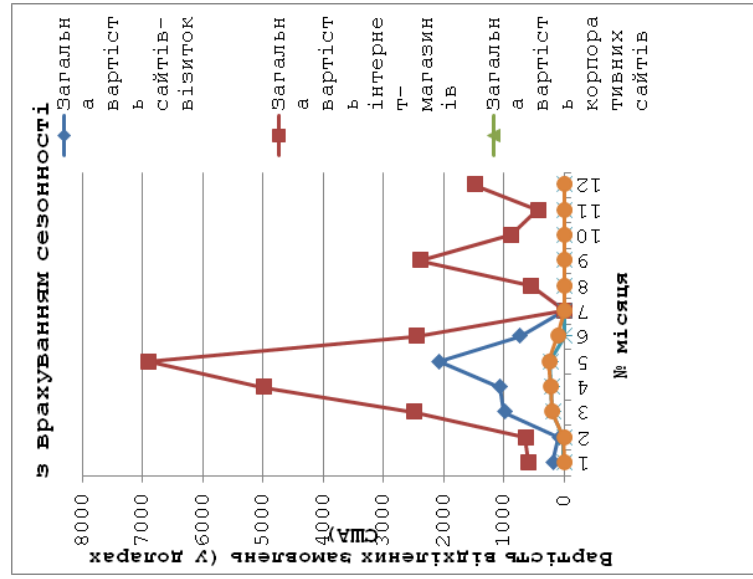
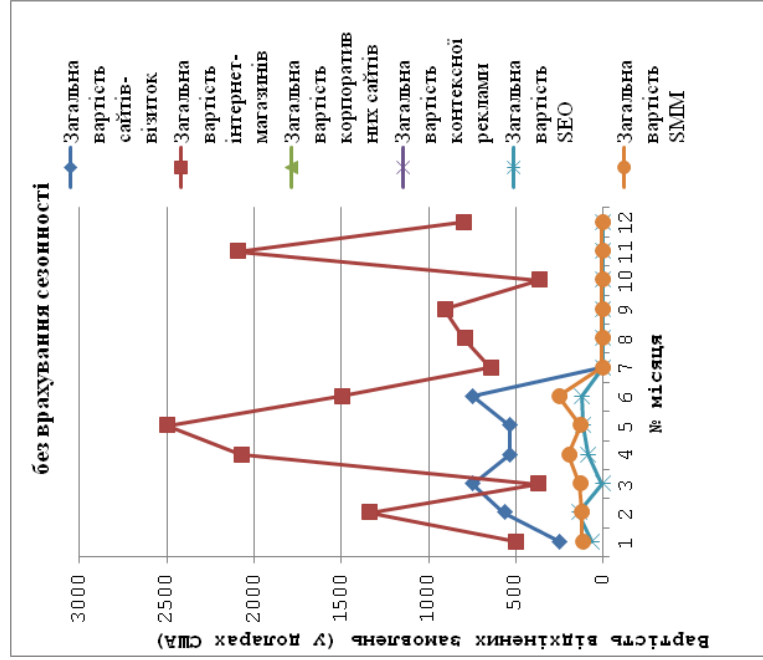


Рис. 6.2.6. Прогнозна динаміка місячної загальної вартості відкритих замовлень фірмою замовлень



Рис. 6.2.7 Прогнозна динаміка прибутку фірми

Розділ 7

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФІНАНСОВОГО УПРАВЛІННЯ В ДІЯЛЬНОСТІ СТРАХОВИХ КОМПАНІЙ

7.1. Оцінка прибутку страхової компанії засобами комп'ютерного моделювання

Досвід успішно функціонуючих страхових компаній показує, що в сучасних умовах ведення бізнесу необхідно, з одного боку, все більшою мірою орієнтуватися на бажання клієнтів, а з іншого боку, постійно підвищувати результативність роботи самої компанії. Для поєднання цих вимог страховику необхідно проводити постійний контроль операційної діяльності, оскільки вона є основою обліку фінансових потоків страхової компанії та відіграє ключову роль в побудові моделі управління [9].

Застосування методів та моделей імітаційного моделювання для обґрунтування оцінки фінансового стану страхової компанії може слугувати основою для аналізу поточного рівня розвитку бізнесу з перспективою на майбутнє. Для керівників і власників компанії це є засобом отримання достовірної інформації про її реальні можливості. Особливо це важливо для розробки різних сценаріїв розвитку в динамічному ризиковому середовищі [42].

Специфіка діяльності страхової компанії обумовлює необхідність визначення системи показників для моніторингу фінансових результатів. Система показників повинна характеризувати особливості функціонування страхової компанії, аналізувати вплив різних чинників на процеси управління. Проблема визначення системи показників постійно досліджується і є актуальною. Оскільки кількість досліджуваних чинників може бути різною, все залежить від повноти та деталізації проведення аналізу та цілей управління.

В умовах зростання фінансової конкуренції кожен страховик намагається працювати прибутково. Особливої актуальності

набуває управління витратами (адміністративними витратами, витратами на проведення процесу обслуговування, рівнем страхових комісій, резервуванням засобів для майбутніх виплат та ін.), у процесі яких страховики часто відходять від класичних методів управління, ігнорування якими часто призводить до негативних результатів [45; 53].

У зв'язку з цим розробка імітаційної моделі для оцінки та прогнозування фінансового результату страхової компанії на базі сучасних технологій комп'ютерного моделювання є актуальною проблемою, яка й обумовила вибір теми дослідження, його мету та завдання.

Діяльність страховика припускає не тільки відшкодування своїх витрат, але й одержання прибутку. Балансовий прибуток страховика забезпечується доходами, які він отримує у результаті виконання як страхових, так і нестрахових операцій.

Балансовий прибуток страховика складається з прибутку від страхової діяльності, прибутку від інвестування і розміщення тимчасово вільних коштів, прибутку від інших операцій.

Прибуток від страхових операцій — це такий позитивний фінансовий результат, при якому досягається перевищення доходів над витратами із забезпечення страхового захисту, коли страховик повністю виконує зобов'язання за договорами страхування, що укладені від його імені, за встановлений період часу [53].

Розглянемо більш детально рух фінансових ресурсів страхової компанії, тобто фінансові потоки страховика (рис. 7.1.1).

Як видно з рис. 7.1.1, у центрі діяльності страхової компанії знаходяться страховувальники, оскільки вони є основним джерелом отримання фінансових ресурсів у вигляді страхових платежів (премій) (рис. 7.1.1, стрілка 1).

На другому етапі починається розподіл і трансформація отриманих коштів. В першу чергу, в частині нетто-ставки страхова премія прямує на формування страхових резервів, як показано стрілкою 2. За рахунок страхових внесків у частині навантаження йде покриття витрат на ведення справи та управління (стрілка 3), а сума, що залишилася, складає прибуток від проведення страхових операцій (стрілка 4). Прибуток (після сплати усіх податків та у разі проведення успішної страхової діяльності) переходить до складу капіталу власника, що показують стрілки 5—6.

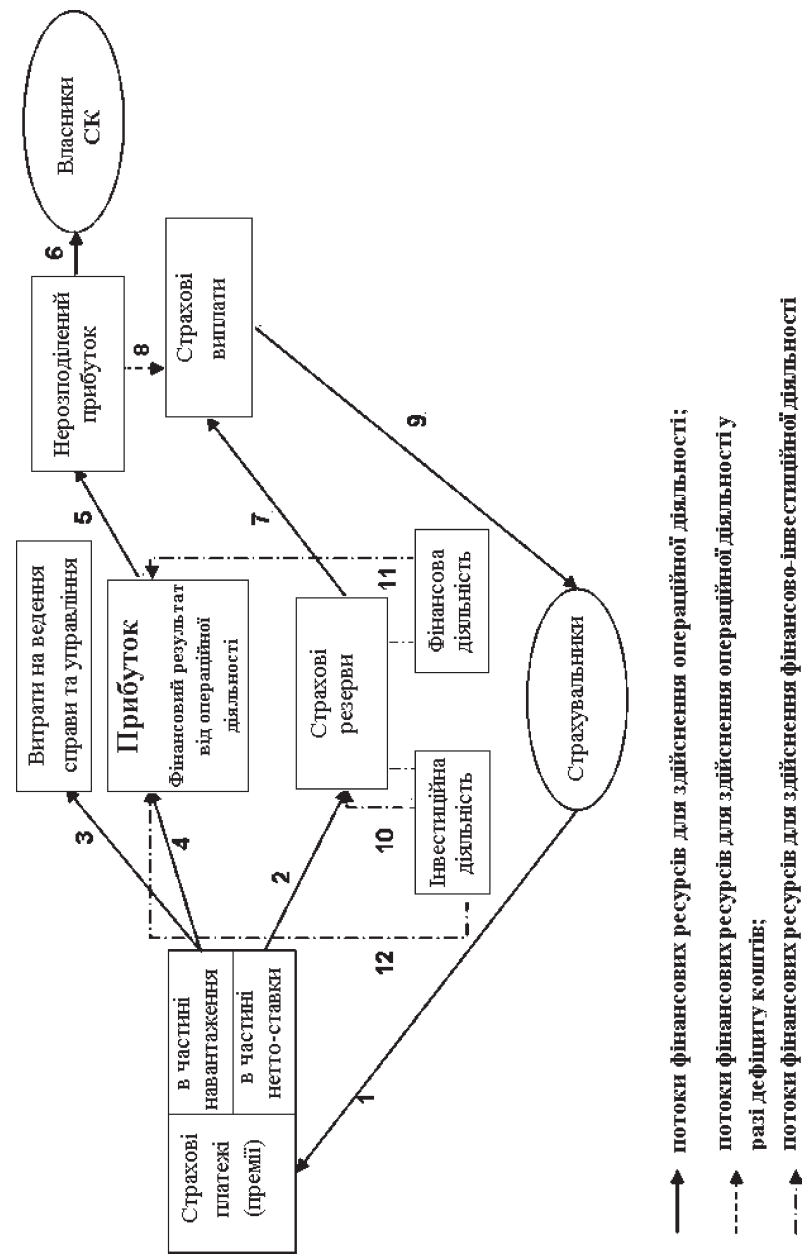


Рис. 7.1.1. Схема руху фінансових ресурсів страхової компанії у процесі операційної діяльності

СР — страхові резерви; КВ — коефіцієнт виплат із страхових резервів (знаходиться в межах від 0 до 1); Д% — відсоток (дохідність) від розміщення коштів на прибуткових банківських рахунках; ВСР — відрахування у страхові резерви (для виплат страхових сум та страхових відшкодувань за договорами страхування та перестраховування); Р% — відсоток відрахувань у страхові резерви; УВ — управлінські витрати; У% — відсоток витрат на управління; ВНС — витрати на ведення справи (адміністративні витрати, витрати на збут, інші операційні витрати); ПС% — відсоток витрат на процес страхування; ПП — податкові платежі; В% — відсоток податку на прибуток від іншої діяльності; ІВ — інші витрати (виплата комісій агентам та ін.); К% — відсоток страхових комісій.

Для оцінки та прогнозування прибутку (формула 1) та нерозподіленого прибутку з урахуванням можливих варіацій потоку страхових платежів розроблено імітаційну модель, яка побудована на основі системно-динамічного підходу в імітаційному моделюванні (рис. 7.1.2).

Імітаційна модель побудована у системі моделювання Ithink на основі системно-динамічного підходу імітаційного моделювання, особливості якого можна охарактеризувати таким чином:

- 1) прогнозний характер дослідження;
- 2) дослідження проводиться на агрегованому рівні, тобто експериментатора цікавлять загальні прогнозні тенденції розвитку об'єкта на будь-яку перспективу;
- 3) у ході дослідження імітацію проводять різними способами, в ході імітації може враховуватися вплив різноманітних чинників, у тому числі стохастичного характеру.

Системно-динамічний підхід має свою термінологію, свої алгоритми, об'єкти, концепції, абсолютно особливі і характерні для нього. Математичною основою методу системної динаміки є кінцево-різницеві рівняння, які вирішуються методом Ейлера або Рунге — Кутта [99; 101].

У імітаційній моделі (рис. 7.1.2) проводиться моделювання операційної діяльності страхової компанії. В рамках моделі забезпечується наповнення початковим капіталом страхової компанії та його подальший розподіл для забезпечення проведення страхової діяльності. Для якісного управління фінансовими ресурсами та зниження ризику визначаються ефективні пропорції розподілення капіталу за фондами страховика.

Модель розподілена за такими основними сферами діяльності: облік страхових платежів; акумулювання доходів страховика та проведення їх розподілу; моделювання витрат страховика; формування прибутку страховика.

В межах імітаційної моделі за різними видами страхування, які здійснюються компанією, імітуються: потоки клієнтів; потоки фінансових платежів; процеси відрахування до резервних фондів; поточні витрати і доходи.

В ході імітації наведених потоків моделюється вплив на них різних стохастичних чинників (рівень інфляції, дії конкурентів, кризові та посткризові дії та ін.). Процес імітації приводить до визначення основних результатів діяльності страховика (доходи, витрати, відрахування у страхові резерви, комісійні винагороди, адміністративні витрати, чистий прибуток, нерозподілений прибуток та ін.).

Слід підкреслити, що період моделювання і крок імітації встановлюються користувачем на свій розсуд. Таким чином, результатом роботи цього блоку є динаміка перерахованих вище потоків в цілому і за кроками моделювання. Отримані результати можуть використовуватись для встановлення фінансової стійкості страхової компанії.

Обрана система показників у імітаційній моделі охоплює всі важливі аспекти фінансової стратегії управління і, на нашу думку, є універсальною.

Серед головних показників, які визначаються у імітаційній моделі, такі [53]:

1. «Страхові платежі» характеризують величину коштів, одержаних страховиком за договорами страхування та перестраховування. Цей показник визначається в цілому по компанії, за окремими видами страхування і у розрахунку на один договір.

2. «Сукупні доходи страхової компанії». Цей показник розглядається у динаміці. При цьому вивчається його склад, структура і фактори збільшення (зменшення). Доходи страхової компанії мають свою специфіку і поділяються на три групи: доходи від власне страхової діяльності; доходи від інвестиційної та фінансової діяльності, тобто пов'язані із інвестуванням і розміщенням тимчасово вільних коштів (як власних, так і коштів страхових резервів); інші доходи від звичайної господарської діяльності.

3. «Сукупні витрати страхової компанії» включають: виплати страхових сум та страхових відшкодувань за договорами

страхування й перестраховування; витрати на обслуговування процесу страхування і перестраховування; витрати на утримання страхової компанії та ін.

4. «Прибуток від інвестиційної діяльності» являє собою різницю між доходами і витратами, пов'язаними із інвестиційною діяльністю.

5. «Фактичний прибуток» являє собою різницю доходів за звітний період і понесених витрат страховика. Крім цього, на його величину впливають результати інвестиційної діяльності страховика.

Прибуток страхової компанії визначається у імітаційній моделі як фінансовий результат її діяльності за певний звітний період (квартал, півріччя, дев'ять місяців, рік). Фінансовий результат — це вартісна оцінка підсумків господарювання страховика. Він визначається як різниця між доходами і витратами. Оскільки страхова компанія проводить не лише основну (страхову), а ще й інвестиційну та фінансову діяльність, прибуток страховика також є підсумком фінансових результатів усіх перелічених видів діяльності. Прибуток страховика складається з прибутку від страхової діяльності, прибутку від інвестиційної та фінансової діяльності, прибутку від іншої звичайної операційної діяльності та надзвичайних операцій.

6. «Страхові резерви» характеризують забезпечення страховою компанією майбутніх виплат страхового відшкодування та поділяються на резерв незароблених премій та резерв збитків для страхових компаній, які здійснюють ризикові види страхування [9; 95].

Сформована система показників оцінювання фінансового стану страхових компаній базується на загальнодоступній інформаційній базі (що надається в установленому порядку заставниками і контрольним органам).

На базі отриманих результатів імітаційної моделі у наступних кроках дослідження може обчислюватись група загальних показників фінансового стану страхової організації, яка характеризує макроекономічну ситуацію (структуру страхового портфеля, темпи зростання страхової премії і виплат, рівень виплат, збитковості та ін.) і включає основні кількісні характеристики діяльності страхової компанії — показники сукупної страхової премії і сукупних страхових виплат, в цілому і по окремих галузях і видах страхування, структуру страхового портфеля, сукупні доходи та

витрати страхової компанії, абсолютні і відносні показники. Значення абсолютних показників діяльності страхової організації використовується для оцінки масштабів її діяльності і визначення положення компанії на страховому ринку. Динаміка цих показників дозволяє простежувати тенденції розвитку, зміну фінансового положення компанії в часі. Аналітичній службі страхової організації надається можливість формування власної системи аналітичних показників із запропонованої безлічі показників з урахуванням специфіки діяльності конкретної страхової організації.

Розглянемо деякі результати діяльності страхової компанії «Європейський страховий альянс», отримані на основі імітаційної моделі.

«Страхові платежі» представляють основну статтю доходів страховика. У модельному комплексі даний показник визначається в цілому по компанії, по окремих видах страхування і у розрахунку на один договір.

До 2014 року приводяться фактичні дані по збору страхових платежів, а на період 2015—2016 рр. здійснюється прогноз. При цьому імітація здійснюється різними засобами: з використанням відповідних статистик та трендових функцій (табл. 7.1.1).

Одним із важливих аспектів забезпечення прибутку є розподілення витрат [53]. На базі імітаційної моделі страховик може прогнозувати результати майбутніх витрат (табл. 7.1.2, рис. 7.1.3).

Межі витрат можуть регулювати керівники та менеджери страхових компаній. З огляду на структуру тарифної ставки зауважимо, що витрати на обслуговування процесу страхування і перестраховування та витрати на утримання страхової компанії, тобто всі витрати на ведення справи, звичайно становлять 20—25 % страхового тарифу, тоді як на виплати страхових сум і страхового відшкодування припадає від 60 до 80 %.

Для забезпечення фінансової стійкості страхової компанії необхідне постійне перевищення доходів над витратами [9; 95]. На рис. 7.1.4 показано в динаміці порівняння доходу та витрат страхової компанії.

На період 2004—2014 рр. витрати розраховуються на основі фактичних даних, а на період 2015—2016 рр. здійснюється прогноз (на базі методу системної динаміки, основних принципів ведення страхової справи та стратегії ведення бізнесу компанії) [52; 87] (рис. 7.1.4).

Таблиця 7.1.1
Находження страхових платежів по окремим видам страхування, тис. грн

Рік	Майнос	Обов'язкове	Особисте	Відповідальності	Вантажів та багажу	Транспорту
2004	19 449,70	2116,30	2818,20	4241,20	363,70	25 366,90
2005	11 855,60	13 713,00	4297,90	2471,60	509,90	34 486,90
2006	29 491,10	15 442,20	7409,60	3224,50	852,00	56 758,60
2007	36 772,50	13 827,30	7561,90	5283,10	524,60	65 948,10
2008	7867,90	14 357,30	14 971,10	5188,10	574,60	52 553,60
2009	5554,02	8394,26	4584,39	3334,77	315,05	34 283,65
2010	5228,41	9955,60	5171,91	3578,67	324,83	37 911,51
2011	5144,47	12 341,28	6098,59	4014,07	350,07	43 819,10
2012	5134,13	15 517,02	7293,95	4566,71	382,64	51 370,15
2013	4977,41	18 952,53	8474,36	5047,00	406,31	58 501,79
2014	4825,48	23 148,67	9845,80	5577,80	431,43	66 623,50
2015	4678,18	28 271,85	11 439,19	6164,42	458,11	75 872,73

Таблиця 7.1.2

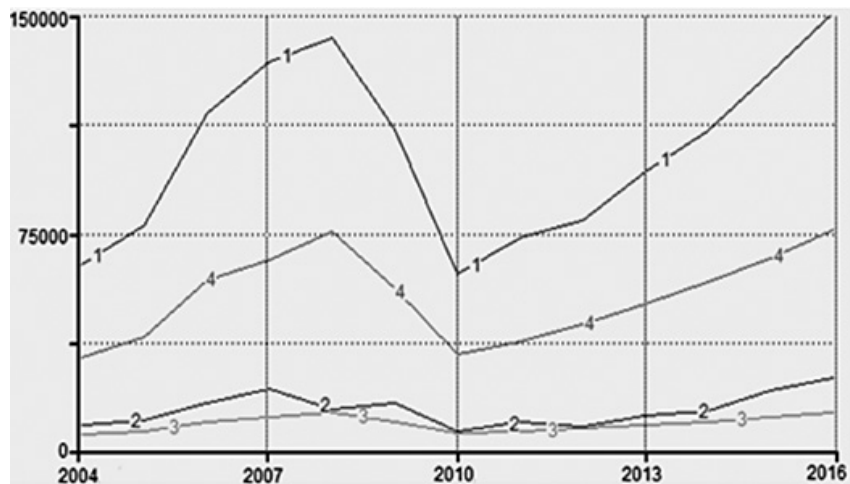
Основні витрати страхової компанії (СК), тис. грн

Рік	Витрати на страховий резерв	Витрати на управління СК	Витрати на процес страхування	Сукупні витрати
2004	16 649,59	3699,91	6 074,03	38 194,19
2005	30 567,08	6792,68	12 657,05	69 057,75
2006	41 400,79	9200,17	12 859,10	89 219,85
2007	41 848,74	9299,72	11 607,77	83 708,71
2008	41 140,10	9142,24	10 914,36	80 966,06
2009	31 698,56	7044,12	12 568,60	73 199,31
2010	31 150,20	6922,27	11 515,56	70 541,94
2011	31 400,32	6977,85	5 233,61	58 804,26
2012	30 596,91	6799,31	12 631,37	78 604,08
2013	30 234,29	6718,73	12 278,32	64 637,75
2014	31 106,85	6912,63	12 164,56	74 740,28
2015	34 518,54	7670,79	7 587,28	73 763,58
2016	37 309,18	8290,93	9 345,96	80 092,22

Порівняльний аналіз сукупних доходів та сукупних витрат на базі операційної діяльності необхідний для об'єктивної оцінки динаміки прибутку і чинників його формування (доходів та витрат), а також виявлення невикористаних в звітному періоді можливостей його динамічного отримання в рамках проведення страхової діяльності. На базі імітаційної моделі можна встановити пріоритетні особливості функціонування страхової компанії [85].

З рис. 7.1.4 можна зробити висновок про прибуткову діяльність страхової компанії. За весь період моделювання спостерігається перевищення доходів над витратами.

Запропонований підхід оцінки прибутку страхової компанії на базі імітаційної моделі дозволяє в оперативному режимі оцінювати ефективність роботи страховика, підвищити точність актуарних розрахунків для встановлення достатності коштів,



(1 – СУКУПНІ ВИТРАТИ, 2 – СУМИ ВИТРАТ НА ПРОЦЕС СТРАХУВАННЯ, 3 – СУМИ НА УПРАВЛІННЯ, 4 – ВИТРАТИ НА РЕЗЕРВ)

Рис. 7.1.3. Основні витрати страхової компанії

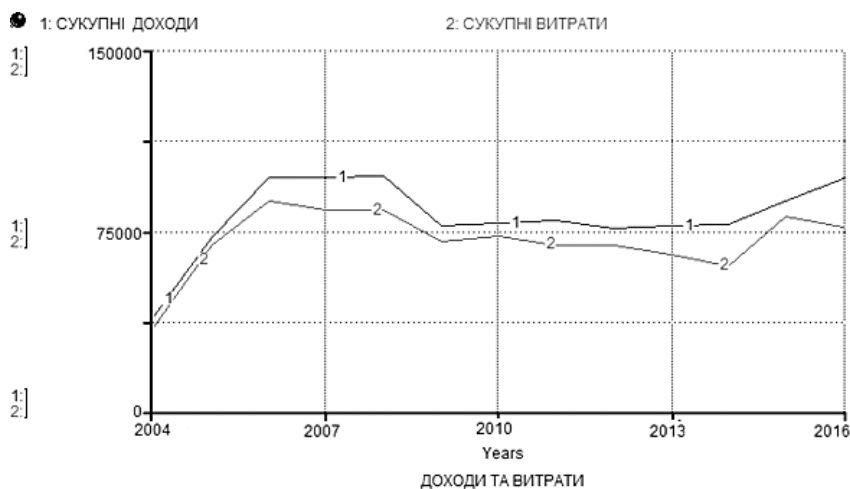


Рис. 7.1.4. Доходи та витрати страхової компанії

для виконання своїх зобов'язань перед страховальниками за укладеними договорами та динамічне відрахування сум страхових внесків для формування страхових резервів. У розробленій імітаційній моделі вбудований і автоматично реалізується метод рівноваги, який реалізується за допомогою прямих та опосередкованих зворотних зв'язків, властивих методу системної динаміки. Переваги розглянутого підходу полягають у можливості своєчасно і оперативного прогнозувати фінансовий стан страхової організації, проводити оцінку ефективності актуарних розрахунків, відстежувати джерела здійснення страхових виплат, а також у можливості поточного визначення перспективного фінансового потенціалу страхової організації в рамках ведення бухгалтерського обліку.

7.2. Розробка моделей оцінки економічної спроможності страхової компанії з використанням сучасних технологій імітаційного моделювання

Реальні умови функціонування страхової компанії вимагають об'єктивного і всебічного аналізу процесів страхової діяльності, необхідність якого обумовлена проблемами управління фінансами, плануванням грошових потоків, обґрунтуванням інвестиційних проектів. Успішне функціонування страхової компанії значною мірою залежить від її економічної спроможності. Економічна спроможність страхової компанії — це важлива характеристика її ділової активності і надійності [53; 95].

Дослідження економічної спроможності є важливим для всіх учасників економічного процесу — страховальників, керівництва і акціонерів страхової компанії, державних органів. Важливість оцінки фінансової стійкості страхової компанії обумовлена, перш за все, специфікою діяльності страховика, пов'язаною із чинниками стохастичного характеру, що потребує постійного контролю і управління платоспроможністю бізнесу. Обґрунтована оцінка фінансового стану страхової компанії дозволяє визначити реалії ведення бізнесу з перспективою на майбутнє. Для керівництва і власників компанії — це спосіб отримання достовірної якісної інформації про її реальні можливості. Особливо це важливо

для розробки стратегії виживання в нових економічних умовах, які викликані кризовими явищами сьогодення.

Саме тому актуальності набувають дослідження теоретико-методологічних та організаційно-методичних питань забезпечення економічної спроможності страхових компаній і розробка системи аналітичних засобів та інструментів її оцінки.

Своєчасне визначення «вузьких місць» у роботі страхової компанії та її конкурентних переваг є основою для прийняття менеджерами страхової компанії управлінських рішень відносно подальших умов та раціональності надання страхової послуги. Таким чином, оцінка економічної спроможності страхової компанії на базі сучасних технологій комп'ютерного моделювання є актуальною задачею, яка й обумовила вибір теми дослідження, його мету та завдання.

Однією із методик визначення фінансового стану з боку держави є оцінка діяльності страховика, що базується на так званих «тестах раннього попередження» [95]. Такий аналіз фінансового стану проводиться за допомогою аналізу відносних коефіцієнтів, їх динаміки, а також динаміки ключових абсолютних показників (платоспроможності, рентабельності, ліквідності та ін.).

Більшість науковців використовують поняття фінансової стійкості як головного індикатора економічної спроможності страхової компанії, тобто спроможності виконувати свої зобов'язання перед страхувальниками в умовах негативного впливу різних зовнішніх і внутрішніх чинників [53; 95].

На сьогодні в Україні майже немає комплексних спеціальних досліджень, пов'язаних з проблемами фінансової надійності страхових компаній та методами її підвищення. Фінансова стійкість — це одна з найважливіших характеристик поведінки будь-якої організації в ситуації зовнішніх і внутрішніх змін. Від правильності визначення факторів фінансової стійкості залежить точність кількісних та якісних показників діяльності страхових організацій. На сьогодні немає чіткого визначення поняття фінансової стійкості. Найчастіше стійкість стосується одного, двох або декількох чинників [9; 95].

До складу фінансових коефіцієнтів, що пропонуються для використання, різні компанії використовують свою групу показників. Вони розраховуються на матеріалах звітного (або аналітичного) балансу підприємства, прості для розрахунку і практичного

використання. Основним недоліком такого підходу є — статичність оцінки. Страхові компанії, як правило, не розглядають можливість виникнення ситуацій банкрутства як результат розвитку кризи підприємства.

У проведеному дослідженні запропоновано для визначення економічної спроможності страхової компанії проводити дослідження виникнення ризику банкрутства страхової компанії, використовуючи як статичні, так і динамічні оцінки. Такий підхід заснований на:

- системі фінансових коефіцієнтів;
- спеціальних узагальнюючих показниках загрози банкрутства.

Необхідно зупинитися на системі фінансових коефіцієнтів, які регулюються законодавством. У Законі України «Про страхування» одним із основних індикаторів фінансової стійкості страхової компанії є платоспроможність. З точки зору державного регулювання діяльності страхових компаній проблематиці забезпечення платоспроможності страхових компаній, тобто унеможливлення доведення компанії до банкрутства, приділяється особлива увага органами державного регулювання різних країн. Це актуально, оскільки неспроможність страховика покрити страховий ризик може призвести до порушення безперервності проведення процесу страхування, спричинити банкрутство [9; 53; 95].

Необхідно відзначити і той факт, що в міжнародній страховій практиці навіть за умови стабільної макроекономічної ситуації заходи з забезпечення платоспроможності страхових компаній періодично переглядаються та регулярно підвищуються вимоги до їхньої фінансової стійкості. Описані в літературі результати досліджень свідчать про недостатність моніторингу стану платоспроможності страхових компаній.

Суть механізму оцінки платоспроможності в страхуванні полягає у співставленні фактичної маржі платоспроможності з нормативним її значенням. При цьому нормативна маржа платоспроможності відображає той мінімальний розмір власних коштів, який повинна мати страхова компанія з врахуванням прийнятих зобов'язань, а фактична маржа платоспроможності відображає фактично наявну величину власних вільних коштів. Згідно представленої моделі страховик, який займається страхуванням, іншим ніж страхування життя, вважається платоспроможним, якщо фактичний запас платоспроможності перевищує

нормативний. Чим більшим є таке перевищення, тим вища платоспроможність страхової компанії.

У закордонній страховій практиці для характеристики платоспроможності страховика використовується показник рівня достатності покриття власними коштами (CapitalAdequacyRatio або CAR). У розробленій імітаційній моделі оцінюється діяльність страхової компанії розрахунком показників платоспроможності, які відповідають як законодавству України, так і закордонній практиці [53]. Величина показника платоспроможності залежить, у першу чергу, від величини активів страховика. Для закордонних страховиків, які здійснюють ризикове страхування, рекомендовані параметри оцінювання платоспроможності наведено в табл. 7.2.1.

Таблиця 7.2.1

Інтегральне якісне оцінювання платоспроможності страховика

Значення CAR, %	Оцінка покриття
< 0	Недостатнє
від 0 до 25	Нормальне
від 26 до 50	Добре
від 51 до 75	Надійне
> 75	Зразкове

Фрагмент імітаційної моделі для оцінки платоспроможності наведено на рис. 7.2.1.

Побудова імітаційної моделі та експерименти здійснено у середовищі Ithink. За результатами проведених досліджень та аналізу діяльності страховиків можна зробити висновок, що платоспроможність українських страховиків знаходилася на достатньо високому рівні. Цей факт також підтверджують експерименти на обраних страхових компаніях [53; 85].

$$\begin{aligned} < \text{Фактичний запас платоспроможності} > = \\ = < \text{Валюта балансу} > - < \text{Нематеріальні активи} > - \\ - < \text{Заявлені страхові виплати} >; \end{aligned}$$

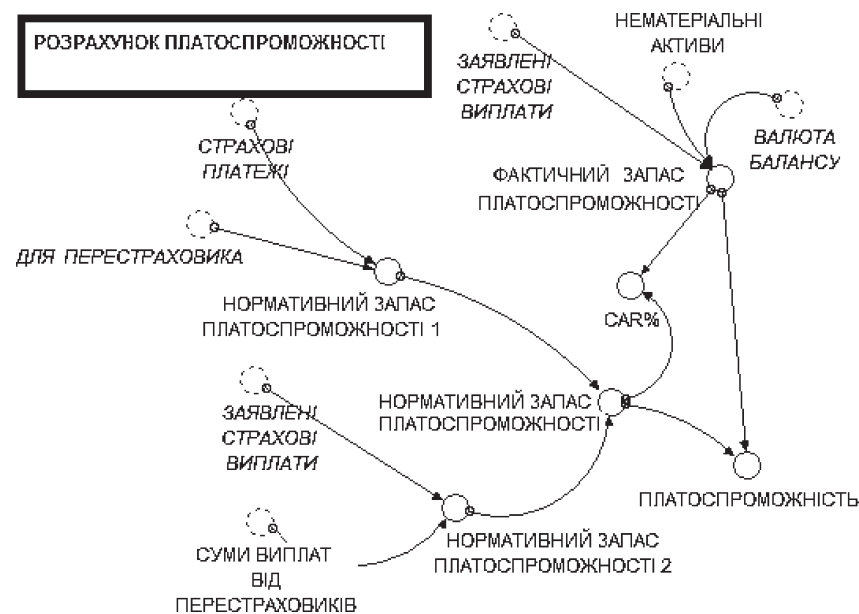


Рис. 7.2.1. Фрагмент імітаційної моделі оцінки платоспроможності страхової компанії

$$\begin{aligned} < \text{Нормативний запас платоспроможності 1} > = \\ = (< \text{Страхові платежі} > - \\ - < \text{Для перестраховика} > \times 0.5) \times 0.18; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < \text{Нормативний запас платоспроможності 2} > = \\ = (< \text{Заявлені страхові виплати} > - \\ - < \text{Суми виплат від перестраховиків} > \times 0.5) \times 0.26; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < \text{Нормативний запас платоспроможності} > = \\ = \text{MAX}(< \text{Нормативний запас платоспроможності 1} >, \\ < \text{Нормативний запас платоспроможності 2} >); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < \text{Платоспроможність} > = \\ = < \text{Фактичний запас платоспроможності} > - \\ - < \text{Нормативний запас платоспроможності} >; \end{aligned}$$

$$\text{CAR\%} = \frac{(\langle \text{Фактичний запас платоспроможності} \rangle - \langle \text{Нормативний запас платоспроможності} \rangle) / \langle \text{Нормативний запас платоспроможності} \rangle}{\langle \text{Нормативний запас платоспроможності} \rangle} \times 100.$$

Переваги використання розробленої імітаційної моделі полягають у тому, що вона може дати оцінку реальної платоспроможності та фінансової стійкості страховика з врахуванням стохастичного характеру діяльності та здійснити прогноз на майбутнє.

Тому для проведення оцінки економічної спроможності та своєчасного виявлення ознак погіршення фінансового стану страхової компанії, особливо в умовах фінансової кризи, запропоновано доповнити наведену групу показників оцінкою ризику банкрутства. Така оцінка є комплексною оцінкою групи фінансових показників страхової компанії, дозволяє виявити «вузькі місця» в роботі страхової компанії, причини їх виникнення і на основі отриманих результатів виробити конкретні рекомендації по покращенню ситуації.

Як у зарубіжних, так і вітчизняних літературних джерелах існує декілька загально визнаних методів і методик оцінки ризику банкрутства підприємства. Доцільно розглянути найбільш поширені методики оцінки ризику банкрутства страхової компанії [53]:

1. Найбільш відомою і широко вживаною є методика професора Альтмана. Z-модель Альтмана є статистичною моделлю, яка на основі оцінки показників фінансового стану і платоспроможності дозволяє оцінити ризик банкрутства.

Модель Альтмана побудована з використанням апарату мультиплікативного аналізу дискримінанта (Multiple-discriminant analysis МДА), який дозволяє підібрати такі показники, дисперсія яких між групами була б максимальною, а усередині групи — мінімальною.

Модель Альтмана дає достатньо точний прогноз імовірності банкрутства з тимчасовим інтервалом 1—2 роки.

На основі моделі Альтмана існують модифікації для конкретних країн — модель Спрингейта, Таффлера, Р. Ліса, Р. С. Сайфуліна, Г. Г. Кадилова — це прогнозні моделі платоспроможності, які дозволяють дати картину фінансового стану підприємства, тобто можуть бути використані для оцінки ризику банкрутства.

2. Оцінка фінансового стану страховика та імовірності банкрутства на основі останніх досягнень в області ІТ-технологій. Для аналізу фінансових процесів, рішення задач прогнозування, класифікації, оцінки фінансової інформації застосовуються нейромережеві технології. Метою таких досліджень є визначення оптимальної структури штучної нейромережі для оцінки фінансового стану страхової компанії.

Сутність такого підходу полягає в тому, що формується набір показників, які дозволяють зробити обґрунтований аналіз фінансової діяльності страховика в сучасних умовах і визначити рівень його фінансового стану. Серед різноманітності фінансових показників обираються такі, які мають особливо важливе значення для визначення позиції компанії і можуть бути використані для аналізу стратегічних проблем.

Для аналізу можна вибрати різні структури нейронних мереж, серед найбільш поширених: нелінійна авторегресійна нейронна мережа із зворотними зв'язками (NARX), нейронна мережа прямого розподілу (Feed forward Neural Network), нейронна мережа Елмана (Elman Neural Network) та ін.

Більшість програмних продуктів, розроблених для підтримки нейромережевого моделювання, дозволяють формувати кількість шарів і кількість елементів в шарах залежно від потреб у моделі. У всіх структурах нейронних мереж можна застосовувати необхідну кількість нейронів прихованого шару, різні активізаційні функції. Вибір кількості шарів нейронної мережі і кількості нейронів кожного шару є компромісом між швидкістю навчання нейронної мережі і точністю отримуваних результатів.

Для того, щоб отримувати достовірні дані, нейромережу необхідно навчати. Для навчання нейронних мереж необхідно взяти вибірку даних вхід-вихід по страхових компаніях, одні з яких стабільні, а інші — банкрути. На навченій нейронній мережі можливо проводити оцінку фінансового стану страхової компанії, судити про фінансову стабільність, визначити ступінь стабільності або банкрутства.

Нейромережеве прогнозування дозволяє виявляти тенденції до погіршення або поліпшення фінансового стану страхової компанії і внести зміни до стратегії розвитку страхової компанії. На наш погляд, цей підхід можна використовувати для початкових, загальних вивчень соціально-економічних систем, оскільки

нейромережа є «чорною скринькою» і принципово не може дати однозначні висновки.

3. Для дослідження рівня фінансової стійкості та діагностики ризику банкрутства використовується апарат нечіткої логіки, за допомогою якого можливо ураховувати усю наявну інформацію про об'єкт дослідження (зокрема, експертні знання), проводити ефективно налагодження моделей на базі реальних статистичних даних, приймати рішення щодо банкрутства в умовах невизначеності. Основні переваги цього апарату полягають у такому:

1) можливість використання, окрім кількісних, якісних чинників;

2) облік неточної, приблизної інформації про значення чинників.

Прогноз можливостей банкрутства — це багатокритеріальна задача. На імовірність банкрутства страхової компанії впливають різноманітні фактори, велика частина яких належить до класу якісних (дія яких може бути лише слабо формалізована або зовсім не підлягає формалізації).

Серед методів нечіткої математики, які можуть бути використані для оцінки ризику банкрутства, можна віднести метод максимінної згортки, адитивної згортки, методу лінгвістичних векторних оцінок, метод нечіткого логічного висновку, метод аналізу ієрархій, евристичний підхід. Усі наведені методи реалізують різні підходи до прийняття рішень, тому дають різні результати. Кожен підхід має свої обмеження та особливості.

Основною проблемою багатокритеріального вибору з використанням нечітких моделей є, на погляд автора розділу, надання інформації про взаємодію між критеріями і способи обчислення інтегральних оцінок. Більшість нечітких методів прийняття рішень показують слабку стійкість результатів відносно вхідних даних, тому потребують розвитку комбінованих методів прийняття рішень з використанням нечітких представлень, теоретичних підходів до опису складних взаємовідносин між критеріями, широкого використання інтелектуальних методів на основі нечіткої логіки.

4. Визначення імовірності банкрутства як міри платоспроможності страхової компанії, заснованої на теорії ризику у фінансах та страхуванні, описується в моделі Крамера-Лундберга, О. П. Віноградова. Це моделі, які дозволяють подивитись на проблему платоспроможності та виникнення ризику банкрутства

в комплексі з використанням математичного апарату та теорії ризику у фінансах та страхуванні.

Для першого етапу оцінки ризику банкрутства в імітаційній моделі використовується модель Крамера — Лунберга [53]. Мотивами такого вибору є:

1) модель Крамера — Лунберга вивчає імовірність банкрутства страхової компанії в ситуаціях, коли процес отримання страхових премій (платежів) має складну структуру з урахуванням різних факторів фінансових та страхових ризиків;

2) усі вхідні параметри моделі Крамера — Лунберга (потоки страхових платежів та страхових виплат у динаміці) вивчаються, досліджуються і оцінюються в імітаційній моделі;

3) модель Крамера — Лунберга дозволяє використовувати початковий капітал страхової компанії з урахуванням інвестиційних стратегій компанії.

На розробленій імітаційній моделі запропоновано проводити процедуру визначення імовірності банкрутства страхової компанії в два етапи:

— проведення імітаційних експериментів на базі модельного комплексу з використанням класичної моделі Крамера — Лунберга теорії ризику у фінансах та страхуванні;

— перевірка гіпотези H_0 — банкрутство і альтернативної гіпотези H_1 — економічна спроможність на основі теорії планування імітаційних експериментів.

Фрагмент моделі, за допомогою якого проводиться розрахунок імовірності банкрутства, наведено на рис. 7.2.2.

Змінна «СТРАХОВІ ПЛАТЕЖІ» описує величину зібраних страхових платежів у момент часу t , — це конвертер; змінна «ЗАЯВЛЕНІ СТРАХОВІ ВИПЛАТИ» — очікувані страхові виплати у момент часу t . Математичне сподівання страхових виплат — це змінна «СЕРЕДНІ СТРАХОВІ ВИПЛАТИ».

$$\begin{aligned} &\langle \text{Ймовірність банкрутства} \rangle = \\ &= 1 - (1 - (1 / (1 + \langle \text{Коефіцієнт навантаження} \rangle))) \times \\ &\times \text{EXP}(- \langle \text{Коефіцієнт навантаження} \rangle \times \langle \text{Власний} \\ &\text{капітал} \rangle / ((1 + \langle \text{Коефіцієнт навантаження} \rangle) \times \langle \text{Середні} \\ &\text{страхові виплати} \rangle)). \end{aligned}$$

Початковим капіталом страхової компанії є «ВЛАСНИЙ КАПІТАЛ», який обчислюється з урахуванням як початкового

капіталу, так і інвестиційної політики, яку проводить страхова компанія. Повністю імітаційну модель наведено у п. 7.3, рис. 7.3.2.

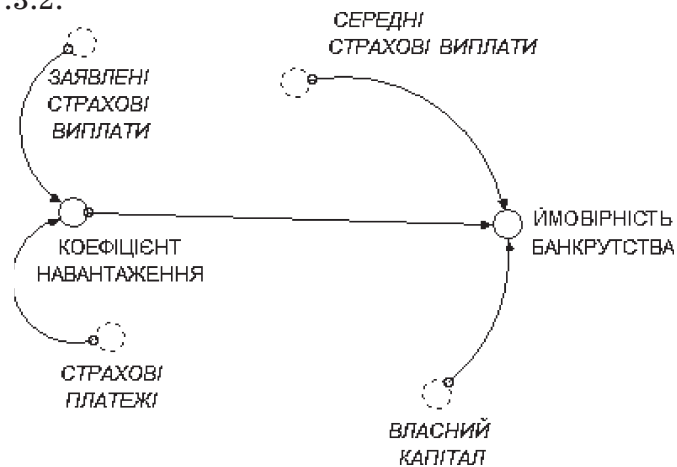


Рис. 7.2.2. Фрагмент імітаційної моделі для оцінки ризику банкрутства страхової компанії

Схема оцінки економічної спроможності страховика як на базі системи фінансових показників, так і технології проведення імітаційних експериментів, наведена на рис. 7.2.3.

Оскільки всі імітовані процеси носять стохастичний характер, то висновок про ступінь близькості до банкрутства конкретної страхової компанії можна зробити на базі представницької статистичної сукупності отриманих результатів імітаційних експериментів, при чому у кожному конкретному випадку сукупність може бути різною.

Розроблено серію планів імітаційних експериментів для зупинки і постімітаційного аналізу результатів експериментів, математичною основою яких є послідовна теорія планування експерименту.

Зокрема, використовуються дві основні процедури Полсона (перевірка гіпотези про середнє) і оцінки математичного сподівання, представлені в роботі на матеріалах ряду страхових компаній. Основні гіпотези, що перевіряються:

- 1) близькість страхової компанії до банкрутства;
- 2) економічна спроможність, як альтернатива до банкрутства.



Рис. 7.2.3. Структурологічна схема оцінки економічної спроможності страховика

Сучасний менеджмент страховика розглядає процес управління як комплекс заходів, що охоплюють усі сфери управлінської діяльності: фінанси, маркетинг, відносини з клієнтами та ін. На державному рівні розроблені методики комплексного аналізу показників діяльності страхової компанії, що максимально відображають фінансовий стан за допомогою системи збалансованих показників (платоспроможності, коефіцієнту забезпеченості власними коштами, рентабельності страхової послуги та ін.). Але такі оцінки діяльності страховика, як правило, носять статичний характер, не враховують стохастичний характер та оцінку платоспроможності на майбутнє. Запропонований підхід більш ґрунтовно підходить до питання оцінки економічної спроможності, оскільки висновок відносно економічної спроможності страхової компанії в імітаційній моделі здійснюється як на базі стандартних фінансових показників, так і за наслідками проведених імітаційних експериментів.

7.3. ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ ЯК СПОСІБ ДОСЯГНЕННЯ СТРАТЕГІЧНИХ ФІНАНСОВИХ ЦІЛЕЙ

Ефективність управління в страховому бізнесі все більшою мірою залежить від якості і достовірності фінансового аналізу, методів оцінки і обробки інформації, технології вибору управлінських рішень. Діяльність страхової компанії як господарюючого суб'єкту в умовах ринку відрізняється значною специфікою, оскільки страховики беруть участь як у страховій, так і фінансовій та інвестиційній діяльності. Усі види діяльності мають свою категорію ризику [95].

На рис. 7.3.1 представлена блок-схема імітаційної моделі «Управління страховою компанією», побудованої на основі системно-динамічного підходу імітаційного моделювання в середовищі Ithink [53].

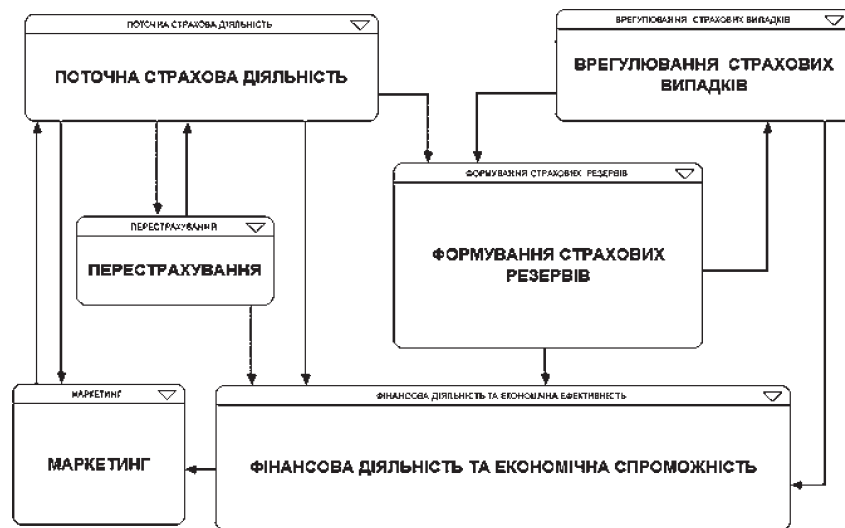


Рис. 7.3.1. Блок-схема імітаційної моделі «Управління страховою компанією»

Проблеми фінансового управління страхових компаній здебільшого носять стохастичний характер, тому потребують комплексного аналізу операційної та фінансово-інвестиційної

діяльності з урахуванням різних факторів зовнішнього і внутрішнього ризикового середовища. Існує необхідність подальшого наукового дослідження в області аналізу, прогнозування і моделювання фінансових процесів, здійснення яких неможливе без використання відповідного інструментарію, зокрема, сучасних технологій імітаційного моделювання [53].

Як видно з рис. 7.3.1, головні процеси (блоки) комплексу — «Поточна страхова діяльність», «Формування страхових резервів», «Врегулювання страхових випадків», «Перестраховування», «Фінансова діяльність та економічна спроможність», «Маркетинг» — взаємодіють між собою.

Стратегічні цілі страхової компанії будуються на акумуляції та розподіленні фінансових потоків страховика. Конкурентоспроможність страхової компанії на ринку страхових послуг залежить від ефективного управління та використання усіх фінансових ресурсів. Страхова компанія, з точки зору системного аналізу, є об'єктом із прямими та зворотними зв'язками. Тому для її управління необхідно застосовувати як сучасні інформаційні технології у поєднанні із економіко-математичним моделюванням.

Розроблена імітаційна модель відображає усі основні закономірності роботи страхової компанії та дозволяє:

- дослідити динаміку розвитку страхової компанії в умовах невизначеності страхового ринку;
- отримати множину ймовірнісних характеристик результатів страхових, перестрахових та інвестиційних операцій;
- проводити оцінку чутливості результатів діяльності страхової компанії до впливу різноманітних стохастичних чинників;
- здійснити оцінку альтернативних стратегій розвитку страхових операцій та знайти кількісні параметри управлінських рішень;
- реалізувати прогнози головних характеристик бізнес-процесів на задану часову перспективу;
- адекватно відображати стан справ в компанії і бути основою для отримання цілісного уявлення про стратегію розвитку бізнесу і його автоматизації;
- вдосконалювати, модифікувати, вносити зміни в бізнес-процеси;
- провести аналіз діяльності страхової компанії та виявити причини, що заважають компанії досягти своєї мети;

— розробити рекомендації по ліквідації «вузьких місць» і покращенню діяльності компанії в цілому.

Акцент в питаннях управління страховою компанією на основі розробленого модельного комплексу на базі методу системно-динамічного підходу імітаційного моделювання ставиться на фінансовому управлінні, а саме [9; 53; 52]:

— визначенні завдань фінансової стратегії страхової компанії з врахуванням економічної ситуації в Україні;

— можливостях страхової компанії щодо реагування на негативні зміни у зовнішньому економічному середовищі;

— корегуванні фінансової стратегії з урахуванням цих змін.

Успішність фінансового управління залежить від повної і точної інформації про фінансовий стан страхової компанії. Сучасний стан технологій імітаційного моделювання дозволяє забезпечити моніторинг та об'єктивну оцінку складових фінансового стану дискретно в часі.

Для страхової компанії фазовим вектором управління вважається набір показників, які характеризують її фінансовий стан і відображають дію різноманітних чинників як зовнішніх, так і внутрішніх. Кількість цих чинників може різнитися для кожної страхової компанії.

У процесі дослідження запропоновано систему показників для оцінки фінансового стану страхової компанії (п. 7.2, рис. 7.2.3). Система показників враховує різноманітні чинники, охоплює всі важливі аспекти проблеми, є ненадмірною (показники не дублюють один одного), дієвою (корисною для аналізу і аналітики) і мінімальною (розмірність системи показників не виходить за межі можливостей її оцінювання) [53; 85].

Усі наведені показники розраховуються на базі імітаційної моделі у блоці «Фінансова діяльність та економічна спроможність» (рис. 7.3.2).

Як видно з рис. 7.3.2 система показників містить такі показники, що характеризують положення компанії на страховому ринку:

— структуру страхового портфеля, показники темпів зростання страхової премії і виплат, показники рівня виплат, збитковості та ін.;

— показники надійності, що характеризують платоспроможність, фінансову стійкість, ліквідність активів, стан страхових резервів, рівень перестрахового захисту, якість інвестиційної діяльності;

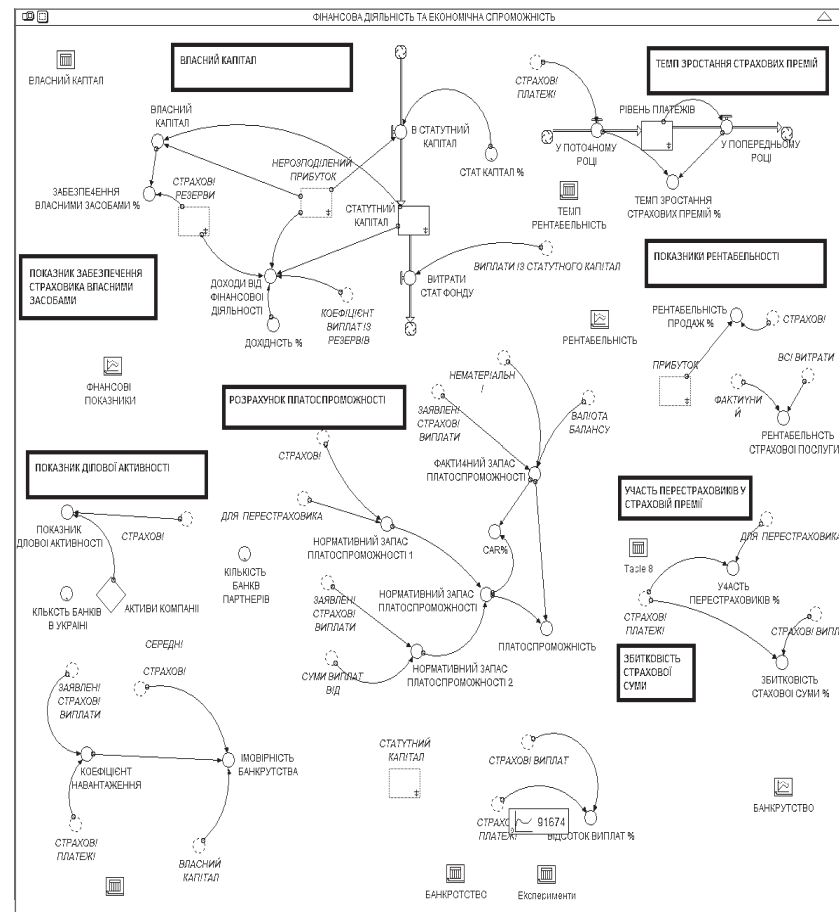


Рис. 7.3.2. Фрагмент блоку імітаційної моделі «Фінансова діяльність та економічна спроможність»

— показники ефективності діяльності (показники рентабельності страхових операцій, капіталу);

— ймовірність банкрутства страхової компанії.

Значення розрахованих фінансових показників може використовуватись керівниками та менеджерами для визначення положення страхової компанії на ринку страхових послуг як у поточному періоді, так і у майбутньому. Дозволяє своєчасно

відстежити тенденції та зміни фінансового положення в динаміці, структуру страхових платежів і виплат по галузях, найбільш популярні та прибуткові види страхування.

Темп зростання страхових премій визначається як відношення надходжень страхових премій у поточному році до надходжень страхових премій у попередньому році. Досвід показує, що стан страхової компанії являється задовільним, якщо темп діяльності страховика перебуває у межах 10—25 %. Різке збільшення темпів зростання страхових премій означає зростання зобов'язань страхової компанії, що потребує зростання власного капіталу.

У табл. 7.3.1 наведені показники для досліджуваної страхової компанії «Європейський страховий альянс».

Значне зменшення темпів зростання страхових премій свідчить про порушення збалансованості страхової діяльності, що загрожує фінансовій стабільності страховика.

Таблиця 7.3.1

Темпи зростання страхових платежів

Рік	Темпи зростання страхових премій, %	Страхові премії, тис. грн
2004	1,22	54 356,00
2005	23,88	67 334,90
2006	49,51	100 670,20
2007	12,42	113 178,00
2008	14,79	129 917,90
2009	—26,48	95 512,60
2010	—22,67	73 861,00
2011	—7,91	68 017,56
2012	3,33	70 284,82
2013	10,00	77 313,30
2014	4,50	80 792,40
2015	15,26	93 123,87
2016	10,00	102 436,25

Показник збитковості страхової суми для страхової компанії «Європейський страховий альянс» знаходиться в межах 27—55 % (табл. 7.3.2).

Таблиця 7.3.2

Збитковість страхової суми

Рік	Збитковість страхової суми, %
2004	27,32
2005	38,31
2006	30,79
2007	46,43
2008	42,88
2009	54,71
2010	52,88
2011	55,00
2012	54,08
2013	48,15
2014	50,43
2015	45,77
2016	43,74

Страхова компанія є реально працюючою, в змозі мати постійний прибуток та у достатній кількості формувати страхові резерви для виконання своїх зобов'язань, проводити фінансово-інвестиційну політику.

За допомогою імітаційної моделі можливо аналізувати та контролювати рівень власного капіталу в динаміці. Власний капітал виступає додатковою гарантією зобов'язань, особливо це важливо при їх відхиленні від розміру розрахункових величин. Усі складові власного капіталу розраховуються у моделі в динаміці. Складовими власного капіталу є: статутний капітал; додатковий капітал; нерозподілений прибуток; резервний фонд; інший капітал, за винятком несплаченого і вилученого капіталу.

Мінімальний розмір статутного фонду страховика, який займається іншими видами страхування, ніж страхування життя,

встановлюється в сумі, еквівалентній 1 млн євро за валютним обмінним курсом валюти України.

Зіставлення обсягів власного капіталу і статутного капіталу проводиться графічно — рис. 7.3.3.



Рис. 7.3.3. Зіставлення обсягів власного капіталу і статутного капіталу у динаміці

Розрахунок дасть змогу провести такий аналіз: якщо обсяг власного капіталу перевищує обсяг статутного капіталу, то таке співвідношення характеризує прибуткову діяльність страховика. Зростання дає змогу страховій компанії здійснювати виплати дивідендів, реінвестувати капітал і та ін. Якщо обсяг статутного капіталу перевищує обсяг власного капіталу, то це свідчить про збиткову діяльність страховика, про заборгованість засновників стосовно сплати статутного капіталу. Чим вищий рівень сплаченого статутного капіталу, тим вищий рівень зацікавленості власників капіталу в розвитку страхової компанії [53; 85].

Для дослідження надійності страхової компанії використовуються показники фінансової стійкості та платоспроможності. Для цього проводиться аналіз аналітичних показників (платоспроможність страховика згідно законодавчих норм, динаміка

і структура власних засобів, забезпеченість зобов'язань страховика власними засобами та страховими резервами, достатність капіталу, ефективність проведення інвестиційної політики, участь перестраховування в страхових операціях (в страхових преміях, виплатах та страхових резервах) та ін. (п. 7.1).

Наведені показники доповнені показниками прибутковості та ефективності діяльності страхової компанії (рентабельності страхових операцій та капіталу страховика) як по видах страхування, так і в загальному по компанії.

У табл. 7.3.3 наведені результати розрахунків показників рентабельності за наведеними формулами по всій сукупності видів страхування у динаміці.

Таблиця 7.3.3

Показники рентабельності

Рік	Рентабельність продаж, %	Рентабельність страхової послуги, %
2004	9,20	16,83
2005	14,30	18,75
2006	12,56	5,65
2007	5,44	3,04
2008	2,95	11,28
2009	15,67	5,34
2010	7,61	22,06
2011	24,55	8,58
2012	9,53	25,31
2013	23,29	16,33
2014	15,98	22,12
2015	19,12	11,12
2016	11,11	11,54

Показники рентабельності досліджуваної страхової компанії знаходяться в межах 25 %, тобто рентабельність компанії залишається на відносно високому рівні, це свідчить про прибутковість страхової діяльності компанії та про вибір правильної схеми ведення страхового бізнесу. Значення рентабельності

понад 100 % буде перш за все говорити про недостовірність даних фінансової звітності; завищені тарифи; роботи за схемою кептива; дуже ризикові фінансові операції з тимчасово вільними коштами та ін. У такій ситуації необхідно провести додатковий аналіз всіх даних про діяльність страхової компанії.

За допомогою цих показників можлива оцінка впливу структури страхового портфеля, рівня витрат на ведення справи, рівня виплат та ін. Дана система показників доповнена методами і прийомами фінансового аналізу діяльності страхової організації, нормативними (пороговими) значеннями показників, способами представлення та інтерпретації результатів.

Оцінка ймовірності банкрутства страхової компанії проводиться на базі розробленої імітаційної моделі, більш детально розглядається у п. 7.2, рис. 7.2.2.

Управління на базі розробленої імітаційної моделі відноситься до наступних областей діяльності: управління джерелами засобів, розподіл фінансових ресурсів (інвестиційна політика і управління активами), дивідендна політика, фінансові рішення поточного характеру.

В процесі управління здійснюється формування і використання страхових резервів, інвестування фінансових ресурсів, оптимізація перестрахової діяльності і оптимізація фінансового результату, що є сукупним підсумком діяльності страховика. За допомогою імітаційної моделі фінансовий менеджер може здійснювати керуючі (управляючі) дії для досягнення поставленої мети. Управляючим впливом (дією) для страхової організації можна розглядати зміну тарифної політики, склад і методи формування страхових резервів (стосується двох сфер діяльності компанії — страхової і інвестиційної), рівня перестрахового захисту та ін. Таким чином, керуюча дія — це деякий вектор.

Усі управляючі дії взаємозв'язані між собою: якщо змінилася одна управляюча дія (наприклад, введені нові види страхування), то допустимий діапазон вибору для інших управлінь (перестрахової та інвестиційної політики) міняється. Наприклад, тарифна політика страхової компанії впливає на склад і структуру страхових резервів, що не може не позначитися на складі і структурі інвестиційного портфеля і, відповідно, на виборі раціонального інвестиційного портфеля.

Важливою управляючою дією є політика резервування засобів (для майбутніх виплат) на вихідні параметри об'єкту

управління. Технічні страхові резерви заслуговують пріоритетної уваги для оптимізації фінансового результату. Формування страхових резервів в недостатньому об'ємі означає неможливість відповідати за страховими зобов'язаннями, а в завищеному (зменшують операційний прибуток страховика) — недостовірно відображає розмір зобов'язань страховика і оцінку фінансового стану страхової організації.

Розроблена імітаційна модель значно полегшує процедуру прийняття управлінських рішень, оскільки наглядно демонструє усі взаємозв'язки керованої системи та, при необхідності, може бути легко доповнена новими.

За допомогою імітаційної моделі можна оцінити вплив збудованих чинників як внутрішнього, так і зовнішнього характеру. Велике значення мають зовнішні фактори, до яких страхова компанія повинна пристосовуватися, хоча на них впливати не може.

Серед зовнішніх чинників, які впливають на фінансову стійкість, можна назвати такі: інфляційні процеси, податкове законодавство, порядок ліцензування, стан суспільного господарства, економіки, підходи до визначення маржі платоспроможності та ін. Для їх подолання необхідне використання нових фінансових інструментів, дослідження яких можливе на базі імітаційної моделі з використанням аналізу фінансового стану як страхової компанії, так і в цілому страхового ринку, орієнтуючись на постійні зміни в бізнес-середовищі [53; 95].

На основі поточного фінансового стану і наявних фінансових ресурсів страховика можливо дослідити зміни зовнішніх чинників, таких як рівень інфляції, дії конкурентів, зміни маржі платоспроможності та ін. Щоб досягти поставлених цілей, на кожному кроці моделювання необхідно корегувати досліджувані параметри. Таким чином, можливо привести цілі у відповідність з власними можливостями та встановити, за рахунок яких чинників їх можливо досягти.

Внутрішні фактори, які впливають на фінансову стійкість, стосуються чинників та параметрів діяльності страхової компанії, які вона в змозі контролювати: цінова політика, збалансованість страхового портфеля, обсяги клієнтської бази та її стійкість, політика перестраховування, склад та рівень страхових резервів та ін.

Модель дозволяє в динаміці спостерігати за зміною основних показників діяльності страхової компанії. На рис 7.3.4 зображені

в динаміці рівень страхових резервів, потоки страхових виплат та потоки страхових платежів.

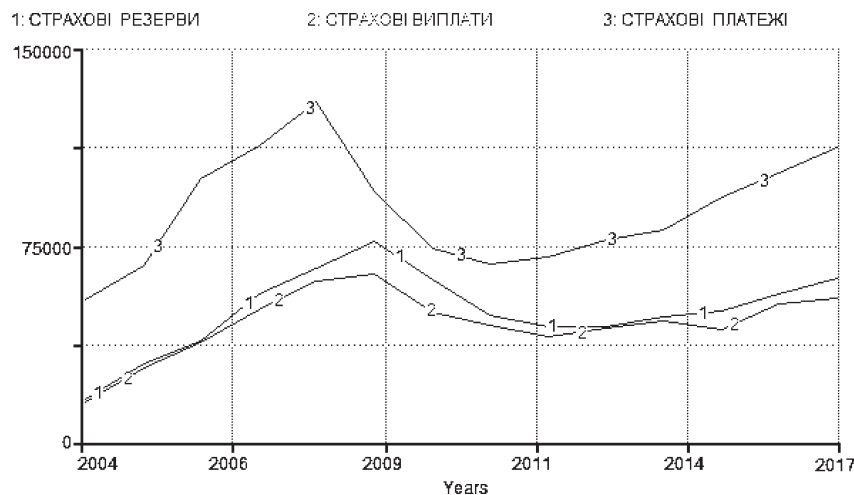


Рис. 7.3.4. Порівняльна характеристика основних показників діяльності страхової компанії у динаміці

З рис. 7.3.4 можна зробити висновок, що страхова компанія отримує достатній рівень страхових платежів, формує достатній рівень страхових резервів для відшкодування збитків своїм страхувальникам.

Управління на основі розробленої імітаційної моделі відповідно до встановлених цілей, здійснюється на принципі зворотного зв'язку.

На початку моделювання керівник або фінансовий менеджер на основі фінансового аналізу встановлює вектор цілей і завдань з урахуванням фінансового стану страхової компанії. Завдання корегуються в процесі моделювання з використанням прогнозування, механізмів фінансового планування і контролю. У визначені моменти модельного часу проводиться порівняння результатів моделювання (вектор завдань) з вектором поточного фінансового стану і обчислюється між ними різниця. Метою користувачів імітаційної моделі є зведення до мінімуму розбіжності між цими векторами.

За наслідками проведених імітаційних експериментів оцінюється ефективність діяльності: аналізується динаміка надходження страхових премій та страхових виплат, зіставляються темпи зростання витрат на ведення справи з динамікою надходжень та ін. Усі розрахунки проводяться як у цілому по компанії, так і в розрізі окремих видів страхування. На основі розбіжностей приймаються обґрунтовані управлінські рішення, оскільки вони використовуються як вхідна інформація у процесі моделювання [53; 83].

Імітаційна модель реалізує усі основні процеси, їх взаємозв'язки, прямі та зворотні впливи. Це здійснюється за допомогою сукупності таких стохастичних потоків: фінансових (рух грошових коштів страхової компанії); інформаційних (маркетингова діяльність та інформаційні потоки зовнішнього середовища); потоку клієнтів страхової компанії. На базі модельного комплексу можна проводити управління страховою компанією в таких напрямках: вирішення поточних задач компанії; контролювання питань платоспроможності (здатність відповідати за своїми зобов'язаннями) і фінансової стійкості (можливість зберегти свою платоспроможність на тривалому часовому інтервалі при будь-яких внутрішніх і зовнішніх збурюючих діях); визначати загальну потребу у фінансових ресурсах, прогнозувати структури джерел фінансування, створювати систему контролю за виконанням планів і процедуру внесення змін в систему планів прийняття і здійснення рішень, націлених на довгостроковий розвиток компанії; контроль діяльності страхової компанії та ін.

Імітаційна модель дозволяє здійснити прогнозний розрахунок; зробити оцінку діяльності страхової компанії як з позиції потенційних клієнтів, так й з позиції страховика; комплексно оцінити фінансовий стан страхової компанії з відповідною множиною параметрів управління; оцінити альтернативні стратегії розвитку страхових операцій. Проведення прогнозування та виявлення тенденцій — вирішальний чинник у процесі моделювання та планування розвитку компанії [83; 85].

Проведення прогнозування в імітаційній моделі засновано на тому, що для кожного наступного кроку моделювання використовується попередній. Основою такого прогнозу є залежності та алгоритми, отримані на основі економіко-математичних методів, аналітичних процедур, засновані на дослідженні конкретних чинників моделі, їх стабільності та мінливості, екстраполяції

на майбутнє. Прогноз на базі імітаційної моделі можливо застосувати паралельно з методами прогнозування, заснованими на використанні лінійних і нелінійних регресійних математичних моделей [62; 99].

Для дослідження діяльності страхової компанії розроблено декілька прогнозних сценаріїв (оптимістичний, реалістичний і песимістичний) [53]:

— оптимістичний прогноз: збитковість страхової суми в межах 50 %, рівень відрахувань у страхові резерви в обсязі 50—60 % від отриманого потоку страхових платежів, витратах на управління в межах 10—12 %, на процес страхування в межах 15—20 % не загрожує банкрутству страхової компанії (імовірність банкрутства 0,1—0,54);

— середньостатистичний: збитковість страхової суми в межах 51—70 %, рівень відрахувань у страхові резерви в обсязі 60—70 % від отриманого потоку страхових платежів, витрати на управління в межах 10—12 %, на процес страхування в межах 15—20 % характеризують стан страхової компанії як задовільний (імовірність банкрутства 0,55—0,79);

— песимістичний прогноз: збитковість страхової суми понад 70 %, рівень відрахувань у страхові резерви в обсязі 70 % від отриманого потоку страхових платежів, витратах на управління в межах 10 %, на процес страхування в межах 15—20 % характеризують стан страхової компанії як незадовільний, страхова компанія може стати неплатоспроможною, існує імовірність банкрутства (0,80—1).

Страхові компанії використовують в своїй діяльності різноманітне інформаційне забезпечення — корпоративні інформаційні системи. В ході впровадження інформаційних технологій виникає безліч проблем, від рішення яких залежить ефективність системи управління страхової організації. Корпоративні інформаційні системи, в основному, забезпечують виконання операційної діяльності. Імітаційна модель може слугувати проміжним етапом в у виборі оптимального програмного забезпечення, обслуговуючого процеси створення бюджетів, їх виконання, обліку і контролю, обґрунтувати застосування бізнес-процесів, які найбільшою мірою відповідали б стратегії страхової компанії. Результати імітаційних експериментів дозволять фінансовому менеджеру оцінювати реакцію системи на будь-яку управляючу дію.

Дослідження на базі імітаційної моделі дають змогу вирішити завдання побудови ефективного інструментарію управління діяльністю страхової компанії, визначити необхідну орієнтацію на страховому ринку, оцінити фінансовий стан страхової компанії, підвищити обґрунтованість прийняття управлінських рішень з метою запобігання наближеності страховика до кризового стану. На наш погляд, запропонований підхід дозволяє вирішити складну та багатобічну проблему фінансового управління страховою компанією.

Розділ 8

ІНСТРУМЕНТИ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

8.1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ РЯДІВ ДАНИХ

Статистичні дані економічних показників надходять у формі часових рядів. Часовим рядом називається сукупність спостережень економічного показника в різні моменти часу. Принципові відмінності часового ряду від послідовності спостережень, що утворюють випадкову вибірку, полягають в наступному: члени часового ряду не є незалежними і не обов'язково є однаково розподіленими. Це означає, що властивості і правила статистичного аналізу випадкової вибірки не можна поширювати на часові ряди. З іншого боку, взаємозалежність членів тимчасового ряду створює свою специфічну базу для побудови прогнозних значень аналізованого показника за емпіричними значеннями.

Зазвичай часовий ряд розглядають як вибірку з послідовності випадкових величин X_t , де t приймає цілочисельні значення від 1 до T . Сукупність випадкових величин $\{X_t, t \in [1, T]\}$ називають *дискретним випадковим процесом* або *стохастичним процесом*. Стохастичний процес називається стаціонарним у широкому сенсі, якщо його властивості не змінюються в часі. Зокрема, він має постійне математичне сподівання $M(X_t)$ і постійну дисперсію $D(X_t)$, а коваріація X_{t_1} і X_{t_2} залежить від різниці $(t_1 - t_2)$ [49].

У 1938 році Вольд довів такий фундаментальний результат [126]. Стаціонарний в широкому сенсі випадковий процес може бути представлений в такому вигляді:

$$X_t - M(X_t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} \psi_{\tau} \varepsilon_{1-\tau},$$

де \overline{X}_t — математичне сподівання цього процесу,

ψ_{τ} — коефіцієнти,

ε_t — білий шум із скінченним математичним сподіванням і дисперсією σ_{ε}^2 .

Тобто, будь-який стаціонарний в широкому сенсі випадковий процес зображується у вигляді лінійної комбінації білих шумів. При цьому повинна виконуватися умова $\sum_{\tau=0}^{\infty} |\psi_{\tau}| < \infty$.

Оскільки реалізації білого шуму не спостережувані, вагові коефіцієнти визначені з точністю до множника. Без втрати загальності можна вважати, що $\psi_0 = 1$. Чим більше ваговий коефіцієнт ψ_t , тим більше вплив випадкового збурення в момент $t - \tau$ на даний момент t . Виявилось, що у багатьох випадках достатньо розглядати не загальне представлення Вольда, а його окремі випадки, коли число доданків скінченне. Такими окремими випадками є білий шум, гауссовський білий шум, відомі в економетриці процеси $MA(q)$, $AR(p)$, $ARMA(p, q)$ та ін. [49].

Моделювання ковзного середнього (*moving average*) порядку q , скорочено $MA(q)$, передбачає, що в помилках моделі в попередні періоди зосереджена інформація по всій передісторії ряду.

Назва «ковзне середнє» пояснюється тим, що поточне значення випадкового процесу визначається зваженим середнім попередніх q значень білого шуму. Процедуру ковзного середнього часто використовують для того, щоб згладити дані, які сильно коливаються.

У авторегресійній моделі, яка скорочено позначається $AR(p)$ (*autoregressive process*) порядку p , поточне значення ряду в момент t виражається через кінцеве число минулих значень і величину випадкового збурення a_t .

Комбінація двох різних типів процесів $AR(p)$ і $MA(q)$ носить назву $ARMA(p, q)$ — змішані моделі авторегресії і ковзного середнього (*autoregressive process-moving average*). Використання $ARMA$ -моделі часто дозволяє простіше уявити часові залежності в умовному математичному сподіванні в порівнянні з AR -моделлю.

Перевагою наведених моделей є простота їх опису. Однак велика невідповідність експериментальним даним і досить трудомісткий процес підбору параметрів звертають увагу дослідників до нелінійних моделей, які враховували б при моделюванні

зміну дисперсії і коваріацій в часі. Таким чином, виникло сімейство моделей з умовною авторегресійною гетероскедастичністю (*Auto regressiv Conditional Heteroskedasticity*), скорочено *ARCH* [49]. Процес типу *ARCH(p)* порядку p описується авторегресійною моделлю, в якій умовна дисперсія помилки залежить від квадрата помилок попередніх спостережень.

В емпіричних додатках *ARCH(p)*-моделей часто виникають труднощі через довгі лаги і велике число параметрів. Щоб обійти цю проблему, Боллерслев (Bollerslev (1986)) запропонував узагальнення *ARCH*-моделі [49]. Ця модель отримала назву *Generalized Autoregressiv Conditional Heteroskedasticity*, скорочено *GARCH(p, q)*. Процес типу *GARCH(p, q)* є альтернативною модифікацією моделі *ARCH*, в якій умовна дисперсія помилки залежить як від квадратів помилок попередніх спостережень, так і від дисперсій цих помилок.

Перевірка відсутності умовної гетероскедастичності в залишках моделі для вихідного процесу зводиться до перевірки гіпотези H_0 про рівність нулю коефіцієнтів моделі за F -критерієм Фішера. Якщо H_0 відхиляється, то встановлюється присутність умовної гетероскедастичності. Емпіричні дослідження показали, що деякі фінансові часові ряди виявляють статистично значущу *ARCH*. В даний час існує безліч різних параметричних специфікацій умовної дисперсії, яка змінюється в часі.

Економічні показники не завжди поводяться стаціонарним чином. З макроекономіки відомо *сезонну* і *циклічну* поведінку економічних показників, крім того, вони можуть мати *тренд*. Тренд є загальна систематична лінійна або нелінійна компонента, яка змінюється монотонно в часі. Аналітично це положення можна виразити рівнянням виду

$$X(t) = f(t) + S(t) + \varepsilon(t), \quad (8.1.1)$$

де $f(t)$ — тренд (довготривала тенденція) розвитку;

$S(t)$ — сезонна компонента;

$\varepsilon(t)$ — випадкова величина (випадкова компонента).

Якщо детерміновані компоненти видалити з ряду, то можливо отримати стаціонарний ряд. Компоненту $f(t)$ Бокс і Дженкінс [14] запропонували виключати диференціюванням ряду, тобто обчисленням послідовних різниць. Якщо ряд після обчислення d послідовних різниць наводиться до стаціонарного,

то такий ряд називають *ARIMA(p, d, q)* — авторегресійний проінтегрований процес ковзного середнього (*Autoregressive Integrated Moving Average*) порядку (p, d, q) . Такі процеси моделюють різні ситуації, що зустрічаються при аналізі стаціонарних і нестаціонарних рядів. При цьому p параметр *AR*-частини, d — ступінь інтеграції, q — параметр *MA*-частини.

Підхід Бокса — Дженкінса до аналізу часових рядів є дуже потужним інструментом для побудови адекватних моделей і точних прогнозів з малим горизонтом прогнозування. Моделі *ARIMA* досить гнучкі і можуть описувати широкий спектр характеристик часових рядів, які зустрічаються на практиці.

Проте вони добре працюють в разі стабільного стану економіки і перестають адекватно відображати поведінку процесу, коли в економіці відбуваються істотні зміни. Ці зміни будуть враховані тільки через певний проміжок часу, а до цього моменту передбачення будуть некоректними. Крім того, слідуючи методології Бокса і Дженкінса, можна зробити хибні висновки. Справа в тому, що в економіці довгий час ігнорувалася можливість дрібного значення параметра d .

У роботах зарубіжних вчених, в першу чергу W. Granger, J. R. Hosking, P. M. Robinson [117], був запропонований новий клас моделей *ARFIMA(p, d, q)* — авторегресійний дрібно-інтегрований процес ковзного середнього (*Autoregressive Integrated Fractional Moving Average*), що допускає можливість нецілого параметра d . Характеристики таких часових рядів мають властивість *довготривалої пам'яті*, тобто має місце статистична залежність значень в часовому ряді.

Параметр d моделі *ARFIMA(p, d, q)* знаходять з співвідношення $H = d + 0,5$, де H — показник Херста. Показник Херста обчислюється за допомогою створеного Е. Херстом *R/S*-аналізу [76], в рамках якого використовується рівняння

$$\log(R/S) = \log c + H \log(n), \quad (8.1.2)$$

де $R = \left[\max_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \min_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \right]$ — розмах часткових сум відхилень значень ряду X_j від його середнього значення;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_n)^2}$$
 — стандартне відхилення ряду;

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \text{ — середнє значення ряду;}$$

H — показник Херста.

Показник Херста — це тангенс кута нахилу прямої (8.1.2) до осі абсцис в координатах $\log(R/S)$, $\log(n)$.

Оцінку показника Херста знаходять з емпіричного рівняння лінійної регресії. Для цього обчислюють розмах R/S для під- послідовностей різної довжини вихідного ряду. Потім за методом найменших квадратів знаходять оцінку кута нахилу прямої до осі абсцис $\log(n)$.

Алгоритм, запропонований Е. Петерсом, докладно описаний в [76]. В результаті можуть вийти оцінки:

1) $0,5 < H \leq 1,0$ — таке значення вказує на наявність стохастичного тренда, який не може бути видалений диференціюванням. Ряд характеризується ефектами довготривалої пам'яті і має схильність слідувати трендам. Якщо ряд зростає (убуває) в попередній період, то ймовірно, що він буде зберігати цю тенденцію якийсь час в майбутньому. Трендостійкість поведінки збільшується при наближенні H до одиниці. Такий ряд називається персистентним. Персистентний часовий ряд є найпоширенішим типом, який буває в природі, а також в економіці, і на фондових ринках. Такий ряд називають *дробовим броунівським рухом* або *узагальненим броунівським рухом*, або *фракталом* (рис. 8.1.1).

2) $0 \leq H \leq 0,5$ — означає антиперсистентність, тобто змінює напрямок частіше, ніж випадковий ряд. Спостереження залежні, кожне з них несе пам'ять про попередні події (рис. 8.1.2).

3) $H = 0,5$ — відповідає випадковому ряду. Спостереження випадкові і незалежні. Такий процес повністю позбавлений пам'яті. Рух циклічний з дуже великою частотою коливань.

4) $H > 1$ — дуже рідкісне явище. Виникають незалежні скачки амплітуди, розподілені по Леві.

Херст сформулював свій *емпіричний закон* [118]. Він запропонував формулу для оцінки величини H за значенням R/S :

$$H = \log(R/S) / \log(n/2), \quad (8.1.3)$$

де n — кількість спостережень.

У цій формулі передбачається, що в співвідношенні (8.1.2) константа $c = \frac{1}{2}$. Федер показав [96], що цей емпіричний за-

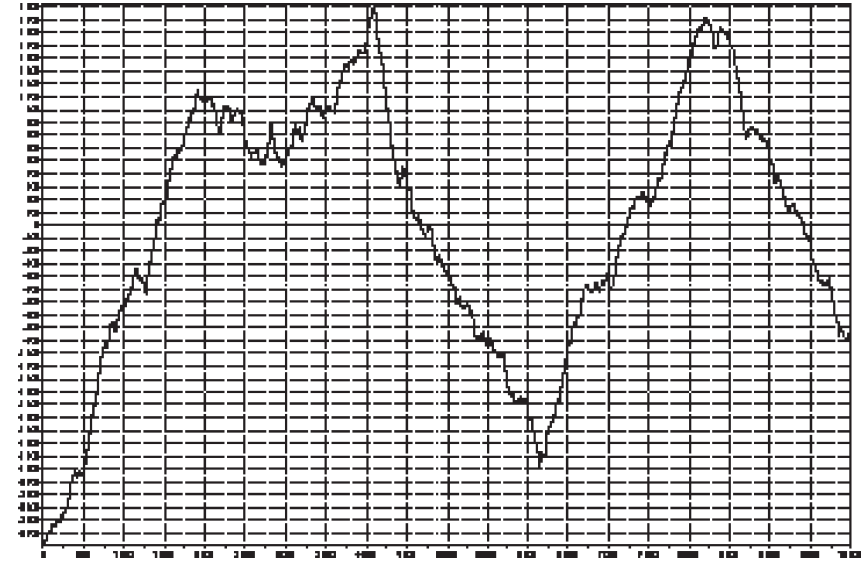


Рис. 8.1.1. Персистентний ряд ($H = 0,9$)

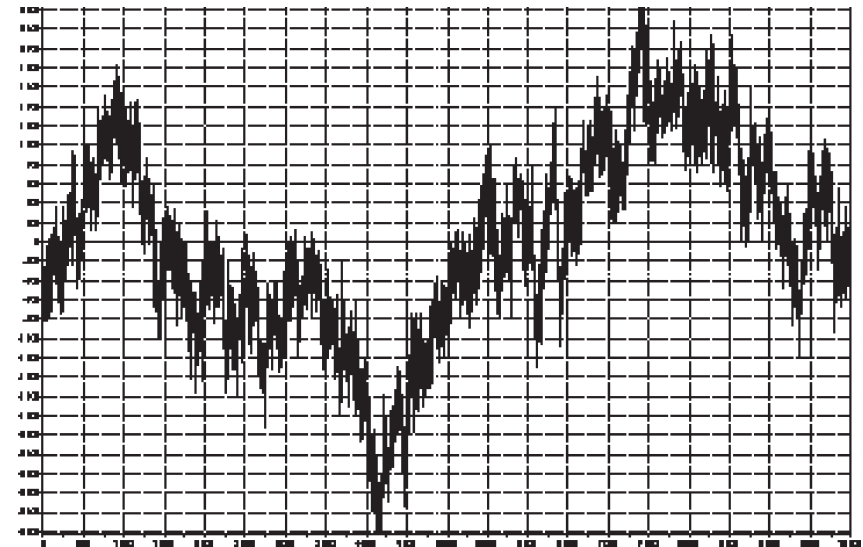


Рис. 8.1.2. Антиперсистентний ряд ($H = 0,2$)

кон має тенденцію перебільшувати H , коли $H > 0,7$, і, навпаки, применшувати, якщо $H < 0,4$. Однак для коротких рядів, де регресія неможлива, цей емпіричний закон може бути використаний як розумне наближення.

При підрахунку показника Херста при невеликому числі даних ($n \leq 300$) необхідно перевіряти гіпотезу про те, що ряд є випадковим. На жаль, R/S -аналіз чутливий до короткострокових залежностей. Е. Ло виявив цей факт і модифікував статистику таким чином, щоб її статистичні властивості залишалися інваріантними для великого класу процесів з короткою пам'яттю, але змінювалися для процесів з довгою пам'яттю. Справа в тому, що дисперсія часткових сум не дорівнює сумі дисперсій окремих членів, вона повинна включати і автоковаріації. Отже, оцінка повинна відображати не тільки суми квадратів відхилень, але і зважені автоковаріації до деякого лага q . Тому Е. Ло запропонував замінити величину S в знаменнику R/S складнішою сумою [120]:

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_n)^2 + \frac{2}{n} \sum_{j=1}^q \varpi_j(q) \left(\sum_{i=j+1}^n (X_i - \bar{X}_n)(X_{i-j} - \bar{X}_n) \right),$$

$$\varpi_j(q) = 1 - \frac{j}{q+1}, \quad q < n.$$

Ваги $\varpi_j(q)$ забезпечують позитивність σ_n^2 . Однак занадто великі (порівняно з n) значення q призводять до того, що властивості оцінок в кінцевих вибірках будуть істотно відрізнятися від їх асимптотичної поведінки. Але брати занадто маленькі значення q теж не можна, тому що автоковаріації за лагом q можуть виявитися важливими, і їх варто було б включити у зважену суму. Д. Ендрюс сформулював для вибору правило, засноване на властивостях вихідних даних [109]: параметр q дорівнює цілій частині числа $k_n = \left(\frac{3n}{2}\right)^{1/3} \left(\frac{2\rho}{1-\rho^2}\right)^{2/3}$, де ρ — оцінка коефіцієнта автокореляції першого порядку ряду X_t .

Далі розглядається статистика $V_n(q) = \frac{R}{\sigma_n \sqrt{n}}$. Асимптотичний розподіл стандартизованої статистики V_n збігається до розподілу випадкової величини V — розмаху броунівського мосту

Таблиця 8.1.1
Область прийняття гіпотези H_0 для статистики V_n

Рівень значущості α	0,005	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
Інтервал прийняття гіпотези	0,721 — 2,098	0,809 — 1,862	0,861 — 1,747	0,927 — 1,620	1,018 — 1,473	1,090 — 1,374	1,157 — 1,294

на одиничному інтервалі [76]. Класифікація ряду проводиться на основі перевірки статистичної гіпотези H_0 — досліджуваний ряд є випадковим. У табл. 8.1.1 наведені області прийняття гіпотези H_0 на різних рівнях значущості.

Гіпотеза приймається на відповідному рівні значущості, якщо статистика V_n потрапляє в будь-який з інтервалів таблиці. В іншому випадку можна вважати, що з імовірністю $1 - \alpha$ має місце довгострокова залежність.

В роботі [123] зазначено, що описаний тест схильний приймати гіпотезу H_0 , якщо її насправді немає. Проте в наукових дослідженнях, як правило, звертаються саме до цього тесту.

R/S -аналіз дозволяє визначити середню довжину циклу, необхідну для оцінки інерції розвитку, тобто інтервал часу, після закінчення якого втрачається пам'ять про початкові умови. Якщо графік функції $\log R/S$ має чітко виражену лінійну ділянку, то це вказує на існування циклу на цій ділянці. Часовий діапазон, відповідний лінійній ділянці, є довжиною циклу. Довжину циклу можна визначити і за графіком статистики V_n .

Зріст V_n -статистики разом зі зростанням n означає, що даному у ряду відповідає показник $H > 0,5$ і має місце цикл. Довжина як періодичного, так і неперіодичного циклу дорівнює довжині інтервалу, на якому зберігається тенденція зростання статистики. Якщо ж $V_n \rightarrow \text{const}$ (стабілізується) при зростанні n , то це відповідає білому шуму.

Довготривала пам'ять спостерігається в багатьох макроекономічних часових рядах. Класичним прикладом такої часової динаміки є ВВП США. Аналіз доходностей акцій українських і російських компаній свідчить про присутність довготривалої пам'яті в цих рядах [4; 5].

Очевидно, що для ідентифікації авторегресійної моделі необхідно визначити властивості і компоненти досліджуваного часового ряду. Статистичну залежність або незалежність значень часового ряду виявляють на основі кореляційного аналізу по вигляду автокореляційної функції.

Якщо випадковий процес близький до білого шуму, то значення функції близькі до нуля. Якщо ряд стаціонарний, то автокореляційна функція, починаючи з деякого моменту, загасає або зовсім зникає [49].

Наприклад, для процесів $AR(p)$ і $MA(q)$ вона або має вигляд загасаючої синусоїди, або експоненціально убуває. Якщо функція повільно убуває на досить тривалому часовому періоді, то можна припустити, що ряд характеризується довготривалою пам'яттю.

Довготривала (довга) пам'ять — це існування значної автокореляції в моментах вищих порядків. Підтвердження або відхилення цієї гіпотези здійснюється на основі R/S -аналізу. На практиці обчислюється оцінка кореляційної функції, яка називається корелограмою (рис. 8.1.3).

Для заданого рівня ймовірності (зазвичай при комп'ютерних обчисленнях беруть $\alpha = 0,05$ (5 %) можна обчислити межі довірчого інтервалу, в якому знаходження значення функції автокореляції при заданому лагу k з ймовірністю $p = 1 - \alpha$ не суперечить припущенню про відсутність кореляції на цьому лагу.

При графічному зображенні функції автокореляції або її оцінки — корелограми ці інтервали дають дві граничні криві (вище і нижче осі абсцис). Вихід за ці граничні криві розглядається як вказівка на значимість кореляції з відповідним лагом. Корелограма на малюнку 8.1.3 виходить за межі довірчого інтервалу на лагах 1—6. Отже для цих лагів має місце кореляція між X_t і X_{t+k} , $k = 1, 6$.

Для виявлення прихованих періодичностей використовується періодограма. Періодограма є асимптотично незміщеною, але неспроможною оцінкою для спектральної щільності. Обчислення періодограми засновані на швидкому перетворенні Фур'є (30)

і проводяться тільки за наявності комп'ютера з відповідною програмою (рис. 8.1.4).

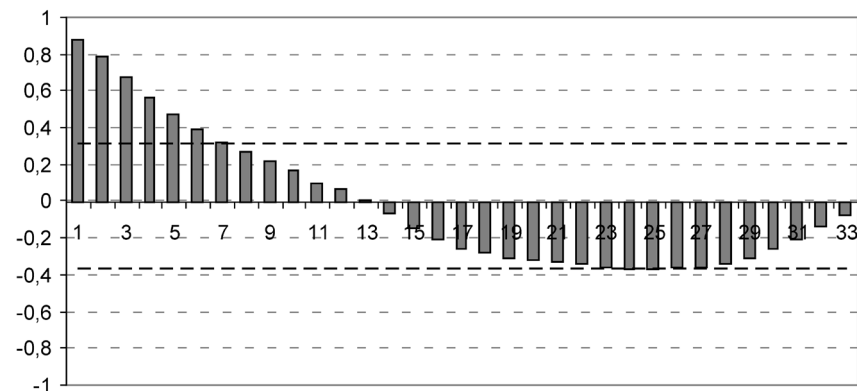


Рис. 8.1.3. Корелограма

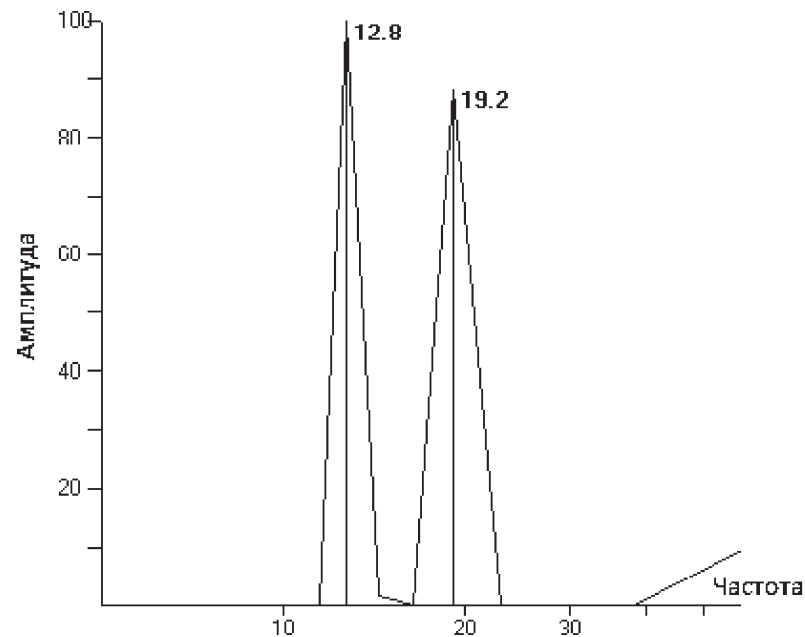


Рис. 8.1.4. Періодограма

При аналізі періодограми потрібно звертати особливу увагу на її піки. Великий пік в області деякої частоти ν_0 вказує на те, що в спектральному розкладі автокореляційної функції присутній цикл. Чим вище і різкіше виділений пік, тим більша частина потужності зосереджена біля частоти ν_0 і тим більшу роль відіграє ця частота в описі відповідного випадкового процесу або часового ряду.

Якщо періодограма на низьких частотах наближається до нескінченності, то це свідчить про те, що процес має тренд або постійну складову.

Для економіки, що розвивається, характерна наявність довгострокової стійкості і короткочасної нестабільності. У такій ситуації для дослідження процесів може бути використана теорія хаосу, яка містить методи теорії динамічних систем і фрактального аналізу [76; 77]. Методика аналізу часових послідовностей, яка розроблена в теорії хаосу, дозволяє розрізнити випадкові і детерміновано-хаотичні системи і оцінити складність цих систем [106].

Якщо в динамічній системі траєкторії протягом часу стягуються в деяку обмежену область, то така область тяжіння називається *атрактор*. Атрактор системи *детермінованого хаосу* називається *дивним атрактором* [77; 106]. Важливими характеристиками атрактора є: *хаусдорфова розмірність* $D_2 = D_0$ і *колмогорова ентропія* $K_2 = K_1$.

Обчислення цих показників надзвичайно складне і практично неможливе для атракторів великих розмірностей. Тому на практиці використовують їх оцінки знизу: кореляційну розмірність $D_2 \leq D_0$ і кореляційну ентропію $K_2 \leq K_1$. Ці показники обчислюються за допомогою кореляційного інтеграла, який може бути оцінений безпосередньо для дискретної послідовності точок траєкторії.

Однак часто потрібно обчислити характеристики атрактора деякої реальної системи, математична модель якої невідома. При цьому, як правило, невідома і розмірність її фазового простору. У цій ситуації зазвичай мають інформацію про поведінку в часі якої-небудь однієї з динамічних змінних.

У своїй роботі Ф. Такенс [122] показав, що деякі властивості n -мірного реального атрактора в фазовому просторі можна відновити з часового ряду тільки однієї спостережуваної складової. Для цього будується *реконструйований атрактор* системи

методом часової затримки координат (для фіксованої розмірності вкладення n). Однак n заздалегідь невідомо. Тому кореляційна розмірність $D_2(n)$ послідовно розраховується для декількох реконструйованих атракторів розмірностей $n = 1, 2, 3, \dots$ При цьому $D_2(n)$ спочатку зростає, але потім зазвичай виходить на постійний рівень $D_2(n) \approx D_2$. Таким чином, отримують шукану кореляційну розмірність атрактора D_2 і оцінку розмірності фазового простору системи $n \leq 2D_2 + 1$. Для випадкових даних $D_2(n)$ монотонно зростає при збільшенні розмірності n . Кореляційна розмірність $D_2(n)$ використовується для перевірки наявності хаотичної складової.

Однією з властивостей детерміновано-хаотичної системи є чутливість до початкових умов, яка означає, що всі точки, спочатку розташовані як завгодно близько один до одного, в майбутньому мають значно розбігатися. Іншими словами, невелика зміна поточної траєкторії може призвести до значної зміни в її майбутній поведінці (рис. 8.1.5).

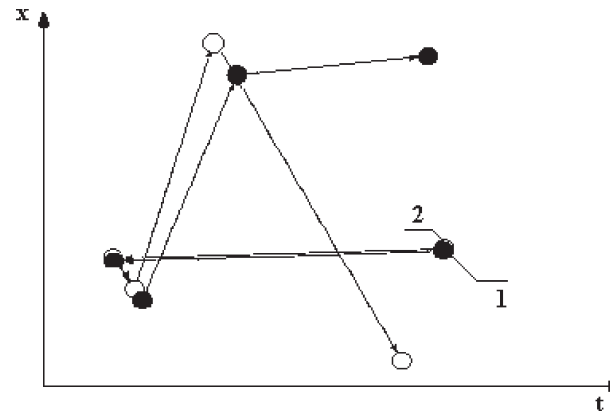


Рис. 8.1.5. Приклад чутливості системи до первинних умов

З рисунку видно, що спочатку близькі точки через якийсь час помітно відхиляються одна від другої. Ця властивість робить систему непередбачуваною.

Ентропія Колмогорова визначається як середня швидкість розбіжності траєкторій точок. Для регулярних систем $K = 0$,

для випадкових систем $K \rightarrow \infty$, а для систем детермінованого хаосу $0 < K < \infty$ (рис. 8.1.6).

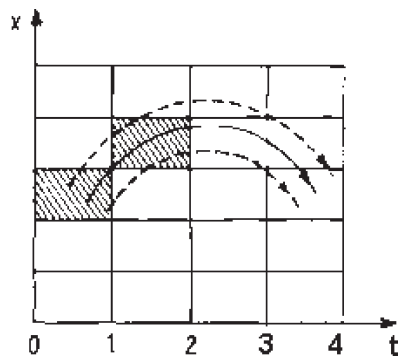


Рис. 8.1.6, а. Регулярний рух $K = 0$

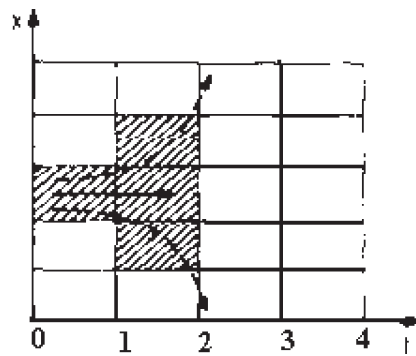


Рис. 8.1.6, б. Хаотичний рух $K > 0$

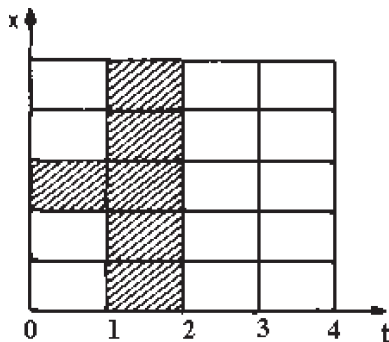


Рис. 8.1.6, в. Випадковий рух $K \rightarrow \infty$

Оскільки K_2 є оцінкою низу для ентропії Колмогорова, то позитивна кореляційна ентропія $K_2 > 0$ є достатньою умовою існування хаосу в системі. Цей показник також використовують для перевірки наявності хаотичної складової.

Систему детермінованого хаосу неможливо ефективно моделювати економетричними процесами, вона описується диференціальними рівняннями, які залишаються невідомими. При цьому

теорія хаосу допомагає побудувати модель системи із застосуванням сучасних інформаційних технологій: технології нейронних мереж і генетичних алгоритмів.

8.2. МОДЕЛЮВАННЯ ФОНДОВОГО ІНДЕКСУ ПФТС В УМОВАХ ФРАКТАЛЬНОЇ КОНЦЕПЦІЇ РИНКУ

На зорі появи кількісного аналізу фондових ринків основний акцент робився на гіпотезу ефективного ринку, нормальний розподіл і випадкове блукання цін. Припущення нормальності прибутковості по активу було воістину фундаментальним. Нормальний розподіл часто служить моделлю для випадкових збурень в різного роду системах. Популярність цього розподілу пояснюється його універсальністю. Як відомо, безліч різномірних процесів в природі, техніці, економіці описується нормальною моделлю. Математично цей факт пояснюється центральною граничною теоремою, яка стверджує, що сумарна дія багатьох дрібних збурень повинна давати флуктуації, розподілені майже нормально, тобто при виконанні певних умов функція розподілу суми малих випадкових величин із зростанням числа доданків збігається до нормальної функції розподілу.

Спроби побудувати ймовірнісні моделі цін і прибутковостей цінних паперів робилися протягом ХХ ст. Французький вчений Башельє опублікував свою роботу на початку 1900-х рр., в якій запропонував нормальну модель для цін фінансових активів і товарів. Припущення про нормальність цін і прибутковостей використовувалося в багатьох моделях, зокрема, в моделі вибору портфеля Марковітца — Шарпа і в методиці Rick Metrics. Практика показала, що гіпотеза про нормальність цін і прибутковостей прийнятна тільки на дуже невеликих інтервалах часу. При збільшенні інтервалів вона зазвичай погано відповідає реальним даним (рис. 8.2.1).

Краще відповідає даним логнормальна модель. Криві щільностей логнормального і нормального розподілів зображені відповідно на рисунках 8.2.2 і 8.2.3.

Потім вчені дійшли висновку, що слід розглядати не зміни цін, а природи їх логарифмів. Так виникла концепція геометричного (економічного) броунівського руху П. Самуельсона [121].

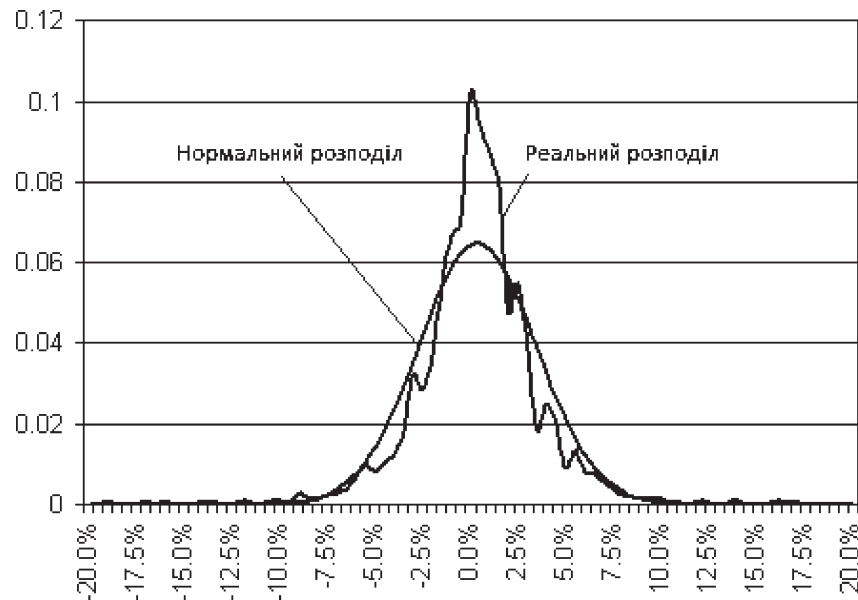


Рис. 8.2.1. Щільності розподілу прибутковостей

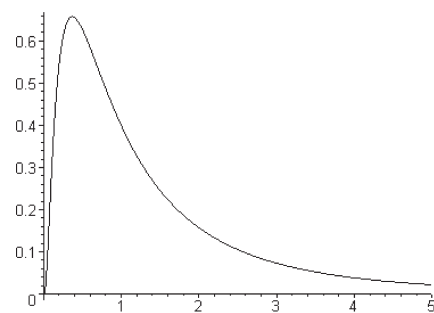


Рис. 8.2.2. Щільність логнормального розподілу

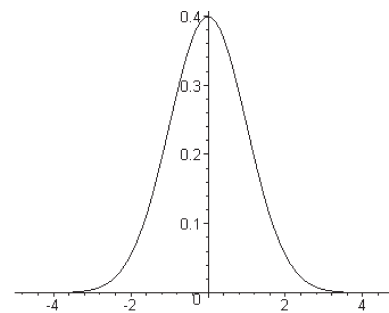


Рис. 8.2.3. Щільність нормального розподілу

Незабаром модель Самуельсона піддалася критиці. Річ у тому, що на великих об'ємах емпіричних даних модель не узгоджується з фактичними даними. З'явилися уточнення моделі геометричного броунівського руху, наприклад, *ARCH*, *GARCH* та ін.

Потім стали розглядати волатильність σ змінною величиною в часі, а потім стало зрозуміло, що в основі гіпотези ефективного ринку лежать абсолютно нежиттєві припущення про те, що інвестори раціональні, акуратні, поточні ціни вже відображають всю отриману раніше інформацію, тобто інформація знаходить негайний відгук інвесторів. Однак практика показує зворотне. Отож, стала очевидною необхідність формулювання іншого підходу до аналізу і моделювання ринку. Нова парадигма була створена, нею стала гіпотеза фрактального ринку [77].

Фрактальна модель стверджує, що ринки самоподібні на різних часових масштабах, а волатильності, обчислені на базі різних часових інтервалів, співвідносяться одна з одною за такою формулою:

$$\sigma(T) = \sigma(\tau) \cdot \left(\frac{T}{\tau}\right)^H, \quad (8.2.1)$$

де показник ступеня H є показником Херста.

Проведені дослідниками розрахунки [2; 4; 5; 76; 77] показали, що ринкові явища і економічні індикатори не є випадковими явищами і мають такі властивості: наявність пам'яті і схильність до великих викидів. Статистичні дані часового ряду показників ринку не обов'язково знаходяться в межах нормального розподілу. Таким чином, слід використовувати гіпотезу фрактального ринку (Fractal Market Hypothesis або скорочено FMH), яка є альтернативою гіпотези ефективного ринку [77].

На рис. 8.2.4—8.2.7 наведені основні характеристики часового ряду Українського індексу ПФТС. Дані часового ряду — це щоденні значення індексу на момент закриття торгів за період 2004—2010 рр. (сайт www.pfts.ua).

За графіком часового ряду видно, що він носить стрибкоподібний характер, зміни можуть відрізнятися одна від одної на порядок. Швидкість зміни індексу має хаотичний характер, причому в докризовий період швидкість залишалася майже незмінною, а для кризового і післякризового періодів характерні різкі і більш хаотичні коливання. Корелограма характеризується довгим позитивним автокореляційним зв'язком. Періодограма свідчить про зосередження потужності процесу поблизу нульової частоти. Зазначені характеристики дозволяють припустити, що часовий ряд має ефект довготривалої залежності (пам'яті).

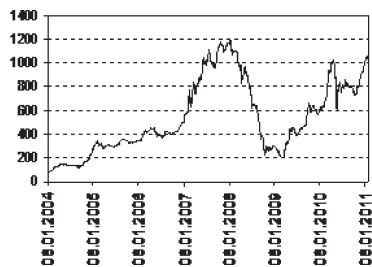


Рис. 8.2.4. Часовий ряд індексу ПФТС

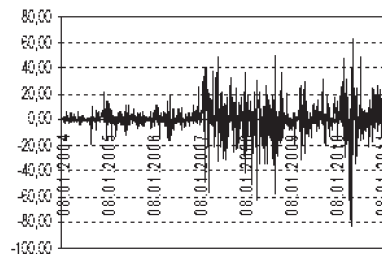


Рис. 8.2.5. Швидкість зміни індексу ПФТС

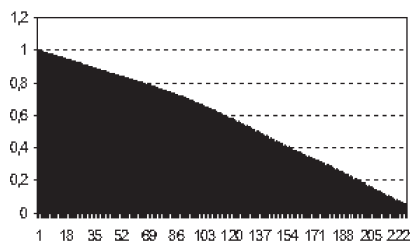


Рис. 8.2.6. Корелограма

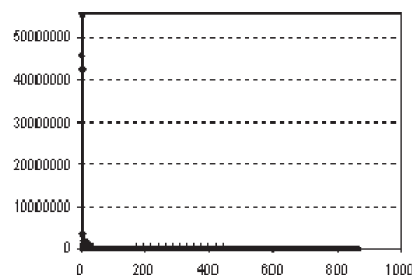


Рис. 8.2.7. Періодограма

Показник Херста $H = 0,9652 \pm 0,1078$ і тест для V_n підтверджують цей висновок ($V_n = 0,3016$ і не потрапляє ні в один інтервал табл. 8.1.1). Таким чином, ряд з великою ймовірністю є персистентним і трендостійким (рис. 8.2.8).

Циклам відповідають точки на графіку, в яких збігаються лінійна апроксимація і залежність нормованого розмаху. З рис. 8.2.8 видно, що графіки збігаються практично на всьому діапазоні. Наявні відхилення можна вважати незначними, вони знаходяться в межах помилки. Отже, закінчені цикли на ринку відсутні. Це може бути з двох причин: або недостатньо даних, або циклу не існує. В даному випадку за наявними даними важко зробити однозначний висновок.

Отже, з одного боку досліджуваний ряд трендостійкий, а з іншого — схильний до різких коливань. Протиріччя між довгостроковою стійкістю і короткочасною нестабільністю свідчать про те, що має місце *детермінований хаос*, що дозволяє

класифікувати ряд як нелінійну динамічну систему. Для ПФТС, починаючи з $n = 6$, кореляційна розмірність $D_2(n)$ знижується, а потім прагне до постійного значення $D_2 \approx 2$ (рис. 8.2.9). Отже, дана динамічна система має *хаотичну складову*, поведінка якої детермінована, при цьому оцінка розмірності фазового простору (розмірність вкладення) $n \leq 2 \times 2 + 1 = 5$.

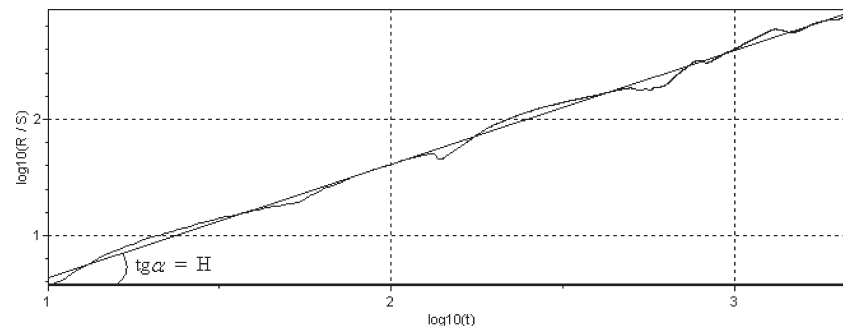


Рис. 8.2.8. Залежність нормованого розмаху в подвійному логарифмічному масштабі і її лінійна апроксимація

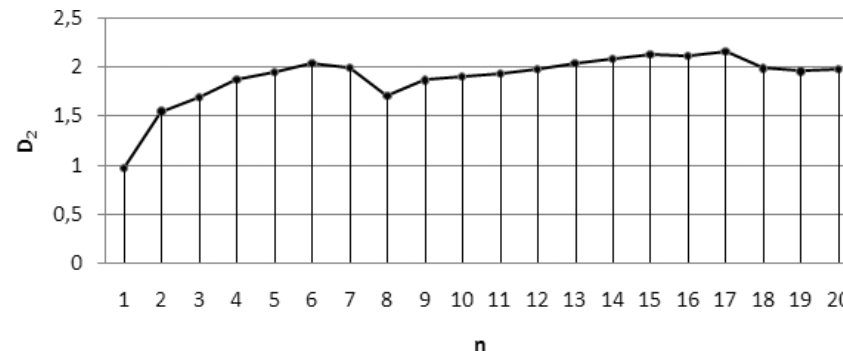


Рис. 8.2.9. Кореляційна розмірність

Кореляційна ентропія для ПФТС при $n = 5$ дорівнює $K_2 \approx 6,1 > 0$. Таким чином, виконується *достатня умова* існування хаосу в системі.

Виявлені властивості індексу ПФТС свідчать про те, що український фондовий ринок є системою детермінованого хаосу.

Фрактальна природа індексу дає підставу для побудови моделей із застосуванням технології нейронних мереж. При цьому розмірність вкладки атрактора визначає розмір ковзаючого вікна i , відповідно, кількість вхідних даних в моделях нейромереж.

На рис. 8.2.10 показані результати нейромоделювання індексу ПФТС за даними перших 20 днів 2011 року. Чорним кольором позначені фактичні дані, сірим — прогнози.

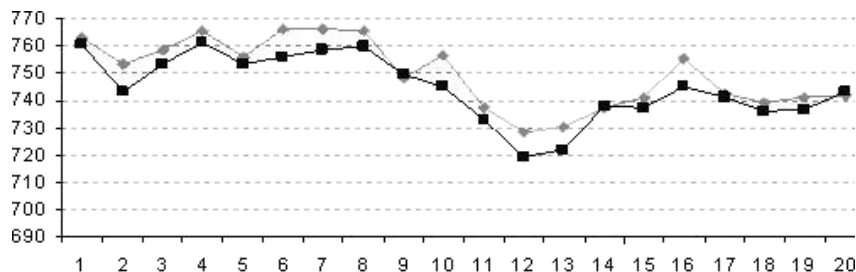


Рис. 8.2.10. Результат нейромережевого моделювання

Для моделювання в пакеті *Matlab* застосована нейронна мережа Елмана [100]. Ця мережа здатна пам'ятати попередні дії і реалізовувати завдання навчання, які розгортаються в часі, що актуально для прогнозування часових рядів з пам'яттю. Мережа Елмана з одним нейроном в прихованому шарі і одним контекстним нейроном створена за допомогою функції:

```
net = newelm([1 20], [1 + 1], {'tansig', 'tansig'}, 'trainlm').
```

Як функція активації використовувалася функція гіперболічного тангенса — *tansig*. Для навчання було застосовано алгоритм Левенберга — Марквардта — *trainlm*, заснований на оцінці матриці Гессе і віднесений до методів навчання іншого порядку. Прогнозна крива відображає тенденцію фактичної динаміки ринка, а середня квадратична помилка дорівнює 6,39. Таким чином, можна вважати модель адекватною.

За аналізом можна зробити такі висновки. Наявність довгострокової пам'яті свідчить про інертність, а відсутність шумів — про низьку активність ринка. Така ситуація виникає внаслідок того, що в Україні основними гравцями фондового ринку

є банки, інвестиційні компанії та недержавні пенсійні фонди, а частка приватних інвесторів незначна. Крім того, більшість емітентів намагаються втримати великі пакети акцій у своїй власності і не прагнуть вийти на ринок, тому що доходи від цінних паперів не компенсують інфляційні втрати. Для того щоб змінити ситуацію, потрібно удосконалювати законодавче та нормативне регулювання діяльності учасників фондового ринку, розробляти заходи, щодо залучення на ринок і посилення захисту прав приватних інвесторів.

Статистичний і спектральний аналіз виконані за допомогою програми *AtteStat*, фрактальні характеристики обчислені програмою *Fractan*. Ці програми поширюються безкоштовно і розміщені на багатьох Internet-сайтах, наприклад, <http://soft.softodrom.ru/ap/Fractan-p44195>; <http://www.twirpx.com/file/166961>.

Слід зазначити, що перевагою нейромережевого моделювання є те, що для нього не потрібно великої кількості емпіричних даних і не доводиться виконувати трудомістких обчислень. Але вибір параметрів мережі багато в чому залежить від практичного досвіду розробника.

8.3. МОДЕЛІ АНАЛІЗУ СТІЙКОСТІ ФОНДОВИХ РИНКІВ

У 1990—2000-х рр. світова економіка зіткнулася з низкою фінансових криз, які значно вплинули на її розвиток. Ці події привели до виникнення інтересу до досліджень, присвячених виявленню показників, які можуть завчасно попередити вразливість глобальної економіки до фінансових криз. Для ефективного слідування за станом ринку з позиції кожного її учасника потрібен інструмент його моніторингу.

Існують різні точки зору на цю проблему. В роботі [82] запропоновано систему індикаторів — провісників нестабільності на фінансовому ринку Росії, яка розроблена на основі методології «сигнального» підходу [119]. Під сигналом розуміється вихід того чи іншого індикатора за межі порогового значення. У своїх роботах дослідники прагнуть вибрати з безлічі економічних індикаторів ті, які мають найбільшу прогностичну силу, тобто дозволяють з найбільшою ймовірністю заздалегідь виявити можливе настання фінансової нестабільності.

Граничні значення індикаторів розраховуються на підставі їх динаміки перед кризами, які вже мали місце. В такому випадку порогові значення відображають специфічні проблеми в економіці країни.

Використання такої методології не дозволяє абсолютно достовірно прогнозувати наближення фінансової кризи. У той же час система індикаторів-передвісників дає шанс завчасно виявити негативні тенденції в економіці та вжити заходів щодо їх усунення.

У рамках концепції ефективного ринку розглядають волатильність ринків [111] і фактори, що впливають на волатильність. Передбачається, що кількісні оцінки факторів можуть служити індикаторами негативних ситуацій на ринках. Така методологія дозволяє оцінити конкретний внесок кожного фактора у формування кризи. Цьому напрямку присвячені роботи [3; 97; 111]. Як інструмент відстеження змін станів ринка використовуються класичні економетричні регресивні методи аналізу і моделювання. В статті [97] наведені економетричні моделі бінарного вибору (probit і logit). Такі моделі припускають дискретну змінну F_{Kt} (наступ або відсутність кризи), яка приймає значення одиниці в разі, якщо криза відбулася в момент часу t , і значення нуля в інших випадках. Для визначення внеску екзогенних змінних в формування кризової ситуації застосовують метод максимальної правдоподібності.

В роботі [3] проведено дослідження Українського фондового індексу ПФТС на основі регресійно-факторного аналізу, результати яких приведено у наступному параграфі.

8.3.1. Відстеження критичної ситуації на регресійно-факторній моделі Українського фондового індексу ПФТС

В роботі [2] показано, що динаміка індексу ПФТС визначається множиною сукупно діючих причин, тобто індекс має багатознакову природу. Надійне відображення його в економіко-математичних моделях можливе за умови врахування комплексу властивих йому найсуттєвіших характеристик. Для побудови такої моделі доцільно використовувати методи багатовимірної статистичного аналізу, у даному випадку — метод головних компонент [89].

Індекс ПФТС обрано як найбільш інформативний. Статистичні дані взяті на офіційному сайті Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку (НКЦПФР) [71].

Як фактори, що впливають на динаміку фондового ринку, обрані такі показники у процентах до попереднього періоду: X_1 — курс гривні до 100 доларів; X_2 — індекс зростання промислового виробництва; X_3 — індекс споживчих цін; X_4 — інвестиції в основний капітал; X_5 — виробництво сільсько-господарської продукції; X_6 — експорт; X_7 — імпорт.

З огляду на те, що індекс ПФТС і деякі макроекономічні показники (наприклад, курс гривні) мають довготривалу пам'ять [2], взяті річні значення всіх показників за 1997—2012 рр., в яких цей ефект відсутній. Крім того, для річних значень виконується основна вимога до вихідних даних про нормальний розподіл. Вихідні дані офіційного сайту Держстату України [70] наведені в табл. 8.3.1.1 (n — число даних, m — число показників).

Стандартизовані значення представлені в табл. 8.3.1.2.

Обчислювальна процедура метода є достатньо трудомісткою, тому розрахунки проведені в Microsoft Excel з використанням надбудов «Аналіз Даних» та Attestat. Отримані результати представлені в табл. 8.3.1.3

За матрицею $R(m, m)$ обчислені власні числа і матриця факторних навантажень $A(m, m)$ (табл. 8.3.1.4).

За змістом кожен елемент матриці факторних навантажень є частковим коефіцієнтом кореляції між вихідною ознакою X_j і головними компонентами F_k , тому всі елементи $|a_{ij}| \leq 1$. Відповідно до табл. 8.3.1.4 перша головна компонента F_1 пояснює приблизно $3,4543/7 = 49,3470 \approx 49\%$ всієї дисперсії, друга головна компонента F_2 пояснює $1,6107/7 = 23,0094 \approx 23\%$, F_3 — $1,0212/7 = 14,5888 \approx 14\%$. Перші три головні компоненти враховують майже 87% сумарної дисперсії.

Значущість кореляційної матриці підтверджується критерієм Уїлкса [44]. Для цього обчислюється статистика:

$$X_n^2 = - \left(n - \frac{1}{6}(2m + 5) \right) \ln |R|, \quad (8.3.1)$$

де R — матриця парних кореляцій;

n, m — відповідно число спостережуваних об'єктів і число елементарних ознак в аналізі;

$|R| = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_m$ — визначник кореляційної матриці.

Обчислене значення X_n^2 порівнюється з квантилю X^2 -розподілу, $X_\alpha^2(1/2m(m-1))$, де α — рівень значущості. Кореляційна матриця вважається значущою, якщо

$$X_n^2 > X_\alpha^2(1/2m(m-1)). \quad (8.3.2)$$

У даному випадку

$$n = 16, \quad m = 7, \quad |R| = 0,002, \quad \ln |R| = -6,215, \\ X_n^2 = 79,76.$$

Таблиця 8.3.1.1

Вихідна матриця $X(n, m)$

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	186,17	99,70	116,00	91,00	91,00	99,50	100,50
2	244,95	99,00	120,00	106,00	98,00	86,50	87,00
3	413,04	104,20	119,20	100,40	90,00	88,00	80,00
4	544,02	112,90	125,80	111,20	93,00	129,50	117,50
5	537,21	114,20	106,10	121,00	110,20	114,00	114,30
6	532,66	107,00	99,40	109,00	101,00	107,90	105,90
7	533,27	115,80	108,20	131,00	89,00	127,80	133,60
8	531,92	112,50	112,30	128,00	119,90	142,70	128,20
9	512,47	103,10	110,30	102,00	99,90	111,40	105,60
10	505,00	106,20	111,60	119,00	100,40	113,50	124,50
11	505,00	110,20	116,60	130,00	93,50	128,00	134,20
12	526,72	96,90	122,30	97,00	117,00	141,70	149,40
13	779,12	78,10	112,30	59,00	98,00	54,05	52,20
14	793,56	111,20	109,10	99,00	99,00	131,50	133,95
15	796,76	107,63	104,60	122,00	120,00	134,40	138,10
16	799,10	98,20	99,83	117,01	95,50	101,90	102,90
\bar{X}_j	546,31	104,80	112,10	108,91	100,96	113,27	112,99
σ_j	174,26	9,02	7,38	17,62	9,99	23,61	25,14

Таблиця 8.3.1.2

Стандартизована матриця $Z(n, m)$

№	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_6	Z_7
1	-2,0667	-0,5658	0,5281	-1,0166	-0,9969	-0,5834	-0,5834	-0,4969
2	-1,7294	-0,6434	1,0699	-0,1653	-0,2964	-1,1341	-1,1341	-1,0340
3	-0,7648	-0,0667	0,9616	-0,4831	-1,0970	-1,0706	-1,0706	-1,3124
4	-0,0131	0,8981	1,8556	0,1298	-0,7968	0,6875	0,6875	0,1794
5	-0,0522	1,0422	-0,8131	0,6859	0,9244	0,0308	0,0308	0,0521
6	-0,0783	0,2438	-1,7207	0,0049	0,0038	-0,2276	-0,2276	-0,2821
7	-0,0748	1,2197	-0,5286	1,2535	-1,1970	0,6154	0,6154	0,8199
8	-0,0826	0,8537	0,0268	1,0832	1,8950	1,2466	1,2466	0,6051
9	-0,1942	-0,1887	-0,2441	-0,3923	-0,1063	-0,0793	-0,0793	-0,2940
10	-0,2371	0,1551	-0,0680	0,5724	-0,0563	0,0097	0,0097	0,4579
11	-0,2371	0,5986	0,6093	1,1967	-0,7467	0,6239	0,6239	0,8438
12	-0,1124	-0,8763	1,3815	-0,6761	1,6048	1,2043	1,2043	1,4484
13	1,3360	-2,9612	0,0268	-2,8326	-0,2964	-2,5088	-2,5088	-2,4184
14	1,4189	0,7095	-0,4067	-0,5626	-0,1964	0,7722	0,7722	0,8338
15	1,4372	0,3136	-1,0163	0,7427	1,9050	0,8950	0,8950	0,9989
16	1,4507	-0,7321	-1,6624	0,4595	-0,5466	-0,4817	-0,4817	-0,4014
\bar{Z}_j	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
σ_{Zj}	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Таблиця 8.3.1.3
Кореляційна матриця $R(m, m)$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
Z_1	1,0000	-0,0949	-0,5085	-0,0363	0,2880	0,1230	0,1366
Z_2	-0,0949	1,0000	-0,0971	0,8348	0,0705	0,7414	0,6726
Z_3	-0,5085	-0,0971	1,0000	-0,2282	-0,1634	0,0240	-0,0302
Z_4	-0,0363	0,8348	-0,2282	1,0000	0,1763	0,6851	0,6712
Z_5	0,2880	0,0705	-0,1634	0,1763	1,0000	0,4669	0,4316
Z_6	0,1230	0,7414	0,0240	0,6851	0,4669	1,0000	0,9608
Z_7	0,1366	0,6726	-0,0302	0,6712	0,4316	0,9608	1,0000

При $\alpha = 0,05$ квантиль $X_{\alpha}^2(1/2m(m-1)) = X_{0,5}^2(21) = 11,6$.

Виконується нерівність $79,76 > 11,6$, отже, за критерієм Уїлкса, кореляційна матриця є значущою. У розглянутій задачі слід залишити $p = 4$ головних компоненти.

Компоненти можна інтерпретувати в такий спосіб. Розглянемо матрицю факторних навантажень. Перший стовпець відповідає першій компоненті F_1 . Тут досить високими є вклади показників: Z_3 — індекс зростання промислового виробництва, Z_4 — інвестиції в основний капітал; Z_6, Z_7 — відповідно експорт та імпорт товарів. Першу компоненту F_1 можна вважати узагальненим фактором економічного потенціалу.

Другий стовпець відповідає другій компоненті F_2 , найбільший внесок дають показники: Z_7 — курс гривні до долара і Z_3 — інфляція, отже F_2 — узагальнений фактор стабільності економіки.

Третю компоненту F_3 можна інтерпретувати як узагальнений фактор розвитку аграрного сектора.

Четверту F_4 — стабільність гривні по відношенню до долара.

Таблиця 8.3.1.4
Матриця факторних навантажень $A(m, m)$

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	$S_f^2 = \sum_{j=1}^m a_{ij}^2$
Z_1	0,1436	0,8635	-0,0019	0,4509	0,1735	0,0150	0,0079	1
Z_2	0,8443	-0,2846	-0,3339	0,0174	0,1433	-0,2693	0,0358	1
Z_3	-0,1749	-0,7418	0,5496	0,2707	0,2044	0,0427	0,0133	1
Z_4	0,8519	-0,1464	-0,3559	-0,1547	0,1902	0,2568	-0,0093	1
Z_5	0,4571	0,4542	0,6259	-0,4196	0,1212	-0,0456	0,0152	1
Z_6	0,9478	-0,0696	0,2231	0,1482	-0,1034	-0,0449	-0,1117	1
Z_7	0,9259	-0,0330	0,1987	0,1630	-0,2480	0,0835	0,0840	1
$\lambda_y = \sum_{i=1}^m a_{iy}^2$	3,4543	1,6107	1,0212	0,5253	0,2155	0,1516	0,0214	$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 7$

Тепер визначимо залежність індексу ПФТС від виділених факторів. Застосуємо класичний регресійний аналіз. Дані для аналізу наведено в табл. 8.3.1.5. Другий і третій стовпці таблиці містять вихідні $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ і стандартизовані Y' річні значення індекса ПФТС. В інших стовпцях поміщена матриця $F'(m \times n)$ (транспонована матриця $F(m \times n)$).

Зв'язок між змінною Y' і головними компонентами відобразимо у вигляді лінійної регресійної моделі

$$Y' = \beta_0 + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 + \beta_4 F_4 + \beta_5 F_5 + \beta_6 F_6 + \beta_7 F_7 + \varepsilon, \quad (8.3.3)$$

де $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$ — параметри регресії; ε — випадкова помилка спостереження, нормально розподілена з параметрами $M(\varepsilon) = 0, D(\varepsilon) = \sigma^2$.

При побудові регресійної моделі треба оптимізувати число головних компонент в моделі. Для цього рекомендується спочатку отримати модель з урахуванням всіх головних компонент, потім послідовно виключати головні компоненти з найменшим значенням λ_j .

Висновки про якість регресійних рівнянь роблять по статистичним критеріям: F -критерію Фішера про значущість моделі і t -критерію Стьюдента про суттєвості параметрів моделі, а також за значеннями R, R^2 — множинних коефіцієнтів кореляції і детермінації про тісноту лінійного взаємозв'язку. Результати регресійного аналізу зведені в табл. 8.3.1.6.

За даними таблиці можна зробити висновок про те, що найбільш придатною є регресійна модель для шести факторів $R^2 = 0,86$. У цій моделі значущими є параметри β_2 і β_4 , отже в рівняння регресії повинні бути включені чинники F_2, F_4 , тобто

$$Y' = 0,6805 F_2 + 0,3651 F_4. \quad (8.3.4)$$

Помноживши обидві частини рівняння на σ_y і додавши \bar{y} , перетворимо Y' до початкової змінної ($\sigma_y = 273,99, \bar{y} = 211,69$):

$$Y = 186,45 F_2 + 100,03 F_4 + 211,69. \quad (8.3.5)$$

Таким чином, на динаміку індексу ПФТС впливають фактор економічної стабільності і фактор стабільності гривні

Таблиця 8.3.1.5

Вихідні дані регресійного аналізу

№	Y	Y'	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₆	F ₆	F ₇
1	79,74	-0,9176	-0,9269	-1,4047	-0,0078	-0,7437	-2,1458	-0,5740	-0,5740	-0,5526	0,6740
2	21,56	-1,1924	-0,9517	-1,3047	0,2163	-1,3098	0,6158	0,8487	0,8487	0,6740	0,0692
3	39,07	-1,1097	-1,0066	-1,0335	-0,4525	0,1458	1,2323	-0,5804	-0,5804	0,0692	0,0692
4	55,53	-1,0320	0,2883	-1,2903	0,3565	1,8222	1,4768	-0,7191	-0,7191	-0,8528	0,8528
5	42,65	-1,0928	0,6077	0,3583	-0,4339	-1,3445	0,9305	-1,1820	-1,1820	1,6208	1,6208
6	54,10	-1,0387	0,0071	0,7237	-1,1096	-1,1018	-1,0928	-1,0063	-1,0063	-0,6154	-0,6154
7	85,43	-0,8907	0,8611	-0,5070	-1,5596	0,7188	-0,5564	0,4296	0,4296	0,2935	0,2935
8	260,13	-0,0655	1,2260	0,1622	0,9095	-1,3216	1,2544	-0,2881	-0,2881	-1,8421	-1,8421
9	352,97	0,3731	-0,2532	0,0568	-0,0723	-0,2119	-0,5431	-0,5238	-0,5238	1,1868	1,1868
10	498,86	1,0623	0,2906	-0,2009	-0,2296	-0,2121	-0,2103	0,9179	0,9179	1,5901	1,5901
11	400,14	0,5959	0,6993	-0,8771	-0,4416	0,8122	0,1510	1,6164	1,6164	0,2997	0,2997
12	301,42	0,1296	0,4754	-0,1094	2,7944	0,2930	-1,3014	0,7478	0,7478	0,1950	0,1950
13	572,91	1,4121	-2,7440	1,5588	0,7670	0,6749	0,4518	0,1020	0,1020	0,1753	0,1753
14	553,25	1,3192	0,5237	0,7680	-0,0468	1,8309	-0,7084	-1,8979	-1,8979	0,8071	0,8071
15	534,43	1,2303	1,1364	1,5938	0,6465	-0,4572	0,5501	0,2691	0,2691	0,7048	0,7048
16	531,64	1,2171	-0,2332	1,5060	-1,3365	0,4050	-0,1046	1,8401	1,8401	-1,3798	-1,3798

Таблиця 8.3.1.6
Результати регресійного аналізу

Параметри рівнянь	Число факторів											
	7		6		5		4		3		2	
	Оцінка параметра	t-статистика	Оцінка параметра	t-статистика	Оцінка параметра	t-статистика	Оцінка параметра	t-статистика	Оцінка параметра	t-статистика	Оцінка параметра	t-статистика
β_0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
β_1	0,0063	0,0343	0,0100	0,0569	0,0075	0,0386	0,0026	0,0141	-0,0049	-0,0235	-0,0078	-0,0378
β_2	0,6812	3,7715	0,6805	3,9414	0,6805	3,5650	0,6808	3,6980	0,6812	3,3238	0,6814	3,3563
β_3	0,1816	1,0027	0,1827	1,0554	0,1822	0,9518	0,1810	0,9805	0,1788	0,8698	—	—
β_4	0,3647	2,0135	0,3651	2,1085	0,3645	1,9040	0,3634	1,9685	—	—	—	—
β_5	-0,0958	-0,5244	-0,0944	-0,5409	-0,0926	-0,4798	—	—	—	—	—	—
β_6	0,3123	1,7256	0,3105	1,7951	—	—	—	—	—	—	—	—
β_7	0,0882	0,4743	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F -статистика	3,2375	—	4,0920	—	3,4902	—	4,6291	—	5,6329	—	5,6329	—
$F_{\text{факт}}$	3,50	—	3,37	—	3,33	—	3,36	—	3,49	—	3,89	—
$t_{\text{факт}}$	1,895	—	1,860	—	1,833	—	1,812	—	1,796	—	1,782	—
R^2	0,8597	—	0,8554	—	0,7973	—	0,7920	—	0,7043	—	0,6814	—
R	0,7891	—	0,7318	—	0,6357	—	0,6273	—	0,4960	—	0,4643	—

$F_{\text{факт}}$ — квантиль розподілу Фішера $F_{1-\alpha}(m, n - m - 1)$, $t_{\text{факт}}$ — квантиль розподілу Стьюдента $t_{1-\alpha}(n - m - 2)$, де α — рівень значущості, m — число незалежних змінних, n — число даних; рівень значущості $\alpha = 0,05$.

по відношенню до долара. Графік залишків (рис. 8.3.1.1) свідчить про адекватність моделі результатам спостережень.

Залишки коливаються близько нуля, а середнє квадратичне відхилення $\hat{\sigma} = 0,69$. Емпіричний розподіл помилок можна вважати нормальним. Це підтверджується на рівні значущості критерієм Пірсона — $X^2(X_{\text{емп}}^2 = 2,706 < X_{1-\alpha}^2(r - l - 1) = 5,99)$.

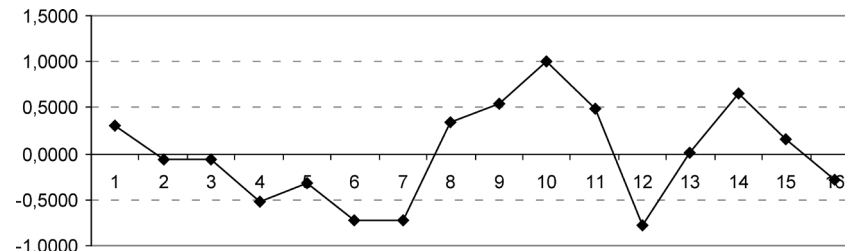


Рис. 8.3.1.1. Графік залишків

На рис. 8.3.1.2 представлено графік фактичних і передбачених за рівнянням (8.3.5) значень ПФТС. Чорним кольором позначені фактичні значення, сірим — передбачені.

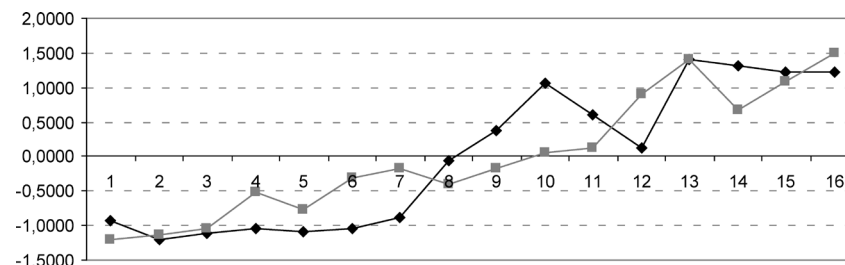


Рис. 8.3.1.2. Результат моделювання

Прогнозні значення й достатньо близькі до фактичних значень, і практично повністю відображають тенденцію динаміки індексу. Таким чином, побудовану регресійну модель можна використовувати для оцінки впливу макроекономічних показників на динаміку індексу ПФТС. Для цього знайдемо вирази факторів через вихідні змінні за формулою

$$F_r = \frac{1}{\lambda_r} (a_{1r} Z_1 + a_{2r} Z_2 + \dots + a_{mr} Z_m), \quad (8.3.6)$$

де $a_{1r}, a_{2r}, \dots, a_{mr}$ — елементи r -го стовпчика для r -ї головної компоненти матриці факторних навантажень A .

Далі, враховуючи внесок змінних у кожний фактор, отримаємо таку залежність:

$$Y = 185,92 Z_1 - 34,32 Z_3 + 211,69. \quad (8.3.7)$$

Остаточо, відповідно до (8.3.7), можна вважати, що фондовий індекс ПФТС залежить від двох показників: курсу гривні по відношенню до долара та індексу споживчих цін.

У результаті багатофакторного аналізу вдалося виділити найбільш значущі макроекономічні показники, що впливають на динаміку ринкового індексу (індекс споживчих цін (інфляція) і курсу гривні по відношенню до долара).

Отримана регресійна модель дозволяє прогнозувати значення індексу ПФТС:

1) зростання курсу гривні до долара на один пункт може привести ПФТС до збільшення на 185,92 пункти;

2) зростання інфляції на 1 % приводить до зниження індексу на 34,32 пункти.

Таким чином, модель дає можливість відстежувати вихід індексу ПФТС за межі критичного значення, за яким настає кризове явище.

Слід зазначити, що ситуацію, яку відображає модель, не можна вважати економічно задовільною. З точки зору економічного зростання помірна інфляція є скоріше позитивним ефектом, спонукаючи активніше втрачати гроші, а накопичені заощадження інвестувати. Це в довгостроковій перспективі сприяє номінальному зростанню ВВП і фондового ринку.

Таким чином, напрямки руху фондового ринку та інфляції збігаються (крім випадків несподіваної інфляції). Відповідно, при економічному спаді спостерігаються дефляція і падіння фондового ринку.

У розвинених країнах спостерігається саме така взаємодія індексів. Зростання фондового ринку тільки за рахунок зростання курсу гривні по відношенню до іноземної валюти також є скоріше негативним явищем. Більш природним було б, якби мав місце вплив промислового виробництва.

8.3.2. Детермінований хаос і фрактали в моніторингу процесів на фондових ринках

Оскільки ситуація на ринку швидко змінюється, то класичні економетричні методи не можуть використовуватися на тривалому часовому горизонті. Для того щоб модель адекватно відповідала ситуації, її потрібно будувати наново. Крім того, економетричні методи базуються на припущеннях, які на практиці не виконуються. Тому вони не придатні для моделювання складних нелінійних систем.

У попередніх параграфах було доведено, що сучасний фондовий ринок є складною нелінійною системою. Тому для дослідження динамічних і структурних характеристик ринків доцільно застосування методів нелінійного аналізу на основі синергетики і екофізики [88; 32; 78]. Для цього використовується апарат теорії випадкових матриць, мультифрактального аналізу, методи аналізу рекурентних діаграм, ентропійні методи тощо.

Так, наприклад, в роботі [88] показано, що *мультифрактальний спектр* фінансових рядів даних проявляє специфічну поведінку при кризових ситуаціях. Напередодні кризи він зростає і екстремум зміщується до нуля. У статті [78] на основі рекурентного аналізу, на прикладі котирувань фондового індексу *S&P500*, зроблено висновок про те, що найбільш інформативною мірою для моніторингу ринку є *ламінарність* досліджуваних даних.

Проведемо дослідження флуктуацій світових ринків в передкризові періоди на основі *R/S*-аналізу. Мірою мінливості ринку виступає *фрактальна розмірність*, яку відображає показник Херста.

Для аналізу обрані країни як з тривалою історією фондових ринків, так і ті, ринки яких розвиваються. Використовуються щоденні значення індексів на момент закриття торгів за період 2000—2013 рр. Нижче наведені графіки динаміки індексів за 2005—2008 рр. (рис. 8.3.2.1—8.3.2.4).

Графіки 2005 р. — це практично прямі лінії; у період 2006—2007 рр. графіки стають зазубреними. Це означає, що для всіх індексів збільшилася кількість інверсій і збільшився розмах коливань. Однак індекси зростають протягом усього періоду. У 2008 році графіки демонструють посилення флуктуацій і спостерігається значне падіння індексів. Аналогічна динаміка

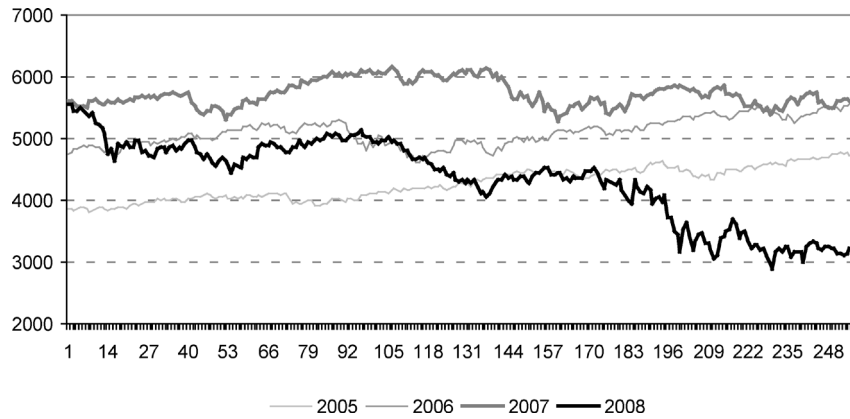


Рис. 8.3.2.1. Динаміка індексу САС у 2005—2008 рр.

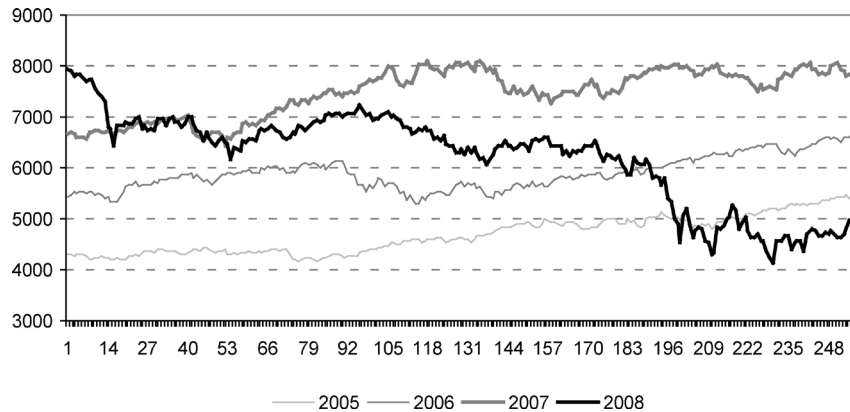


Рис. 8.3.2.2. Динаміка індексу DAX у 2005—2008 рр.

спостерігається і після 11 вересня 2001 року, коли також мала місце негативна тенденція на фінансових ринках. Таким чином, можна припустити, що виникнення описаної ситуації може бути передвісником кризи.

У табл. 8.3.2.1 наведені значення показника Херста. З таблиці видно, що в передкризовий період на всіх ринках відбулося зниження значення цього показника. Це наочно відображають графіки на рис. 8.3.2.5, які наведено нижче.

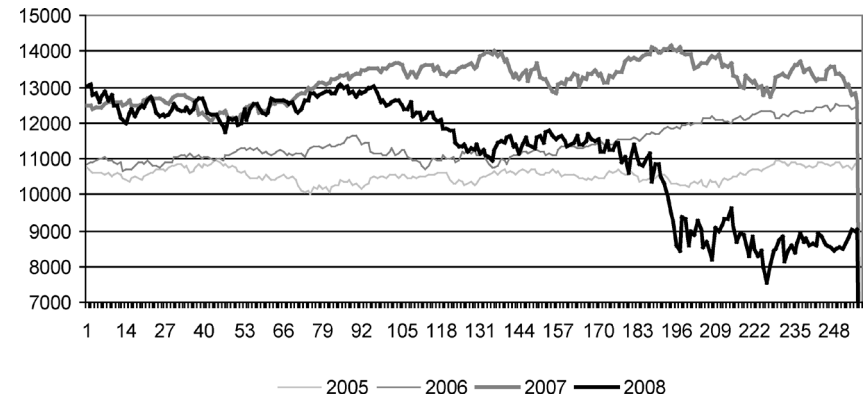


Рис. 8.3.2.3. Динаміка індексу Dow-Jones у 2005—2008 рр.

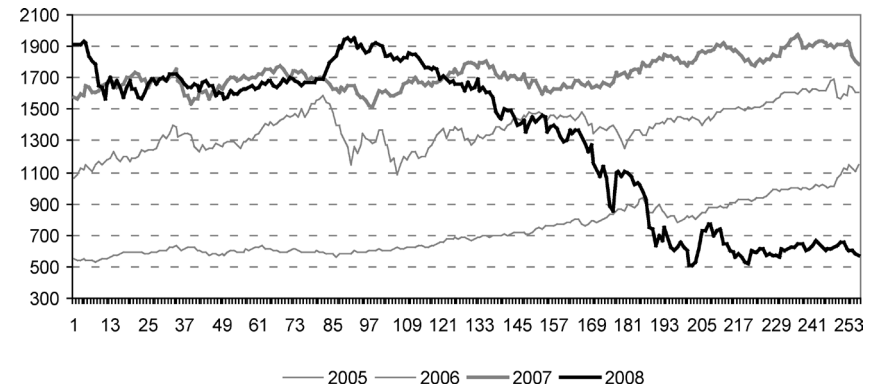


Рис. 8.3.2.4. Динаміка індексу ММВБ у 2005—2008 рр.

Оцінки показника Херста для всіх ринків знаходяться в інтервалі $[0,37; 0,6]$. Оскільки число даних $n \leq 256$, то необхідна перевірка статистичної гіпотези H_0 — досліджуваний ряд значень фондового індексу є випадковим. У табл. 8.3.2.2 наведені значення статистики V_n .

Для $V_n < 0,9$ гіпотеза H_0 відхиляється на рівні значущості $0,1-0,05$. Таким чином, ймовірність того, що дані представляють випадковий ряд дорівнює $p = 0,1-0,05$, а з ростом V_n ця ймовірність збільшується, а для деяких індексів гіпотеза H_0 приймається. Тобто статистичні данні набувають нової властивості.

Таблиця 8.3.2.1

Значення показників Херста

Рік Країна (індекс)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Індія (Bseensex)	0,53	0,52	0,55	0,51	0,45	0,51	0,50	0,49	0,48	0,50	0,49	0,45	0,56	0,40
Франція (CAC)	0,41	0,54	0,46	0,46	0,37	0,48	0,46	0,48	0,48	0,51	0,41	0,45	0,47	0,47
Німеччина (DAX)	0,49	0,56	0,46	0,49	0,45	0,47	0,46	0,48	0,50	0,51	0,46	0,48	0,49	0,44
США (Dow-jons)	0,46	0,53	0,45	0,46	0,49	0,47	0,46	0,46	0,47	0,53	0,47	0,46	0,48	0,50
Гонконг (Hang-seng)	0,47	0,52	0,51	0,48	0,53	0,47	0,47	0,52	0,47	0,51	0,52	0,45	0,51	0,47
Бразилія (Ibovespa)	0,51	0,47	0,47	0,52	0,43	0,46	0,50	0,47	0,50	0,46	0,47	0,48	0,50	0,48
Росія (ММВБ)	0,53	0,54	0,47	0,51	0,52	0,50	0,51	0,54	0,50	0,45	0,45	0,46	0,54	0,44
Японія (Nikkei)	0,52	0,51	0,50	0,48	0,43	0,46	0,47	0,47	0,50	0,60	0,46	0,47	0,59	0,46

Таблиця 8.3.2.2

Значення статистики V^*

Рік Країна (індекс)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Індія (Bseensex)	0,8870	0,8407	0,8975	0,8719	1,0486	0,8809	0,9525	0,8734	0,8699	0,8847	0,8776	1,1379	0,9757	1,1395
Франція (CAC)	1,1626	0,8935	0,9014	0,8998	1,0179	0,9211	0,9658	1,2234	0,8899	0,8785	1,2662	0,9462	1,0732	0,9419
Німеччина (DAX)	1,0103	0,9082	0,8825	0,8704	1,1840	0,9008	0,9455	0,9686	0,9138	0,8651	0,9032	1,0176	1,0194	0,8856
США (Dow-jons)	0,8284	0,9727	0,9237	0,8643	1,3032	1,2814	0,9481	1,0014	0,8759	0,8682	0,9599	1,0966	0,9951	0,9439
Гонконг (Hang-seng)	1,0042	0,8393	0,9463	0,8636	1,0561	0,9666	0,9462	0,8736	0,8941	0,8600	0,9695	0,9215	0,9898	1,0845
Бразилія (Ibovespa)	0,9185	0,8443	0,9149	0,8662	0,9692	0,9572	0,9476	0,8449	0,8678	0,8313	1,1101	0,9092	1,0294	0,9598
Росія (ММВБ)	1,0054	0,9950	0,9167	0,8510	1,0550	0,8812	1,0403	1,0712	0,9034	0,8361	0,9489	0,9711	1,0075	1,1278
Японія (Nikkei)	0,8595	0,9167	0,8736	0,9015	1,2826	0,8968	1,1266	1,0572	0,9239	0,8856	1,0220	0,9876	1,1244	0,9453

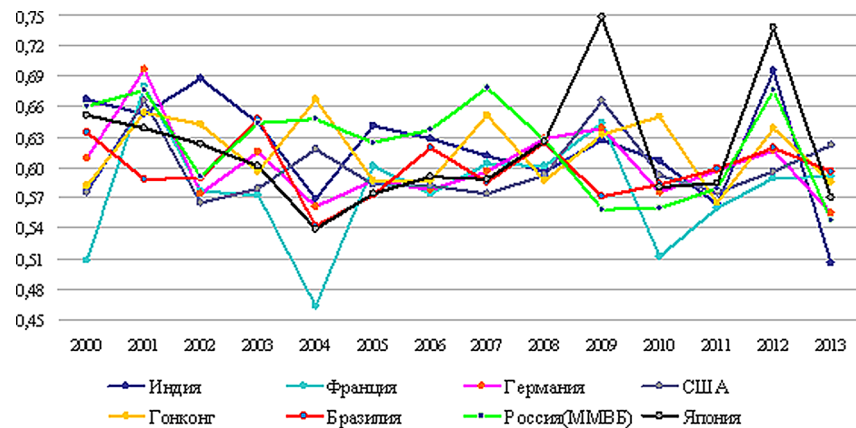


Рис. 8.3.2.5. Динаміка показника Херста

За графіками рис. 8.3.2.6 видно, що це відбувається саме в передкризовий період, коли $V_n > 0,9$. Це підтверджує те, що фондові індекси в передкризовий період змінюють свої властивості, тобто фрактальну розмірність.

Фрактальна розмірність D пов'язана з показником Херста простим співвідношенням $D + H = 2$. Зниження H тягне збільшення фрактальної розмірності. На практиці це означає, що зростає число інверсій в емпіричних даних, тобто динаміка ринків стає менш стійкою і більш непередбачуваною.

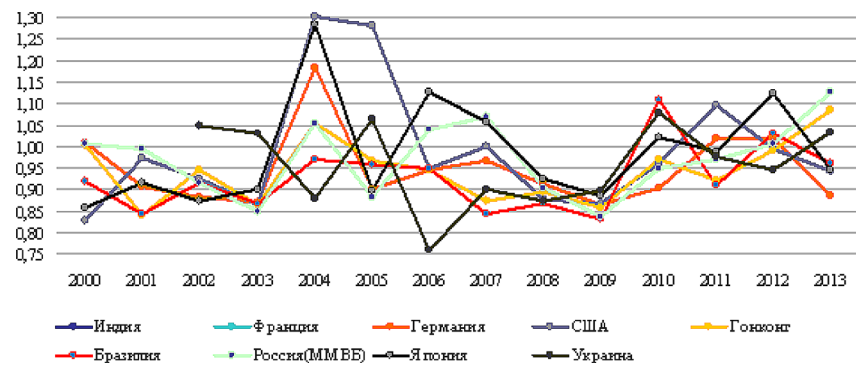


Рис. 8.3.2.6. Динаміка статистики V_n

Таблиця 8.3.2.3

Характеристики емпіричних даних українського індексу ПФТС

Рік	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Показник Херста	0,44	0,38	0,59	0,57	0,53	0,49	0,56	0,65	0,60	0,52	0,61	0,48
Волатильність	0,41	0,48	3,07	1,45	2,70	12,02	20,16	8,82	6,73	13,99	5,68	1,32
Статистика V_n	1,0474	1,0291	0,8783	1,0635	0,7590	0,9002	0,8736	0,8966	1,0787	0,9750	0,9463	1,0324

Розглянемо окремо Український фондовий індекс ПФТС. У табл. 8.3.2.2 наведені значення показника Херста, волатильності і статистики V_n для українського індексу ПФТС за щоденними значеннями індексу на момент закриття торгів за період 2002—2013 рр. [71]. Дані таблиці свідчать про те, що в основному індекс ПФТС проявляє персистентні властивості, а в 2007 році відбувається зміна властивостей індексу, він стає антиперсистентним. Трендостійкість змінюється невизначеністю. Волатильність при цьому сильно зростає. Аналогічна ситуація спостерігається і в 2003 році перед «помаранчевою революцією» і в 2013 році.

Графіки індексу ПФТС за 2005—2008 рр. наведено на рис. 8.3.2.7. З рисунку видно, що в передкризовий період індекс демонстрував поступальне зростання, тим не менш, в 2008 р. відбулася різка зміна тенденції.

Таким чином, можна констатувати, що показник Херста здатний уловлювати приховані процеси в статистичних даних фондових індексів. Існує ймовірність визначення виникнення нестабільної ситуації в економіці по зміні динаміки показника Херста. Отже, фрактальна розмірність статистичних даних фондових ринків може бути використана як індикатор кризової ситуації в економіці.

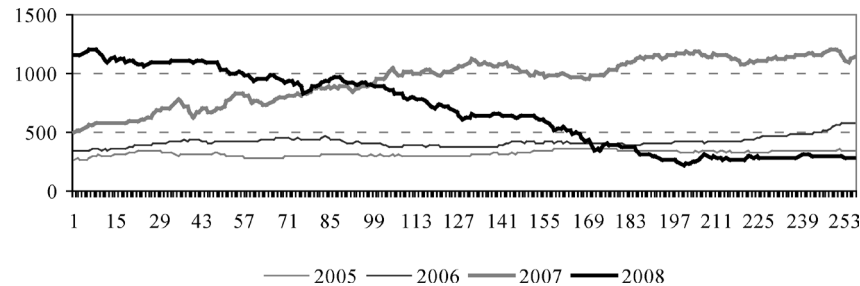


Рис. 8.3.2.7. Динаміка індексу ПФТС у 2005—2008 рр.

На підставі викладеного матеріалу можна стверджувати, що для відстеження оперативної інформації про ситуацію на ринку цінних паперів необхідно створення інтелектуальної системи моніторингу фондового ринку на основі комплексної методики аналізу динаміки фондових ринків. Така методика повинна передбачати застосування сучасних аналітичних та інформаційних технологій для виявлення прихованих закономірностей в процесах динаміки та обчислення набору різноманітних показників, які кількісно вимірюють різні характеристики емпіричних даних.

На закінчення відзначимо загальний алгоритм вибору статистичних інструментів при моделюванні макроекономічних показників:

1. Вивчення структури вихідних даних.
2. Класифікація часового ряду за ступенем його невизначеності.
3. Вибір методу моделювання.
4. Ідентифікація моделі.
5. Перевірка статистичних гіпотез, щодо значущості параметрів і адекватності моделі.

Вихідні дані при цьому інтерпретуються як часові ряди.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Андерсон Т.* Введение в многомерный статистический анализ. — М.: Физматгиз, 1963. — 500 с.
2. *Андриенко В. М., Тулякова А. Ш.* Анализ и моделирование динамики Украинского фондового рынка // *Aspekt*. — Донецк, 2012. — С. 32—36.
3. *Андриенко В. М.* Оценка влияния макроэкономических показателей на динамику фондового индекса ПФТС [Электронный ресурс] / В. Андриенко // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2013. — Вип. 1 (8). — С. 31—43. — Режим доступа: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2013/13avmfup.pdf>.
4. *Андриенко В. М., Арсирій Е. А.* Интеллектуальный анализ временных рядов со стохастическим трендом // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — Т. 4, № 4 (52). — С. 4—8.
5. *Андриенко В. М., Спиваков О. Г.* Дослідження індексу ПФТС фондового ринку України [Електронний ресурс] // *Економіка: реалії часу*. — 2011. — № 1 (1). — С. 143—148. — Режим доступа: <http://www.economics.opu.ua>.
6. *Аникін Б. А.* Практикум по логистике. — М.: Высшее образование, 2013. — 280 с.
7. *Афанасьев М. Ю., Суворов Б. П.* Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения — М.: ИНФРА-М, 2003. — 444 с.
8. *Багриновский К. А., Матюшок В. М.* Экономико-математические методы и модели (микроэкономика). — М.: Российский университет дружбы народов, 1999. — 183 с.
9. *Базилевич В. Д., Базилевич К. С.* Страхова справа. — [6-те вид.]. — К.: Знання, 2008. — 351 с.
10. *Барыкин С. Е., Карпунин С. А.* Модели интегрированного управления потоками логистической системы / С. Е. Барыкин, С. А. Карпунин // *Аудит и финансовый анализ*. — 2011. — № 2. — С. 25—32.
11. *Бауэрсокс Д., Клосс Д.* Логистика. Интегрированная цепь поставок. — М.: Олимп-Бизнес, 2006. — 640 с.
12. *Бахитов Р.* Принятие решения о выборе инвестиционного проекта методом нечетких множеств. — 2000. — № 12. — С. 22—25.

13. *Бенинга Ш.* Финансовое моделирование с использованием Excel / Ш. Бенинга. — М. : Издательский дом Вильямс, 2007. — 592 с.
14. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. — М. : Мир, 1974. — Вып. 1, 2. — 197 с.
15. *Борщев А.* От системной динамики и традиционного имитационного моделирования — к практическим агентным моделям: причины, технологии, инструменты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.xjtek.com>
16. *Борщев А. В.* Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год. Тенденции и прогноз [Электронный ресурс] // Материалы ИММОД-2015. — Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/articles>
17. *Борщев А. В.* Как построить простые, красивые и полезные модели сложных систем [Электронный ресурс] // Материалы ИММОД-2013. — Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/articles>
18. *Борщев А. В.* Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Электронный ресурс] // ExponentaPro. — 2004. — № 3—4. — Режим доступа: <http://www.gpss.ru/index-h.html>.
19. *Браверман Э. М.* Математические модели планирования и управления в экономических системах. — М. : Наука, 1976. — 368 с.
20. *Вентцель Е. С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М. : Высшая школа, 2001. — 208 с.
21. *Виноградов С.* Программное обеспечение транспортной логистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.mirkaspb.ru/page_6.php. — 12.01.2010.
22. *Вордлоу Дэниел Л., Вуд Дональд Ф., Джонсон Дж., Мерфи Поль Р.* Современная логистика. — М. : Вильямс, 2005. — 624 с.
23. *Воробьева А. А.* Динамическая модель денежных потоков для проекта создания транспортной компании с неопределенным графиком реализации / А. А. Воробьева // Аудит и финансовый анализ. — 2008. — № 2. — С. 51—59.
24. *Головне управління статистики в Одеській області* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.od.ukrstat.gov.ua
25. *Голубин Е. В.* Дистрибуция. Формирование и оптимизация каналов сбыта / Е. В. Голубин. — М. : Вершина, 2006. — 136 с.
26. *Гордон М. П., Тишкин Е. М., Усков Н. С.* Как осуществить экономичную доставку товаров отечественному и зарубежному покупателю : Справочное пособие для предпринимателя. — М. : Транспорт, 1993. — 230 с.
27. *Гордон М. П., Карнаузов С. Б.* Логистика товаропродвижения. — К. : Центр экономики и маркетинга, 1999. — 208 с.
28. *Гранберг А. Г.* Динамические модели народного хозяйства — М. : Экономика, 1985. — 240 с.
29. *Гранберг А. Г.* Моделирование экономики — М. : Наука, 1988. — 487 с.
30. *Гренджер К., Хатанака М.* Спектральный анализ временных рядов в экономике. — М. : Статистика, 1972. — 360 с.

31. *Девятков В. В.* Методология и технология имитационных исследований сложных систем — М. : ИНФРА-М, 2013. — 448 с.
32. *Дербенцев В. Д.* Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем : монографія / В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловйов, О. Д. Шаповалов. — Черкаси, 2010. — 240 с.
33. *Державна служба статистики України* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: ukrstat.gov.ua.
34. *Дженкинс Г., Ватмс Д.* Спектральный анализ и его приложения. — М. : Мир, 1971. — Вып. 1, 2. — 608 с.
35. *Джестон Дж., Неллис Й.* Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по практической реализации проектов. — М. : Символ-Плюс, 2008. — 343 с.
36. *Ермаков С. М.* Метод Монте-Карло и смежные вопросы. — М., 1971. — 472 с.
37. *Золотогоров В. Г.* Инвестиционное проектирование : учеб. пособие. — Мн. : ИП «Экоперспектива», 1998. — 462 с.
38. *Ивченко И. Ю.* Моделирование предприятия в задачах оптимальной синхронизации производства и инновационной деятельности и их финансирования / А. Б. Алёхин, И. Ю. Ивченко // Вісник Хмельницького університету. Економічні науки. — Хмельницький : ХНУ, 2008. — № 4. Т. 1. — С. 18—22.
39. *Ивченко И. Ю.* Применение метода Монте-Карло к задачам оптимизации на моделях имитационного типа / А. Б. Алёхин, И. Ю. Ивченко // Вісник Хмельницького університету. Економічні науки. — Хмельницький : ХНУ, 2009. — № 3. Т. 1. — С. 14—19.
40. *Ивченко И. Ю.* Управление в модели синхронизации производственной, воспроизводственной, инновационно-инвестиционной и финансовой деятельности предприятия / И. Ю. Ивченко // Вісник Хмельницького університету. Економічні науки. — Хмельницький : ХНУ, 2009. — № 4. Т. 2. — С. 198—205.
41. *Ивченко И. Ю.* Существующие подходы к моделированию предприятия и проблема синхронного планирования производства, инноваций и финансирования / И. Ю. Ивченко // Aktualne problemy nowoczesnych nauk — 2008 : materiale Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 16—30 июня 2008 г. — Przemysł : Nauka i studia. — Т. 4. — С. 77—81.
42. *Интернет-журнал о страховании «Фориншурер»* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://forinsurer.com>.
43. *Интриллигатор М.* Математические методы оптимизации и экономическая теория. — М. : Абрис-пресс, 2002. — 576 с.
44. *Иберла К.* Факторный анализ. — М. : Статистика, 1980. — 397 с.
45. *Ивченко И. Ю.* Моделювання та оптимальна синхронізація виробничої та інвестиційної діяльності підприємства [Текст] : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.11 / Івченко Ірина Юріївна ; Одес. нац. політехн. ун-т. — 2012. — 176 с.

46. *Івченко І. Ю.* Економічні ризики : навчальний посібник / І. Ю. Івченко. — Київ : Центр навчальної літератури, 2004. — 304 с.

47. *Івченко І. Ю.* Практика комплексного моделювання інвестиційної та виробничої діяльності підприємства / І. Ю. Івченко, О. І. Івченко // Міжнародна науково-практична конференція «Економіка: реалії часу і перспективи». — Одеса : ОНПУ, 2014. — Т. 3. — С. 47—48.

48. *Івченко І. Ю.* Особенности моделирования предприятия как сложной экономической системы [Электронный ресурс] / І. Ю. Івченко, М. А. Ноздрачова // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. — Одеса, 2013. — № 3 (8). — С. 187—193. — Режим доступу: <http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n3.html>

49. *Канторович Г. Г.* Анализ временных рядов // Экономический журнал ВШЭ. — 2002. — № 1. — С. 85—116.

50. *Каталевский Д. Ю.* Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении — М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. — 496 с.

51. *Киндинова В. В.* Имитация сложных систем и логистический реинжиниринг / В. В. Киндинова, Е. О. Кринецкий, Е. В. Кузнецова, Ю. А. Шебеко // Имитационное моделирование. Теория и практика : материалы конф. ИММОД-2013. — Казань : Изд. «ФЭН» АН РТ, 2013. — С. 170—172.

52. *Клепікова О. А.* Імітаційна модель страхової компанії як спосіб досягнення стратегічних фінансових цілей [Електронний ресурс] / О. А. Клепікова // Економіка: реалії часу. — 2013. — № 4 (9). — С. 195—201. — Режим доступу: <http://www.economics.opu.ua/2013/n4.html>

53. *Клепікова О. А.* Моделі системної динаміки в управлінні страховими компаніями : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.00.11 «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці» / О. А. Клепікова. — Хмельницьк, 2012. — 239 с.

54. *Клепікова О. А.* Комплексний підхід до тестування імітаційних моделей складних економічних систем / О. А. Клепікова // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». — 2014. — Вип. 5 (ч. 4). — С. 224—228.

55. *Кобелев Н. В.* Большие системы и их имитационное моделирование / Н. В. Кобелев. — М. : ПРИНТ-СЕРВИС, 2011. — 260 с.

56. *Кобринский Н. Е.* Экономическая кибернетика / Н. Е. Кобринский, Е. З. Майминас, А. Д. Смирнов. — М. : Экономика, 1982. — 408 с.

57. *Концева В. В.* Фінансові потоки в логістичних системах / В. В. Концева, С. С. Костенко // Вісник Національного транспортного університету. — 2009. — № 19. — С. 41—50.

58. *Кравченко О. М.* Управління конкурентоспроможністю підприємств ресторанного господарства / О. М. Кравченко, Н. А. Водяньська // Матеріали ІV науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми ринку та розвитку регіонів України в ХХІ столітті» (м. Одеса, 12—19 грудня 2013 року). — Одеса : ОНПУ, 2013. — С. 54—56.

59. *Кравченко О. М.* Система макроекономічних показників ефективності ресторанного господарства // Вісник Одеського національного

університету ім. І. І. Мечникова. Економіка : зб. наук. праць. — Одеса, 2015. — Вип. 2/1, Т. 20. — С. 31—36.

60. *Кузин Б. И., Юрьев В. Н., Шахдинаров Г. М.* Методы и модели управления фирмой. — СПб. : Питер, 2001. — 432 с.

61. *Кузнецов Ю. Н., Кузубов В. И., Волощенко А. Б.* Математическое программирование. — [2-е изд.]. — М. : Высшая школа, 1980. — 300 с.

62. *Лычкина Н. Н.* Имитационное моделирование экономических процессов — М. : Академия АйТи, 2005. — 164 с.

63. *Майборода О. В.* Управління фінансовими потоками підприємства : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.04.01 «Фінанси, грошовий обіг і кредит» / О. В. Майборода ; УАВС НБУ. — Суми : Університетська книга, 2006. — 244 с.

64. *Мережа роздрібної торгівлі та ресторанного господарства підприємств* : стат. бюл. [Електронний ресурс]. — К. : Державна служба статистики України, 2015. — Режим доступу: http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publbtorg_u.htm.

65. *Меркулова Т. В., Биткова Т. В., Кононова Е. Ю.* Экономико-математическое моделирование. — Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2011. — 276 с.

66. *Миротин Л. Б., Ташибаев И. Э, Порошина О. Г.* Эффективная логистика. — М. : Экзамен, 2013. — 160 с.

67. *Многоподходное имитационное моделирование в AnyLogic*. XJTechnologies [Электронный ресурс]. — Режим доступу: <http://www.xjtek.ru>

68. *Мур Д.* Экономическое моделирование в Microsoft Excel. — М. : Изд. Дом «Вильямс», 2004. — 256 с.

69. *Небаба Н. О.* Фінансові потоки: сутність, підходи до визначення [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/VUABS/2011_2/31_02_03.pdf

70. *Отчеты Госстата Украины* [Электронный ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>. — Загл. с экрана.

71. *Отчеты Национальной комиссии по ценным бумагам и фондовому рынку* за 2000—2012 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступу: <http://ssmc.gov.ua>. — Загл. с экрана.

72. *Оцінка конкурентоспроможності підприємств ресторанного господарства* : монографія / [Т. В. Андросова, Н. Власова, Н. В. Михайлова, О. А. Круглова] ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. — Харків : ХДУХТ, 2010. — 144 с.

73. *П'ятницька Г. Т.* Ресторанне господарство України: ринкові трансформації, інноваційний розвиток, структурна переорієнтація : монографія / Г. Т. П'ятницька. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2007. — 465 с.

74. *П'ятницька Г., Григоренко О., Найдюк В.* Інноваційний потенціал розвитку підприємств ресторанного господарства в Україні // Товари і ринки. — 2013. — № 2. — С. 29—43.

75. *Песиков Э. В., Дорогин А. В.* Комплекс мультиагентных моделей анализа и управления рисками виртуального предприятия [Электронный

ресурс] // Материалы ИММОД-2013. — Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/articles>

76. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. — Интернет-трейдинг, 2004. — 304 с.

77. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. — М. : Мир, 2000. — 238 с.

78. Піскун О. В. Особливості застосування рекурентних діаграм і рекурентного кількісного аналізу для дослідження фінансових часових рядів / О. В. Піскун // Фінансовий простір. — 2011. — № 3 (3). — С. 111—118.

79. Португал В. М., Семенов А. И. Модели планирования на предприятии. — М. : Наука, 1978. — 272 с.

80. Програма Акцент. «Ресторанный бизнес: провал — 2014, прогнозы — 2015» з Ольгою Носоною [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <http://fbc.net.ua/video/11437>

81. Прокопюк А., Феленчак Ю. Б. Сучасні тенденції розвитку ресторанного господарства України та Польщі // Науковий вісник НЛТУ України. — 2015. — Вип. 25.4. — С. 259—265.

82. Разработка опережающего индекса финансовой стабильности в РФ. Институт экономической политики им. Е. Т. Гайдара, группа «Открытие Капитал» [Электронный ресурс]. — М., 2011. — Режим доступа: www.otkritie.com.

83. Серова Е. Современные методологические и инструментальные подходы моделирования бизнес-задач // The paper is selected from XIV-th International Conference «Knowledge — Dialogue — Solution» KDS 2008. — Varna, Bulgaria, June — July, 2008. — 470 с.

84. Соколовська З. М. Імітаційне моделювання бізнес-процесів складних економічних систем / З. М. Соколовська // Праці ОНПУ. — Одеса : ОНПУ, 2011. — Вип. 3 (37). — С. 135—141.

85. Соколовська З. М. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем : [монографія] / З. М. Соколовська, О. А. Клепікова. — Одеса : Астропринт, 2011. — 512 с.

86. Соколовська З. М. Моделі бізнес-процесів виробничо-збутової сфери підприємства // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну (КНУТД). — Київ, 2010. — № 5 (55). — С. 54—58.

87. Соколовська З. М. Прикладні моделі системної динаміки : [монографія] / З. М. Соколовська, О. А. Клепікова. — Одеса : Астропринт, 2015. — 308 с.

88. Солов'єва В. В., Тулякова А. Ш. Использование мультифракталов в анализе фондовых рынков // Інформаційні технології та моделювання в економіці: на шляху до міждисциплінарності. — Черкаси, 2013. — С. 130—140.

89. Сошникова Л. А., Тамашевич В. Н., Уебе Г., Шефер М. Многомерный статистический анализ в экономике / под ред. В. Н. Тамашевича. — М. : ЮНИТИ, 1999. — 598 с.

90. Сток Джеймс Р., Ламберт Дуглас М. Стратегическое управление логистикой. — М. : Инфра-М, 2005. — 830 с.

91. Таха Х. А. Введение в исследование операций. — М. : Изд. Дом «Вильямс», 2001. — 912 с.

92. Ткаченко И. С. Исследование сложных транспортных систем методом вероятностно-автоматного моделирования. — Донецк, 1973. — 72 с.

93. Тимонин Ю. А. Экономическая кибернетика. — Донецк : ДонГУ, 1999. — 397 с.

94. Тімбекова І. Ш. Математичне моделювання оптимізації грошових потоків підприємства в умовах фінансової кризи / І. Ш. Тімбекова // Научно-технический сборник. — 2009. — № 87. — С. 75—84.

95. Ткаченко Н. В. Забезпечення фінансової стійкості страхових компаній: теорія, методологія та практика [Текст] : монографія / Н. В. Ткаченко ; Нац. банк України, Ун-т банк. справи. — Черкаси : Черкаський ЦНТЕІ, 2009. — 570 с.

96. Федер Е. Фракталы : пер. с англ. — М. : Мир, 1991. — 254 с.

97. Федорова Е. А., Назарова Ю. Н. Финансовые индикаторы кризисной ситуации Российского фондового рынка [Текст] // Аудит и финансовый анализ. — 2009. — № 6. — С. 442—446.

98. Форрестер Дж. Мировая динамика. — М. : АСТ, Terra Fantastica, 2003. — 384 с.

99. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. — М. : Прогресс, 1971. — 765 с.

100. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. / под ред. д. т. н. Н. Н. Кусуль. — 2-е изд., испр. — М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2006. — 1104 с.

101. Цисарь И. Ф. Моделирование экономики в Ithink_Stella. Кризисы, налоги, информация, банки. — М. : ДИАЛОГ_МИФИ, 2009. — 224 с.

102. Чумак О. В., Андрющенко І. С. Аналіз стану й оцінка тенденцій показників розвитку підприємств ресторанного господарства // Бізнес Інформ. — 2014. — № 12. — С. 307—313.

103. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе : учеб. пособие для вузов. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 367 с.

104. Школьник І. О., Боярко І. М., Сюркало Б. І. Фінансовий менеджмент : навчальний посібник. — Суми : Університетська книга, 2009. — 342 с.

105. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS. — Л. : Машиностроение, 1980. — 592 с.

106. Шустер Г. Детерминированный хаос. — М. : Мир, 1988. — 240 с.

107. Экономико-математические методы и прикладные модели / под ред. В. В. Федосеева. — М. : ЮНИТИ, 1999. — 392 с.

108. Экономико-математические модели / под ред. Н. Федоренко. — М. : Мысль, 1969. — 512 с.

109. Andrews D. Non-Strong Mixing Autoregressive Process // Journal of Probability. — 1984. — № 21. — P. 930—934.

110. *Baumol W. J.* The transaction demand for cash: an inventory theoretic approach // Quarterly Journal of Economics. 66. — November 1952. — P. 545—566.

111. *Bloom N.* The Impact of Uncertainty Shocks // Econometrica. — 2009. — Vol. 77. № 3. — P. 623—685.

112. *Chakrabarty S.* Strategies for Business Process Outsourcing: An Analysis of Alternatives, Opportunities and Risks // J. Sounderpandian, & T. Sinha (Eds.) E-Business Process Management: Technologies and Solutions, 1 ed. — Hershey, PA : IGI Publishing, 2007. — P. 204—229.

113. *Dabia S., Ropke S., Van Woensel T., and De Kok T.* Branch and cut and price for the time dependent vehicle routing problem with time windows [Электронный ресурс] // Transportation Science. — 2013. — 47 (3). — P. 380—396. — Режим доступа: <https://scholar.google.ru/citations>

114. *Dantzig G. B., Ramser J. H.* The truck dispatching problem // Management science. — 1959. — P. 80—91.

115. *Eksioglu B., Vural A. V., Reisman A.* The vehicle routing problem: A taxonomic review // Computers & Industrial Engineering. — 2009. — Vol. 57, no. 4. — P. 1472—1483.

116. *Engle F.* Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U. K. Inflation // Econometrica. — 1982. — Vol. 50. — P. 987—1007.

117. *Granger C. W. J.* Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification / C. W. J. Granger // Journal of Econometrics. — 1981. — Vol. 16. № 1. — P. 121—130.

118. *Hurst H. E.* Long term Storage Capacity of Reservoirs // Transactions of the American Society of Civil Engineers. — 1951. — № 116. — P. 770—799.

119. *Kaminsky G., Lizondo S., Reinhart C.* Leading Indicators of Currency Crises // IMF Staff Papers. — 1998. — Vol. 45 (March). — P. 1—48.

120. *Lo A. W.* Long Term Memory in Stock Market Prices // Econometrica. — 1991. — № 59. — P. 1279—1313.

121. *Samuelson P. A.* Mathematics of speculative price // Mathematical topics in economic theory and computation / Ed. By R. H. Day and S. M. Robinson. — SIAM, Philadelphia, 1972. — P. 1—42.

122. *Takens F.* Detecting strange attractors in turbulence // Dynamical Systems and Turbulence. Lecture Notes in Mathematics / edited by D. A. Rand L. S. Young. — Heidelberg : Springer-Verlag, 1981. — P. 366—381.

123. *Teverlosky V., Taggu M. S., Willinger W.* A critical look at Lo modified R/S statistic // Journal of Statistical Planning and Inference. — 1999. — № 80. — P. 211—227.

124. *Oren T. I., Zeigler B. P.* Concepts for Advanced Simulation Methodologies, Simulation. — North-Holland Publishing company, 2009. — P. 78—88.

125. *Toth P., Vigo D.* The vehicle routing problem // Society for Industrial Mathematics. — 2002. — Vol. 9.

126. *Wold H.* A Study in the Analysis of Stationary Time Series / H. Wold // Collection of scientific papers. — Stockholm : Almqvist and Wiksell, 1938.

Наукове видання

**СОКОЛОВСЬКА З. М.
АНДРІЄНКО В. М.
ІВЧЕНКО І. Ю.
та ін.**

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ
ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Монографія

Надруковано
в авторській редакції

Формат 60×84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк. хх,хх.
Тираж 300 прим. Зам. № 395 (113).

Видавництво і друкарня «Астропринт»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1373 від 28.05.2003 р.

65091, м. Одеса, вул. Рааумовська, 21
Тел.: (0482) 37-07-95, 37-14-25, 33-07-17,
(048) 7-855-855

astro_print@ukr.net