

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

На правах рукопису

ТАРАНЕНКО ЮЛІЯ ВАДИМІВНА

УДК 330.4:519.8:658

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

08.00.11 – математичні методи, моделі
та інформаційні технології в економіці

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Науковий керівник
Федоренко Ірина Костянтинівна
кандидат економічних наук, доцент

Київ – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	11
1.1 Логістичний підхід до управління підприємством.....	11
1.2 Теоретико-методологічні основи логістичного управління підприємством.....	28
1.3 Методи дослідження логістичних процесів	49
Висновки до розділу 1	66
РОЗДІЛ 2. КОМПЛЕКС ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ	69
2.1 Системний підхід щодо моделювання логістичних процесів на підприємстві.....	69
2.2 Оптимізаційні економіко-математичні моделі логістичних процесів на підприємстві.....	82
2.3 Агентне моделювання логістичних процесів	90
2.3.1 Моделювання оптимальних обсягів замовлення ресурсів та вибору постачальника.....	90
2.3.2 Моделювання оптимального розміру запасів продукції в ланцюзі постачання.....	101
Висновки до розділу 2	113
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	116
3.1 Економетричні моделі прогнозування попиту на продукцію	116
3.2 Моделювання логістики виробництва продукції та логістики постачання ресурсів на підприємстві.....	127
3.3 Моделювання логістики збуту продукції на підприємстві.....	142

3.4 Аналіз ефективності застосування комплексу економіко-математичних моделей на підприємстві	151
Висновки до розділу 3	162
ВИСНОВКИ	165
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	168
ДОДАТКИ.....	189

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах економічної конкуренції значно зростає роль ефективних методів управління підприємством. Для досягнення найкращого економічного результату діяльності підприємства ефективним є застосування логістики – науки про раціональне планування, управління й контроль матеріальних, інформаційних, фінансових та інших потоків у різних системах.

Основні засади логістики можуть бути реалізовані у вигляді логістичної системи, функціонування якої полягає в інтеграції та чіткій взаємодії всіх її елементів на принципах системного підходу.

На підприємстві логістична система являє собою сукупність логістичних підсистем постачання, виробництва, дистрибуції (збуту) та інших інтегрованих підсистем. Функціонування будь-якої логістичної підсистеми підприємства має сприяти мінімізації витрат і максимізації доходів у результаті оптимального управління відповідними логістичними процесами. Оптимальне управління логістичними процесами дозволить підприємству підвищити ефективність його діяльності, зменшити логістичні витрати, оптимізувати взаємодії з постачальниками ресурсів, розширити ринок збуту, зв'язати свої економічні інтереси з інтересами споживачів продукції, зміцнити репутацію підприємства і, як наслідок, збільшити прибуток та підвищити конкурентоспроможність. Наведені фактори відображають важливість застосування логістики для управління підприємством.

Вагомий теоретико-методологічний внесок у сферу дослідження логістичних процесів здійснили такі вітчизняні вчені, як М. Бердар, Н. Верхоглядова, М. Голованенко, В. Губенко, Л. Забуранна, М. Іванова, О. Каніщенко, К. Кобзева, Є. Крикавський, М. Окландер, А. Старостіна, О. Тридід, Л. Фролова та інші. Питанням управління логістичними процесами на підприємстві присвячено низку робіт зарубіжних вчених Б. Анікіна,

Д. Бауерсокса, А. Гаджинського, М. Крістофера, П. Мерфі, Л. Міротін, В. Сергєєва та інших.

Одним зі шляхів вирішення поставлених завдань є застосування сучасних математичних та інструментальних методів дослідження економіки, зокрема методів економіко-математичного моделювання. Проблемами економіко-математичного моделювання логістичних процесів в Україні займалися О. Бакаєв, В. Вігліньський, О. Карагодова, В. Кобець, Р. Ларіна, Т. Меркулова, В. Скіцько, І. Федоренко, О. Черняк, Н. Чухрай та інші.

Незважаючи на значну кількість досягнень у теорії та практиці управління логістичними процесами на підприємствах, виникають потреби поглибленого дослідження та удосконалення концептуальних та методологічних підходів щодо управління логістичною діяльністю підприємства. Зокрема, необхідність системного підходу до розв'язання задач координації основних бізнес-процесів у масштабі підприємства, в умовах ринку все більшого значення набувають інтеграційні форми управління логістичними процесами ланцюга «постачальник – виробник – споживач», необхідність вибору найкращих із погляду надійності та витрат постачальників, намагання максимально якісно задовольнити потреби споживачів, врахування виду діяльності підприємства тощо. У зв'язку з чим, необхідність удосконалення інструментів управління логістичними процесами на підприємстві набуває все більшої актуальності, що зумовило вибір теми, мети та завдань дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота в частині моделювання логістичних процесів на підприємстві є складовою науково-дослідних робіт економічного факультету та кафедри економічної кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка: № 11БФ040-01 «Модернізація економіки України на засадах сталого соціально-економічного розвитку: закономірності, протиріччя, ризику» (реєстраційний номер 0111U006456).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та розробка комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів для прийняття ефективних рішень на підприємстві. Досягнення цієї мети передбачає постановку та вирішення таких основних завдань:

- дослідити теоретичні аспекти та економічну сутність логістичного управління підприємством;

- проаналізувати сучасні теоретико-методологічні основи логістичного управління підприємством;

- дослідити основні логістичні процеси підприємства та встановити взаємозв'язок між ними;

- дослідити основні функціональні елементи логістичної системи підприємства та встановити взаємодію між ними на рівні матеріальних та інформаційних потоків;

- на основі встановлених взаємозв'язків основних логістичних процесів підприємства розробити комплекс економіко-математичних моделей реалізації цих процесів;

- провести практичну реалізацію комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів для реального підприємства;

- проаналізувати результати апробації та зробити висновки щодо ефективності використання розробленого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на обраному підприємстві.

Об'єктом дослідження є сукупність логістичних процесів підприємства.

Предметом дослідження є економіко-математичні методи та моделі логістичних процесів на підприємстві.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у дисертаційній роботі завдань були використані загальнонаукові та спеціальні методи дослідження. Системний та структурний методи використовувалися для визначення логістичних процесів на підприємстві та представленні їх у вигляді складної логістичної системи (розділ 1). При розробці комплексу економіко-

математичних моделей із метою покращення логістичних процесів застосовувалися оптимізаційні методи дослідження операцій та імітаційні методи (розділ 2). Для реалізації запропонованих моделей використовувалися методи логічного та економічного аналізу, економетричні методи, а також імітаційні методи (розділ 3).

Інформаційну базу дослідження становлять результати досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених щодо оцінювання логістичної діяльності суб'єктів господарювання, дані інформаційних та статистичних бюлетенів, статистичні дані Державної служби статистики України, бухгалтерської та управлінської звітності підприємств, монографії, періодичні видання, матеріали науково-практичних конференцій, ресурси мережі Інтернет та власні розрахунки автора. Дисертаційна робота виконана з використанням комп'ютерних технологій, зокрема програмних пакетів EViews, AnyLogic, GAMS та MS Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні та застосуванні комплексного підходу до економіко-математичного моделювання логістичних процесів на підприємстві, який включає основні бізнес-процеси планування виробництва, постачання ресурсів та реалізації готової продукції з метою оптимізації логістичних витрат у масштабі всього підприємства. Основні результати, що були отримані в дисертаційній роботі та становлять наукову новизну, полягають у такому:

вперше:

– розроблено комплекс економіко-математичних моделей логістичних процесів управління матеріальними потоками на підприємстві в частині планування виробництва з урахуванням кон'юнктури ринку, постачання ресурсів та реалізації готової продукції відповідно до попиту, завдяки якому досягається оптимізація логістичних витрат для зазначених бізнес-процесів та в масштабі всього підприємства; в основу комплексу покладено логістичні бізнес-процеси, для управління якими використовуються економетричні, оптимізаційні та імітаційні методи моделювання;

удосконалено:

– методологічний підхід до вирішення задач логістики постачання ресурсів на підприємство шляхом вибору найкращого постачальника, найвигіднішої стратегії постачання ресурсів та оптимального календарного графіка доставки з погляду найменших логістичних витрат та надійності поставок за допомогою методів імітаційного моделювання;

– теоретико-методологічне забезпечення моделювання ланцюга постачання з застосуванням методів агентного моделювання, шляхом введення критерію оптимальності, що мінімізує загальні логістичні витрати на зберігання, доставку та витрати, пов'язані з можливим дефіцитом продукції при визначенні оптимальних обсягів запасів у всіх учасників ланцюга постачання;

набули подальшого розвитку:

– системний підхід до управління логістикою підприємства, що полягає в моделюванні логістичних бізнес-процесів з урахування їх інтеграції та координації, що сприятиме покращенню економічних показників підприємства та підвищенню його конкурентоспроможності;

– концептуальні підходи до економіко-математичного моделювання логістичних процесів на підприємстві, що полягають в інтеграції інформаційної та маркетингової концепцій логістики, на основі чого досягається оптимізація логістичних процесів з урахуванням кон'юнктури ринку, що сприяє підвищенню конкурентних переваг підприємства.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці цілісного підходу до управління логістичними процесами на підприємстві за допомогою розробленого комплексу економіко-математичних моделей, а також удосконалених концептуальних та методологічних підходів, що дає можливість здійснювати ефективне управління підприємством.

Результати дисертаційної роботи були використані в практичній діяльності підприємства ТОВ «БУДОСНОВА-2012», зокрема, для управління запасами будівельних матеріалів (довідка № 9 від 05.03.2015).

Розроблені економіко-математичні моделі постачання ресурсів були використані в роботі Департаменту транспортної інфраструктури виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) при формуванні пропозицій до проекту Бюджету та Програми економічного і соціального розвитку міста Києва на 2016 рік щодо розвитку дорожньо-транспортного комплексу (довідка №053-12659 від 08.12.2015).

На підприємстві ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД впроваджено комплекс економіко-математичних моделей логістичних процесів, який включає моделі для прогнозування попиту на продукцію, модель виробничої логістики, моделі логістики постачання ресурсів, а також моделі логістики збуту продукції з метою підвищення ефективності логістичної діяльності підприємства (довідка № 56 від 01.02.2016).

Основні положення дисертаційної роботи, а саме розроблені економіко-математичні моделі оптимізації витрат підприємства на виробництво, управління запасами та доставку продукції, а також застосування систем імітаційного моделювання логістичних процесів були впроваджені в навчальний процес на економічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка при розробці та проведенні лекційних та практичних занять для студентів спеціальності «Економічна кібернетика» з курсу «Дослідження операцій в економіці» (довідка № 013/573 від 27.09.2016).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною та завершеною науковою працею, в якій ґрунтовно проаналізовані логістичні процеси на підприємстві, теоретико-методологічні основи їх управління, розроблено та реалізовано комплекс економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві. Наукові положення, результати та висновки дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертації використано лише ті ідеї та висновки, які отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та висновки наукового дослідження оприлюднено автором на міжнародних наукових та

науково-практичних конференціях, зокрема: Міжнародній науково-практичній конференції «Пути развития экономики в контексте евроинтеграционных процессов» (7-8 лютого 2014 р., м. Сімферополь), Міжнародній конференції «Наука и общество» (15 лютого 2014 р., м. Донецьк), XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Конкурентоспроможність національної економіки» (28 березня 2014 р., м. Київ), X Міжнародній науково-практичній конференції «Prednivedeckenovink-2014» (5 серпня - 27 вересня 2014 р., м. Прага, Чехія), II Міжнародній конференції «Глобальні виклики для навколишнього середовища і ресурсної економіки в країнах Центральної та Східної Європи: безпека та сталий розвиток (GCERECSEEC'2014)» (9-11 жовтня 2014 р., м. Київ), Міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання та прогнозування соціально-економічних процесів сьогодення» (20-21 березня 2015 р., м. Одеса), Міжнародній конференції «Sustainable Spatial Development Nowadays on the European Continent: Challenges and Perspectives» (25-26 листопада 2015 р., Франція), XIV Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Шевченківська весна: Економіка» (5-8 квітня 2016 р., м. Київ).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 19 наукових праць загальним обсягом 6,65 д. а. (з них 6,35 д. а. належать особисто автору), зокрема 9 статей у наукових фахових виданнях України (5 статей входять до міжнародних наукометричних баз даних), 2 статті – в іноземних наукових виданнях, 8 публікацій за матеріалами конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи становить 197 сторінки. Основний зміст дослідження викладено на 160 сторінках і включає 15 таблиць та 45 рисунків. Список використаних джерел налічує 205 найменувань на 20 сторінках, 6 додатків розміщено на 17 сторінках.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Логістичний підхід до управління підприємством

Управління діяльністю підприємства потребує високоефективних сучасних підходів і методів, одним із яких є логістика, яка швидко набуває широкого застосування в діловому середовищі. В Україні це пояснюється встановленням ринкових відносин, переходом від концепції ринку продавця до ринку покупця, який змушує виробничі та торгові системи швидко реагувати на зміни потреб споживачів.

Найпоширенішою точкою зору є те, що термін «логістика» походить від грецького слова «logisticos» – мистецтво обчислювати, міркувати та приймати рішення, за іншими версіями – від французького «loger» – постачати, розміщати, розподіляти, від древньогрецького «laubja» – складування, зберігання. В Давньому Римі під «логістикою» розуміли правила розподілу продовольства, в Візантії – озброєння та постачання армії, в США та Європі – планування та управління матеріальним, технічним та продовольчим забезпеченням військ. Термін «логістика» також пов'язують з математичною логікою з метою доведення дедуктивних міркувань [38, 50].

Рада логістичного менеджменту США розглядає логістику як процес планування і забезпечення (включаючи контроль) ефективного і безперервного надходження товарів, послуг і супутньої інформації до споживача, що спрямований на всебічне задоволення споживчих запитів [174, 175].

Проведений аналіз зарубіжної і вітчизняної літератури (Додаток А) показав, що немає єдиного уніфікованого визначення поняття логістики, яке б отримало всезагальне визнання, що можна пояснити різними ракурсами

проблематики. Це свідчить про багатогранність поняття логістики. Термін «логістика» може набувати різні значення залежно від галузевої спрямованості та масштабу організації, яка займається логістичною діяльністю.

Логістика використовується майже в будь-якій сфері економіко-управлінської діяльності. З точки зору макроекономіки, логістика може розглядатися як певна інфраструктура економіки, яка ґрунтується на злагоджені взаємодії попиту, виробництва, транспорту та розподілу ресурсів.

Можна виділити загальні аспекти сучасного розуміння поняття «логістика» [13, 17, 51, 91, 102, 104, 108, 148, 150, 170, 185]:

- процес планування та контролю, пов'язаний з переміщенням матеріальних, інформаційних, фінансових та інших потоків між суб'єктами господарювання;

- інструмент розвитку ринкової економіки;

- управління процесом отримання необхідної кількості та якості продукції у потрібний час, у потрібному місці, від надійного постачальника з належним рівнем обслуговування при мінімальних витратах;

- процес дослідження життєвого циклу товару від виробництва до постачання кінцевому споживачеві;

- процес постачання, продажу, транспортування, закупівлі тощо.

Етапи розвитку логістики характеризуються рівнем теоретичних розробок, становленням ринкових відносин, впливом науково-технічного прогресу. Основними етапами розвитку логістики є [76]:

- 1) кінець 50-х років XX століття (ринок продавця) – зародження деяких понять і елементів логістики. Попит перевищує пропозицію, періодично виникають кризи надвиробництва через зниження купівельної спроможності споживачів, монополізація економіки, неефективне державне регулювання економіки;

- 2) початок 60-х років XX століття (початок формування ринку покупців) – логістика є ефективним засобом у процесі організації і управління господарською діяльністю економічних структур, інтеграції складського і

транспортного господарств, координація використання елементів допоміжних інфраструктур;

3) 80-і роки ХХ століття (ринок покупця) – узгодження процесів транспортування, переробки, складування, зберігання матеріальних ресурсів, планування та оперативне управління матеріальними й інформаційними потоками в основному виробництві; поява інформаційної, маркетингової логістик;

4) ХХІ століття (процеси глобалізації світового економічного простору) – оптимізація матеріально-технічного забезпечення, виробництва, розподілу і збуту на принципах математичної логіки, об'єднання логістичних процесів підприємства у логістичний ланцюг «закупівля – виробництво – збут», управління матеріальними інформаційними та іншими потоками.

Основними факторами розвитку логістики є [60]:

- перехід від ринку продавця до ринку покупця;
- розробка теорії систем і теорії компромісів;
- технічний прогрес у засобах зв'язку та інформатики.

На думку Н. Чухрая, основними детермінантами розвитку логістики на сучасному етапі є фактор часу, що зумовлює необхідність прискорення переміщення матеріальних потоків у логістичному ланцюгу (ЛЛ), а також фактор простору, тобто місце і локалізація об'єктів логістичного управління. Для досягнення тривалої переваги над конкурентами, необхідно виробити новий підхід до управління часом та простором. А це можливо лише при наявності ефективної логістичної системи [160].

Оптимізацію та підвищення цільової ефективності потоково-розподільчих процесів може забезпечити логістика як самостійний вид підприємницької діяльності, яка є результатом прогресивного мислення, поєднанням науки та прикладної діяльності, спрямованої на управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками й оптимізацію витрат, пов'язаних з рухом цих потоків у певних мікро-, мезо- або макроекономічних системах [4].

Логістику на рівні підприємства вважають своєрідним інструментом підвищення конкурентоспроможності підприємства, що дозволяє організувати на підприємстві внутрішні процеси з мінімальними витратами та оптимально пристосувати внутрішнє середовище до зміни зовнішніх чинників [18, с. 194]. Підтвердженням ефективності застосування логістичного інструментарію у практичній діяльності підприємства є збільшення прибутку за рахунок раціональних методів управління матеріальними та інформаційними потоками у процесах виробництва, постачання ресурсів та реалізації продукції.

О. Тридід виділяє основні принципи підприємницької логістики [140]:

- погодження логістики з корпоративною стратегією;
- удосконалення організації руху матеріальних потоків;
- забезпечення надходження необхідної інформації та сучасної технології та обробки;
- прагнення до ефективного управління людськими ресурсами;
- підтримка тісного зв'язку з іншими фірмами у виробленні стратегії;
- облік прибутку від логістичної діяльності в системі фінансових показників;
- визначення оптимальних рівнів логістичного обслуговування з метою підвищення рентабельності виробництва;
- ретельна розробка логістичних операцій;
- прагнення до укрупнення партій товарів;
- сприйняття логістики як унікальної сфери творчості для стратегічної орієнтації фірми;
- оцінка ефективності діяльності логістичних підрозділів.

Логістику підприємства можна розглядати як сукупність логістичних процесів, які представляють собою послідовність дій (логістичних операцій та функцій) щодо оптимізації основної діяльності підприємства та переміщення економічних потоків з метою збільшення прибутку [68, 71].

Питаннями управління логістичними процесами підприємства займалися вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як: Л. Гурч, М. Крістофер, Є. Крикавський,

П. Мерфі, Ю. Неруш, В. Сергєєв, К. Таньков, О. Тридід, Л. Фролова та інші [34, 68, 86, 109, 140, 145, 173, 192].

Під логістичним процесом вони розуміють процес руху сукупності потоків ресурсів, що являє собою взаємообумовлений рух та трансформацію матеріальних і нематеріальних ресурсів у процесі задоволення попиту на готову продукцію. Логістичний процес складається з логістичних операцій та функцій [68].

Логістична операція – це самостійна частина логістичного процесу, що являє собою відособлену сукупність дій, спрямованих на генерування, перетворення або поглинання матеріального, інформаційного, фінансового, сервісного та кадрового потоків [145, 147].

Л. Фролова розглядає функції логістичного управління як комплекс взаємопов'язаних дій, спрямованих на формування, організацію і регулювання процесів товароруху [142].

Вітчизняні науковці О. Тридід та К. Таньков під функціями управління логістичною діяльністю підприємства розуміють формування і розробка системи логістики у відповідності з її концептуальними принципами і положеннями, розробка та реалізація стратегії логістики відповідно до ринкової стратегії, комплексне управління логістичною системою підприємства з метою раціоналізації поточкових процесів, координація взаємопов'язаних функцій управління підприємством, вирішення проблем специфіки та індивідуальності підприємства [140, 146].

Метою будь-якого логістичного процесу є формулювання основного правила логістики – правила «7R» [111, 192]:

1. Right product – потрібний товар;
2. Right quality – необхідної якості;
3. Right quantity – в необхідній кількості;
4. Right time – в потрібний час;
5. Right place – в потрібне місце;
6. Right customer – потрібному споживачу;

7. Right cost – з мінімальним рівнем витрат.

Сутність даного правила полягає в тому, що споживач повинен отримати необхідні по якості і кількості товари, у потрібний час, у потрібному місці, від надійного постачальника з належним рівнем обслуговування (як до здійснення продажу продукції, так і після) і при мініальному рівні загальних витрат. Недотримання хоча б одного з наведених правил може призвести до втрати клієнтів і, відповідно, певної частки ринку [192].

Вчені О. Тридід та К. Таньков виокремлюють наступні логістичні завдання [146]:

- здійснення наскрізного контролю за потоковими процесами у логістичних системах;
- розробка та вдосконалення способів управління матеріальними потоками;
- прогнозування обсягів виробництва, перевезень, запасів тощо;
- визначення незбалансованості між потребами виробництва та можливостями матеріально-технічного забезпечення;
- стандартизація вимог до якості логістичних послуг та окремих операцій;
- раціональне формування господарських зв'язків;
- визначення точок зосередження витрат часу, матеріальних, трудових та грошових ресурсів;
- оптимізація технічної та технологічної структури транспортно-складських комплексів;
- визначення стратегії та технології фізичного переміщення матеріальних ресурсів, напівфабрикатів, готової продукції;
- формалізація актуалізованих (поточних, оперативних) логістичних цілей та параметрів функціонування логістичної системи [140].

Управління логістичними процесами підприємства потрібно розглядати як цілеспрямований вплив на функціонування логістичної системи підприємства з метою оптимізації матеріального, фінансового та

інформаційного потоків, враховуючи специфіку діяльності підприємства та використовуючи сучасні методи та інструменти ведення бізнесу [31, 32, 34, 68, 86, 109, 145, 173].

Дослідженню економічних потоків в логістичній діяльності підприємства присвятили свої роботи закордонні та вітчизняні вчені такі як, Б. Анікін, Д. Бауерсокс, А. Гаджинський, Д. Джонсон, В. Іванов, В. Сергєєв, В. Скіцько, Д. Клосс, Є. Крикавський, П. Мерфі, Ю. Неруш, Д. Уотерсом та інші.

Одним з основних потоків є матеріальний потік, який потребує великого обсягу витрат. За даними Європейської логістичної асоціації витрати на управління матеріальними потоками в промисловості складають в середньому 50% від всіх витрат, а в деяких галузях економіки майже 80-90%, витрати на зберігання продукції, сировини та інших ресурсів для країн Західної Європи в середньому становлять 10-15%, а для країн СНД 20-30%, в Україні питомі витрати на виробництво більші ніж в Японії в 2,8 рази, а порівняно з США та Німеччиною – в 2,7 та в 2,3 рази відповідно [179]

В науковій літературі під *матеріальним потоком* розуміють:

– сукупність товарно-матеріальних цінностей, яка рухається від постачальника до споживача, а також на підприємстві в результаті здійснення закупівлі, транспортування, складування, переробки сировини й матеріалів для забезпечення виробництва [42, 141];

– сукупності різних товарів (сировина, матеріали, напівфабрикати, готова продукція), які здійснюють рух у процесі матеріально-технічного забезпечення, виробництва, транспортування та збуту [6, 10, 89, 92, 173];

– продукцію, яка розглядається в процесі застосування до неї різних логістичних операцій у заданому часовому інтервалі [25, 72, 103, 117];

– потік різних видів ресурсів у процесі здійснення матеріально-технічного забезпечення, виробництва, перевезення та збуту [2, 51, 95];

– предмети праці, які безперервно змінюються та перебувають у стані руху в межах логістичної системи «виробництво – обіг – споживання» [5].

Матеріальний потік має наступні властивості [1, 43]:

- представляється як сукупність товарно-матеріальних цінностей, що знаходяться у постійному русі;
- відноситься до певного часового інтервалу;
- виникає в процесі здійснення відповідних логістичних операцій;
- знаходиться у двох протилежних станах: динамічному (рух потоків) та статичному (запаси товарно-матеріальних цінностей).

В дисертаційній роботі під *матеріальним потоком* розуміється сукупність товарно-матеріальних цінностей, які здійснюють рух в процесі постачання, виробництва, а також у процесі розподілу.

Раціональним управлінням матеріальним потоком займається матеріальна логістика. Матеріальну логістику підприємства розглядають як підсистему менеджменту підприємства, яка організовує та контролює матеріальні потоки, що впливають на результати логістичних операцій підприємства [10]. Матеріальна логістика передбачає раціональне управління запасами ресурсів та продукції, їх поповненням та переміщенням. Одним з шляхів реалізації матеріальної логістики є використання економіко-математичних методів та моделей. У логістичній системі матеріальний потік взаємопов'язаний з інформаційним потоком [33].

Інформаційний потік визначається як потік повідомлень в усній, документальній (паперовій або електронній) та іншій формах, призначенням якого є реалізація керівних функцій [14, 64].

Раціональним управлінням інформаційних потоків займається інформаційна логістика. Інформаційну логістику підприємства розглядають як підсистему менеджменту підприємства, яка організовує та контролює інформаційні потоки, що мають вплив на результати логістичних процесів на підприємстві [57]. Мета інформаційної логістики полягає у виконанні основного правила логістики 7R. На думку В. Скіцька, «реалізація інформаційної логістики передбачає впровадження на підприємстві відповідної інформаційної системи, яка являє собою сукупність інтелектуально-трудова ресурсів (персонал підприємства, який безпосередньо працює із комп'ютерною

програмою – системою управління підприємства), матеріально-технічного забезпечення (комп'ютери, мережі, ноутбуки та інші технічні засоби), програмного забезпечення (безпосередньо сама система управління підприємством та, можливо, програмне середовище, в якому цю систему розроблено), інформаційного забезпечення (довідники, класифікатори тощо), математичного забезпечення (економіко-математичні методи та моделі, які використовуються у комп'ютерній програмі для вирішення низки задач управління підприємством)» [113].

Фінансовим потоком (грошовим) у логістиці прийнято вважати спрямований рух фінансових ресурсів, пов'язаний з матеріальними, інформаційними та іншими потоками як у межах логістичної системи, так і поза нею. Обсяг фінансових потоків визначається у грошовому еквіваленті, який зазначається в документальній формі (паперовій чи електронній). Фінансові потоки безпосередньо залежать від особливостей фінансового середовища, зовнішніх і внутрішніх факторів впливу [45, 163].

Раціональне управління та інтеграція матеріального, інформаційного та фінансового потоків є завданням логістики підприємства, яка пов'язана з постачанням, виробництвом та збутом [39, 65].

Під *логістикою постачання* розуміють процес забезпечення підприємства матеріальними ресурсами, розміщення їх на складах підприємства, їх зберігання і передачу на виробництво [90].

Логістика постачання передбачає комплексне планування, управління та фізичне опрацювання потоку матеріалів, сировини, комплектуючих та відповідного інформаційного потоку від постачальників до підприємства [66].

Логістика постачання передбачає вирішення наступних завдань [38]:

- забезпечення матеріальними ресурсами (сировиною, комплектуючими, допоміжними матеріалами тощо) виробництва;
- дослідження ринку закупівлі;
- раціональне управління запасами ресурсів, їх замовленням, зберіганням та доставкою;

– вибір оптимальних постачальників із погляду оптимальних витрат закупівлі та надійності тощо.

Процес постачання розпочинається з визначення потреб у ресурсах та обсягів їх поповнення. Потреби підприємства у ресурсах визначаються планом виробництва продукції (для виробничих підприємств) або збутом готової продукції (для торговельного підприємства) [85]. Наступним етапом є вибір постачальників ресурсів, укладання з ними угод, визначення умов постачання (обсягів постачання, періодичність, графіків доставки). Після цього відбувається закупівля ресурсів, її транспортування, зберігання на складах підприємства.

Задачі логістики постачання мають вирішуватися на стратегічному рівні у взаємозв'язку з іншими функціональними стратегіями – маркетинговими, виробничими та фінансовими [52, 119].

Виробнича логістика передбачає управління процесами від визначення обсягів виробництва продукції до переміщення її у сферу збуту [38].

Виробнича логістика розпочинається із складання планів виробництва з урахуванням кон'юнктури ринку, потужності підприємства та запасів ресурсів. Наступним етапом є реалізація плану виробництва продукції та поповнення запасів готової продукції з урахуванням можливостей її зберігання. Після цього управління запасами готової продукції переходить у сферу збуту [9].

Логістика збуту є тією частиною логістики підприємства, яка інтегрована у сферу розподілу, тобто здійснюється в післявиробничий період. Логістика збуту передбачає управління транспортуванням, складуванням та іншими матеріальними і нематеріальними потоками, які здійснюються в процесі доставки готової продукції до споживача згідно з його потребами, а також передачею, зберіганням й обробкою відповідної інформації [164].

Розподіл готової продукції відбувається через розподільчі центри. Під розподільчим центром розуміється складський комплекс, до якого надходять товари (готова продукція) від виробничого або торговельного підприємства та доставляється замовникам (дистриб'юторам, оптовим та роздрібним торговцям)

власними транспортними засобами або за допомогою послуг транспортних компаній.

Логістика збуту спрямована на підвищення ефективності доставки продукції замовникам в необхідному обсязі та встановлений термін [15].

Управління логістичною діяльністю підприємства слід розглядати як управління системою, що включає комплекс взаємопов'язаних логістичних процесів внутрішньої та зовнішньої логістики [1, 38].

До внутрішньої логістики відносяться процеси оптимізації плану виробництва продукції, управління запасами ресурсів та готової продукції на складах підприємства, з яких складається виробнича логістика. До зовнішньої логістики відносяться процеси оптимізації управління поставками ресурсів на підприємство та реалізацією готової продукції, з яких складається логістика постачання та логістика збуту відповідно [86].

На рис. 1.1 представлено узагальнену схему взаємозв'язків логістичних процесів на підприємстві.

Логістика постачання передбачає формування оптимальних відносин підприємства з постачальниками (посередниками, оптовими торговцями) ресурсів для виробництва продукції, тобто логістика постачання має враховувати потреби підприємства в ресурсах, умови та можливості постачальників. Отже, логістика постачання поєднує як внутрішню, так і зовнішню логістику через матеріальні, грошові та інформаційні та потоки [41]. Аналогічно логістика збуту передбачає формування оптимальних відносин підприємства із споживачами готової продукції, тобто логістика збуту повинна враховувати потреби споживачів в широкому сенсі (дистриб'юторів, оптових та роздрібних торговців, кінцевих споживачів продукції) та можливості їх задоволення, оптимізуючи відповідні матеріальні, грошові та інформаційні та потоки.

Логістичні процеси внутрішньої логістики відбуваються в середині підприємства, а зовнішні інтегрують підприємство з зовнішнім середовищем.

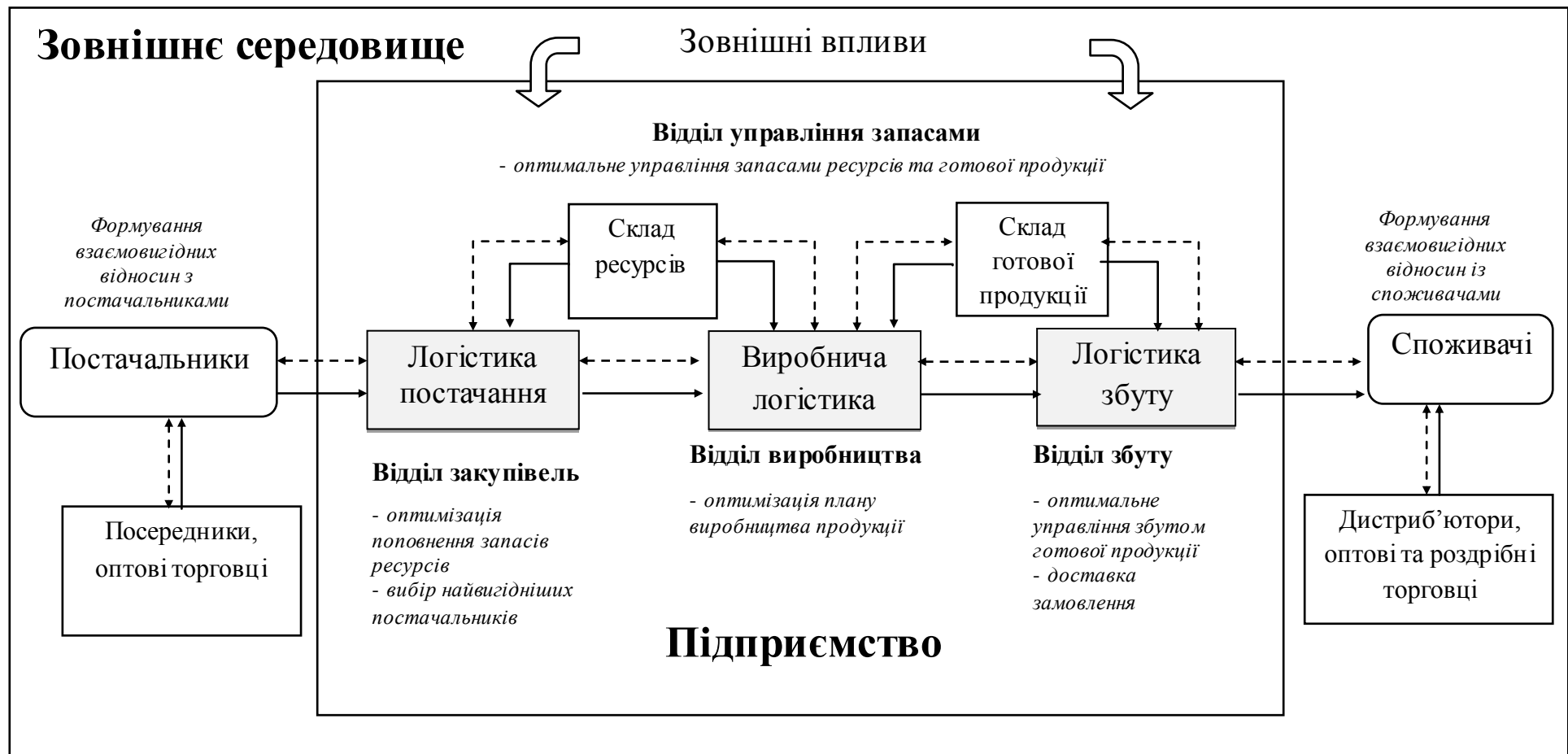


Рис. 1.1. Узагальнена схема взаємозв'язків логістичних процесів на підприємстві

Джерело: розроблено автором на основі [70, 90, 164]

Управлінням виробничою логістикою на підприємстві займається відділ виробництва, логістикою постачання – відділи закупівель та управління запасами, логістикою збуту – відділ збуту.

Процесу оптимального управління запасами ресурсів та готової продукції можна надати більшу перевагу, оскільки:

- запаси складають значну частку оборотних активів підприємства;
- створення запасів ресурсів забезпечує виробничий цикл підприємства;
- оптимальне управління запасами ресурсів мінімізує витрати підприємства на їх поповнення та зберігання;
- при коливанні попиту створення запасів готової продукції забезпечує його задоволення;
- недостатня кількість запасів готової продукції призведе до недоотримання прибутку підприємством, а її надлишок – до додаткових витрат на зберігання.

Проблемами управління запасами займалися зарубіжні та вітчизняні вчені Г. Бродецький, С. Голов, Є. Крикавський, В. Лень, Х. Фольмут та інші [12, 28, 38, 73]. Існують різні підходи щодо трактування сутності запасів як економічної категорії.

Є. Крикавський класифікує запаси за фазовим і функціональним поділом. За фазовим поділом виділяються запаси у постачанні, що в свою чергу поділяються на: матеріали, сировину, покупні частини; запаси у виробництві: незавершена продукція, напівфабрикати, запаси на робочих місцях; запаси в дистрибуції, які класифікуються на: кінцеву продукцію, замінні частини і повернену продукцію. За функціональним поділом запаси поділяються на: поточні (циклічні), гарантійні, сезонні, спекулятивні, мертві запаси, що наявні у збуті і постачанні, а також виокремлюються запаси у процесі виробництва, запаси в дорозі та запаси агресивного просування на ринок [68]. Враховуючи те, що специфіки підприємств відрізняється фази і функції можуть не співпадати.

В науковій літературі існують різні класифікації запасів в залежності від їх цільового спрямування [28, 73]:

– *поточні запаси* створюються для забезпечення безперервного виробництва та/або торговельного процесу між поставками в умовах невизначеності (попиту, терміну поставки);

– *транзитні запаси* (технологічні, запаси в дорозі) виникають при необхідності переміщення продукції з однієї точки в іншу (знаходяться в процесі транспортування);

– *страхові запаси* створюють для непередбачуваних випадків, наприклад, коли попит перевищує пропозицію, коли можливі затримки в постачанні;

– *спекулятивні запаси* виникають при змінних умовах навколишнього середовища, наприклад, зростання цін на ресурси;

– *сезонні запаси* пов'язані з сезонними коливаннями попиту, вони можуть створюватися в період сезону або до початку сезону, якщо це економічно вигідно.

Процес оптимізації плану виробництва продукції передбачає визначення оптимального плану виробництва продукції, що забезпечить максимальний дохід підприємства з урахуванням попиту на продукцію, потужності виробництва, норм витрат ресурсів та інше.

Процес оптимального управління поставками ресурсів передбачає визначення оптимальних обсягів замовлення ресурсів, а також вибір найкращих постачальників з погляду надійності доставки ресурсів на підприємство, в результаті чого формуються взаємовигідні відносини з постачальниками.

Процес реалізації готової продукції передбачає оптимальне управління збутом готової продукції та доставкою замовлень, в результаті чого формуються взаємовигідні відносини із споживачами.

Управлінням збутом готової продукції зазвичай займаються менеджери, які збирають та оформлюють замовлення на продукцію, передають інформацію

на склад. Замовлення може надходити від дистриб'ютора, оптового чи роздрібного торговців.

Управління процесом доставки (транспортування) передбачає організацію та перевезення продукції від постачальника до замовника з найменшими грошовими витратами, витратами в часі, в зазначений час та можливістю контролю товару на всьому шляху переміщення. Транспортні витрати можуть складати 15-20% від загальних витрат підприємства [74].

Основними завданнями при транспортуванні продукції є: визначення оптимальних обсягів і графіків доставки продукції замовникам, розробка раціонального маршруту перевезення, інтеграція транспортних і складських операцій в єдиний процес, що дозволить мінімізувати витрати на доставку та управління запасами продукції [95].

При наявності власного автопарку підприємство самостійно займається доставкою продукції, інакше звертається до логістичних компаній за послугами перевізника. При виборі перевізника потрібно враховувати такі критерії: вартість послуг, час переміщення вантажу, сучасність автопарку, якість послуг, що надаються, надійність часу прибуття, ефективність діяльності, фінансова незалежність, досвід роботи, виробничі потужності, популярність [95].

Реалізація логістичних процесів пов'язана з певними логістичними витратами. Логістичні витрати – це грошове вираження сукупності витрачених матеріальних, трудових, фінансових, інформаційних ресурсів підприємства, які пов'язанні із забезпеченням бізнес-процесів та операцій з переміщення матеріальних потоків у межах логістичної системи [29, 105].

Існують внутрішні та зовнішні чинники, які впливають на розмір логістичних витрат. До внутрішніх чинників належать масштаб підприємницької діяльності, багатопродуктовість виробництва (асортимент продукції), необхідна кількість ресурсів для виробництва продукції, складність виробничого процесу, обсяг запасів продукції та ресурсів тощо. Зовнішніми чинниками виступають елементи управління і функціонування економіки, зокрема процентна ставка за кредитом, ставка податку на майно, ставка податку

на транспортні засоби, економічні податки, цінова політика тощо [34, 62, 77, 105].

Логістичні витрати пов'язані з процесами постачання, виробництва та збуту [7, 29, 162]. Витрати на постачання ресурсів складаються з витрат на придбання ресурсів, витрат на доставку, витрат на управління запасами ресурсів, витрат, пов'язаних з можливим їх дефіцитом [49]. Витрати на виробництво продукції складаються з витрат, пов'язаних з виробничим процесом (на устаткування, персонал, внутрішньовиробниче переміщення та інші) [59]. Витрати на збут готової продукції складаються з витрат на доставку, витрат на управління запасами та витрат, пов'язаних з можливим дефіцитом продукції [74].

За класифікацією А. Роднікова до логістичних витрат належать [107]:

- транспортно-заготівельні витрати (витрати на формування мережі, вибір та оцінювання постачальників, транспортні витрати, оплата послуг зв'язку, представницькі витрати, відрядження, нестачі по дорозі в межах норм природного збитку);

- витрати на формування та зберігання запасів (витрати на проведення інвентаризації, ставки по кредитах на поповнення оборотних засобів, витрати зберігання, вартість ризиків (страхові платежі, ставки страхових премій);

- адміністративні витрати (частина загальних адміністративних витрат, яка виникла у логістичній службі фірми або віднесена на неї при розподілі: заробітна плата співробітникам логістичної служби, амортизаційні відрахування на офісні меблі та оргтехніку).

Однією з цілей логістики підприємства є зниження логістичних витрат за рахунок [62, 77, 105]:

- прогнозування попиту на продукцію;
- визначення оптимальних обсягів виробництва продукції та запасів готової продукції;

- визначення оптимальних обсягів поповнення запасів ресурсів з урахуванням їх потреб для реалізації оптимального плану виробництва продукції;

- визначення найвигіднішого постачальника ресурсів, обсягів їх замовлення, а також періодичності поповнення з точки зору найменших логістичних витрат та надійності поставок;

- визначення найдешевшого плану доставки готової продукції;

- визначення оптимальних обсягів запасів готової продукції.

Раціональне управління логістичними витратами є складним процесом, оскільки вимагає координації та інтеграції всіх логістичних процесів на підприємстві.

Застосування логістичного підходу є одним з шляхів підвищення конкурентоспроможності на підприємствах та ефективності економічної діяльності. Але існують певні фактори, які стримують розвиток логістичних процесів:

- в недостатньому обсязі сформовані бази даних на вітчизняних підприємствах або взагалі відсутні. Це призводить до неточних розрахунків, хибних прогнозів;

- слабка логістична інфраструктура на рівні підприємства, регіонів та країни в цілому. На рівні підприємства перш за все потрібно мінімізувати логістичні витрати, для цього потрібна ефективна логістична система управління та контролю за логістичними процесами, впровадження сучасних інформаційних технологій;

- відсутність структуризації на підприємстві, при якій конкретні відділи мали б нести відповідальність за виконання окремих логістичних процесів. Дуже часто на підприємствах не виділяють структуру логістичних витрат (транспортні, складські, закупівельні та інші);

- ринок праці України потребує кваліфікованих працівників в галузі логістики. Це питання є актуальним для багатьох українських компаній, в наслідок чого роботодавці змушені самотійно готувати потрібні кадри. Тому

необхідно приділити увагу підготовці висококваліфікованих спеціалістів з логістики в вищих навчальних закладах, використовуючи міжнародний досвід провідних університетів;

- зростання витрат на всі види транспортних засобів за рахунок підвищення цін на нафту та інші енергетичні ресурси;

- світова економічна криза та, як наслідок, інфляція, які призводять до зменшення обсягів виробництва товарів та послуг тощо.

Також є фактори, які пришвидшують розвиток логістики [16]. Наприклад, це розвиток комп'ютерних технологій, що дозволяє використовувати новітні технології у транспортно-логістичній діяльності при обробці великих масивів даних, швидкого обміну інформацією з мінімальними витратами.

1.2 Теоретико-методологічні основи логістичного управління підприємством

Методологія управління логістичною діяльністю підприємства базується на принципі системного підходу, принципі тотальних витрат, принципі глобальної оптимізації, принципі логістичної координації та інтеграції, використанні теорії компромісів для перерозподілу витрат, принципі моделювання та інформаційно-комп'ютерної підтримки, принципі стійкості та адаптивності. Розглянемо кожен з зазначених принципів управління логістичною діяльністю підприємства [47, 93, 116].

Принцип системного підходу. Максимальний ефект можна отримати лише тоді, коли оптимізація роботи всіх логістичних процесів функціонує як єдиний злагоджений механізм. Тому всі логістичні процеси необхідно розглядати як цілісну систему, щоб узгодити економічні інтереси окремих її елементів, технічні питання, технологічні процеси та інші.

Принцип тотальних витрат. Мінімізація загальних логістичних витрат підприємства від забезпечення ресурсів до збуту готової продукції. Необхідною

умовою ефективного вирішення цього завдання є можливість вимірювання логістичних витрат.

Принцип глобальної оптимізації. Оптимізацію логістичних процесів необхідно проводити з урахуванням цілей їх функціонування для досягнення глобального оптимуму.

Принцип логістичної координації та інтеграції – досягнення координації та інтеграції всіх логістичних процесів в управлінні логістичною діяльністю підприємства.

Використання теорії компромісів для перерозподілу витрат. Під компромісом розуміється гармонізація економічних інтересів учасників логістичного процесу. Критерієм оптимальності є максимізація прибутку таким чином, щоб його зниження (збільшення витрат) в одній з ланок логістичного процесу компенсувалося збільшенням прибутку (зменшення витрат) в іншій ланці логістичного процесу.

Принцип моделювання та інформаційно-комп'ютерної підтримки. При аналізі, синтезі та оптимізації логістичних процесів широко використовуються різні моделі: економіко-математичні, графічні, імітаційні та інші. Реалізація логістичного управління неможлива без відповідної інформаційно-комп'ютерної підтримки.

Принцип стійкості та адаптивності. Зовнішнє середовище підприємств характеризується високим ступенем невизначеності, коливаннями ринкового попиту на товари та послуги, коливаннями цін на сировину, транспортні послуги, зміною умов поставок і закупівель тощо. В цих умовах підприємства повинні вчасно реагувати та пристосовуватися до нових умов зовнішнього середовища, змінюючи параметри функціонування, критерії оптимізації.

Застосування принципів управління логістичною діяльністю підприємства дозволяє координувати різні логістичні процеси і, як результат, збільшувати прибуток за рахунок зниження загальних логістичних витрат, а також отримувати переваги серед конкурентів.

У сучасних умовах спостерігається стрімкий розвиток сучасних інструментів управління логістичними процесами.

Дослідженню логістичних концепцій присвятили свої роботи такі науковці як: Б. Анікін, Д. Бауерсокс, А. Гаджинський, Р. Ларіна, А. Родніков, В. Сергєєв, В. Стаханов та ін. У логістиці поняття «концепція» розглядається з двох точок зору: по-перше, як парадигма, ідея, що керує; по-друге, як логістична технологія, тобто стандартна послідовність виконання логістичного процесу, що втілює певну логістичну парадигму [97]. На підприємстві логістична концепція представляє собою погляд менеджера щодо ефективного управління економічними потоками на засадах логістики.

Сучасна логістична концепція ґрунтується на взаємозалежних тісних зв'язках у сфері функціональних, структурних та інституціональних аспектах процесу фізичного обігу товарів [67]. Вчені вважають, що застосування сучасних логістичних концепцій дозволить оптимізувати логістичні процеси [101].

Логістичні концепції поділяються на три групи [64]:

- інформаційна;
- маркетингова;
- інтегрована.

Інформаційна група логістичних концепцій з'явилася наприкінці 1960-х рр., вона полягає у формулюванні загальної проблеми управління матеріальними потоками деякого бізнес-об'єкта (тобто фірми чи окремої функціональної області: виробництва, постачання, продажів) та синтезу інформаційно-комп'ютерного забезпечення вирішення проблеми. Теоретичною основою інформаційної концепції є системний підхід, який використовується для моделювання об'єктів та синтезу систем інформаційно-комп'ютерної підтримки. Основні стратегічні рішення полягають в автоматизації основних завдань та використанні інформаційно-комп'ютерних технологій підтримки для вирішення складних оптимізаційних логістичних завдань [27].

Інформаційну групу логістичних концепцій представляє найпопулярніший напрямок **RP** – *Requirements / resource planning* (планування потреб / ресурсів). Системи планування потреб співвідносять діяльність виробництва, обслуговування і використання сировини, матеріалів та інших комплектуючих з потребами основного графіка виробництва [195].

Цілями RP є скорочення запасів, надання послуг на високому рівні, координація графіку закупівель та виробництва. Основною перевагою такої концепції є одночасне досягнення поставлених цілей.

Основними перевагами концепції RP є задоволення потреб в товарах і їх доставки споживачу, підтримка низьких рівнів запасів, планування графіків доставки, закупівельних операцій [195].

Недоліками концепції RP є значний обсяг обчислень і попередньої обробки даних, зростання логістичних витрат при зменшенні запасів, велика кількість відмов обслуговування через велику розмірність системи та її комплексність, нечутливість до короткочасних змін попиту [195].

На основі RP розроблено та функціонує такі логістичні концепції:

– **MRP I** – Manufacturing Requirements Planning (планування потреби в матеріалах);

– **MRP II** – Manufacturing Resources Planning (планування потреби в ресурсах);

– **DRP I** – Distribution requirements planning (концепція I планування потреб у розподілі);

– **DRP II** – Distribution resource planning (концепція II планування потреб у розподілі);

– **OPT** – Optimized Production Technology (оптимізована виробнича технологія);

– **MRP III** (комбінація MRP II і KANBAN).

Основними цілями логістичних концепцій **MRP I** та **MRP II** є задоволення потреб у матеріалах, комплектуючих деталях для виробництва, забезпечення необхідних рівнів запасів матеріальних ресурсів, готової

продукції, планування виробничих операцій, розкладів доставки, закупівельних операцій.

Концепція MRP починає свою роботу з визначення кількості та в який час необхідно виробляти продукцію, далі визначається необхідна кількість матеріальних ресурсів для задоволення потреб виробничого процесу.

Основними перевагами MRP II перед MRP I є задоволення споживчого попиту завдяки зменшенню тривалості виробничих циклів, зменшенню запасів, кращій організації постачання та швидкій реакції на зміну попиту [195].

Логістичні концепції **DRP I** та **DRP II** є базовими в дистрибуції. Принцип роботи DRP дуже схожий на MRP, але спрямований на канали розподілу готової продукції. Концепція DRP базується на споживчому попиті, який не контролюється підприємством. Ця концепція дає можливість планувати та регулювати рівень запасів підприємства на складах у мережі збуту та оптимальних посередників.

Логістична концепція **OPT** полягає у плануванні виробництва, визначенні «критичних точок», якими можуть виступати запаси ресурсів, транспортні засоби, устаткування, персонал.

Логістична концепція **MRP III** поєднує MRP II та KANBAN. Логістичну концепцію MRP II використовують для прогнозування попиту, збуту та закупівель, а логістичну концепцію KANBAN – для оперативного управління виробництвом.

Маркетингова група логістичних концепцій з'явилася на початку 1980-х рр., вона полягає в організації логістичного процесу в ланцюзі постачання, що дозволяє підвищити ринкові позиції підприємства в конкурентній боротьбі за рахунок прийняття оптимальних рішень в розподілі продукції, прогнозуванні попиту на продукцію [64].

На сучасному етапі дослідження для застосування маркетингової концепції логістики потрібно враховувати сучасні умови ведення бізнесу:

– новітні технології щодо управління та контролю виробництва та розподілу готової продукції;

- можливість інтеграції між партнерами в логістиці;
- нові організаційні відносини;
- нові підходи щодо організації логістичного процесу на підприємствах.

Маркетингову групу логістичних концепцій представляє найпопулярніший напрямок **DDT** – *Demand-driven Techniques/ Logistics* (логістика, орієнтована на попит), який є модифікацією концепції RP з покращенням реакції виробника на зміну споживчого попиту. Основною перевагою концепції DDT є швидка реакції системи дистрибуції фірми на зміну споживчого попиту, а недоліком – залежність від точного прогнозу попиту.

На основі DDT розроблено та функціонує такі логістичні концепції [190, 195, 197]:

- **RBR** – Rules based Reorder (точка замовлення) визначає та оптимізує рівні страхових запасів для згладжування коливань попиту. Цей процес дуже складний, тому ця концепція поширилася з розвитком технологій;

- **QR** – Quick Response (швидке реагування) поліпшує просування готової продукції в мережах збуту;

- **CR** – Continuous Replenishment (безперервне поповнення запасів) поповнює запаси готової продукції у ритейлерів. CR здійснюється завдяки моніторингу, продажу у роздрібній торгівлі та передачі оперативної інформації про обсяги продажу та асортимент товарів оптовикам, а від них – виробникам. Виробники в свою чергу на основі інформації про продаж і прогноз попиту з високою періодичністю поповнюють запаси товарів у ритейлерів безпосередньо або через оптових посередників;

- **AR** – Automatic Replenishment (автоматичне поповнення запасів) надає можливість постачальнику задовольняти потреби ритейлерів у товарній категорії шляхом усунення необхідності відслідковування одиничних продажів та рівнів запасів для товарів швидкої реалізації. Ця логістична концепція є кращою за QR та CR.

Інтегрована група логістичних концепцій з'явилася в 1980-х рр., вона полягає в об'єднанні різних функціональних елементів в єдину логістичну

систему з метою її оптимізації. Інтеграція в логістиці має переваги, оскільки вона дозволяє системно підходити до управління розподілом, виробництвом і постачанням на підприємстві [27].

Інформаційну групу логістичних концепцій представляють такі найпопулярніші напрямки як [190, 195, 197]:

- **JIT** – *Just-in-time* (точно в строк);
- **LP** – *Lean Production* («економне виробництво»);
- **SCM** – *Supply chain management* (управління ланцюгом постачання);
- **ERP** – *Enterprise Resource Planning* (планування ресурсів підприємства).

Розглянемо детальніше кожен з зазначених напрямків інформаційної групи.

JIT є концепцією управління виробництвом, що спрямована на зниження кількості запасів. Відповідно до цієї концепції необхідні комплектуючі і матеріали надходять в потрібній кількості в потрібне місце і в потрібний час дрібними партіями [197].

Для цього необхідно швидко передавати дані між підрозділами та постійно тримати зв'язок з постачальниками.

Основними перевагами концепції JIT є [195]:

- мінімізація витрат, пов'язаних зі створенням запасів;
- покращення контролю якості;
- економія витрат на створення складських приміщень;
- вивільнення коштів за рахунок прискорення оборотності.

До недоліків концепції JIT можна віднести [195]:

- збільшення витрат на постачання матеріалів;
- велика залежність від надійності поставок постачальника (при не виконанні термінів поставок можливий дефіцит);
- велика залежність від якості замовлених ресурсів;
- необхідність у точності інформації та прогнозу.

Концепція ЛТ з'явилася наприкінці 1950-х років, коли японські компанії почали активно використовувати логістичну концепцію KANBAN.

Призначення концепції **KANBAN** – управління матеріальними потоками в необхідній кількості, в потрібне місце, в точно встановлений термін. Вона дозволяє покращити якість продукції підприємства, знизити собівартість виробництва, зменшити страхові запаси, прискорити обертання капіталу компанії.

Концепція ЛТ є найпоширенішою в світі. Її застосовують такі провідні компанії як: General Motors (США), Renault (Франція) тощо. В Україні її застосовують такі підприємства, як: ПрАТ «Чумак», ПрАТ «Міллер Брендз Україна», ПП «КРАФТ-ІНК», ПрАТ «АВК», ПрАТ «Харківський жировий комбінат», ПрАТ «Львівський жиркомбінат», ПрАТ «Агрокосм», ПАТ «САН ІнБев Україна», ПАТ «Ніссан Мотор Україна», ПрАТ «Криворізький завод гірничого обладнання», ПАТ «Крафт Фудз Україна», ПАТ «Ельворті», ПМП ВФ «Панда» (ТМ «Караван»). Впровадження концепції «точно в строк» дозволило зазначеним підприємствам скоротити час на підготовку виробництва, виготовлення продукції малими партіями та зменшити обсяг незавершеного виробництва [24].

Концепція **LP** полягає в поєднанні таких логістичних компонентів, як висока якість, невеликий розмір виробничих партій, низький рівень запасів, висококваліфікований персонал, гнучке устаткування. Основними завданням LP є зменшення кількості операцій технологічного процесу та підвищення якості роботи за рахунок скорочення втрат [197]. Цей підхід поширюється на всі аспекти діяльності – від проектування і виробництва, до збуту продукції. Концепція LP виділяє 7 видів втрат [190]:

1) *транспортні втрати* – транспортування готової продукції та незавершеного виробництва необхідно оптимізувати за часом і відстанню. Кожне переміщення збільшує ризик пошкодження, втрати, затримки та інше. Транспортування не додає цінності продукту, і споживач не готовий за неї платити;

2) *втрат від «замороження» капіталу* – чим більше запасів знаходиться на складах і у виробництві, тим більше грошових коштів виявляється «замороженими» у цих запасах. Запаси не додають продукту цінності;

3) *втрати часу* – зайві рухи операторів і обладнання збільшують втрати часу, що знову ж призводить до збільшення вартості без збільшення цінності продукту;

4) *технологічні очікування* – продукти, що знаходяться в незавершеному виробництві та очікують своєї черги на обробку, збільшують вартість без збільшення цінності;

5) *втрати від перевиробництва* – цей вид втрат є найбільш істотним з усіх. Непродана продукція вимагає витрат на виробництво, витрат на зберігання, витрат на облік та ін.;

6) *втрати від недосконалості продукції* – цей вид втрат пов'язаний з тим, що технологія виробництва не дозволяє реалізувати в продукції всі вимоги кінцевого споживача;

7) *втрати від ліквідації дефектів* – кожен дефект призводить до додаткових витрат часу і грошей.

Основними перевагами концепції LP є високі стандарти якості продукції, низькі виробничі витрати, швидке реагування на попит, короткий час переналагодження устаткування [195].

До недоліків концепції LP можна віднести нездатність окремих постачальників працювати в режимі «точно в строк», відсутність надійних постачальників, миттєвих змін [195].

Концепція **SCM** передбачає автоматизацію ланцюга постачання, включаючи роботу з постачальниками, споживачами, посередниками, перевізниками, облік документів, відстеження стану поточних проектів, розрахунок собівартості будь-якої одиниці товару та формування балансу.

Основними перевагами концепції SCM є орієнтація логістичної мережі на клієнта, моніторинг ринкового попиту, на основі якого планується виробництво

продукції, стратегічне планування поставок, розроблення стратегії ланцюга постачання, використання методів залучення нових каналів розподілу [195].

Основними недоліками концепції SCM є вартість рішення, дорога підтримка, тривалість впровадження, врахування не всієї специфіки галузі, часткова автоматизація процесів [195].

До складу модуля SCM входять дві підсистеми [190]:

– **SCP** – *Supply Chain Planning* (планування ланцюгів постачання) – основу цієї підсистеми становить планування та формування календарних графіків. SCP дозволяють здійснювати стратегічне планування структури ланцюжка поставок: розробляти плани мережі поставок, моделювати різні ситуації, оцінювати рівень виконання операцій, порівнювати планові та поточні показники.

– **SCE** – *Supply Chain Execution* (виконання ланцюгів постачання в режимі реального часу) – до складу цієї підсистеми входять рішення для прогнозування продажів компанії на поточний момент часу, для управління запасами, для менеджменту поповнення. SCE представлені трьома видами програмних продуктів: системи для управління складом (WMS), системи для управління транспортом (TMS), системи для управління замовленнями (OMS).

WMS – Warehousing Management Systems (системи для управління складом). Ця система дозволяє підвищити оборотність складу за рахунок прозорого обліку, збільшити товаропотік при раціональному використанні площі складу або зменшити площу складу при існуючому товаропотоку, зменшити витрати на оренду площ складу, контролювати термін придатності товару, підвищувати ефективність та регулювати кількість складського персоналу, скорочувати кількість складської техніки та обладнання та зменшувати витрати на їх обслуговування, підвищувати ефективність роботи дистриб'юторських мереж та швидкості реагування на замовлення клієнтів [190].

TMS – Transportation Management System (системи управління транспортом). Така система забезпечує розрахунок вартості перевезення

різними видами транспорту, агрегує митні витрати і дані про вантажно-розвантажувальні роботи, відстежує строки перевезень. Система TMS дозволяє планувати своєчасну доставку вантажу, скорочувати транспортні витрати, оптимізувати роботу перевезення товару, знижувати вплив людини на процес планування та контролю [99].

Питання раціонального управління транспортом є актуальним для ефективної діяльності підприємств, оскільки зростання цін на паливо, підтримання власного автопарку, користування найманим транспортом призводить до значних витрат.

Основні критерії оптимізації маршрутів перевезень у TMS представлені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Критерії оптимізації маршрутів перевезень у TMS

Критерії оптимізації маршрутів	Реалізація принципів оптимізації маршрутів	Вплив на основні техніко-експлуатаційні характеристики
Мінімізація загального пробігу автопарку	За рахунок оптимізації маршрутів за відстанню забезпечується виконання графіку перевезень, а отже оптимізація загальних витрат на транспортування.	Коефіцієнт використання пробігу зростає та наближується до 1. Середня експлуатаційна швидкість зростає
Максимальне завантаження кожної одиниці автотранспорту	За рахунок оптимізації завантаження транспорту відбувається зниження вартості перевезення та зниження відсотка транспортних витрат у собівартості товару.	Коефіцієнт використання вантажопідйомності зростає та наближається до максимального значення відповідно до класу вантажу.

Мінімізація використання орендованого транспорту	При використанні у перевезеннях як власного транспорту, так і орендованого, оптимізація проводиться за критерієм пріоритетного завантаження власного автопарку.	Коефіцієнт використання вантажного складу зростає та наближується до 1.
--	---	---

Джерело: складено автором на основі [86]

Для оптимізації завантаження можна використовувати різні параметри, критерії та обмеження. Критеріями оптимальності можуть виступати як мінімізація часу доставки, так і мінімізація шляху. Обмеження можна виконувати за об'ємом вантажу, за вагою, за вартістю вантажу.

Gonrand – система підбору вантажоперевезень. Одним із завдань інформаційної системи *Gonrand* є збір інформації про наявність вантажу. Перевізник дає заявку про вільні перевізні можливості і напрям перевезення. Інформація заноситься в базу даних. Інформація про вантажі надходить у систему безперервно. Система дозволяє групувати вантажі за відправниками, одержувачами, кількістю місць і видає інформацію про відправлення, найменування вантажоодержувача, номери автомобіля, замовника, код департаменту і суму відправлень по департаментам [96].

Videotrans – бельгійська система підбору вантажоперевезень. Призначена для інформаційного обслуговування підприємств транспорту, які можуть отримувати довідки і вводити інформацію про наявність в їх розпорядженні транспортних засобів або товару для доставки [99].

СТС – швейцарська система підбору вантажоперевезень. Надає для експедиторів інформацію про наявність вантажів, типи автомобілів, маршрути найбільш раціонального руху, адреси транспортних фірм, що мають в наявності вільний рухомий склад тощо. Для перевізників система надає таку інформацію: можливість завантаження вантажем, адреса відправника, місце і час завантаження, час прибуття з вантажем, адреса одержувача та інші дані [99].

Espace Cat – французька система підбору вантажоперевезень. Повідомляє користувачеві параметри перевезених вантажів і схеми їх розміщення в кузові транспортного засобу, представляючи ці дані у вигляді тривимірних графіків. Система обчислює параметри оптимальної упаковки. Володіючи модульною структурою, вона досить легко пристосовується до вимог користувачів [96].

BKS – система підбору вантажоперевезень. Функціонує аналогічно системі СТС. Вантажовідправник контактує не з перевізником, а з інформаційною системою. Фірма гарантує оплату перевізникам перевезення, якщо замовник не виконав своєчасно оплату, що підвищує привабливість обслуговування, розширюючи тим самим охоплення ринку споживачів [99].

Можливості TMS-рішень можна побачити за допомогою моделювання існуючої транспортної компанії та сценарного аналізу «що-якщо». У процесі моделювання і оптимізації за різними критеріями можна проаналізувати різні сценарії перевезень і прийняти економічно обґрунтоване рішення щодо кращого з них. Уваги вимагає і складність ТРМ (транспортно-розподільчої мережі), яка значно подовжує термін моделювання, оптимізації та вартість сценарного аналізу. Однак практика підтверджує, що TMS рішення швидко окупаються. Сценарний аналіз «що-якщо» працює з потенційними алгоритмами ведення нових об'єктів: він дозволяє вмикати/вимикати існуючі об'єкти в ТРМ, змінювати графік і вид їх роботи, а також швидко вибирає варіанти з потенційно заданих об'єктів [48]. Така можливість дозволяє операторам логістики ефективно використовувати ресурси транспортної мережі з урахуванням усіх бізнес-обмежень. Крім того, за допомогою сценарного аналізу можна виявити потенційні ризики або слабкі місця, які можуть виявитися і простежуватися при моделюванні існуючої мережі. Тактичне рішення дає рекомендації щодо усунення потенційних ризиків: наприклад, що станеться, якщо замовлення не буде виконано в плановий час; якщо вантажівка прибула в неурочний час на точку навантаження / розвантаження та ін. За допомогою TMS рішень такі нештатні або надзвичайні ситуації можна оцінити, і вирішити найкращим чином до моменту виконання плану транспортування.

Отже, до переваг TMS-рішень можна віднести:

- зниження транспортних витрат, продемонстрованих за допомогою сценарного аналізу «що-якщо» існуючої TPM до і після її оптимізації;
- виявлення слабких місць в існуючій TPM та розробка рекомендацій щодо їх усунення;
- максимально раціональне використання існуючих об'єктів TPM з урахуванням накладаються бізнес-обмежень;
- поліпшення сервісу;
- підвищення схоронності товару, що ввозиться;
- прозорість перевезень у TPM.

ERP – система інтегрованого планування ресурсів, яка дозволяє планувати всю діяльність підприємства. Ця система включає модулі прогнозування попиту, управління проектами, витратами, кадрами, фінансову діяльність, інвестиції та інше [189]:

- **SCM** – Supply Chain Management (управління ланцюгом постачання);
- **APS** – Advanced Planning and Scheduling (вдосконалене планування і складання розкладів);
- **SFA** – Sales Force Automation (модуль автоматизації продажів);
- **SACE** – Stand Alone Configuration Engine (автономний модуль, що відповідає за конфігурацію);
- **FRP** – Finite Resource Planning (остаточне планування ресурсів);
- **OLAP** – технології;
- **EC** – Electronic Commerce (модуль електронної комерції);
- **PDM** – Product Data Management (управління даними про виріб).

Інтегрована ERP-система охоплює діяльність транснаціональних корпорацій, коли використовуються різні валюти, часові пояси та системи бухгалтерського обліку.

Структура застосування системи ERP на міжнародному ринку за галузями економіки представлена на рис. 1.2.

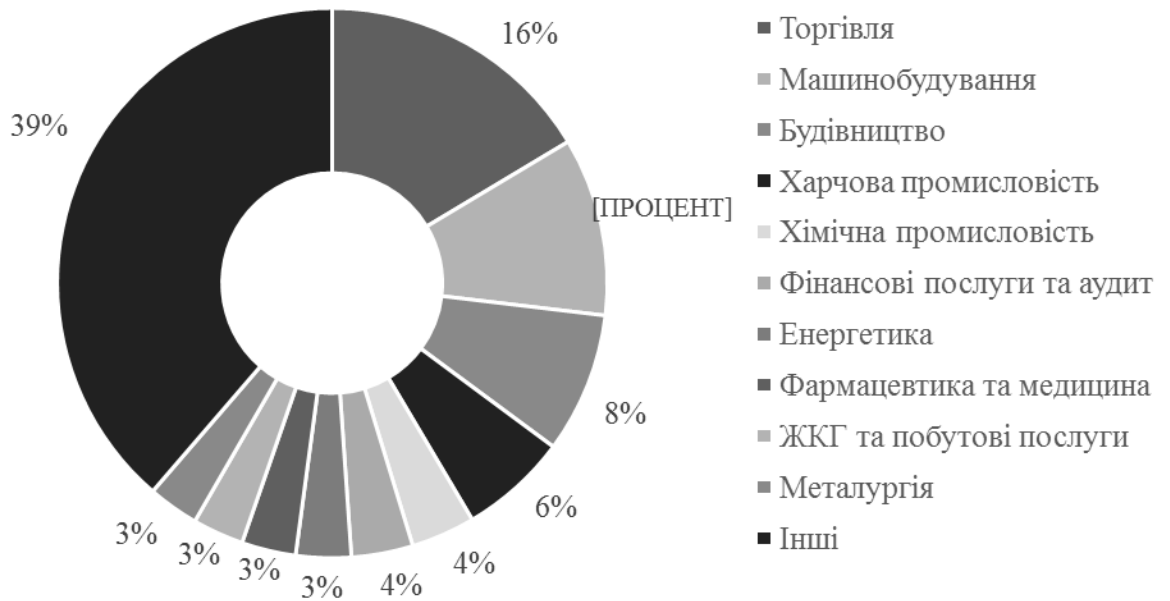


Рис. 1.2. Галузева специфіка системи ERP за 2015 р.

Джерело: розроблено автором на основі [180, 199]

Отже, найчастіше систему ERP використовують торговельні та промислові компанії. Серед промислових компаній можна виділити такі галузі як машинобудування, харчову та хімічну промисловості.

На рис. 1.3 представлено найпоширеніші системи класу ERP та їх частка на міжнародному ринку.

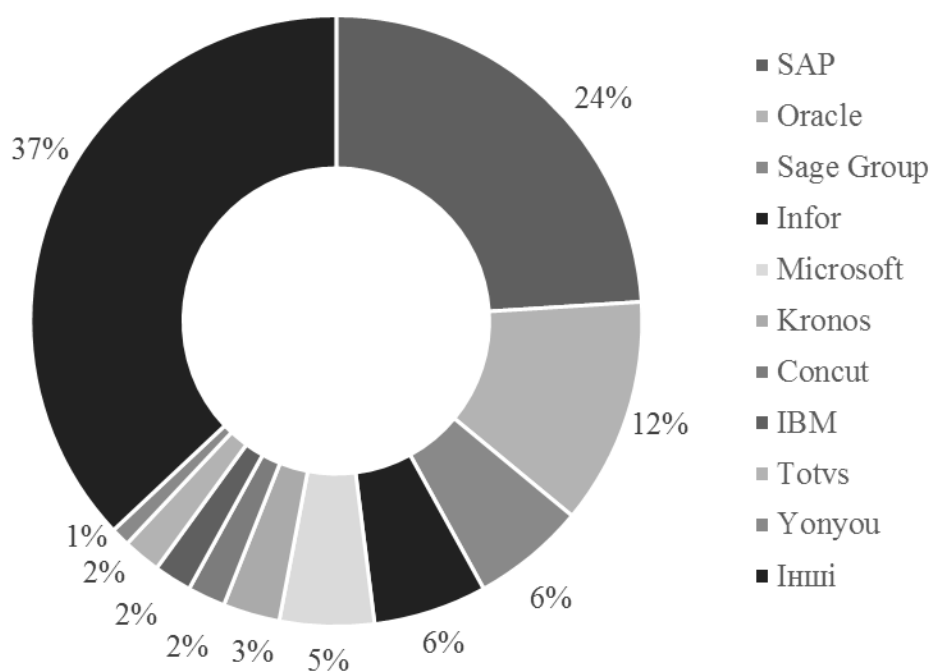


Рис. 1.3. Системи класу ERP та їх частка на міжнародному ринку за 2013 р.

Джерело: розроблено автором на основі [184]

Отже, найбільшу частку складають системи SAP (24%), Oracle (12%), Sage Group (6%) та Infor (6%).

Спеціальні рішення SAP для управління логістичними бізнес-процесами дозволяють систематизувати і синхронізувати процеси планування, розподілу, транспортування, забезпечення оптимального рівня запасів, рух і контроль товарно-матеріальних потоків підприємства та інших логістичних операцій, забезпечуючи безперебійну роботу підприємств. Перевагами використання функціональності SAP Логістика є такі:

- повний набір функціональних можливостей для створення адаптивних логістичних мереж;
- зменшення витрат, завдяки скороченню запасів в рамках логістичних ланцюжків підприємства, підвищення продуктивності, зниження ресурсних витрат;
- прискорення повернення інвестицій за рахунок зменшення капітальних витрат, скорочення інвестицій в запаси, підвищення показника виконання замовлень, зростання рентабельності продуктів;
- можливість масштабування відповідно до зростання потреб підприємства.

Рішення SAP в сфері управління логістичним ланцюгом дають такі можливості [198]:

- аналізувати логістичний ланцюг;
- встановлювати взаємовигідні відносини з вантажоперевізниками для ефективного управління перевезеннями;
- збільшувати продуктивність виробництва завдяки календарному плануванню;

- інтегрувати процеси збуту, складські операції та операційну діяльність, що забезпечить спільне прийняття рішень в масштабах всього підприємства завдяки підтримці вигідного балансу між попитом і пропозицією;
- розширювати мережі збуту завдяки прозорості інформації між учасниками ланцюга постачання;
- скорочувати цикли планування, знижувати обсяги запасів, підвищувати якість обслуговування;
- оптимізувати процеси управління перевезеннями;
- автоматизувати складські операції і дистрибуцію;
- оптимізувати управління ресурсами, активами, крос-докінг, а також управління персоналом;
- забезпечувати цілісність логістичного ланцюга.

За даними Panorama Consulting майже 81% респондентів розуміють перевагу від реалізації системи ERP [165]. Серед головних переваг впровадження ERP було виділено такі: збільшення доступності інформації (14%), посилення взаємодії та інтеграції (14%), підвищення надійності даних (11%), та покращення продуктивності та ефективності (11%) (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Види отриманих переваг від впровадження ERP-систем
Джерело: побудовано автором за даними [165]

Основні переваги системи ERP:

- дозволяє використовувати одну інтегровану програму замість декількох;
- можливість виконувати декілька задач одночасно: управляти матеріальними і фінансовими ресурсами, збутом, закупівлями, кадрами, замовленнями споживачів та постачальників, вести бухгалтерський облік, банківські рахунки;
- контроль щодо безпеки інформації;
- максимальне задоволення потреб компаній щодо засобів управління бізнесом;
- оперативність надання аналітичної інформації для прийняття рішень;
- підвищення прозорості діяльності організації;

– підвищення конкурентоспроможності за рахунок зниження витрат.

Проблеми в системі ERP виникають через недостатнє інвестування в навчання персоналу, через недостовірність даних в ERP, а також через недовіру компаній високо технологічним рішенням.

Стрімкий розвиток Internet-технологій дає можливість підприємствам стати учасниками електронного бізнесу. Електронна торгівля, будучи частиною електронного бізнесу, являє собою використання Internet-технологій для виконання торговельних операцій між партнерами, одна або дві сторони з яких є кінцевим споживачем [142].

Основною перевагою Internet-торгівлі є незначний рівень товарних запасів в Internet-магазинах. Саме це дозволило компаніям значно скоротити витрати та отримати конкурентні переваги серед традиційних підприємств. Це призвело до виникнення нової концепції логістики *E-logistics* (електронної логістики).

Дослідженню електронної логістики присвятили свої роботи О. Гірна, Ж. Жак, Т. Затонацька, Дж. Палонка, Е. Плачек, В. Плескач, М. Райнов, В. Скіцько, Н. Чухрай та інші науковці. Під електронною логістикою розуміють підсистему менеджменту щодо прогнозування, планування, прийняття рішень, координації та контролю електронних інформаційних потоків за допомогою інформаційно-телекомунікаційних систем і технологій із застосуванням математичних методів і моделей (в узгоджені із матеріальними, сервісними, фінансовими потоками та потоком інтелектуально-трудова ресурсів) на макро-, мезо-, мікроекономічному рівнях [21, 113].

Основними перевагами електронної логістики є [159]:

- зростання обсягів продажу;
- зменшення логістичних витрат, пов'язаних зі зберіганням продукції, утриманням складських приміщень та персоналу;
- швидкий обмін інформацією між учасниками ланцюга постачання;
- економія часу та грошей;
- можливість оплачувати замовлення платіжними картками;

- відстеження перевезення вантажів;
- підвищення коефіцієнта обороту товарних запасів;
- зниження витрат часу на обробку документів;
- підвищення рівня обслуговування споживачів;
- виключення можливості втрати документів;
- прискорення фінансових потоків.

До недоліків електронної логістики можна віднести [99]:

- відсутність вільного доступу в глобальну мережу для кожного громадянина;
- відсутність належного законодавчого регулювання електронної торгівлі;
- недовіра українців до електронних магазинів, оскільки права споживачів незахищені від недобросовісних продавців, споживачі не звикли до нових методів придбання товарів;
- відсутність достовірної інформації щодо якості товару;
- державне регулювання зовнішньоекономічної діяльності в Україні, що призводить до додаткових витрат на декларації вантажів, оплату мита, розмитнення, податки тощо.

Останнім часом найбільш популярними моделями електронного бізнесу є B2B, B2C, B2G.

Модель B2B – *business to business* (підприємство - підприємство) реалізує схему автоматизованої взаємодії бізнес-процесів підприємств, які використовують Internet для замовлень постачальникам, отримання рахунків, проведення оплати тощо [144].

Модель B2C – *business to consumer* (підприємство - споживач) передбачає продаж товарів і послуг фізичним особам, вона спрямована на електронну роздрібну торгівлю.

Модель B2G – *business to government* (підприємство – держава) передбачає обслуговування державного замовлення.

На сьогодні багато підприємств користуються найпростішими Internet-технологіями (електронною поштою, зв'язком через WEB-вузли). Проте електронна комерція в Україні розвивається. Це обумовлено наступними факторами: нестабільністю економіки, низькою купівельною спроможністю населення, недовірою до Internet-торгівлі, низьким рівнем розвитку телекомунікацій, недосконалістю існуючих засобів оплати тощо.

Концепція **e-Manufacturing** (віртуальне моделювання виробничих процесів на основі цифрового моделювання) виникла в кінці 90-х років ХХ ст. в автомобілебудівній промисловості Німеччини, яка полягає в досягненні такого рівня моделювання об'єктів і процесів, при якому забезпечується можливість детального вивчення та оптимізації всіх аспектів будь-якого виробничого процесу перед початком його запуску [30].

Суть концепції e-Manufacturing з погляду моделювання описують формулою «Імітація + Віртуальна реальність (VR)». Для реалізації концепції e-Manufacturing необхідно мати всього три групи програмних продуктів:

- засоби для «інтелігентного» зберігання різноманітних текстових і графічних даних, спочатку представлених в самих різних форматах;
- засоби для комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів;
- засоби для візуалізації результатів моделювання методами VR.

Перевагами концепції e-Manufacturing є [30]:

- передбачання потенційних проблем виробництва (завдяки плануванню та моделюванню виробничого процесу в віртуальному середовищі);
- оптимізація просторових потреб, матеріальних потоків та логістичних витрат;
- програмування роботи роботів та автоматизованих систем таким чином, щоб уникнути або максимально скоротити зупинки виробництва;
- застосування виробничих практик з одного підприємства для іншого, тобто виконувати неперервний процес удосконалення.
- оптимізація навантаження персоналу.

На підприємстві впровадження концепції e-Manufacturing можливе у вигляді різних моделей, наприклад [178]:

- моделей складальних конвеєрів;
- моделей систем транспортування вантажів по території підприємства за допомогою мобільних засобів (навантажувачів, трейлерів тощо);
- моделей стаціонарних підлогових і підвісних систем транспортування вантажів (конвеєрів різної конструкції);
- моделей складських процесів (прийом вантажів, переміщення вантажів у зони зберігання і назад, відбір, комплектація, упаковка і відправка вантажів).

Для реалізації концепції e-Manufacturing найчастіше використовують такі програми, як: GPSS, Simula, Arena, AutoMod, eM-Plant, Extend, ProModel, QUEST, SIMFACTORY II.5, Taylor ED и WITNESS [178].

Концепція e-Manufacturing є новою, проте вона набуває все більшої популярності. Її вже використовують такі компанії, як Daimler AG, Mercedes-Benz, Opel, Toyota, BMW і Audi.

З проведеного порівняльного аналізу сучасних концепцій можна зробити висновок, що найбільші переваги має інтегрована група логістичних концепцій, серед якої варто виділити найпоширенішу концепцію ERP. Ця концепція має широке коло застосування: її використовують виробники, банки, страхові компанії та навчальні заклади. Таку перевагу концепцію ERP отримала завдяки сукупності модулів, впроваджених на певному підприємстві. Звичайно кожне підприємство має свою специфіку, але деякі бізнес-процеси є аналогічними. Саме такі модулі становлять функціонал ERP-систем. За останні роки швидкого розвитку в світі набула концепція електронної логістики.

1.3 Методи дослідження логістичних процесів

Проведений аналіз літературних джерел з теорії та практики логістики дозволив виділити основні підходи та методи дослідження логістичних

процесів, які можна поділити на чотири групи: методи системного аналізу, кібернетичний підхід, методи прогнозування та моделювання (рис. 1.5).

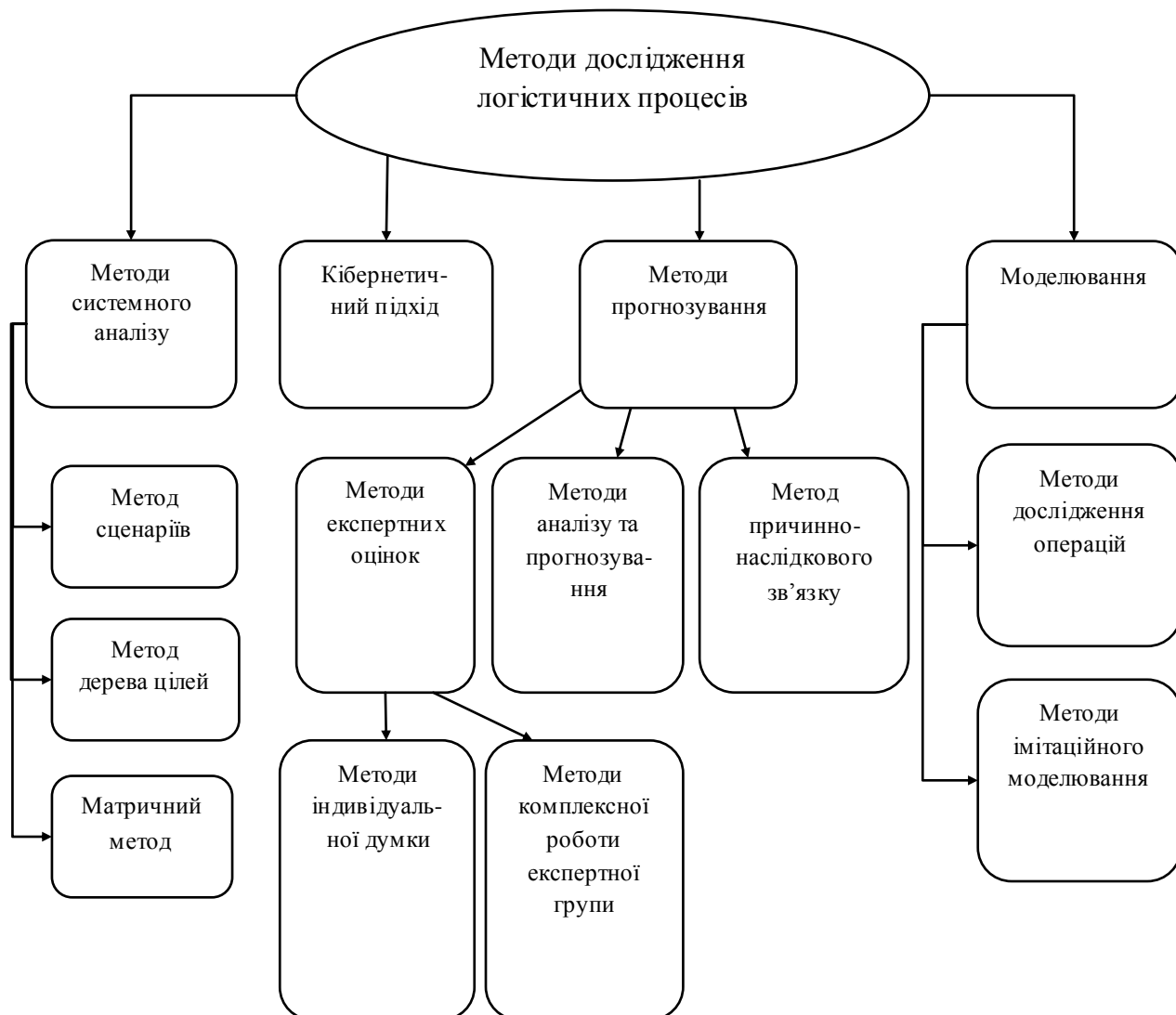


Рис. 1.5. Методи дослідження логістичних процесів

Джерело: побудовано автором на основі [83, 94, 137]

Методи системного аналізу в логістиці спираються на загальну теорію систем, відповідно до якої будь-який логістичний ланцюг з рухомими потоками являє собою складну економічну систему. Ці методи використовуються при розподілі ресурсів між окремими роботами, які пропонуються для включення до плану. Методи системного аналізу поділяються на метод сценаріїв, метод дерева цілей, матричний метод [83, 120].

Метод сценаріїв – це спосіб первинного впорядкування логістичної проблеми, отримання та збору інформації про взаємозв'язки досліджуваної проблеми з іншими, про можливі та ймовірні напрямки майбутнього розвитку [137].

Метод дерева цілей полягає в тому, що експертам з логістики пропонується оцінити структуру логістичної моделі в цілому і дати пропозиції про включення в неї неврахованих зв'язків. Дерево цілей являє собою зв'язний граф, вершини якого інтерпретуються як цілі логістичної системи, а ребра або дуги - як зв'язки між ними. Цей підхід дозволяє представити взаємозв'язок цілей верхнього рівня логістичної організації з конкретними засобами їх досягнення на нижньому операційному рівні.

Матричний метод є допоміжним засобом для застосування та аналізу логістичних даних, що дозволяє представити внутрішні зв'язки між логістичними процесами та виявити недосліджувані частини.

Кібернетичний підхід – дослідження логістичних процесів на основі принципів кібернетики, зокрема за допомогою виявлення прямих і зворотних зв'язків, вивчення процесів управління, розгляду елементів системи як «чорної скриньки» (доступна лише вхідна та вихідна інформація системи, а внутрішній устрій може бути і невідомим). Цей підхід базується на принципах, методах та технічних засобах для досягнення найбільш ефективних результатів в управлінні логістичними процесами, дозволяє вивчити сукупність елементів логістичної системи, які поєднані між собою причинно-наслідковими зв'язками [8].

Методи прогнозування застосовуються для дослідження тенденції розвитку різних логістичних процесів в динаміці. В залежності від підходів, застосовуваних у прогнозуванні, виділяють *методи експертних оцінок, метод аналізу та прогнозування часових рядів, метод причинно-наслідкового зв'язку* [37, 151].

Методи експертних оцінок базуються на професійному досвіді, кваліфікації та творчому потенціалу фахівців з управління логістичними

процесами. Ці методи поділяються на дві групи: методи комплексної роботи експертної групи, методи отримання індивідуальної думки членів експертної групи. Цей підхід найчастіше застосовують для логістики постачання при виборі постачальників ресурсів чи продукції.

Метод аналізу та прогнозування часових рядів – сукупність математико-статистичних методів аналізу, призначених для виявлення структури часових рядів і для їх прогнозування. Найпоширенішими є економетричні методи моделювання. Цей підхід полягає в побудові та реалізації моделі, яка представляє собою сукупність числових показників, що відтворюють основні зв'язки й закономірності досліджуваного явища. Прогноз майбутніх значень часового ряду використовується для ефективного прийняття логістичних рішень.

Метод причинно-наслідкового зв'язку полягає в визначенні майбутніх планових показників логістичної діяльності підприємства, які мають причинно-наслідкові зв'язки з іншими економічними показниками. Цей підхід дозволяє зробити прогноз обсягу виробництва продукції на основі обсягів її реалізації, прогноз логістичних витрат на основі обсягів виробництва продукції.

Моделювання – загальнонауковий метод дослідження, що застосовується для аналізу і синтезу систем та вивчення реального об'єкту чи процесу на основі його умовного образу – моделі. Під моделлю розуміється деяке представлення системи, що відображає найбільш суттєві закономірності її структури та процесу функціонування. Загальною властивістю всіх моделей є подібність деякому реальному об'єкту або системі-оригіналу. Побудована модель дає можливість отримати інформацію про властивості структури чи поведінки системи-оригіналу. Методи моделювання застосовуються в тому випадку, коли експерименти з реальними об'єктами чи процесами неможливі або дуже дорогі [36].

Економіко-математичне моделювання є невід'ємною частиною будь-якого дослідження в галузі економіки. Розвиток математичних наук, економетрики, дослідження операцій, теорії ймовірностей і математичної статистики сприяв

формуванню різного роду моделей економіки. Економіко-математична модель становить формалізований опис керованого економічного об'єкта (процесу), що включає заздалегідь задані, відомі параметри, показники й шукані невідомі величини, що характеризують разом стан об'єкта, його функціонування, об'єднані між собою зв'язками у вигляді математичних залежностей, співвідношень, формул. Зазначимо, що до економіко-математичних моделей прийнято відносити не тільки чисто математичний опис об'єктів і процесів, але й логічні зв'язки у вигляді, наприклад, матриць, сіткових моделей, структурних схем [36]. Головною відмінністю методів моделювання від інших є можливість оптимізації системи до її реалізації. Найпоширенішими методами дослідження логістичних процесів є методи дослідження операцій та методи імітаційного моделювання.

Методи дослідження операцій полягають в оптимізації управлінських рішень на основі порівняння кількісних оцінок різних варіантів рішень [53]. Методи дослідження операцій в логістиці застосовуються при мінімізації витрат щодо управління запасами, оптимізації величини запасів, при мережевому плануванні складних логістичних систем, для оптимізації планів доставки продукції, а також у виробничій логістиці, що передбачає розподіл обсягів робіт між окремими одиницями обладнання, виробничими підрозділами або бізнес-одиницями таким чином, щоб результат функціонування логістичної системи був оптимальним і т.п. [75].

Методи імітаційного моделювання застосовуються при розробці алгоритмів та програм, що імітують поведінку логістичного процесу будь-якої складності і призначення з будь-яким ступенем деталізації, включаючи її характеристики та властивості, які необхідні для дослідження [138].

На сьогодні методи економіко-математичного моделювання набули широкого розповсюдження у практичній діяльності бізнес-структур та дослідників логістичних систем в різних країнах світу. Наприклад, серед 1000 компаній США структура застосування різних методів економіко-математичного моделювання представлена на рис. 1.6.

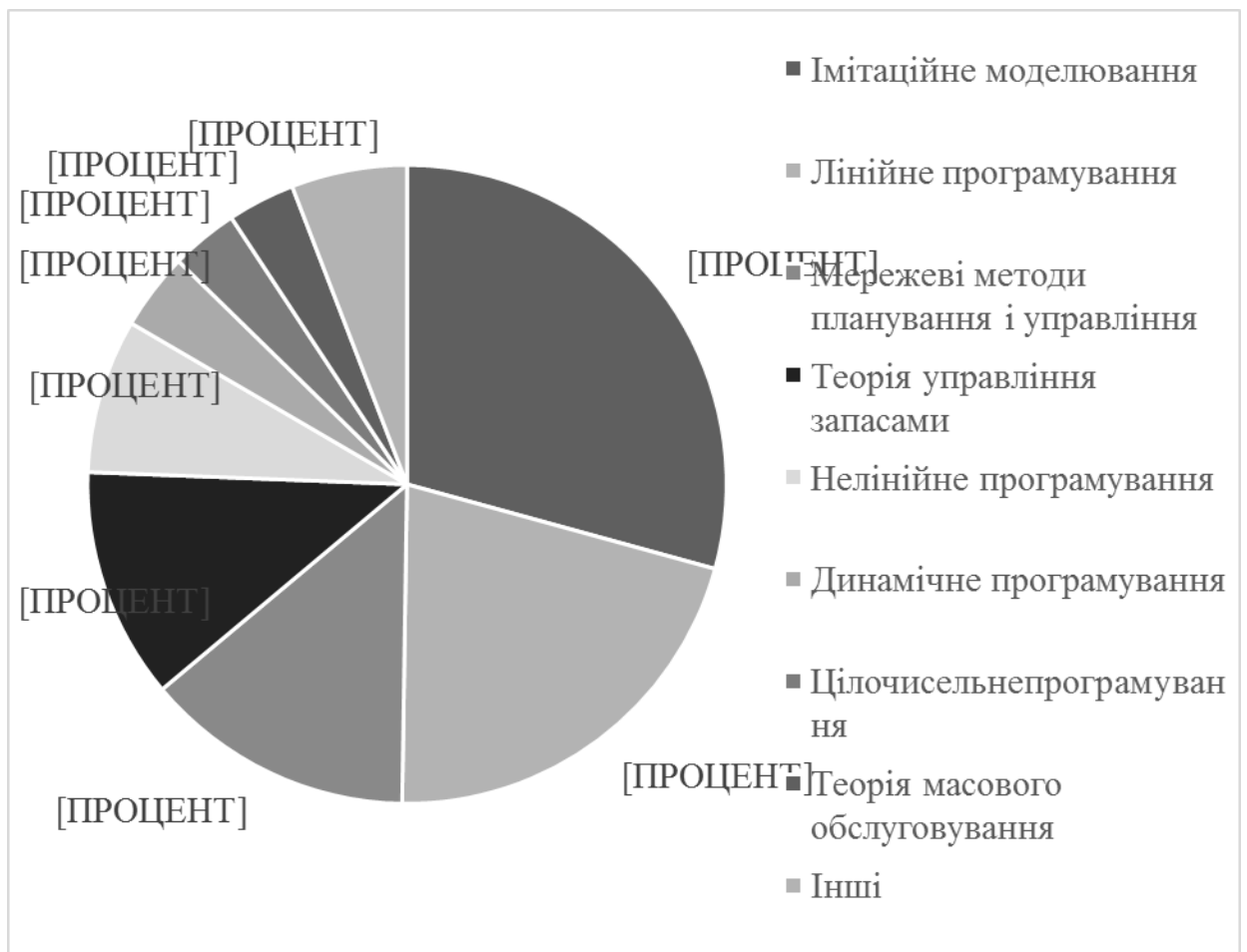


Рис. 1.6. Структура застосування різних методів математичного моделювання в США

Джерело: побудовано автором за даними [40, 188]

Як видно з рис. 1.6, дослідники надають перевагу саме імітаційним методам моделювання логістичних процесів.

Моделі і системи мають властивості ізоморфізму та гомоморфізму. Ізоморфізм передбачає взаємооднозначну відповідність з досліджуваною системою. Якщо можна створити і спостерігати ізоморфну модель, то інформація про досліджуваний логістичний процес буде більш точною. Менш тісними зв'язками моделі та системи є гомоморфні зв'язки, які визначають відповідність лише в один бік – від моделі до системи. Модель та система є

ізоморфними лише у випадку спрощення досліджуваної системи. Найчастіше модель є простішою за систему [139].

Класифікація моделей, які можуть використовуватися при дослідженні логістичних процесів, представлена на рис. 1.7.

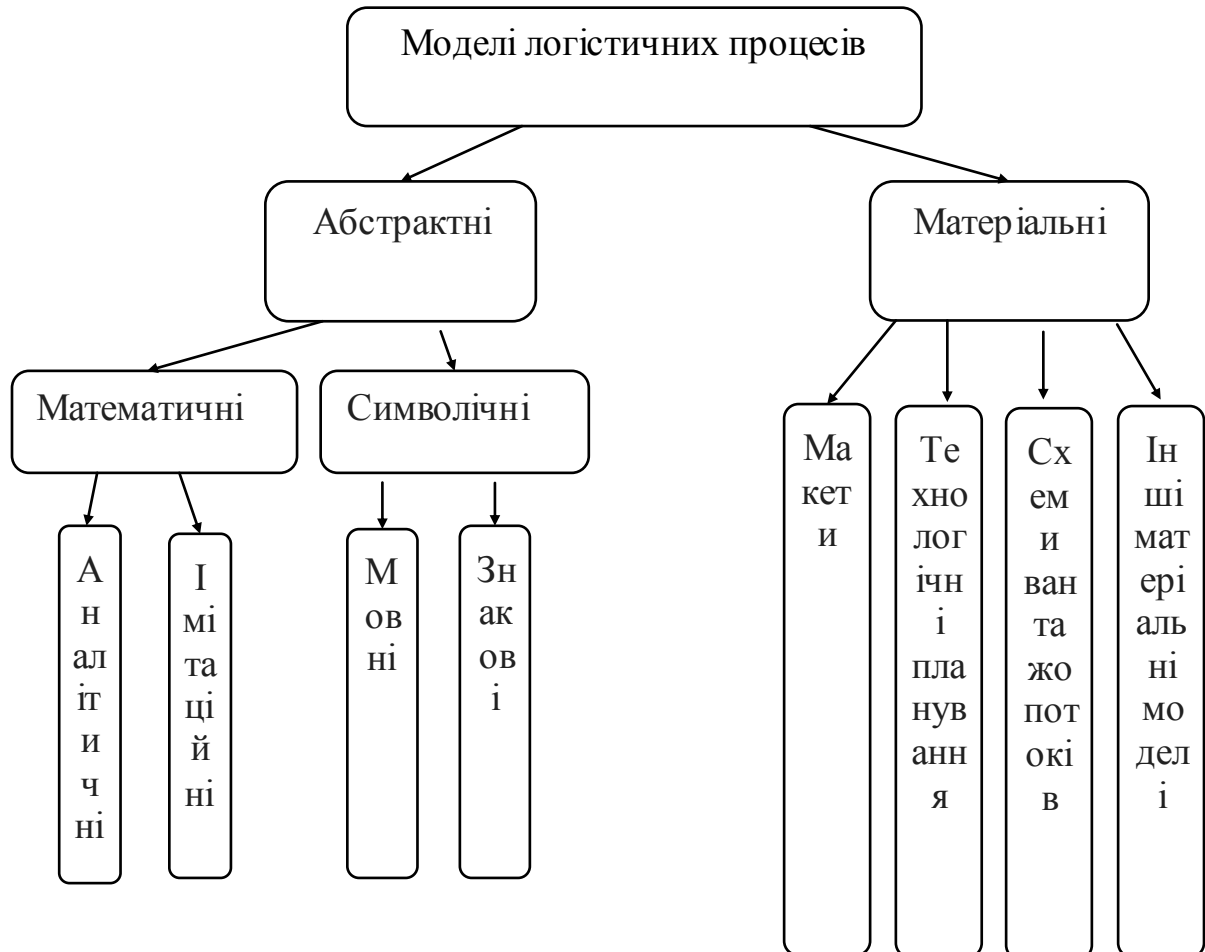


Рис. 1.7. Моделі логістичних процесів

Джерело: побудовано автором на основі [25, 80, 81, 83]

Матеріальні моделі відтворюють основні геометричні, фізичні, динамічні і функціональні характеристики досліджуваного логістичного процесу. До цього підходу відносяться, зокрема, зменшені макети підприємств оптової торгівлі, що дозволяють вирішити питання оптимального розміщення устаткування та організації вантажних потоків.

Для вирішення логістичних задач в більшості випадків серед гомоморфних моделей використовують **абстрактні**, які є іноді єдиним

способом моделювання в логістиці. Абстрактні моделі поділяються на символічні та математичні.

Символічні моделі полягають у представленні досліджуваного логістичного процесу у вигляді символів, знаків та взаємозв'язків та поділяються на мовні та знакові. Найчастіше для раціонального управління логістичними процесами різного рівня, починаючи з внутрішньої логістики підприємства та закінчуючи глобальною логістикою можуть використовуватися *математичні моделі*, які розділяються на *аналітичні* та *імітаційні*.

До аналітичних моделей відносяться *оптимізаційні моделі*, які передбачають необхідність досягнення екстремуму обраного критерію оптимальності за наявності певних умов на вибір альтернативних варіантів рішень. Застосування оптимізаційних моделей дозволяє досліджувати реальні логістичні процеси та знаходити оптимальні управлінські рішення.

Питання оптимізації логістичних процесів знайшли своє відображення в наукових роботах таких авторів, як: А. Грінленд, Т. Девенпорт, Д. Кар, С. Сашіхара, Дж. Харріс [171, 177, 186, 196].

Оптимізаційна модель складається з цільової функції, обмежень на вибір змінних. В загальному випадку модель оптимізації може бути описана наступним чином:

$$\text{цільова функція: } f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr},$$

$$\text{обмеження моделі: } g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0, i = \overline{1, m},$$

де функція $f(x)$ є критерієм оптимальності управлінського рішення

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), x_j - \text{змінні моделі, } j = \overline{1, n}.$$

Рішення задачі оптимізації полягає в знаходженні множини оптимальних значень змінних

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*),$$

що забезпечують знаходження екстремуму цільової функції за умови виконання обмежень моделі.

Імітаційне моделювання є універсальним методом математичного моделювання, що застосовується навіть при неможливості ні теоретично, ні експериментально отримати аналітичний опис досліджуваного об'єкта або процесу. При імітаційному моделюванні використовується їх логіко-математичний опис, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері з метою проектування, аналізу та оцінки досліджуваних об'єктів або процесів [158]. Імітаційна модель дозволяє відображати взаємозв'язки між елементами логістичної системи, прогнозувати альтернативні варіанти розвитку подій, допомагає виявити ситуації, що потребують особливої уваги менеджерів, створювати звіти для детального розуміння поведінки логістичної системи та приймати управлінські рішення [20, 138].

До основних переваг імітаційного моделювання можна віднести [3, 11]:

- створення складної логістичної системи;
- врахування випадкових дій та інших факторів;
- відсутність обмежень на структуру та об'єм вхідних даних моделі;
- вільне відображення деталізації процесів в моделі.

Основними недоліками при імітаційному моделюванні є [3, 11]:

- великі затрати часу та грошових коштів на придбання комп'ютерної програми та залучення експертів в цій області моделювання (багато фірм надають можливість ознайомитися з програмами при обмеженій можливості їх функціонування);
- в моделях часто відображене суб'єктивне представлення моделюючої системи (тобто скільки розробників, стільки ж моделей);
- як правило, найефективнішою моделлю є та, що побудована для однієї системи-оригіналу з урахування її специфіки;

– можлива хибна імітація.

Виділяють основні етапи імітаційного моделювання:

- перший етап є розробка концептуальної моделі, він є найскладнішим, оскільки потрібно врахувати всі особливості елементів логістичної системи;
- другий етап полягає в реалізації моделі за допомогою комп'ютерної програми;
- третій етап передбачає планування та проведення експериментів з побудованою моделлю.

Структура імітаційної моделі в значній мірі залежить від вибору методу моделювання, що відповідає обраному рівню абстракції на етапі постановки задачі моделювання. На сьогодні найпоширенішими методи імітаційного моделювання є: метод Монте-Карло (метод статистичних випробувань), метод імітаційного моделювання (статистичне моделювання), імітаційне ігрове моделювання, метод агентного моделювання, метод дискретно-подієвого моделювання, метод системної динаміки [55, с. 4]. Для кожного з підходів розроблені спеціальні пакети імітаційного моделювання [110, с. 55].

Метод статистичного моделювання спочатку розвивався як метод статистичних випробувань (Монте-Карло). Це – чисельний метод, що полягає в здобутті оцінок імовірнісних характеристик, які співпадають з аналітичних завдань (наприклад, з вирішенням і обчисленням визначеного інтеграла). Надалі цей метод став застосовуватися для імітації процесів, що відбуваються в системах, усередині яких є джерело випадковості або які здатні до випадкових дій. Метод отримав назву методу статистичного моделювання [11].

Імітаційне ігрове моделювання передбачає відтворення логістичних процесів, що відбуваються в реальній системі з метою навчання на основі встановлених правил.

Метод дискретно-подієвого моделювання – метод імітаційного моделювання, що дозволяє абстрагуватися від безперервної природи подій і розглядати тільки основні події, що моделюється, такі як: «очікування», «обробка замовлення», «рух з вантажем», «розвантаження» та інші. Дискретно-

подієвого моделювання застосовується в логістиці, в системах масового обслуговування, транспортних і виробничих систем. Цей вид моделювання найбільш підходить для моделювання виробничих процесів. Він був заснований Джеффри Гордоном в 1960-х роках. Основними інструментами дискретно-подієвого моделювання є GPSS (загального призначення, виробництво, транспортування), Simula (виробництво, вартісний аналіз), Arena (виробництво, аналіз бізнес-процесів), AutoMod (управління фінансовими потоками, реінжиніринг підприємства, банків, інвестиційних компаній), Extend (стратегічне планування, бізнес-моделювання), ProModel (виробництво, реінжиніринг), QUEST, SIMFACTORY II.5, SIMPLE++, eM-Plant, Taylor ED, WITNESS (бізнес-планування, виробництво, фінанси) [44].

Системна динаміка – метод імітаційного моделювання, де для досліджуваної системи будуються графічні діаграми причинних зв'язків і глобальних впливів одних параметрів на інші в часі, а потім створена на основі цих діаграм модель імітується на комп'ютері. Цей метод допомагає виявити причинно-наслідкові зв'язки між об'єктами і явищами. За допомогою системної динаміки будують моделі бізнес-процесів, моделі виробництва, динаміки популяції, екології та розвитку епідемії. Метод був розроблений Джейм Форрестер в 1950 роках. Основними інструментами моделювання системної динаміки є Vensim, iThink, Powersim (безперервне моделювання), MATLAB [46].

Агентне моделювання – відносно новий метод імітаційного моделювання (2000-них рр.), який використовується для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами і законами (як в інших методах моделювання), а навпаки, коли ці глобальні правила і закони є результатом індивідуальної активності членів групи. Мета агентних моделей – отримати уявлення про загальну поведінку системи, виходячи з припущень про індивідуальну, поведінку окремих об'єктів та їх взаємодію в системі. Агент може володіти автономною поведінкою, приймати рішення відповідно до певних правил, взаємодіяти з оточенням, а

також самостійно змінюватися. Основним інструментом агентного моделювання є AnyLogic [167].

На сьогодні агентне моделювання має більші переваги, порівняно з вищезазначеними підходами, оскільки він дозволяє врахувати будь-які складні структури і поведінки досліджуваного об'єкта, розробка моделі можлива в відсутності знання про глобальні залежності, агентну модель простіше досліджувати: уточнення зазвичай робляться на локальному рівні та не вимагають глобальних змін.

Останнім часом все більшої популярності набуває система імітаційного моделювання AnyLogic, яка дозволяє моделювати різні бізнес-процеси, включаючи також логістичні процеси. AnyLogic також допомагає при вирішенні таких логістичних завдань, які виникають на підприємстві [167]:

- планувати та складати розклади. Майже будь-яка логістична діяльність підприємства потребує складання розкладу. Якщо кількість об'єктів мала, то розклад можна скласти виходячи з простих логічних умовиводів. Але якщо досліджується виробництво, складний технологічний процес, значний парк транспортних засобів, то скласти ефективний розклад «вручну» може бути складно або взагалі можливо. Складання розкладу або будь-яке планування в часі взаємопов'язаних динамічних подій (зокрема, планування в логістиці) є складним аналітичним завданням. Тому для вирішення цього завдання використовують комбінацію імітаційних моделей зі спеціальними оптимізаційними евристичними, яка дозволяє знайти оптимальний розклад;

- управляти перевезеннями та парком транспортних засобів завдяки комплектуванню парку, закупівлі нових транспортних засобів, складанню планів регламентних робіт, управлінню людськими ресурсами, Планування перевезень є найбільш складним завданням серед перерахованих і фактично зводиться до довгострокового і короткострокового планування (зокрема, складання розкладу) перевезень, а також оперативного управління транспортними засобами. Вимоги щодо вирішення завдання можуть бути абсолютно різними, наприклад, максимізація обсягу перевезень, мінімізація

вартості перевезень, або ймовірність виходу вартості перевезень за рамки бюджету. Іноді єдиним способом вирішення цієї задачі є використання системи підтримки прийняття рішень (СППР) на основі оптимізуючих імітаційних моделях, які дозволяють отримати оптимальний результат. Такі моделі дозволяють проаналізувати різні варіанти розвитку подій і вибрати найбільш ефективне рішення на даний момент часу;

– управляти транспортними мережами. Транспортні мережі (ТМ) об'єднують в собі всі ресурси і процеси, які необхідні для зберігання і доставки вантажів: транспортні засоби, маршрути доставки, склади і термінали, інформаційні системи для управління транспортом. Задача управління транспортною мережею є більш ширшою, ніж управління транспортними засобами. Управління транспортними засобами дає загальний погляд на всю транспортну систему в цілому, а завдання ефективного керування ТМ зводиться до ефективного управління всіма її ресурсами і процесами. Таким чином, можливість враховувати особливості всіх елементів системи дозволяє зменшити витрати, скоротити ризики при прийнятті управлінських рішень та ризики потенційних фінансових втрат;

– управляти ланцюгом поставок в сукупності з іншими процесами підприємства, такими, як стратегічне планування, маркетинг, управління персоналом, що дозволить досягати більш ефективних рішень. Мета управління ланцюгами поставок полягає в об'єднанні ринку збуту, системи розподілу, виробництва і закупівлі таким чином, щоб клієнти обслуговувалися на більш високому рівні при одночасному зниженні витрат. Управління ланцюгами постачання складається з трьох основних етапів:

- прийняття рішень (час і склад закупівель, точка замовлення, способи доставки тощо);
- моніторинг стану замовлень;
- документування процесу.

Найбільш складним етапом є процес прийняття рішень, тому що необхідно проаналізувати безліч взаємопов'язаних, стохастичних подій. СППР

на базі імітаційних моделей дозволяють повністю автоматизувати процес управління ланцюгами поставок від прийняття рішень до моніторингу їх виконання та документування.

– управляти складами і терміналами. Це завдання передбачає стратегічне планування мережі складів, планування складських ресурсів залежно від динаміки бізнесу, частоти замовлень, сезонності, розміру товару, обсягу закупівель.

Останнім часом широке застосування отримала концепція оптимізації імітаційного моделювання (англ. simulation optimization), на базі якої розроблено пакети оптимізації, які інтегровані в системи імітаційного моделювання і дозволяють користувачам автоматично знаходити оптимальні рішення [181, 193].

Можна виділити основні області застосування концепції оптимізації імітаційного моделювання логістичних процесів:

- проведення експериментів для вивчення зміни поведінки досліджуваного об'єкта (зміна площі складу, мінімального та максимального рівня запасів, динаміка попиту, терміни виконання замовлень, тощо);
- аналіз чутливості моделі при змінні різних параметрів;
- визначення оптимального розміщення та розмірів складів;
- визначення оптимальних маршрутів доставки та кількості транспортних засобів;
- формування графіку поставки продукції.

Основними чинниками, що впливають на ефективність застосування математичних моделей є наступні [191, 193]:

- ступінь стохастичності моделі;
- кількість змінних моделі;
- початкові значення параметрів моделі;
- кількість обмежень, що накладаються на вибір змінних;
- математичні властивості цільової функції;
- ефективність алгоритмів розв'язання задач.

Процес математичного моделювання складається з трьох етапів:

1) формалізація (якщо не можливо провести експерименти в досліджуваній системі або вони призводять до значних витрат, то переходять від реального об'єкта до моделі);

2) моделювання (аналіз та оптимізація моделі, знаходження оптимального рішення);

3) інтерпретація (переведення результатів моделювання до змістовної постановки задачі).

Схематично цей процес представлено на рис. 1.8.

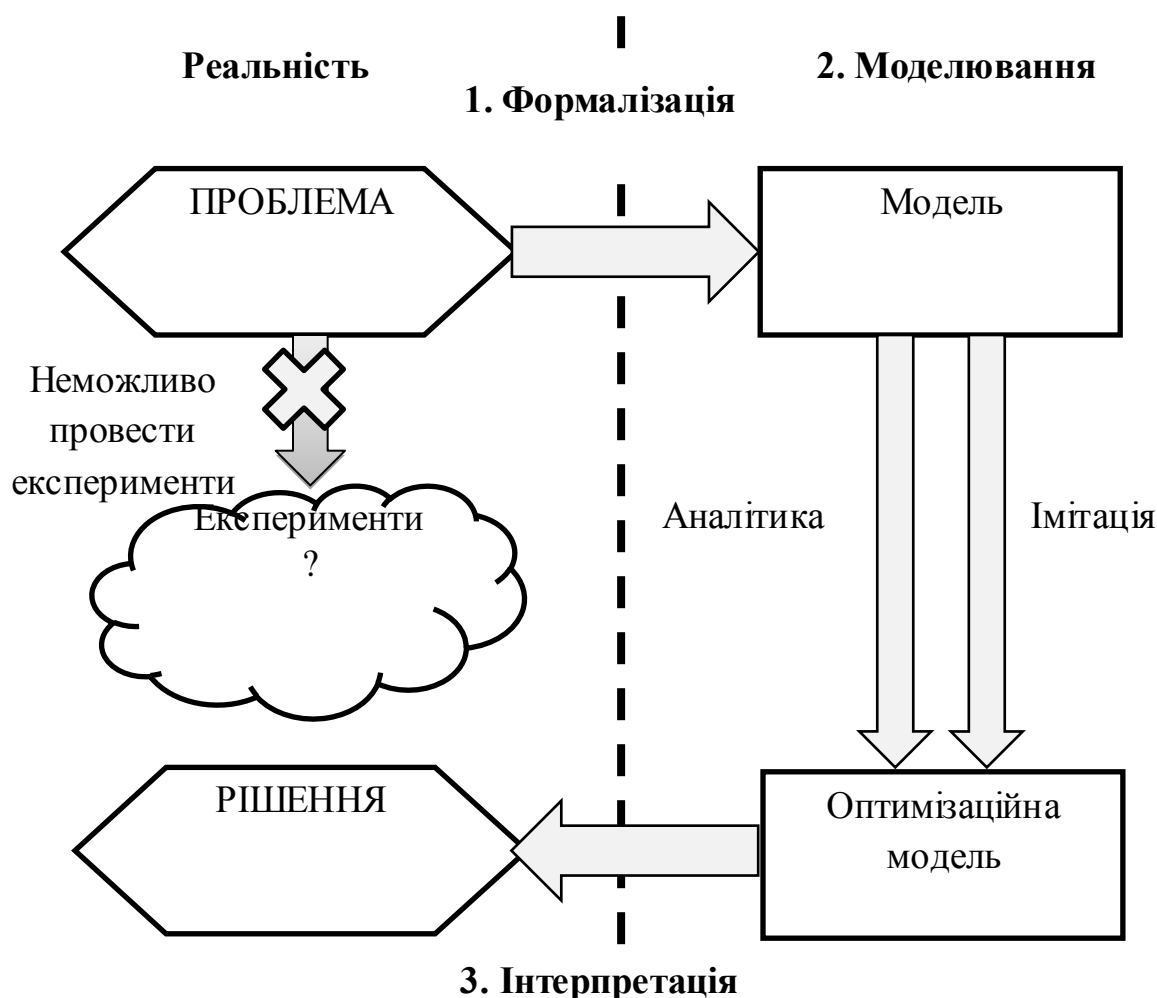


Рис. 1.8. Процес математичного моделювання логістичного процесу

Джерело: побудовано автором на основі [56]

В таблиці 1.6 представлено порівняльний аналіз математичних моделей за найбільш відмінними характеристиками, які проходять через всі три етапи моделювання.

Таблиця 1.2

Порівняльний аналіз математичних моделей

Характеристики, критерії порівняння	Математичні моделі	
	Аналітичні	Імітаційні
Види моделей за часовою характеристикою	Динамічні та статичні	Динамічні
Формалізація та побудова моделі	Часто складна	Більш легка
Значення змінних	Значення вихідних параметрів моделі	Значення вхідних параметрів моделі
Форма запису моделі	Системи алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь, які поєднують вхідні та вихідні параметри моделі.	Алгоритм (логіка) функціонування досліджуваної системи в часі при різних поєднаннях значень параметрів системи та зовнішнього середовища.
Можливість розв'язання	При наявності невеликої кількості параметрів та система має постійний стан.	При наявності великої кількості параметрів, система має різні стани (неперервні процеси перериваються дискретними переходами), часовою траєкторією (об'єкт може еволюціонувати), має ймовірнісну поведінку та зворотні зв'язки. Одна з переваг – анімаційна презентація (симуляція).
Спосіб розв'язання моделі	Алгоритми оптимізації	Евристичний або експериментний аналіз за допомогою

		комп'ютера.
Кількість експериментів для знаходження рішення	Одне	Багато
Результат рішення	Точні значення	Ймовірнісні характеристики

Продовження табл. 1.2

Характеристики, критерії порівняння	Математичні моделі	
	Аналітичні	Імітаційні
Знаходження оптимального рішення	Гарантовано (оптимальне)	Не гарантовано (наближене до оптимального)
Рішення складних систем	Складно	Можливо
Застосування на практиці	Обмежено	Необмежено
Ступінь близькості системи до досліджуваного об'єкта	Дуже спрощена	Максимально приближена до досліджуваного об'єкта
Інструменти моделювання	Excel	
	Є найдоступнішим, включає інструменти аналізу, велику кількість математичних функцій, реалізацію чисельних методів, вбудована підтримка Visual Basic for Applications	Обмежені можливості, побудова моделей динамічних систем викликає деяку складність.
	Інші	
	Небагато (MATLAB, MATHEMATICA, MAPLE, MATHCAD, LINGO)	Багато (GPSS, SYMULA, Arena, AutoMod, Enterprise Dynamics, FlexSim, PowerSim, MATLAB, AnyLogic та інші).

Джерело: побудовано автором на основі [3, 166, 168, 183]

З проведеного порівняльного аналізу можна зробити такий висновок: імітаційні моделі є простими для створення та допомагають досліджувати такі

параметри реальних систем, які неможливо відобразити в аналітичних моделях. На сьогодні в багатьох випадках імітаційні моделі будуються паралельно з аналітичними оптимізаційними моделями. З метою удосконалення управління науковці намагаються поєднати аналітичні та імітаційні методи моделювання в логістиці.

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз зарубіжної і вітчизняної літератури показав, що немає єдиного уніфікованого визначення поняття логістики, яке б отримало всезагальне визнання. Встановлено, що термін «логістика» може набувати різні значення залежно від галузевої спрямованості та масштабу організації, яка займається логістичною діяльністю. Виділено загальні аспекти сучасного розуміння поняття «логістика», а саме: процес планування та контролю, пов'язаний з переміщенням матеріальних, фінансових та інформаційних потоків між суб'єктами господарювання; інструмент розвитку ринкової економіки; управління процесом отримання необхідної кількості та якості продукції у потрібний час, у потрібному місці, від надійного постачальника з належним рівнем обслуговування при мінімальних витратах; процес дослідження життєвого циклу товару від виробництва до постачання; процес постачання, продажу, транспортування, пакування, закупівлі, взаємодії з митницею та державними органами.

2. Визначено, що логістику підприємства необхідно розглядати як сукупність логістичних процесів, які представляють собою послідовність дій (логістичних операцій та функцій) щодо оптимізації основної діяльності підприємства та переміщення економічних потоків із метою збільшення прибутку. У зв'язку з цим сутність логістичного підходу полягає в інтеграції всіх видів потоків до єдиної системи з метою досягнення бажаного результату

шляхом їх оптимізації. Представлено узагальнену схему взаємозв'язків логістичних процесів на підприємстві.

3. Встановлено, що основні логістичні процеси підприємства пов'язані з постачанням, виробництвом та збутом. Визначення оптимального плану виробництва продукції з урахуванням кон'юнктури ринку є завданням виробничої логістики. Забезпечення виробничого процесу ресурсами, матеріалами та комплектуючими деталями, дослідження ринку закупівлі, вибір оптимальних постачальників із погляду оптимальних витрат закупівлі та надійності є завданням логістики постачання. Логістика збуту спрямована на дослідження ринку, підвищення ефективності доставки продукції замовникам в необхідному обсязі та встановлений термін.

4. Проаналізовано сучасні теоретико-методологічні основи логістичного управління підприємством, які базуються на теорії управління, системного аналізу, сучасних інформаційних системах та технологіях. Основними принципами управління логістичною діяльністю підприємства є: принцип системного підходу, принцип тотальних витрат, принцип глобальної оптимізації, принцип логістичної координації та інтеграції, використання теорії компромісів для перерозподілу витрат, принцип моделювання та інформаційно-комп'ютерної підтримки, принцип стійкості та адаптивності, застосування яких дозволяє координувати різні логістичні процеси і, як результат, отримувати переваги серед конкурентів, збільшити прибуток за рахунок зниження загальних логістичних витрат.

5. Проаналізовано сучасні концепції управління логістичними процесами, які поділяються на три групи: інформаційну, маркетингову та інтегровану. На основі дослідження різних логістичних концепцій було встановлено, що інтеграція інформаційної та маркетингової концепцій логістики, на основі чого досягається оптимізація логістичних процесів з урахуванням кон'юнктури ринку, сприяє підвищенню конкурентних переваг підприємства.

6. Проведений аналіз літературних джерел із питань теорії та практики логістики дозволив виділити основні підходи та методи дослідження

логістичних процесів, які можна поділити на чотири групи: методи системного аналізу, кібернетичний підхід, методи прогнозування та моделювання. Серед методів моделювання найпоширенішими є методи дослідження операцій та методи імітаційного моделювання. Комбінація оптимізаційних та імітаційних моделей є ефективним інструментом вирішення логістичних задач.

Основні положення цього розділу знайшли відображення в публікаціях [128-136, 201, 203, 204].

РОЗДІЛ 2.
КОМПЛЕКС ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ
ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ
УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

2.1 Системний підхід щодо моделювання логістичних процесів на підприємстві

В умовах розвитку ринкових відносин, високої конкуренції, комп'ютерних технологій, невизначеності та нестійкості ринкового середовища, зростання транспортних витрат, зміни основ управління сировинними ресурсами, досягнення межі виробничої ефективності підприємствам для успішного управління необхідно застосовувати сучасні методи та підходи, зокрема системний підхід, який є універсальним засобом дослідження і проектування складних систем різноманітної природи, включаючи також логістичні системи [114].

Згідно з досвідом розвинутих країн, використання логістичних систем дозволяє зменшити загальні логістичні витрати майже на 12-35%, транспортні витрати – на 7-20%, а витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи та збереження матеріального потоку – на 15-30%, а також прискорити швидкість обігу матеріальних ресурсів на 20-40% і скоротити їх запаси на 50% [63].

В основі використання системного підходу до логістики підприємства лежать наступні положення і принципи [26]:

– досліджувана логістична система являє собою сукупність взаємопов'язаних логістичних процесів, спрямованих на досягнення спільної мети, що дає можливість визначити її властивості, зв'язки між логістичними системами, процесами, а також зв'язки із зовнішнім середовищем;

- принцип декомпозиції, тобто послідовний перехід від загального до конкретного (часткового) для досягнення кінцевої мети;
- будь-яка логістична система є інтегрованою цілою;
- логістичні процеси розглядаються як підсистеми, що складаються з сукупності послідовних дій, які спрямовані на оптимізацію основної діяльності підприємства та переміщенням економічних потоків.

Дослідженням логістичних систем займалися вчені-економісти, зокрема Т. Гудехуз, Е. Крикавський, Т. Меркулова, М. Окландер, В. Скіцько, Л. Фролова, Н. Чухрай та інші. У науковій літературі існують різні підходи щодо визначення логістичних систем.

Найбільш узагальнене визначення дала Л. Фролова «Логістична система – це адаптивна система із зворотним зв'язком, яка виконує ті або інші логістичні функції і логістичні операції та складається з декількох підсистем і має розвинені зв'язки із зовнішнім середовищем» [143].

Відомий німецький вчений Т. Гудехуз розглядає логістичну систему як сукупність основних компонентів: внутрішня логістика, зовнішня логістика, мережі поставок [187].

Н. Чухрай, М. Окландер, Є. Крикавський дотримуються думки, що логістична система є системою управління господарською структурою, яка дозволяє своєчасно вирішувати сукупність взаємопов'язаних тактичних і стратегічних завдань, забезпечуючи оптимізацію інтегрованих поточних процесів, що відбуваються в цих структурах за деякими критеріями (доходом, прибутком, витратами, якістю обслуговування, конкурентоспроможністю, ефективністю задоволення споживача та іншими) [38, 88, 159].

Логістична система, як і будь-яка системи має властивості, завдяки яким вона знаходиться у взаємозв'язку з навколишнім середовищем, а саме [35, с. 22-24, 155]:

- саморегулювання (відповідь системи на зміни середовища визначеною реакцією своїх підсистем);

- самонавчання (здатність змінювати програми регулювання та способи дій свої складових підсистем);
- самоорганізація (у випадку необхідності можливість зміни своєї внутрішньої структури);
- самовдосконалення (здатність перебудовувати свою структуру не лише в межах існуючого набору елементів, але й шляхом розширення цього набору за рахунок зовнішнього середовища) [38].

Проаналізувавши існуючі підходи щодо розкриття сутності логістичної системи, встановлено, що логістична система підприємства складається з комплексу логістичних процесів виробництва, забезпечення ресурсами, реалізації готової продукції, а також інтеграції та координації цих процесів із метою отримання максимального прибутку через зниження логістичних витрат.

В залежності від економічного рівня логістична система може об'єднувати виробничі, торговельні та/або транспортні підприємства, їхні структурні підрозділи, контрагентів (постачальників, замовників) та комплекс технічних засобів, що дозволяє доставити матеріальні потоки (товари) від виробника чи посередника до кінцевого споживача, виконуючи при цьому певні логістичні операції [58].

Логістичні системи класифікуються за наступними ознаками:

- за адміністративно територіальним поділом країни (районні, міжрайонні, міські, регіональні, обласні, міжрегіональні, республіканські, міжреспубліканські) [109];
- за об'єктно-функціональною ознакою (логістичні системи групи підприємств, відомчі, галузеві, міжгалузеві, торгові, військові, інституційні, транспортні тощо) [109];
- по відношенню до виробничого процесу (внутрішні (внутрішньовиробничі), зовнішні, інтегровані) [109];
- за інституціональним поділом (мікрологістичні, металогістичні (логістичний ланцюг), мезологістичні, макрологістичні, глобальні) [69];

- за функціональним поділом (транспортування, формування запасів, складування, пакування, реалізації замовлень, обслуговування споживачів) [69];
- за фазовим поділом (в сфері постачання, виробництва, дистрибуції (збуту), повернень товарів, упаковок і відходів; інтегровані підсистеми матеріальної логістики, інтегровані підсистема маркетингової логістики, інтегровані логістичні підсистеми постачальників, інтегровані логістичні підсистеми споживачів, інтегровані логістичні підсистема в сфері торгівлі) [69];
- за сферою діяльності підприємства (одногалузеві та багатогалузеві) тощо [109].

Згідно з існуючою класифікацією логістичних систем, кожне підприємство є мікрологістичною одногалузевою системою, яка включає логістичні підсистеми виробництва, постачання ресурсів та збуту готової продукції [54]. Підприємство у процесі своєї діяльності взаємодіє з іншими, інтегрованими з ним підприємствами, які займаються доставкою ресурсів, а також реалізацією готової продукції.

Використання системного підходу для дослідження логістичних систем підприємства допомагає при [1]:

- формулюванні цілей створення логістичної системи;
- розробці програми реалізації логістичної системи підприємства;
- оцінці ефективності взаємодії елементів системи, визначенні проблемних місць та їх усуненні;
- виявленні ефективності організації управління підприємством, функції та структури органів управління;
- розробці показників ефективності функціонування логістичної системи.

На рис. 2.1 представлено загальну схему взаємодії елементів логістичної системи виробничого підприємства на рівні матеріальних та інформаційних потоків, яка доповнює узагальнену схему взаємозв'язків логістичних процесів на підприємстві та складається з ЕЛС (елементів логістичної системи) та ЛО (логістичних операцій) (рис. 1.1).

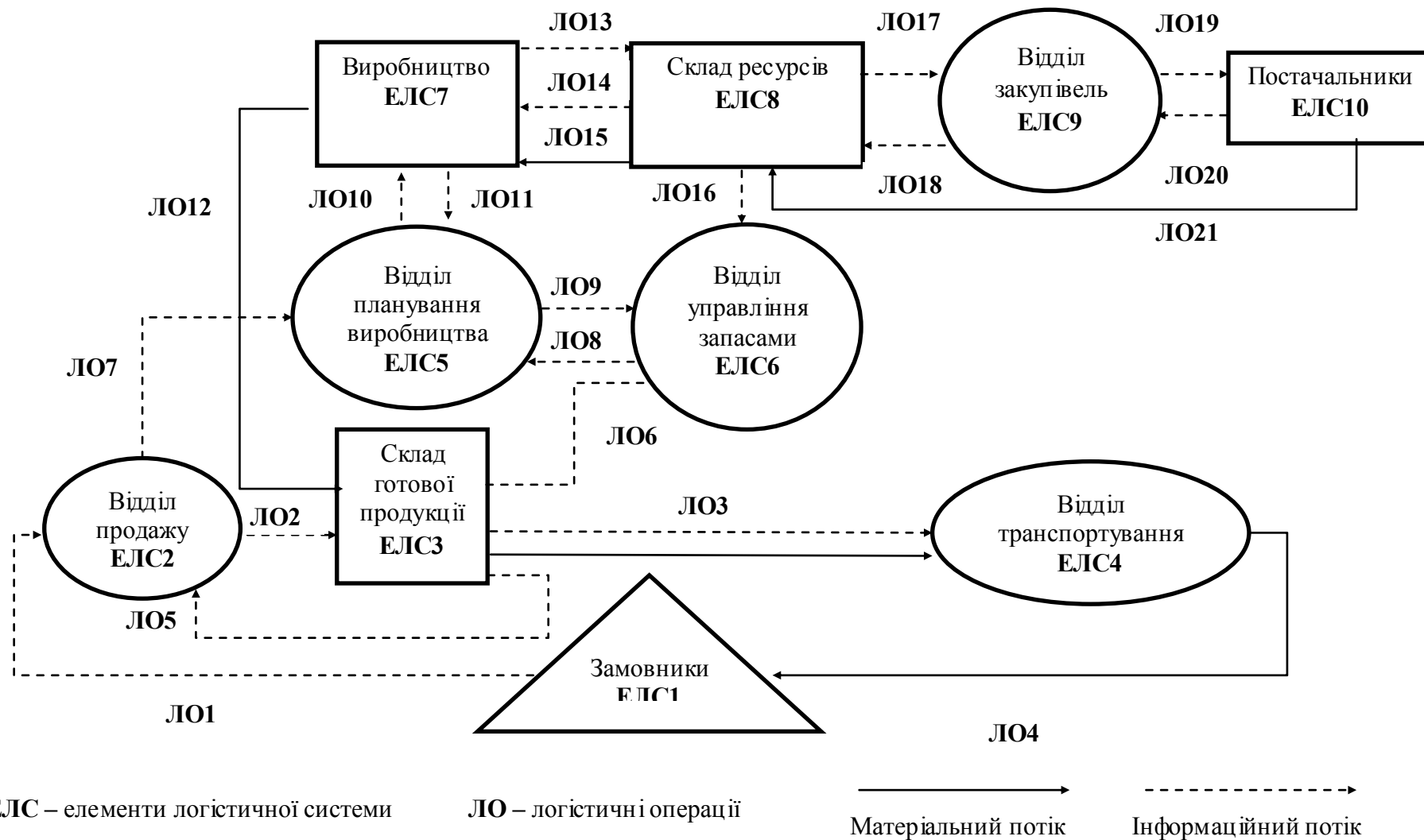


Рис. 2.1. Загальна схема взаємодії елементів логістичної системи виробничого підприємства

Джерело: розроблено автором

Відповідно до принципів управління логістичною діяльністю підприємства виділимо функціональні елементи логістичної системи:

- **замовники** формують попит на продукцію (ЕЛС1);
- **відділ продажу** займається прийманням та обробкою замовлень, встановленням термінів доставки, наданням відповідної інформації складу (ЕЛС2);
- **склад готової продукції** займається зберіганням, поповненням запасів, комплектуванням та відвантажуванням готової продукції (ЕЛС3);
- **відділ транспортування** займається плануванням доставки готової продукції замовникам (ЕЛС4);
- **відділ планування виробництва** займається аналізом продажу, прогнозуванням попиту на продукцію, визначенням оптимального плану виробництва продукції відповідно до потужності виробництва та можливостей її зберігання, а також визначенням необхідної кількості ресурсів для виконання замовлень (ЕЛС5);
- **відділ управління запасами** займається контролем складських залишків готової продукції та ресурсів, наданням інформації щодо необхідності їх поповнення (ЕЛС6);
- **виробництво** передбачає виконання оптимального плану виробництва продукції (ЕЛС7);
- **склад ресурсів** займається зберіганням, поповненням запасів ресурсів та їх переміщенням на виробництво (ЕЛС8);
- **відділ закупівель** займається замовленням ресурсів у постачальників (ЕЛС9);
- **постачальники** поповнюють запаси ресурсів на підприємстві (ЕЛС10).

Функціонування логістичної системи виробничого підприємства передбачає виконання наступних логістичних операцій:

- отримати заявки від замовників (ЛО1);
- відправити заявки на склад готової продукції (ЛО2);

- передати інформація про об'єм продукції, який необхідно доставити (ЛО3);
- здійснити доставку продукції, тобто виконати замовлення (ЛО4);
- передати інформація про рівень запасу готової продукції на складі (ЛО5, ЛО6);
- передати інформацію про обсяги замовленої продукції (ЛО7);
- отримати інформація про рівень запасу готової продукції та ресурсів на складі (ЛО8);
- передати інформацію про план виробництва продукції (ЛО9);
- надати інформацію про майбутнє виробництво (ЛО10, ЛО11);
- відвантажити готову продукцію на склад (ЛО12);
- замовити ресурси для виробництва продукції на складі (ЛО13);
- передати інформацію про рівень запасу ресурсів на складі (ЛО14, ЛО16, ЛО17);
- перемістити ресурси на виробництво (ЛО15);
- передати інформація про доставку замовлених ресурсів (ЛО18, ЛО20);
- замовити ресурси у постачальника (ЛО19);
- відвантажити ресурси на склад (ЛО21).

Для торговельного підприємства, яке не є виробником продукції, до складу логістичної системи входять його підрозділи (відділ продажу, відділ управління запасами, відділ закупівель, відділ транспортування), склад, постачальники та замовники продукції.

Науковці І. Алякринський, Н. Верхоглядова, Є. Крикавський, А. Лобашов О. Похильченко, В. Решетило, В. Скіцько, Т. Скоробогатова вважають, що логістична система має властивість синергічного ефекту, який виникає під час взаємодії компонент логістичної системи та може проявлятися у підвищенні швидкості руху матеріального потоку від виробника до споживача, отриманні конкурентних переваг, скороченні загальних витрат учасників логістичної системи (виробників, дистриб'юторів, перевізників тощо), підвищенні рівня

логістичного обслуговування, що сприяє збільшенню додаткової вартості для споживача. Для прийняття ефективних рішень необхідно оцінювати такий ефект за допомогою методів економіко-математичного моделювання [18, 87, 98, 112, 153].

До управління логістикою підприємства необхідно застосовувати системний підхід, що дозволить комплексно дослідити та проаналізувати логістичні процеси за допомогою сучасного математичного інструментарію. На основі системного підходу можна моделювати окремі логістичні процеси та спостерігати їх вплив на логістичну систему в цілому. Результати одних моделей можуть бути вхідними параметрами для інших. Саме такий підхід сприятиме покращенню економічних показників підприємства та підвищенню його конкурентоспроможності.

Економіко-математичне моделювання логістичних процесів на підприємстві пропонується проводити на основі інтеграції інформаційної та маркетингової концепцій логістики. Спочатку необхідно дослідити кон'юнктуру ринку та побудувати прогноз попиту на продукції, за що відповідає маркетингова концепція логістики. Враховуючи очікуваний попит, необхідно спланувати логістичну діяльність підприємства: визначити оптимальні обсяги виробництва продукції та поповнення їх запасів, оптимальні обсяги поповнення ресурсів, план доставки готової продукції. Для вирішення зазначеної проблеми необхідно використовувати інформаційно-комп'ютерного забезпечення, що можливо завдяки інформаційній концепції логістики.

Для реалізації системного підходу в управління підприємством ефективним інструментом є методи економіко-математичного моделювання. Дослідивши взаємозв'язки логістичних процесів на підприємстві можна запропонувати комплекс економіко-математичних моделей реалізації цих процесів, який дає можливість інтегрувати та координувати логістичні процеси планування виробництва, постачання ресурсів та реалізації готової продукції з метою оптимізації логістичних витрат для зазначених бізнес-процесів. Комплекс включає моделі для прогнозування попиту на продукцію, модель

виробничої логістики, моделі логістики постачання ресурсів, а також моделі логістики збуту продукції.

Запропонований комплекс економіко-математичних моделей можна реалізувати за наступними етапами прийняття рішення щодо управління логістичною діяльністю підприємства (рис. 2.2):



Рис. 2.2. Схема взаємозв'язку етапів прийняття рішення щодо управління логістичною діяльністю підприємства

Джерело: розроблено автором

Узагальнена схема поетапної побудови та взаємозв'язку запропонованого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві представлена на рис. 2.3.

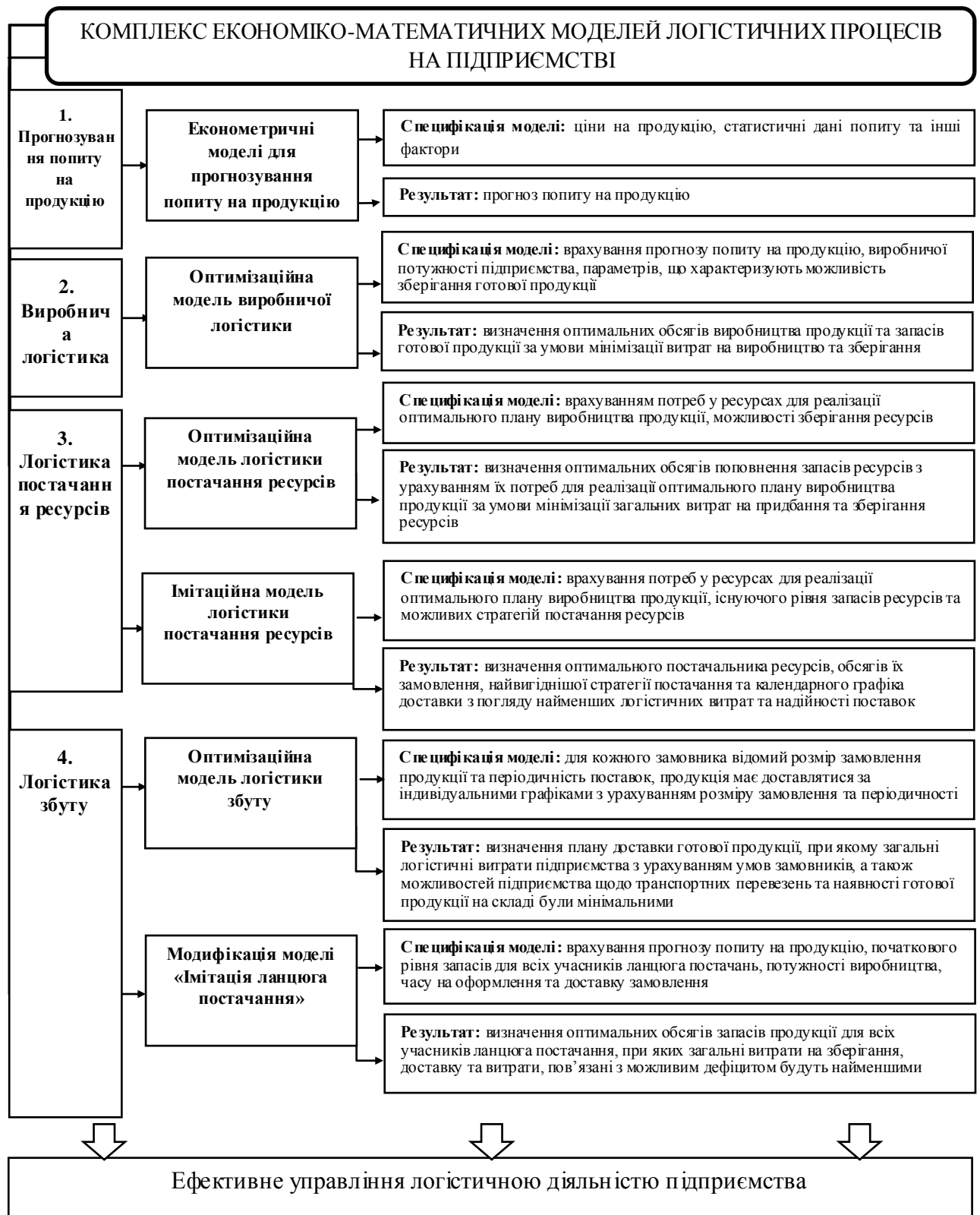


Рис. 2.3. Узагальнена схема поетапної побудови та взаємозв'язку запропонованого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві

Джерело:

розроблено

автором

У реальних умовах високого ступеня невизначеності, коливання ринкового попиту на товари, цін на продукцію, для планування обсягів виробництва продукції важливим фактором є попит. Тому на першому етапі реалізації розробленого комплексу економіко-математичних моделей передбачається застосування економетричних моделей прогнозування попиту.

Для вчасного задоволення динамічного попиту необхідно створювати запаси продукції, оскільки недостатня їх кількість призведе до недоотримання прибутку підприємством, а надлишок – до додаткових витрат на зберігання. Тому необхідно визначити оптимальні обсяги поповнення запасів продукції на складах.

На наступному етапі, враховуючи прогноз попиту на продукцію, виробничу потужність підприємства, можливості зберігання готової продукції, для підприємства може бути визначений оптимальний план виробництва та поповнення запасів готової продукції за умови мінімізації витрат на виробництво та зберігання. На цьому етапі реалізації розробленого комплексу економіко-математичних моделей пропонується оптимізаційна модель виробничої логістики.

Після визначення оптимального плану виробництва продукції з урахуванням норм витрат ресурсів на виробництво було визначено необхідні обсяги запасів ресурсів. Наступний етап реалізації комплексу економіко-математичних моделей передбачає визначення оптимальних обсягів поповнення запасів ресурсів за умови мінімізації загальних витрат на їх придбання та зберігання на основі оптимізаційної моделі логістики постачання ресурсів.

Враховуючи коливання цін на ресурси, витрат на транспортні послуги, можливі зміни умов поставок і закупівель, надійність поставок, доцільним є включення до комплексу економіко-математичних моделей імітаційної моделі логістики постачання ресурсів, яка передбачає визначення оптимального постачальника ресурсів, обсягів їх замовлення, найвигіднішої стратегії

постачання та графіка їх доставки з погляду найменших логістичних витрат та надійності поставок.

Завершальним етапом реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві є етап розв'язання задачі логістики збуту, яка полягає в оптимізації плану доставки готової продукції підприємства з урахуванням обсягів та періодичності поставок кожному замовнику, можливостей підприємства щодо транспортних перевезень, а також наявності готової продукції за умови мінімальних витрат на доставку. Для кожного замовника відомий розмір замовлення продукції та періодичність поставок. Продукція має доставлятися за індивідуальними графіками з урахуванням розміру замовлення та періодичності.

Ефективність функціонування підприємства значною мірою залежить від якості роботи інтегрованих із ним інших підприємств, що дозволяє забезпечити його стабільність, конкурентні переваги, збільшити обсяги випуску та реалізації продукції. Тому пропонується розглянути взаємодію самого підприємства, яке виробляє продукцію, та підприємств, які займаються її реалізацією. Така група бізнес-партнерів складає так званий «ланцюг постачання», у межах якого відбувається рух товарів та обмін інформацією.

Моделювання функціонування ланцюга постачання дозволяє оптимізувати значення параметрів регулювання матеріальних потоків, а також оцінити ефективність управлінських рішень, що приймаються підприємствами, зменшити витрати завдяки скороченню відхилень обсягів поставок продукції від обсягів попиту, зменшити витрати, пов'язані з постачанням і збутом, а також дозволяє підвищити прибуток як кожного окремого підприємства, так і ланцюга постачання у цілому.

З метою прийняття комплексного аналітичного рішення при дослідженні ланцюга постачання, до якого входять підприємство, дистриб'ютор, роздрібний та оптові торговці, доцільним є використання імітаційної моделі «Імітація ланцюга постачання» [205]. Параметрами зазначеної моделі є попит на продукцію, початковий рівень запасів продукції у всіх учасників ланцюга

постачання, потужність виробництва, час на оформлення та доставку замовлення. Задача полягає у знаходженні таких запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання, щоб загальні витрати, пов'язані зі збереженням продукції та недоотриманням прибутку в результаті виникнення дефіциту продукції, були найменшими.

Вагомою складовою логістичних витрат є витрати на доставку продукції між учасниками ланцюга постачання. Автором роботи пропонується модифікація моделі «Імітація ланцюга постачання», яка полягає в оптимізації обсягів запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання завдяки введенню критерію оптимальності, що дозволяє мінімізувати загальні логістичні витрати на зберігання, доставку та витрати, пов'язані з можливим дефіцитом для всіх учасників ланцюга постачання.

Реалізація комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві дозволяє поетапно дослідити окремі логістичні процеси, відобразити їх взаємозв'язок з метою вирішення комплексної задачі підвищення ефективності логістичної діяльності підприємства, що сприятиме збільшенню його прибутку завдяки мінімізації загальних логістичних витрат на виробництво продукції, управління запасами готової продукції та ресурсів, а також на реалізацію готової продукції.

2.2 Оптимізаційні економіко-математичні моделі логістичних процесів на підприємстві

Для прийняття ефективних рішень пропонується оптимізувати логістичні процеси на виробництві, у постачанні та збуті підприємства.

Задача виробничої логістики полягає у наступному: підприємство виготовляє декілька видів продукції протягом певного планового періоду. Відомі витрати на виробництво, витрати на зберігання одиниці продукції кожного виду за одиницю часу, потужність виробництва кожного виду

продукції за одиницю часу та попит замовників на кожний вид продукції. Необхідно знайти оптимальний план виробництва кожного виду продукції та обсяги поповнення запасів готової продукції протягом планового періоду за умови мінімізації витрат на виробництво та зберігання.

Основними припущеннями моделі є:

- попит на продукцію детермінований та динамічний;
- витрати на зберігання та виробництво продукції не змінюються протягом планового періоду;
- дефіцит продукції не допускається.

Позначення:

m – кількість видів продукції;

i – вид продукції, $i = \overline{1, m}$;

T – тривалість планового періоду;

t – момент часу, $t = \overline{1, T}$;

L – кількість замовників;

l – номер замовника, $l = \overline{1, L}$;

x_{it} – обсяг виробництва i -ого виду продукції у момент часу t , $i = \overline{1, m}$,

$t = \overline{1, T}$;

s_{it} – запас i -ого виду готової продукції на кінець моменту часу t , $i = \overline{1, m}$,

$t = \overline{1, T}$;

s_{it-1} – запас i -ого виду готової продукції в попередній момент часу перед

наступним, $i = \overline{1, m}$, $t = \overline{1, T}$;

g_i – параметри, якими обмежено зберігання i -ого виду продукції (об'єм складу), $i = \overline{1, m}$;

c_i – витрати на виробництво одиниці i -ого виду продукції, $i = \overline{1, m}$;

h_i – витрати на зберігання одиниці i -ого виду продукції в одиницю часу, $i = \overline{1, m}$;

b_{it} – потужність виробництва i -ого виду продукції у момент часу t , $i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}$;

a_{ilt} – попит l -ого замовника на i -ий вид продукції у момент часу t , $i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}, l = \overline{1, L}$.

Оптимізаційна економіко-математична модель виробничої логістики

Цільова функція – мінімізація витрат на виробництво та зберігання готової продукції:

$$F_1(x, s) = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T (c_i x_{it} + h_i s_{it}) \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

за умов:

– виконання балансового співвідношення для кожного виду продукції та у кожний момент часу (обсяг виробництва продукції у момент часу t повинен бути таким, щоб з урахуванням запасу продукції у попередній період та необхідності створення запасу у момент часу t попит був задоволеним)

$$x_{it} + s_{it-1} - s_{it} = \sum_{l=1}^L a_{ilt}, \quad i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}; \quad (2.2)$$

– врахування виробничої потужності підприємства

$$x_{it} \leq b_{it}, i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}; \quad (2.3)$$

– можливості зберігання запасів готової продукції

$$s_{it} \leq g_i, i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}; \quad (2.4)$$

та невід'ємності змінних

$$x_{it} \geq 0, s_{it} \geq 0, i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}. \quad (2.5)$$

Отже, розв'язавши задачу (2.1)-(2.5), отримаємо оптимальні обсяги виробництва i -ого виду продукції у момент часу t та обсяги поповнення запасів готової продукції протягом планового періоду за умови мінімізації витрат на виробництво та зберігання.

Суть задачі логістики постачання ресурсів наступна: на підприємстві виготовляється продукція з декількох видів ресурсів протягом певного планового періоду. Необхідна кількість ресурсів кожного виду визначається на основі оптимального плану виробництва продукції та нормативів їх витрат. Також, відомі витрати на придбання одиниці кожного виду ресурсу та витрати, пов'язані зі збереженням одиниці ресурсів в одиницю часу. Необхідно знайти оптимальний план поповнення запасів ресурсів для забезпечення оптимального плану виробництва продукції за умови мінімізації загальних витрат на придбання та зберігання ресурсів.

Основними припущеннями моделі є:

- попит на ресурси детермінований та динамічний;
- нормативи витрат на зберігання ресурсів не змінюються протягом планового періоду;
- ціна одиниці ресурсів кожного виду не змінюється протягом планового періоду;
- дефіцит ресурсів не допускається.

Позначення:

n – кількість видів ресурсів;

j – вид ресурсу, $j = \overline{1, n}$;

y_{jt} – обсяг поповнення запасів j -ого виду ресурсу у момент часу t ,

$j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}$;

s_{jt} – запас j -ого виду ресурсу на кінець t -ого моменту часу, $j = \overline{1, n}$,

$t = \overline{1, T}$;

g_j – параметр, яким обмежено зберігання j -ого виду ресурсу (об'єм складу), $j = \overline{1, n}$;

c_j – витрати на придбання одиниці j -ого виду ресурсу, $j = \overline{1, n}$;

h_j – витрати, пов'язані зі збереженням одиниць j -ого виду ресурсу в одиницю часу, $j = \overline{1, n}$;

s_{j0} – запас j -ого виду ресурсу в останній момент часу перед плановим, $j = \overline{1, n}$;

Основним балансовим співвідношення моделі є наступне: поповнення ресурсів у момент часу t з урахуванням запасу ресурсів у $(t - 1)$ моменті часу s_{jt-1} має дорівнювати сумі попиту у момент часу t та запасу продукції на кінець моменту часу t

$$y_{jt} + s_{jt-1} = q_{jt} + s_{jt}, \quad j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}.$$

Оптимізаційна економіко-математична модель логістики постачання ресурсів

Цільова функція – мінімізація загальних витрат, пов'язаних з поповненням обсягів запасів ресурсів та їх зберіганням:

$$F_2(y, s) = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T c_j y_{jt} + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T h_j s_{jt} \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

за умов:

– виконання основного балансового співвідношення

$$y_{jt} + s_{jt-1} - s_{jt} = q_{jt}, \quad j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}, \quad (2.7)$$

де попит на j -ий вид ресурсу у момент часу t визначається, як

$$q_{jt} = \sum_{i=1}^m x_{it} d_{ij}, \quad j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T},$$

x_{it} – оптимальний обсяг виробництва i -ого виду продукції у момент часу t , визначений з економіко-математичної моделі (2.1)-(2.5); d_{ij} – норми витрат j -ого виду ресурсу на i -ий вид продукції, $j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}$;

– можливості зберігання запасів ресурсів

$$s_{jt} \leq g_j, \quad j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T} \quad (2.8)$$

та невід'ємності змінних

$$y_{jt} \geq 0, s_{jt} \geq 0, j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}. \quad (2.9)$$

Отже, розв'язавши задачу (2.6)-(2.9), отримаємо оптимальні обсяги поповнення запасів ресурсів для забезпечення оптимального плану виробництва продукції за умови мінімізації загальних витрат на придбання та зберігання ресурсів.

Задача логістики збуту полягає у наступному: для кожного замовника відомо кількість продукції кожного виду, яку необхідно поставити згідно індивідуального графіку, рекомендовану періодичність поставок, загальну

вантажопідйомність транспортних засобів. Замовлення продукції має виконуватися повністю. Необхідно знайти оптимальний графік доставки кожного виду продукції кожному замовнику, за умови мінімізації витрат підприємства на доставку продукції замовникам протягом планового періоду.

Позначення:

P_l – кількість варіантів індивідуальних графіків постачання продукції до l -ого замовника;

p – варіант індивідуального графіка поставки продукції, $p = \overline{1, P_l}$;

v_{ilp} – рішення щодо постачання i -ого виду продукції l -ому замовнику за p -им індивідуальним графіком, $v_{ilp} \in \{0; 1\}$: 1 – якщо l -ому замовнику продукція i -ого виду буде постачатися за p -им індивідуальним графіком, 0 – в іншому випадку, $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, L}$, $p = \overline{1, P_l}$;

a_{ilpt} – кількість продукції i -ого виду, яку необхідно поставити l -му замовнику згідно p -ого варіанту індивідуального графіку у момент часу t , $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, L}$, $p = \overline{1, P_l}$, $t = \overline{1, T}$;

d – витрати на доставку продукції одним транспортним засобом;

k – вантажопідйомність одного транспортного засобу;

r – кількість транспортних засобів.

Основним балансовим співвідношення моделі є наступне: обсяг i -ого виду продукції, який буде відправлений всім замовникам в момент часу t , має

дорівнювати різниці між наявною кількістю продукції та кількістю продукції, яка залишиться для запасу у наступний момент часу:

$$s_{it} + x_{it} - s_{it+1} = \sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^{P_l} a_{ilpt} v_{ilp}, \quad i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}.$$

Для кожного замовника має бути обов'язково визначений індивідуальний графік поставки i -ого виду продукції

$$\sum_{p=1}^{P_l} v_{ilp} = 1, \quad i = \overline{1, m}, l = \overline{1, n}.$$

Оптимізаційна економіко-математична модель логістики збуту

Цільова функція – мінімізація витрат на доставку продукції замовникам

$$F_3(V) = \sum_{l=1}^L d \left(\left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^{P_l} \sum_{t=1}^T a_{ilpt} v_{ilp} \right] + 1 \right) \rightarrow \min, \quad (2.10)$$

за умов:

– виконання балансового співвідношення

$$\sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^{P_l} a_{ilpt} v_{ilp} - s_{it} + s_{it+1} = x_{it}, \quad i = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}; \quad (2.11)$$

– для кожного замовника має бути визначений індивідуальний графік поставки i -ого виду продукції

$$\sum_{p=1}^{P_l} v_{ilp} = 1, \quad i = \overline{1, m}, l = \overline{1, L}; \quad (2.12)$$

– обсяг всіх видів продукції, який постачальник відправить всім замовникам у кожний момент часу не повинен перевищувати загальної вантажопідйомності всіх транспортних засобів

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^{P_l} a_{ilpt} v_{ilp} \leq kr, \quad t = \overline{1, T} \quad (2.13)$$

та невід'ємності змінних

$$v_{ilp} \in \{0; 1\}, \quad i = \overline{1, m}, l = \overline{1, L}, p = \overline{1, P_l}. \quad (2.14)$$

Отже, розв'язавши задачу (2.10)-(2.14), отримаємо оптимальний графік доставки продукції замовникам, при якому витрати на доставку продукції будуть найменшими.

2.3 Агентне моделювання логістичних процесів

2.3.1 Моделювання оптимальних обсягів замовлення ресурсів та вибору постачальника

Ефективність управлінських рішень в логістиці можна досягти завдяки використанню сучасних підходів моделювання, одним з яких є агентний підхід. Моделювання логістичних процесів на основі агентного підходу присвятили свої роботи такі науковці, як М. Акулов, В. Вітлінський, Ю. Івашкін, О. Кастілло, Т. Меркулова, С. Рейлсбек, Д. Ржевський, П. Скобелев, О. Черняк, Г. Чорноус, А. Швецов та інші [46, 78, 79, 106, 115, 154, 156, 157, 172, 194].

На думку Г. Чорноус «агентний підхід базується на концепції розподіленого штучного інтелекту, яка передбачає досягнення ефективності розв'язання завдань через декомпозицію задач на підзадачі, кожна з яких адресується для певного інтелектуального агента та підтримується базою знань. При цьому кожен функціональний модуль перетворюється в агента, працює автономно і взаємодіє з іншими модулями (агентами) шляхом передачі повідомлень через мережу. У процесі перетворення інтелектуальні модулі можуть бути доповнені керуючими і комунікативними знаннями, необхідними для їх об'єднання в мультиагентну систему (МАС)» [46]. Таким чином

забезпечується виконання послідовних операцій, прийняття управлінських рішень, переміщенням інформації між агентами, що необхідно при розв'язанні встановлених завдань управління логістичною діяльністю підприємства [157].

Хронологію розвитку агентного підходу та мультиагентних систем висвітлено в [161]. Застосування агентного підходу у різних галузях економіки представлено в [22, 61, 79, 100, 152, 161].

Багатогранність цього підходу дає можливість дослідити логістичні процеси на підприємстві. В роботі пропонується розглянути такі задачі: визначення оптимальних обсягів замовлення ресурсів та вибору постачальника, а також визначення оптимального розміру запасів продукції в ланцюзі постачання.

Розглянемо задачу оптимізації поповнення запасів окремих видів ресурсів за наявності декількох потенційних постачальників, стратегій постачання та їх надійності.

Підприємству для забезпечення виробничого процесу необхідно вирішити питання щодо обрання постачальників ресурсів, враховуючи вартість замовлення, вартість, термін та надійність доставки, мінімальну та максимальну партію замовлення, яку встановлюють постачальники, таким чином, щоб логістичні витрати були найменшими. Ресурси можуть постачатися партіями за двома стратегіями: розмір партії замовлення є фіксованим або розмір партії відповідає потребам. Відомий залишок ресурсів на початок періоду планування, вартість зберігання одиниці ресурсів протягом одного моменту часу, витрати, пов'язані з дефіцитом ресурсів. Потрібно визначити найкращого постачальника з точки зору найменших логістичних витрат, найвигіднішу стратегію постачання, оптимальний розмір закупівель ресурсів та графік їх доставки.

Для реалізації поставленого завдання пропонується використати методи економіко-математичного моделювання. Введемо позначення:

n – кількість постачальників;

i – номер постачальника, $i = \overline{1, n}$;

T – тривалість планового періоду;

t – момент часу, $t = \overline{1, T}$;

k – кількість стратегій;

j – номер стратегії, $j = \overline{1, k}$;

v_i – вартість замовлення одиниці ресурсів у i -ого постачальника, $i = \overline{1, n}$;

d_i – вартість доставки однієї партії від i -ого постачальника, $i = \overline{1, n}$;

h – вартість зберігання одиниці ресурсів на підприємстві;

b – втрата прибутку підприємства від дефіциту однієї одиниці ресурсів;

Q_{max}^i – максимальний розмір партії замовлення у i -ого постачальника,

$i = \overline{1, n}$;

Q_{min}^i – мінімальний розмір партії замовлення у i -ого постачальника,

$i = \overline{1, n}$;

Q^i – фіксований розмір партії замовлення у i -ого постачальника, $i = \overline{1, n}$;

S_{i0} – залишок ресурсів, отриманих від i -ого постачальника на початку

планового періоду T , $i = \overline{1, n}$;

S_{it} – поточний рівень запасів ресурсів на складі підприємства в момент

часу t , які були замовлені у i -ого постачальника, $t = \overline{1, T}$, $i = \overline{1, n}$;

S_{it-1} – рівень запасів ресурсів на складі підприємства у попередній момент часу $t - 1$, які були замовлені у i -ого постачальника, $t = \overline{2, T}$, $i = \overline{1, n}$;

B_{i0} – обсяг дефіциту ресурсів у підприємства на початку періоду T ;

B_{it} – обсяг дефіциту ресурсів в момент часу t , які були замовленні у i -ого постачальника, $t = \overline{1, T}$, $i = \overline{1, n}$;

α_i – надійність поставки ресурсів i -им постачальником (імовірність того, що замовлення буде виконане вчасно та в необхідному обсязі), $i = \overline{1, n}$;

τ_i – термін доставки ресурсів i -им постачальником, $i = \overline{1, n}$;

O_t – середній попит на ресурси протягом моменту часу t , $t = \overline{1, T}$;

F_i^j – загальні витрати підприємства, пов'язані з доставкою ресурсів від i -ого постачальника за j -ою стратегією, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$.

Економіко-математична модель вибору найкращого постачальника при фіксованому розмірі замовлення (стратегія 1)

Вибір оптимального постачальника відбувається за умови мінімального з співвідношень між загальними витратами на замовлення, доставку, збереження ресурсів та втрат від можливого їх дефіциту та надійністю доставки:

$$F^1 = \min_{i=\overline{1, n}} \frac{F_i^1}{\alpha_i} = \frac{F_{i^*}^1}{\alpha_{i^*}}, \quad (2.15)$$

де загальні витрати, пов'язані з i -им постачальником

$$F_i^1 = \sum_{t=1}^T (v_i y_{it}^1 Q^i + h S_{it} + d_i y_{it}^1 + b B_{it}), \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.16)$$

- $y_{it}^1 = \left\lfloor \frac{O_t}{Q^i} \right\rfloor$ – кількість партій замовлення у i -ого постачальника в момент часу t , $i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}$ за першою стратегією. Якщо $\frac{O_t}{Q^i}$ не є цілим числом, тоді на підприємство у момент часу t буде доставлятися менше ресурсів, ніж існує попит;

- поточний рівень запасів на складі підприємства залежить від залишку ресурсів на початок планового періоду, обсягу доставленого замовлення ресурсів, середнього попиту на ресурси, можливого дефіциту та задається формулою

$$S_{it} = \max\{0; S_{it-1} + y_{it}^1 Q^i - O_t - B_{it-1}\}, \quad i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}; \quad (2.17)$$

- розмір замовлення залежить від поточного рівня запасу ресурсів на складі: якщо поточний рівень запасів ресурсів менше або дорівнює мінімальному рівню запасу, тоді розмір замовлення залежить від попиту у наступний період та рівня мінімального запасу у поточному моменті часу, інакше замовлення не робиться

$$O_t = \begin{cases} 0, & \text{якщо } S_{it} > S_{i \min}, \\ O_{t+1} - S_{i \min}, & \text{якщо } S_{it} \leq S_{i \min}, \end{cases} \quad (2.18)$$

де мінімальний рівень запасу ресурсів визначається з урахуванням терміну доставки замовлення та попиту ресурсів у відповідний період часу

$$S_{i \min} = \tau_i O_t;$$

- наявність дефіциту ресурсів залежить від попиту та залишку ресурсів

$$B_{it} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } S_{it} \geq O_t; \\ S_{it} - O_t, \text{ якщо } S_{it} < O_t; \end{cases}, \quad i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}. \quad (2.19)$$

Економіко-математична модель вибору найкращого постачальника при замовленні за потребами (стратегія 2)

Вибір оптимального постачальника відбувається за умови мінімального з співвідношень між загальними витратами на замовлення, доставку, збереження ресурсів та втрат від можливого їх дефіциту та надійністю доставки:

$$F^2 = \min_{i=\overline{1, n}} \frac{F_i^2}{\alpha_i} = \frac{F_{i^*}^2}{\alpha_{i^*}}, \quad (2.20)$$

де загальні витрати, пов'язані з i -им постачальником

$$F_i^2 = \sum_{t=1}^T (v_i y_{it}^2 Q^i + h S_{it} + d_i y_{it}^2 + b B_{it}), \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.21)$$

- $y_{it}^2 = \left\lceil \frac{O_t}{Q_{\max}^i} \right\rceil + 1$ – кількість партій замовлення у i -ого постачальника в

момент часу t для забезпечення попиту на ресурси за другою стратегією,

$i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}$;

- розмір партії замовлення повинен знаходитися в межах можливого для постачальника:

$$Q_{min}^i \leq O_t \leq Q_{max}^i, \quad i = \overline{1, n} \quad (2.22)$$

- поточний рівень запасів на складі підприємства залежить від залишку ресурсів на початок планового періоду, обсягу доставленого замовлення ресурсів, середнього попиту на ресурси, можливого дефіциту та задається формулою

$$S_{it} = \max\{0; S_{it-1} + y_{it}^2 Q^i - O_t - B_{it-1}\}, \quad i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}; \quad (2.23)$$

- розмір замовлення залежить від поточного рівня запасу ресурсів на складі: якщо поточний рівень запасів ресурсів менше або дорівнює мінімальному рівню запасу, тоді розмір замовлення залежить від попиту у наступний період та рівня мінімального запасу у поточному моменті часу, інакше замовлення не робиться

$$O_t = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{it} > S_{i \min} \\ O_{t+1} - S_{i \min}, \text{якщо } S_{it} \leq S_{i \min} \end{cases} \quad (2.24)$$

- наявність дефіциту ресурсів залежить від попиту та залишку ресурсів

$$B_{it} = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{it} \geq O_t; \\ S_{it} - O_t, \text{якщо } S_{it} < O_t; \end{cases} \quad , \quad i = \overline{1, n}, t = \overline{1, T}. \quad (2.25)$$

Вибираючи мінімальне серед значень функцій (2.15) та (2.20)

$$F_4 = \min\{F^1; F^2\}, \quad (2.26)$$

можна зробити висновок щодо вибору найкращого постачальника ресурсів, а також найкращої стратегії їх постачання за умови мінімізації витрат.

На основі оптимізаційної моделі (2.15)-(2.26) було побудовано імітаційно-оптимізаційну модель, вхідні параметри та вихідні показники якої представлено на рис. 2.4.

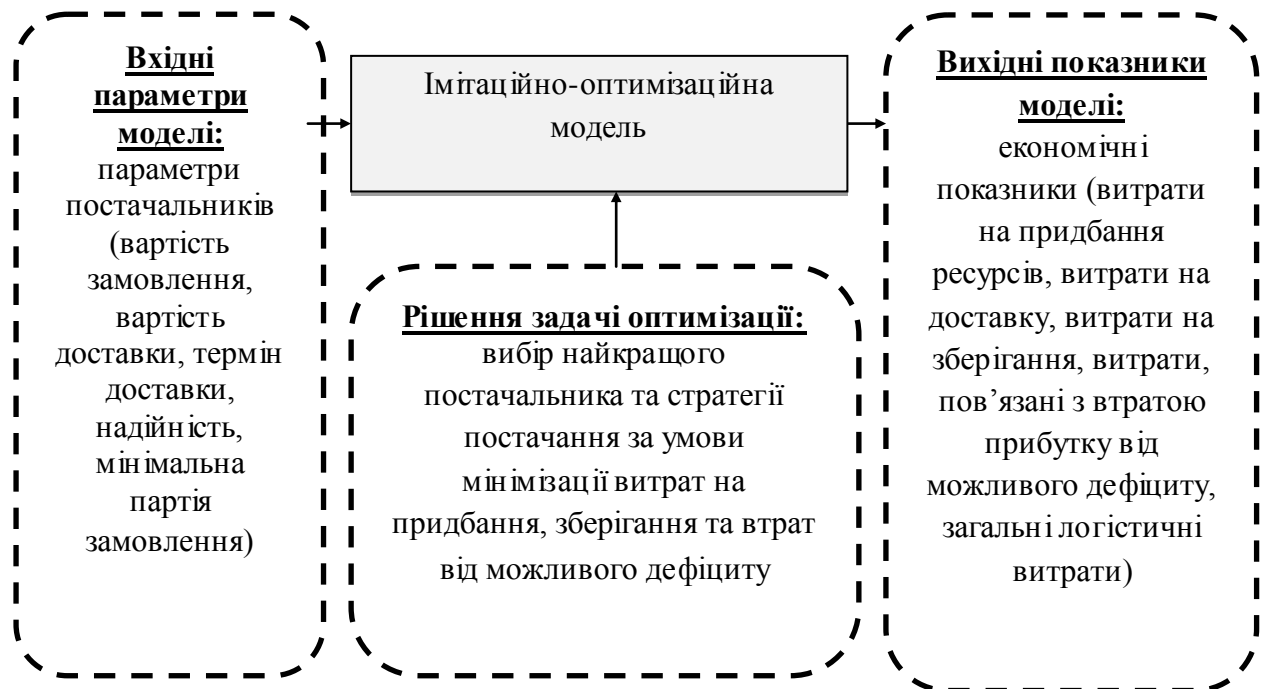


Рис. 2.4. Вхідні параметри моделі та вихідні показники імітаційно-оптимізаційної моделі

Джерело: розроблено автором

Алгоритм реалізації імітаційної моделі логістики постачання представлено на рис. 2.5.

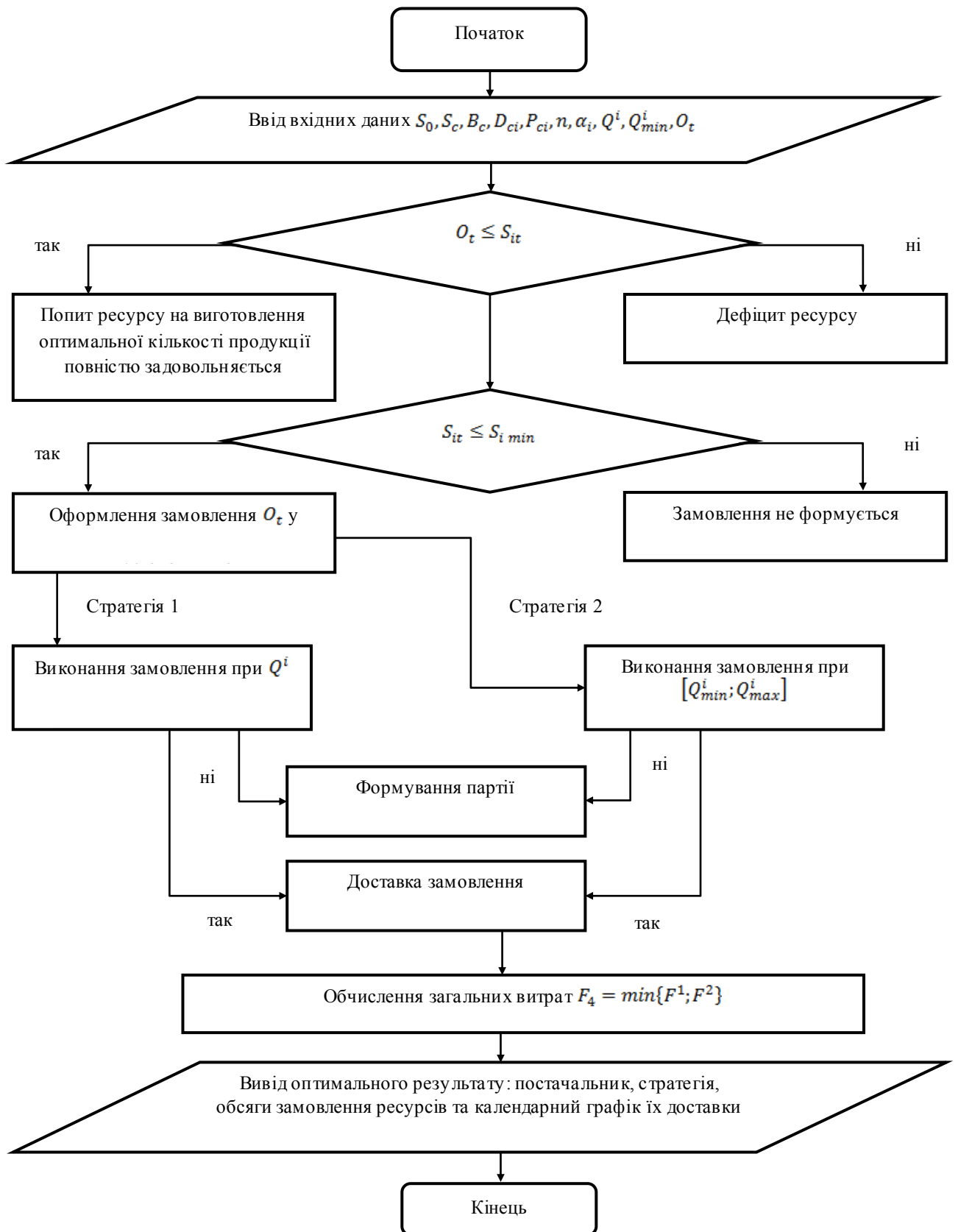


Рис. 2.5. Алгоритм реалізації імітаційної моделі логістики постачання

Джерело: розроблено автором

В програмі AnyLogic було побудовано імітаційну модель логістики постачання з використанням методу агентного моделювання. Агентами

виступають постачальники та ресурси. Кожен з агентів характеризується наступними параметрами:

- *постачальники* – вартість замовлення, вартість доставки, термін та надійність доставки ресурсів, мінімальна та максимальна партія замовлення;
- *ресурси* – потреби у ресурсах на виробництво оптимального обсягу продукції, початковий рівень запасів ресурсів, вартість зберігання в одиницю часу, втрата прибутку від дефіциту ресурсів.

В роботі був проведений експеримент, що передбачає визначення оптимального постачальника ресурсів, обсягів їх замовлення, найвигіднішої стратегії постачання та календарного графіка доставки з точки зору найменших логістичних витрат та надійності поставок.

Діаграма станів для першої та другої стратегій замовлення ресурсів представлено на рис. 2.6.

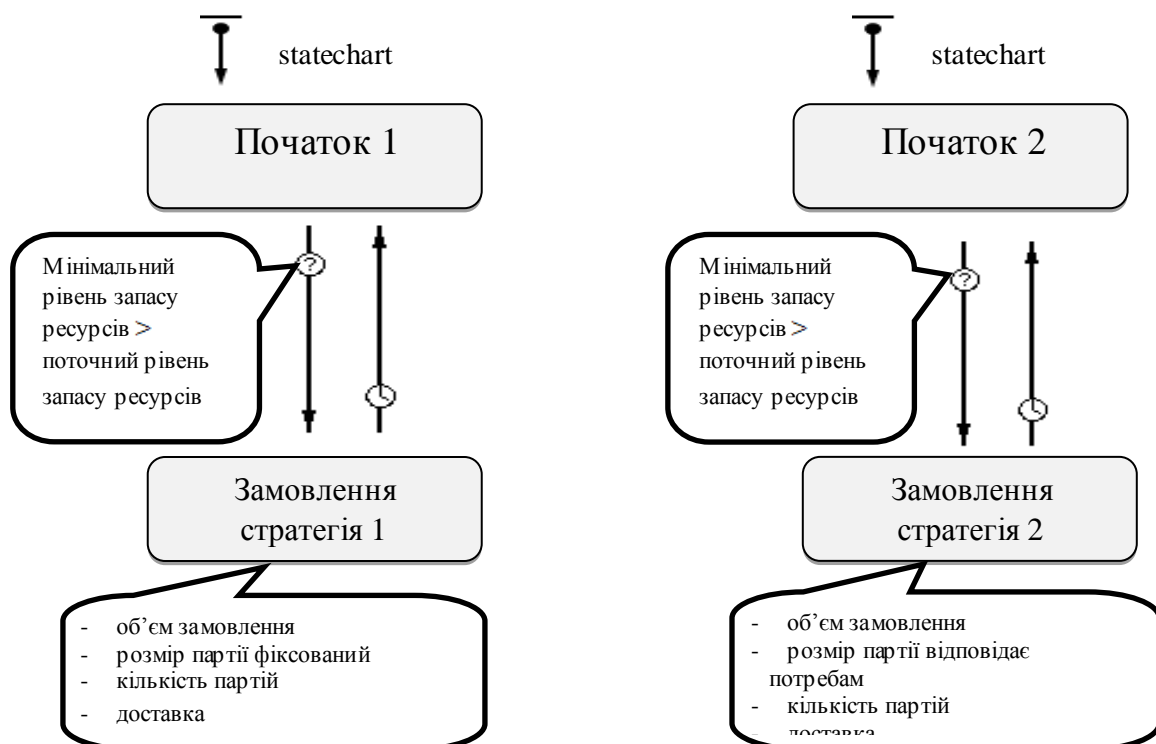


Рис. 2.6. Діаграма станів агента постачальник для першої та другої стратегій замовлення ресурсів

Джерело: розроблено автором




Використовуючи бібліотеку моделювання процесів AnyLogic можна представити процес доставки замовлення ресурсів за допомогою дискретно-

подієвого підходу імітаційного моделювання, який дозволяє представити досліджуваний процес як послідовність операцій (вхід, затримка, вихід) над агентом, що представляє постачальників ресурсів. Постачальники характеризуються надійністю поставок, що впливає на процес їх обробки (складність роботи) або накопичують статистику (загальний час очікування, вартість). Процеси задаються у формі поточкових діаграм (блок-схем) – графічному поданні, прийнятими при моделюванні процесу виробництва, бізнес-процесах, логістиці тощо.

При моделювання процесу доставки замовлення використовувалися блоки, представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Блоки бібліотеки AnyLogic для моделювання процесу доставки замовлення

Enter		Є продовженням або доповненням існуючого процесу, заданого поточною діаграмою.
Delay		Затримує агентів на заданий період часу. Час затримки може бути випадковим, залежати від поточного агента або від інших умов.
Sink		Зазвичай використовується в якості кінцевої точки потоку агентів.

Джерело: розроблено автором на основі [167]

Отже, процес доставки замовлення можна представити наступним чином (рис. 2.7):

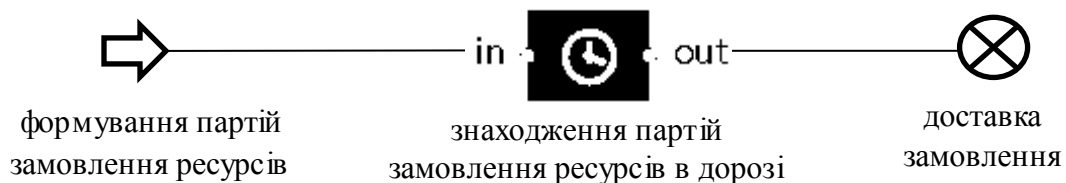


Рис. 2.7. Блок-схема моделювання процесу доставки замовлення

Джерело: розроблено автором

Початковою операцією є формування партій замовлення ресурсів відповідно до стратегії постачання. Наступною операцією є знаходження партій

замовлення ресурсів в дорозі, що характеризується часом затримки агента. Після деякої затримки замовлення вважається виконаним.

В результаті моделювання оптимальних обсягів замовлення ресурсів було побудовано імітаційну модель логістики постачання яка передбачає визначення оптимального постачальника ресурсів, обсягів їх замовлення, найвигіднішої стратегії постачання та графіка їх доставки з точки зору найменших логістичних витрат та надійності поставок.

2.3.2 Моделювання оптимального розміру запасів продукції в ланцюзі постачання

Відповідно до принципу тотальних витрат недостатньо контролювати тільки ті витрати, які утворюються в межах одного підприємства, необхідно виявляти витрати усіх учасників логістичного ланцюга постачання, а також механізм їх появи та взаємозв'язок [77].

Зростання підприємств залежить від якості управління ланцюгами постачання, використання інформації та інновацій для досягнення кросс-докінгу, тобто ситуації, коли надходження та відвантаження замовлення на складі відбувається з найменшими витратами на зберігання запасів.

Простий ланцюг постачання включає одного виробника, що виготовляє лише один продукт, який продається лише одним ритейлером (тобто ланцюг складається з двох вузлів). Проте більшість ланцюгів постачання складаються з багатьох вузлів, що ускладнює процес моніторингу стану ланцюга в цілому та управління ним.

Більше 50 років тому професор Джей Форрестер створив гру «Beer Game» та представив концепцію «ефект кнута», тобто ситуацію, коли непередбачувана зміна попиту в одній з ланок ланцюга постачання призводить до дефіциту або надлишку товару у постачальника, в результаті чого відбуваються зриви поставок, незадоволення попиту і, як наслідок, погіршення фінансового стану

та втрата прибутку. Науковці під «ефектом кнута» розуміють феномен в ланцюгах постачання, який полягає в посиленні амплітуди коливання попиту (обсягу замовлень) залежно від віддалення реального джерела попиту в ланцюзі постачання [182, с. 359-368].

Модель «Beer Distribution Game» («Імітація ланцюга постачання») була розроблена для прийняття комплексного аналітичного рішення при дослідженні ланцюга постачання. Імітація ефекту кнута моделі «Імітація ланцюга постачання» була розроблена Systems Dynamics Group в Массачусетському технологічному інституті в 1960-х рр. на прикладі ланцюга постачання, до якого входять підприємство, дистриб'ютор, оптовий та роздрібний торговці (рис. 2.8).

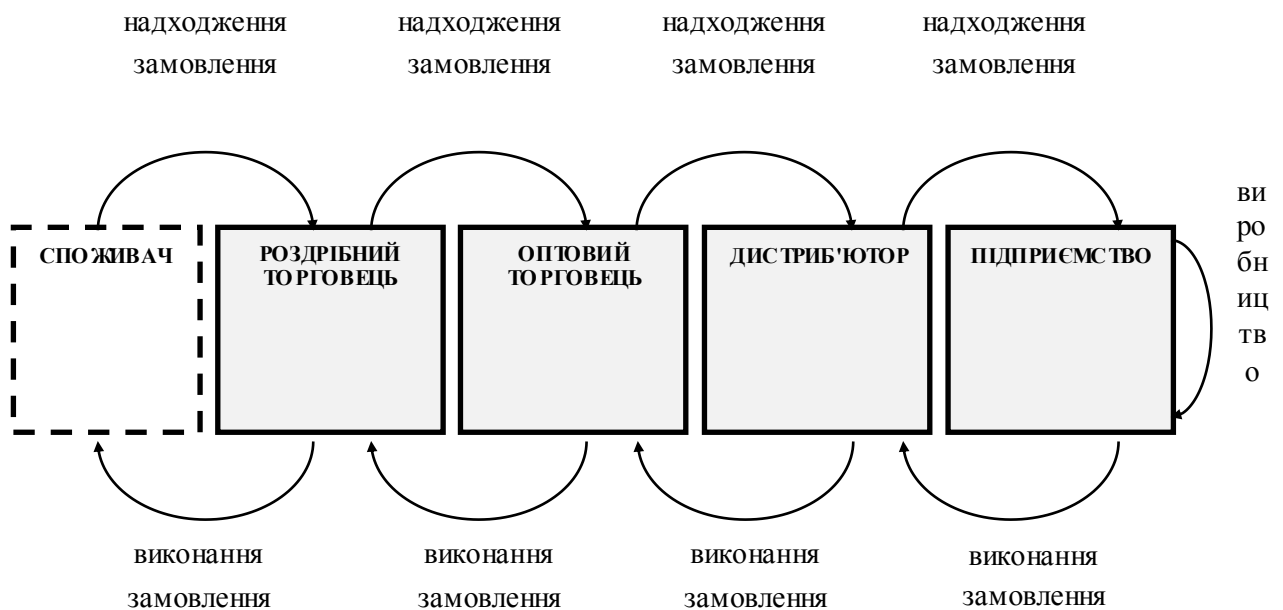


Рис. 2.8. Ланцюг постачання в моделі «Імітація ланцюга постачання»

Джерело: [176]

Споживачі звертаються до роздрібного торговця та формують попит на продукцію, який може змінюватися в часі. Якщо продукція є в наявності, її продають, інакше – замовляють в оптового торговця, який в свою чергу

замовляє в дистриб'ютора. При перевищенні попиту над пропозицією ведеться облік заборгованості за замовленнями. На початку кожного дня дистриб'ютор, роздрібний та оптовий торговці проводять облік своїх запасів і вирішують яку кількість продукції потрібно замовити. Так само і на підприємстві приймається рішення про те, який має бути обсяг виробництва кожного виду товару або обсяг замовлення. Вартість одиниці запасу, витрати, пов'язані з втратою прибутку є однаковими для всіх учасників ланцюга постачання. Моделювання проводиться протягом року день за днем. Кожен учасник ланцюга постачання виконує наступні дії: отримує нові поставки продукції, приймає замовлення на продукцію, визначає обсяг поповнення запасів, при наявності необхідної кількості запасів доставляє продукцію замовнику. При цьому в моделі враховуються затримки, пов'язані з обслуговуванням запиту і доставкою.

Головною метою моделі «Імітація ланцюга постачання» є необхідність вибудовування ефективної комунікації і координації з усіма учасниками ланцюга постачання, щоб уникнути дефіциту продукції, проблем з плануванням та втрат прибутку. Реалізація зазначеної моделі дозволяє учасникам ланцюга постачання по іншому дивитися на звичну ситуацію підвищених і мінімальних замовлень, політику нормативних і страхових запасів, по іншому оцінювати ефект від кампаній зі зниження цін на певний товар у визначений період часу та інші питання, з якими щодня зіштовхуються управлінці ланцюгів постачання.

Навіть в умовах стабільності невеликі зміни в попиті кінцевого споживача, який, наприклад, купує товар в магазині, може привести до того, що налагоджена система поставок дасть збій [176]. Це обов'язково відбудеться в тому випадку, якщо робота ланок ланцюга постачання недостатньо скоординована і не відбувається обміну інформацією. Тому підприємствам необхідно будувати ефективну зовнішню систему комунікацій на всьому ланцюзі постачання, що забезпечить уникнення таких проблем, як надлишок товару, збільшення оборотного капіталу, низький рівень задоволення попиту, низький рівень завантаження виробничих потужностей та інших, що мають загрозу для ефективного функціонування бізнесу.

Розглянемо математичну форму запису моделі «Імітація ланцюга постачання». Рівень запасів у роздрібного торговця в t момент часу становить S_{R_t} , в оптового торговця S_{W_t} , у дистриб'ютора S_{D_t} , у підприємства S_{F_t} . Загальний обсяг запасів для всіх учасників ланцюга постачання в t момент часу становить $S_t = S_{R_t} + S_{W_t} + S_{D_t} + S_{F_t}$, загальний обсяг дефіциту продукції $B_t = B_{R_t} + B_{W_t} + B_{D_t} + B_{F_t}$. Вартість зберігання одиниці продукції становить S_C гр. од., дефіцит однієї одиниці продукції призводить до втрати прибутку B_C гр. од. Плановий період моделювання становить T ($t = \overline{1, T}$). Загальні витрати для всіх учасників ланцюга постачання, пов'язані зі збереженням та втратами прибутку від можливого дефіциту, становлять

$$C_t = \sum_{t=1}^T (S_C S_t + B_C B_t)$$

або

$$C_t = \sum_{t=1}^T (S_C (S_{R_t} + S_{W_t} + S_{D_t} + S_{F_t}) + B_C (B_{R_t} + B_{W_t} + B_{D_t} + B_{F_t})) \quad (2.27)$$

Управління запасами відбувається за дворівневою системою «максимум-мінімум», тобто запаси поповнюють до максимального рівня тоді, коли їх рівень опускається до заданого рівня (мінімального) або падають нижче нього. Мінімальний рівень запасів для роздрібного торговця $S_{R_{min}}$, для оптового торговця $S_{W_{min}}$, для дистриб'ютора $S_{D_{min}}$, для підприємства $S_{F_{min}}$, відповідно максимальний рівень запасів $S_{R_{max}}$, $S_{W_{max}}$, $S_{D_{max}}$, $S_{F_{max}}$. Потужність підприємства за день складає P одиниць продукції. Попит на продукцію O_t у момент часу t є відомим (детермінованим) та динамічним. Поточне замовлення

для роздрібного торговця CO_{R_t} , для оптового торговця CO_{W_t} , для дистриб'ютора CO_{D_t} , для підприємства CO_{F_t} , тоді попереднє замовлення $CO_{R_{t-1}}$, $CO_{W_{t-1}}$, $CO_{D_{t-1}}$, $CO_{F_{t-1}}$ відповідно. Час оформлення замовлення роздрібного торговця становить θ_{OR} , оптового торговця θ_{OW} , дистриб'ютора θ_{OD} . Час доставки замовлення підприємства θ_{DOF} , дистриб'ютора θ_{DOD} , оптового торговця θ_{DOW} . Загальний час виконання замовлення θ .

Об'єм запасів для всіх учасників ланцюга постачання може змінюватися залежно від попиту:

$$S_{R_t} = \begin{cases} S_{R_t}, & \text{якщо } O_t = 0, \\ S_{R_t} - O_t, & \text{якщо } O_t < S_{R_t}, \\ 0, & \text{якщо } O_t \geq S_{R_t}, \end{cases} \quad (2.28)$$

$$S_{W_t} = \begin{cases} S_{W_t}, & \text{якщо } CO_{R_t} = 0, \\ S_{W_t} - CO_{R_t}, & \text{якщо } CO_{R_t} < S_{W_t}, \\ 0, & \text{якщо } CO_{R_t} \geq S_{W_t}, \end{cases} \quad (2.29)$$

$$S_{D_t} = \begin{cases} S_{D_t}, & \text{якщо } CO_{W_t} = 0, \\ S_{D_t} - CO_{W_t}, & \text{якщо } CO_{W_t} < S_{D_t}, \\ 0, & \text{якщо } CO_{W_t} \geq S_{D_t}, \end{cases} \quad (2.30)$$

$$S_{F_t} = \begin{cases} S_{F_t}, & \text{якщо } CO_{D_t} = 0, \\ S_{F_t} - CO_{D_t}, & \text{якщо } CO_{D_t} < S_{F_t}, \\ 0, & \text{якщо } CO_{D_t} \geq S_{F_t}; \end{cases} \quad (2.31)$$

Обсяг дефіциту продукції для всіх учасників ланцюга постачання може набувати наступних значень:

$$B_{R_t} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } O_t \leq S_{R_t}, \\ O_t - S_{R_t}, & \text{якщо } O_t > S_{R_t}, \end{cases} \quad (2.32)$$

$$B_{W_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } CO_{R_t} \leq S_{W_t}, \\ CO_{R_t} - S_{W_t}, \text{якщо } CO_{R_t} > S_{W_t}, \end{cases} \quad (2.33)$$

$$B_{D_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } CO_{W_t} \leq S_{D_t}, \\ CO_{W_t} - S_{D_t}, \text{якщо } CO_{W_t} > S_{D_t}, \end{cases} \quad (2.34)$$

$$B_{F_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } CO_{D_t} \leq S_{F_t}, \\ CO_{D_t} - S_{F_t}, \text{якщо } CO_{D_t} > S_{F_t}. \end{cases} \quad (2.35)$$

Оформлення замовлення для всіх учасників ланцюга постачання може змінюватися залежно від поточного рівня запасу на складі: при наявності запасів більшому за встановлений рівень поповнення не відбувається, інакше розмір поточного замовлення визначається як різниця між максимальним рівнем запасу, включаючи дефіцит продукції та поточним рівнем запасу, включаючи очікувану продукцію, яка знаходиться в процесі постачання, тобто

$$CO_{R_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{R_t} > S_{R_{min}}, \\ S_{R_{max}} - S_{R_t} + B_{R_t} - CO_{R_{t-1}}, \text{якщо } S_{R_t} \leq S_{R_{min}}, \end{cases} \quad (2.36)$$

$$CO_{W_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{W_t} > S_{W_{min}}, \\ S_{W_{max}} - S_{W_t} + B_{W_t} - CO_{W_{t-1}}, \text{якщо } S_{W_t} \leq S_{W_{min}}, \end{cases} \quad (2.37)$$

$$CO_{D_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{D_t} > S_{D_{min}}, \\ S_{D_{max}} - S_{D_t} + B_{D_t} - CO_{D_{t-1}}, \text{якщо } S_{D_t} \leq S_{D_{min}}, \end{cases} \quad (2.38)$$

$$CO_{F_t} = \begin{cases} 0, \text{якщо } S_{F_t} > S_{F_{min}}, \\ S_{F_{max}} - S_{F_t} + B_{F_t} - P * \left(\left[\frac{CO_{F_{t-1}}}{P} \right] + 1 \right), \text{якщо } S_{F_t} \leq S_{F_{min}}; \end{cases} \quad (2.39)$$

Час виконання замовлення залежить від наявності продукції на складах учасників ланцюга постачання та може набувати наступних значень:

$$\theta_{TO}(O_t; CO_{R_t}; CO_{W_t}; CO_{D_t}) =$$

$$= \begin{cases} 0, \text{ якщо } O_t \leq S_{R_t}, \\ \theta_{OR} + \theta_{DOW}, \text{ якщо } CO_{R_t} \leq S_{W_t}, \\ \theta_{OR} + \theta_{OW} + \theta_{DOD} + \theta_{DOW}, \text{ якщо } CO_{W_t} \leq S_{D_t}, \\ \theta_{OR} + \theta_{OW} + \theta_{OD} + \theta_{DOF} + \theta_{DOD} + \theta_{DOW}, \text{ якщо } CO_{D_t} \leq S_{F_t}, \\ \theta_{COR} + \theta_{DOW} + \theta_{COW} + \theta_{DOF} + \left\lceil \frac{CO_{D_t}}{P} \right\rceil + 1, \text{ якщо } CO_{D_t} > S_{F_t}. \end{cases} \quad (2.40)$$

Результатом моделі є визначення обсягів поточних запасів продукції та її дефіциту для всіх учасників ланцюга постачання та величини витрат для кожного з них.

Для реалізації моделі «Імітації ланцюга постачання» використовувався метод агентного моделювання та імітаційна програма AnyLogic.

Алгоритм реалізації імітаційної моделі ланцюга постачання представлено на рис. 2.9.

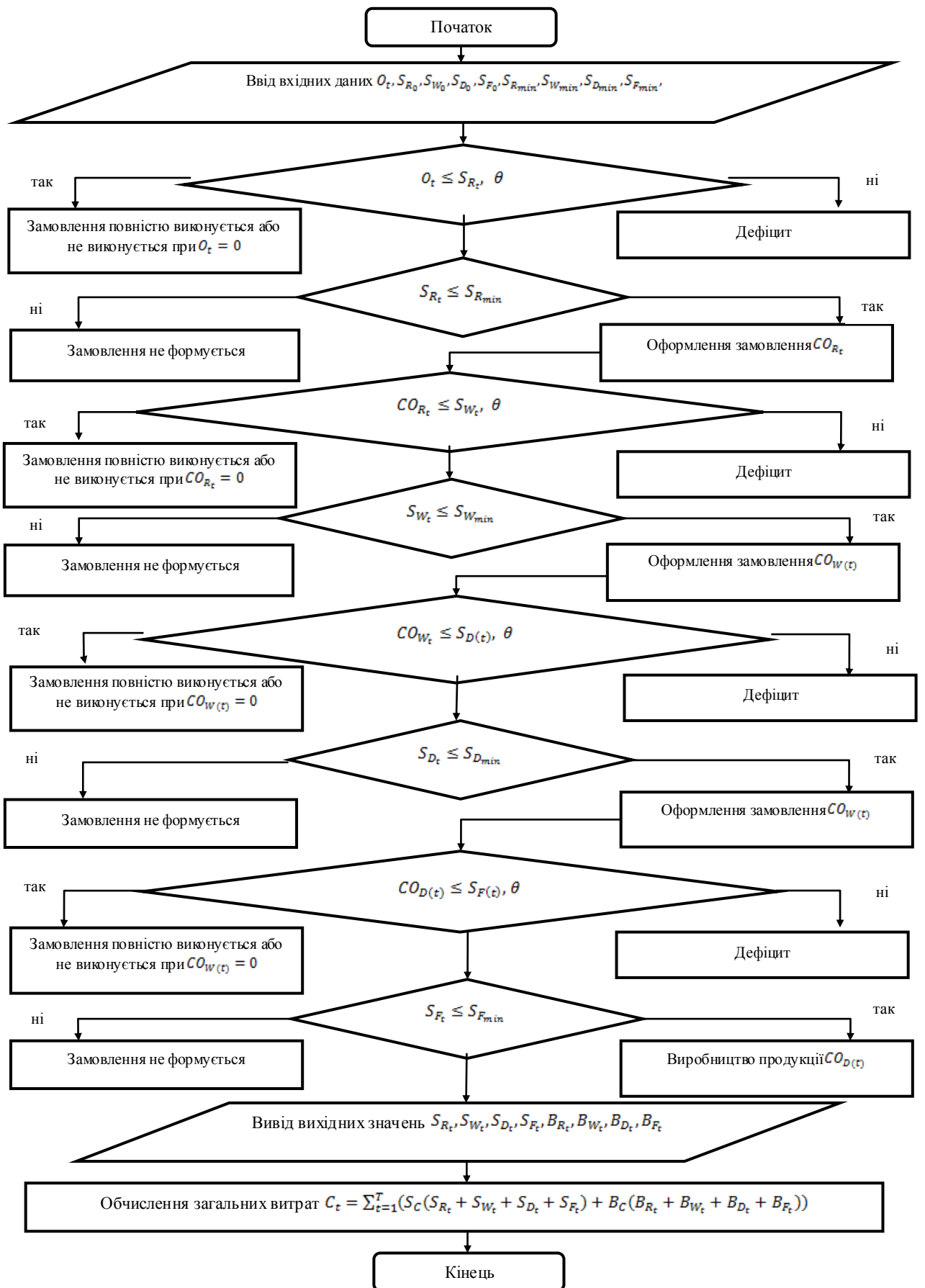


Рис. 2.9. Алгоритм реалізації моделі «Імітація ланцюга постачання»

Джерело: розроблено автором на основі [167, 169]

Агентами виступають підприємство, дистриб'ютор, оптовий та роздрібний торговці. Кожен з агентів характеризується наступними параметрами: поточний, мінімальний та максимальний рівні запасу, час оформлення та виконання замовлення, витрати на зберігання та витрати, пов'язані з можливим дефіцитом, які є однаковими для всіх учасників ланцюга постачання. Агент підприємство ще має параметр потужність виробництва. Модель дозволяє вивчити вплив агентів на досліджувану логістичну систему.

Поведінка агентів задається наступним чином:

1) якщо поточний рівень запасів продукції дозволяє задовольнити попит, тоді замовлення повністю виконується, інакше виникає дефіцит продукції;

2) якщо поточний рівень запасів продукції менше або дорівнює мініальному рівню запасу агента, тоді оформлюється замовлення в іншого агента (роздрібний торговець замовляє оптовому, оптовий торговець – дистриб'ютору, дистриб'ютор підприємству) або виготовляється необхідна кількість продукції (якщо агент є виробничим підприємством), інакше замовлення не формується;

3) в результаті імітаційного моделювання для кожного агента обчислюються загальні витрати, пов'язані зі збереженням та можливим дефіцитом продукції.

Модифікація моделі «Імітація ланцюга постачання»

Для існуючої моделі «Імітація ланцюга постачання», яка враховує попит на продукцію, початковий рівень запасів на підприємстві у дистриб'ютора, представників оптової та роздрібною торгівлі, потужність виробництва, час на оформлення та доставку замовлення, пропонується враховувати вартість доставки одиниці продукції D_C , вести статистику по виконаним замовленням, що дозволить визначити загальні витрати на доставку продукції для всіх учасників ланцюга постачання, а також пропонується ввести критерій оптимальності, який полягає в мінімізації загальних витрат на зберігання, доставку та витрат, пов'язаних з можливим дефіцитом продукції, що дозволить

визначити оптимальні обсяги запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання.

Тоді економіко-математична модель «Імітація ланцюга постачання» буде наступною:

$$C_t = \sum_{t=1}^T (S_C(S_{R_t} + S_{W_t} + S_{D_t} + S_{F_t}) + B_C(B_{R_t} + B_{W_t} + B_{D_t} + B_{F_t}) + D_C(D_{W_t} + D_{D_t} + D_{F_t})) \rightarrow \min \quad (2.41)$$

за умов (2.28)-(2.40) та:

- обсяг доставленої продукції для всіх учасників ланцюга постачання визначається наступним чином:

$$D_{W_t} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } CO_{R_t} = 0, \\ CO_{R_t}, & \text{якщо } CO_{R_t} \leq S_{W_t}, \end{cases} \quad (2.42)$$

$$D_{D_t} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } CO_{W_t} = 0, \\ CO_{W_t}, & \text{якщо } CO_{W_t} \leq S_{D_t}, \end{cases} \quad (2.43)$$

$$D_{F_t} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } CO_{W_t} = 0, \\ CO_{W_t}, & \text{якщо } CO_{W_t} \leq S_{F_t}; \end{cases} \quad (2.44)$$

- обсяг запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання має знаходитися в межах:

$$S_{R_{min}} \leq S_{R_t} \leq S_{R_{max}}, \quad (2.45)$$

$$S_{W_{min}} \leq S_{W_t} \leq S_{W_{max}}, \quad (2.46)$$

$$S_{D_{min}} \leq S_{D_t} \leq S_{D_{max}}, \quad (2.47)$$

$$S_{F_{min}} \leq S_{F_t} \leq S_{F_{max}}, \quad (2.48)$$

Результатом економіко-математичної моделі (2.28)-(2.48) є визначення оптимальних обсягів запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання, при яких загальні витрати на зберігання, доставку та витрати, пов'язані з можливим дефіцитом продукції будуть найменшими.

У програмі AnyLogic було добавлено параметр *deliveryCost*, що відповідає за вартість доставки продукції, а також добавлена статистика по виконаним замовленням *sendStatistics*. Це дозволить визначити витрати на доставку продукції для кожного учасника ланцюга постачання.

Оптимізація моделі «Імітація ланцюга постачання» в програмі AnyLogic полягає в послідовному виконанні декількох прогонів моделі з різними значеннями вхідних параметрів та знаходженні серед них оптимальних значень. Це можливо реалізувати за допомогою вбудованого в програму AnyLogic оптимізатора OptQuest. Комбінуючи нейронні мережі та математичну оптимізацію, OptQuest дозволяє знаходити значення параметрів моделі, відповідні максимуму або мінімуму цільової функції в умовах невизначеності та при наявності обмежень. Оптимізатор OptQuest вибирає допустимі значення рівнів запасів продукції для кожного з учасників ланцюга постачання та виконує прогін моделі з цими значеннями. Після цього OptQuest обчислює величину мінімальних загальних витрат і знову змінює допустимі значення рівнів запасів продукції та повторює процес спочатку.

Для оптимізації моделі «Імітація ланцюга постачання» було створено оптимізаційний експеримент в програмі AnyLogic, задано цільову функцію як суму загальних витрат на зберігання, доставку та витрат, пов'язаних з можливим дефіцитом продукції, яку необхідно мінімізувати

$$\begin{aligned} & \text{root.storageCostTotal} + \text{root.backlogCostTotal} + \\ & + \text{root.deliveryCostTotal} \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (2.49)$$

Змінними параметрами моделі є мінімальних та максимальний рівні запасів для всіх учасників ланцюга постачання. Всі інші параметри та обмеження моделі вважаються визначеними з попередньої моделі.

Критерієм зупинки оптимізаційної моделі вибрано кількість прогонів, період моделювання задається індивідуально. Результатом експерименту оптимізації є оптимальні обсяги запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання при мінімальних загальних витрат на зберігання, доставку та витрат, пов'язаних з можливим дефіцитом продукції.

Ефективність запропонованого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів оцінюється за величиною прибутку [7], який визначається як різниця між доходом та загальними логістичними витратами на виробництво, витратами на зберігання готової продукції та ресурсів, витратами на поповнення запасів ресурсів, витратами на доставку готової продукції замовникам

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T p_i (x_{it}^* + s_{it-1}^*) - F_1(x, s) - F_2(y, s) - F_3(v), \quad (2.50)$$

де p_i – ціна реалізації i -ого виду продукції, $i = \overline{1, m}$;

x_{it}^* – оптимальний план виробництва продукції, $i = \overline{1, m}$, $t = \overline{1, T}$, який визначається з моделі (2.1)-(2.5);

s_{it-1}^* – оптимальні обсяги запасів продукції в останній момент часу перед наступним, $i = \overline{1, m}$, $t = \overline{1, T}$, які визначаються з моделі (2.1)-(2.5);

$F_1(x, s)$ – мінімальні витрати на виробництво та зберігання продукції, які були отримані з моделі (2.1)-(2.5);

$F_2(y, s)$ – мінімальні витрати на придбання та зберігання ресурсів, які були отримані з моделі (2.6)-(2.9);

$F_3(v)$ – мінімальні витрати на доставку продукції замовникам, які були отримані з моделі (2.10)-(2.14).

Результатом реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві є максимізація прибутку за рахунок мінімізації загальних логістичних витрат.

Висновки до розділу 2

1. Логістична система підприємства представляє комплекс логістичних процесів, які взаємодіють між собою певним чином, з метою отримання максимального прибутку за рахунок зниження логістичних витрат на постачання, виробництво та реалізацію продукції. Відповідно до принципів управління логістичною діяльністю підприємства виділено функціональні елементи логістичної системи (відділ продажу, відділ планування виробництва, відділ управління запасами, відділ транспортування, відділ закупівель, склад готової продукції та ресурсів, виробництво, постачальники, замовники) та побудовано загальну схему їх взаємодії, яка доповнює узагальнену схему взаємозв'язків логістичних процесів на підприємстві, які були покладені в основу узагальненої схеми комплексу економіко-математичних моделей логістичного управління підприємством.

2. Узагальнена схема комплексу відображає поетапну реалізацію логістичних процесів на підприємстві та складається з економіко-математичних

моделей прогнозування попиту на продукцію, моделі виробничої логістики, моделей логістики постачання ресурсів, моделей логістики збуту продукції. Реалізація запропонованого комплексу дозволяє поетапно дослідити логістичні процеси, з метою розв'язання комплексної задачі підвищення ефективності логістичної діяльності підприємства загалом.

3. У реальних умовах високого ступеня невизначеності, коливання ринкового попиту на товари, цін на продукцію, планування виробництва необхідно орієнтуватися на прогноз попиту на продукцію підприємства. Тому на першому етапі реалізації розробленого комплексу економіко-математичних моделей передбачається застосування економетричних моделей прогнозування попиту.

4. Враховуючи прогноз попиту на продукцію, виробничу потужність підприємства, можливості зберігання готової продукції, для підприємства може бути визначений оптимальний план виробництва та поповнення запасів готової продукції за умови мінімізації витрат на виробництво та зберігання. Для реалізації цього етапу розробленого комплексу економіко-математичних моделей пропонується оптимізаційна модель виробничої логістики.

5. Після визначення оптимального плану виробництва продукції з урахуванням норм витрат ресурсів на виробництво було визначено необхідні обсяги запасів ресурсів. Наступний етап реалізації комплексу економіко-математичних моделей передбачає визначення оптимальних обсягів поповнення запасів ресурсів за умови мінімізації загальних витрат на їх придбання та зберігання на основі оптимізаційної моделі логістики постачання ресурсів.

6. Враховуючи коливання цін на ресурси, витрат на транспортні послуги, можливі зміни умов поставок і закупівель, надійність поставок, доцільним є включення до комплексу економіко-математичних моделей імітаційної моделі логістики постачання ресурсів, яка передбачає визначення оптимального постачальника ресурсів, обсягів їх замовлення, найвигіднішої стратегії

постачання та графіка їх доставки з погляду найменших логістичних витрат та надійності поставок.

7. Завершальним етапом реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві є етап розв'язання задачі логістики збуту, яка полягає в оптимізації плану доставки готової продукції підприємства з урахуванням обсягів та періодичності поставок кожному замовнику, можливостей підприємства щодо транспортних перевезень, а також наявності готової продукції за умови мінімальних витрат на доставку.

8. Для моделювання функціонування ланцюга постачання у дисертаційній роботі використовується модифікована модель «Імітація ланцюга постачання», яка імітує такі показники як попит на продукцію, початковий рівень запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання, потужність виробництва, час на оформлення та доставку замовлення, що дозволяє проводити експерименти. Модифікація моделі полягає в оптимізації обсягів запасів продукції для всіх учасників ланцюга постачання завдяки введенню критерію оптимальності, що дозволяє мінімізувати загальні логістичні витрати на зберігання, доставку та витрати, пов'язані з можливим дефіцитом для всіх учасників ланцюга постачання.

Основні положення цього розділу знайшли відображення в публікаціях [123-127].

РОЗДІЛ 3.

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Економетричні моделі прогнозування попиту на продукцію

Для практичної реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів було обрано одне з найкращих у м'ясопереробній галузі України підприємство ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД, яке розташоване у Переяслав-Хмельницькому районі Київської області і вважається одним з елітних ковбасних брендів в Україні. Підприємство має замкнутий технологічний цикл виробництва, постійно інвестує кошти у найсучасніше високотехнологічне обладнання за європейськими зразками та впроваджує сучасні методи управління та технології. У своїй діяльності підприємство ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД орієнтується на споживачів, відповідальне партнерство, інноваційність як спосіб постійного вдосконалення виробничих процесів та готової продукції [23].

Логістичне планування ланцюга «виробництво – постачання – реалізація» залежить від попиту на продукцію. Тому реалізація розробленого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів для підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД починається з прогнозування попиту на плановий період. Періодом прогнозування було обрано 2015 рік з метою проведення порівняльного аналізу результатів реалізації розробленого комплексу економіко-математичних моделей для підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД з фінансовою звітністю підприємства за зазначений рік.

Розглядалися статистичні дані обсягів реалізації ковбасних виробів підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД та ціни на продукцію за період 2010-2014 роки. Проведений аналіз показав, що попит на ковбасні вироби з 2013 року зменшувався. Загальний обсяг реалізованої продукції, за 2014 рік склав 3 968,98 ум. од, що на 5,5 % менше, ніж за 2013 рік – 4 200,72 ум. од. (Додаток Б, рис. 3.1). Причиною падіння попиту є зростання цін на продукцію та зменшення купівельної спроможності споживачів.

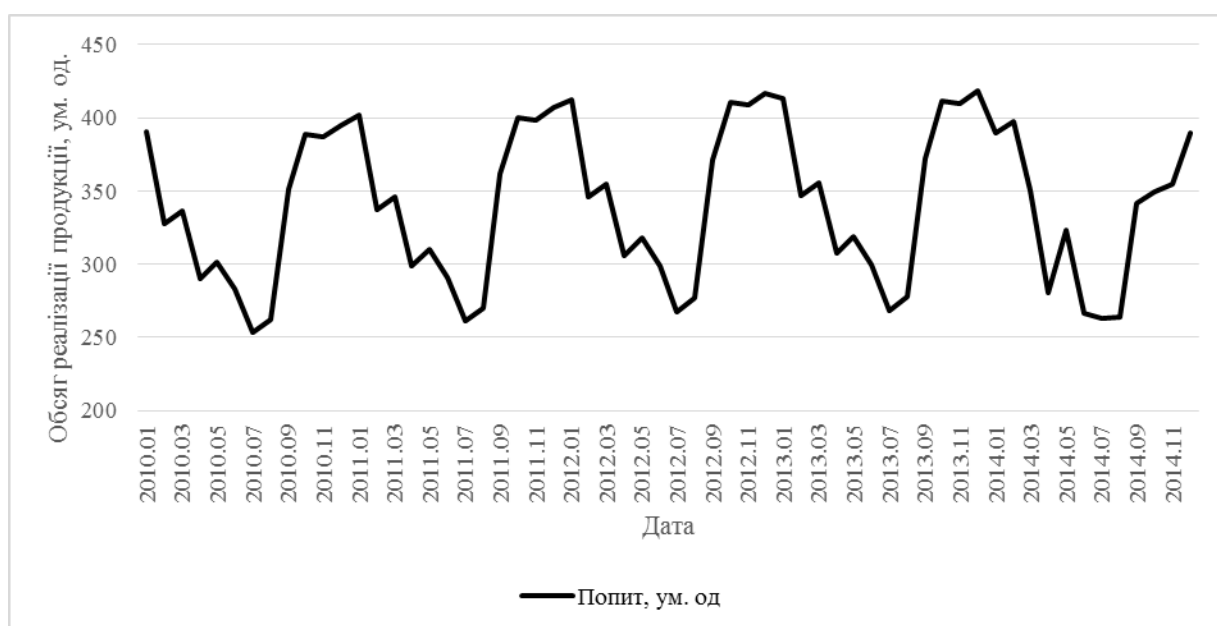


Рис. 3.1. Щомісячний обсяг реалізації ковбасних виробів підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за 2010-2014 роки

Джерело: побудовано автором

Аналіз статистичних даних за допомогою пакета EViews дав наступні результати: найбільше значення обсягу реалізації (demand) становить 418,32 ум. од., найменше – 253,68 ум. од., вибіркове середнє – 340,13 ум. од., медіана ряду – 346,03 ум. од., середньоквадратичне відхилення – 52,51 ум. од., ступінь асиметричності ряду -0,05. За статистикою Жарка-Бера (значення Prob.=0,09>0,05) можна сказати, що розподіл ряду є нормальним (Додаток В).

Перевірка часового ряду demand на стаціонарність за допомогою тесту Дікі-Фулера показала, що ряд є нестаціонарним (Додаток В).

Аналіз щомісячних статистичних даних попиту на ковбасну продукцію протягом 2010-2014 років свідчить про наявність фактору сезонності, який спостерігається протягом кожного року зазначеного періоду (рис. 3.1). Так, основними факторами, які мають бути враховані при прогнозуванні попиту на продукцію ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД, можна вважати ціни на ковбасні вироби, а також попит на продукцію в попередні періоди. Тому для прогнозування щомісячного попиту на продукцію було побудовано економетричні моделі з урахуванням ARMA-процесів, сезонності попиту та середньої ціни виробника на продукцію, а також поліноміального тренду. Для побудови щомісячного прогнозу попиту на ковбасні вироби на 2015 рік використовувалися дані реалізації продукції за 2010-2014 роки.

Побудова *економетричної моделі з урахуванням ARMA(p,q)-процесів* передбачає можливість врахування як попиту у попередні періоди часу, так і можливість випадкових збурень часового ряду. Тому для реалізації цього підходу доцільно використовувати економетричну модель з урахуванням ARMA(p,q)-процесів, яка складається з процесів авторегресії AR(p) та процесів рухомого середнього MA(q) [37, 82, 151]. Загальний вигляд ARMA(p,q)-процесу для прогнозування попиту на продукцію:

$$D_t = c + \sum_{i=1}^p \alpha_i D_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (3.1)$$

де D_t – попит на ковбасні вироби;

c – константа;

α_i та β_i – дійсні числа, коефіцієнти авторегресії та рухомого середнього

відповідно;

p та q – цілі числа, які задають порядок моделі;

t – момент часу;

ε_t – збурення моделі.

Перевагою цієї економетричної моделі є мала кількість параметрів для побудови прогнозу попиту на продукцію.

Для прогнозування попиту на ковбасну продукцію підприємства ВКФ «Укрпромпомтач-95» ЛТД було побудовано економетричну модель з урахуванням ARMA процесів (табл. 3.1). Рівняння регресії має наступний вигляд:

$$D_t = 337,4778 + 1,5807D_{t-1} - 0,7939D_{t-2} - 0,7575\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1

Оцінки параметрів моделі (3.2)

Змінні	Коефіцієнти	t-Statistic	Prob t-Statistic
Constant	337,4778	72,2916	0,0000
AR(1)	1,5807	15,1217	0,0000
AR(2)	-0,7939	-9,6482	0,0000
MA(1)	-0,7574	-5,4466	0,0000

Джерело: власні розрахунки автора

Коефіцієнти моделі є значущими, оскільки значення Prob.<0,05. Практичне значення статистики Фішера з рівнем значимості $1 - \alpha = 0,95$ $F_{теор} = 2,92$. Оскільки значення $F_{факт}$ більше за значення $F_{теор}$ ($42,14 > 2,92$), то можна зробити висновок про адекватність побудованої моделі, Prob.(F-statistic)=0,000000. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,66$, що свідчить про тісний зв'язок між попитом на ковбасні вироби (demand) та факторами регресійної моделі.

За допомогою критерію Бройша-Годфрі визначено, що автокореляція залишків моделі відсутня, оскільки значення Prob. є більшим за рівень надійності 0,05. Перевірка на гетероскедастичність залишків моделі за допомогою критерія Вайта показала відсутність гетероскедастичності збурень, Prob. більше 0,05 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Результати основних статистичних тестів моделі (3.2)

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test			
F-statistic	2,4734	Prob. F(2,64)	0,0923
Obs*R-squared	5,0079	Prob. Chi-Square(2)	0,0818
Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	1,0910	Prob. F(14,55)	0,3859
Obs*R-squared	15,2153	Prob. Chi-Square(14)	0,3636
Scaled explained SS	9,1724	Prob. Chi-Square(14)	0,8198

Джерело: власні розрахунки автора

За моделлю (3.2) побудовано прогноз щомісячного попиту на ковбасні вироби на 2015 рік та представлено графік значень спостережень залежної змінної, оцінених значень залежної змінної за моделлю та залишків (рис. 3.2).

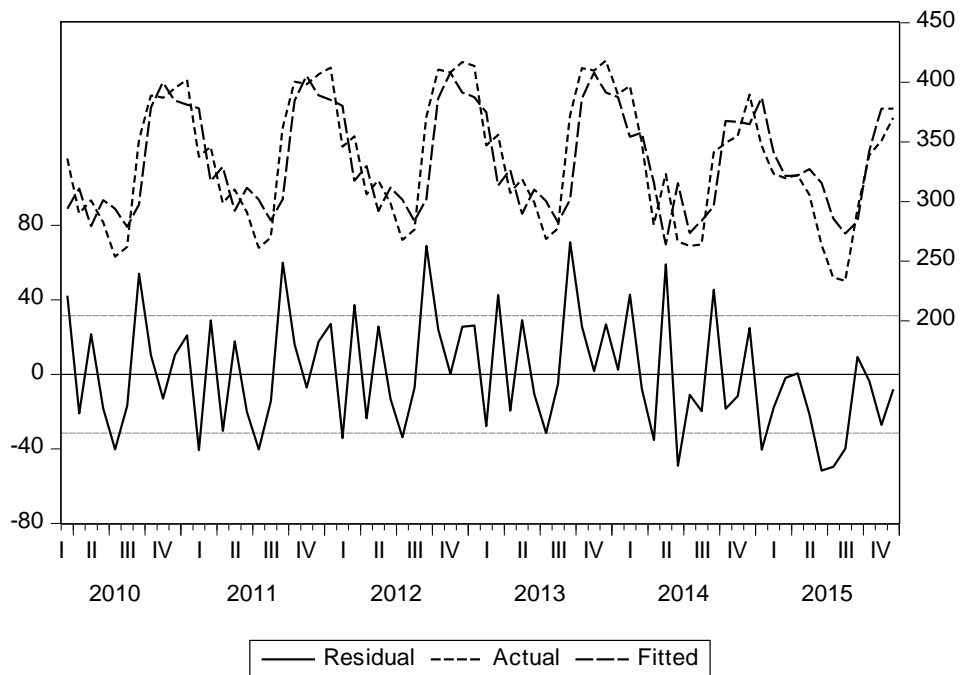


Рис. 3.2. Щомісячний прогноз попиту на ковбасні вироби на 2015 р. за моделлю (3.2)

Джерело: власні розрахунки автора

Середня абсолютна похибка прогнозу $MAPE = 7,99\%$, що свідчить про достатню точність.

Побудова економетричної моделі з урахуванням сезонності та середньої ціни виробника на продукцію ґрунтується на гіпотезі залежності попиту від зазначених факторів [84, 118]. У такому випадку структура економетричної моделі для прогнозування попиту на продукцію наступна:

$$D_t = \beta_0 + app_t + \sum_1^{11} \beta_i q_i + \varepsilon_t, \quad (3.3)$$

де app_t – середня ціна виробника на ковбасні вироби в момент часу t ;

q_i – сезонні компоненти, $i = \overline{1,11}$;

β_0 – константа;

β_i – коефіцієнти;

t – індекс часу;

ε_t – збурення моделі.

За допомогою пакету EViews встановлено, що параметр app_t (середня ціна виробника на ковбасну продукцію) є нестационарним, оскільки ADF Test Statistic становить -0,1612, що є більшим за рівень надійності для 1%, 5% та 10% (Додаток В).

Для прогнозування попиту на ковбасну продукцію підприємства ВКФ «Укрпромпомтач-95» ЛТД було побудовано економетричну модель з урахуванням сезонності та середньої ціни виробника на ковбасні вироби (табл. 3.3). Рівняння регресії має наступний вигляд:

$$D_t = 332,7845 - 0,0018app_t + 24,9866q_1 + 9,9858q_2 - 11,7509q_3 - 8,9873q_4 - 32,0568q_5 - 94,9856q_6 - 111,6758q_7 - 109,0945q_8 - 66,9857q_9 + 7,0756q_{10} + 35,0954q_{11} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Таблиця 3.3

Оцінки параметрів моделі (3.4)

Змінні	Коефіцієнти	t-Statistic	Prob t-Statistic
Constant	332,7845	23,1634	0,0000
app_t	0,0018	-3,7391	0,0001
q_1	24,9866	-4,0864	0,0000
q_2	9,9858	-5,1755	0,0004
q_3	-11,7509	-10,0872	0,0000
q_4	-8,9873	-10,0013	0,0000

q_5	-32,0568	-12,0547	0,0000
q_6	-94,9856	-18,4853	0,0003
q_7	-111,6758	-21,4598	0,0000
q_8	-109,0945	-20,922	0,0000
q_9	-66,9857	-15,9685	0,0000
q_{10}	7,0756	-6,0841	0,0007
q_{11}	35,0954	-4,0962	0,0000

Джерело: власні розрахунки автора

Побудована економетрична модель (3.4) має наступні характеристики: коефіцієнти є значущими (Prob.<0,05), модель адекватна (статистика Фішера становить 65,82, Prob.(F-statistic)=0,0000), коефіцієнт кореляції показує тісний зв'язок між попитом на ковбасні вироби, середніми цінами виробника на ковбасну продукцію та фактором сезонності ($R^2 = 0,91$).

За допомогою критерію Бройша-Годфрі визначено, що автокореляція залишків моделі відсутня, оскільки значення Prob. є більшим за рівень надійності 0,05. Перевірка на гетероскедастичність залишків моделі за допомогою критерія Вайта показала відсутність гетероскедастичності збурень, Prob. більше 0,05 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Результати основних статистичних тестів моделі (3.4)

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test			
F-statistic	0,7356	Prob. F(2,55)	0,4838
Obs*R-squared	1,6795	Prob. Chi-Square(2)	0,4318
Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	2,5206	Prob. F(18,53)	0,0847
Obs*R-squared	33,2081	Prob. Chi-Square(18)	0,0557

Scaled explained SS	12,7018	Prob. Chi-Square(18)	0,0581
---------------------	---------	----------------------	--------

Джерело: власні розрахунки автора

Перевірка стабільності параметрів моделі за критерієм CUSUM показала, що параметри моделі є стабільними, оскільки кумулятивна сума рекурсивних залишків не виходить за межі критичних ліній (Додаток В).

За моделлю (3.4) побудовано прогноз щомісячного попиту на ковбасні вироби на 2015 рік та представлено графік значень спостережень залежної змінної, оцінених значень залежної змінної за моделлю та залишків (рис. 3.3).

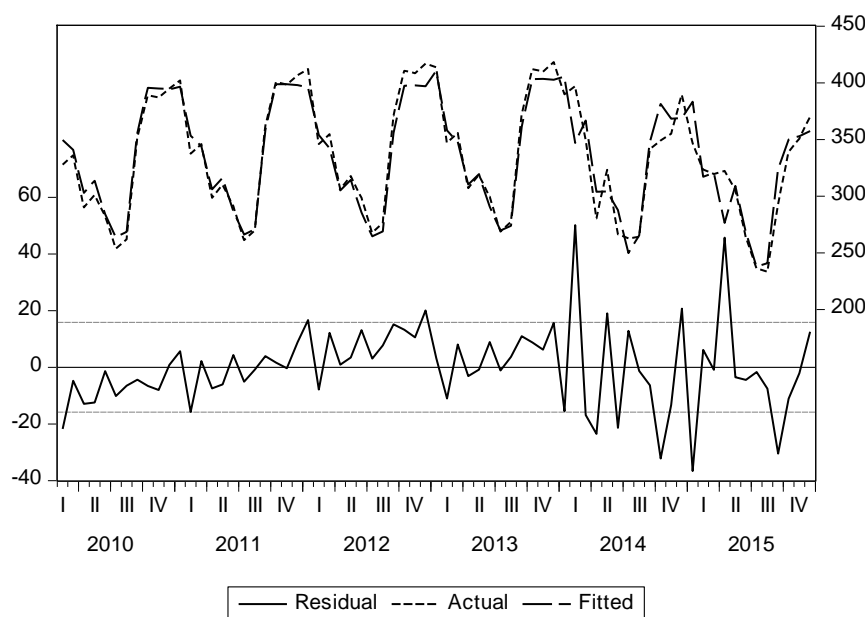


Рис. 3.3. Щомісячний прогноз попиту на ковбасні вироби на 2015 р. за моделлю (3.4)

Джерело: власні розрахунки автора

Середня абсолютна похибка моделі становить 5,66%, що свідчать про те, що прогноз є достатньо точним. Отже, прогноз за моделлю (3.4) є більш точним, ніж за моделлю (3.2).

Економетрична модель з використанням поліноміального тренду полягає в побудові прогнозу попиту на продукцію на наступний рік на основі поліноміального тренду. Поліноміальні тренди застосовуються для опису значень часових рядів, дані яких мають сезонні коливання. Поліноміальний тренд описується економетричною моделлю наступного виду [84, 149].

$$D_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i t^i + \varepsilon_t, \quad (3.5)$$

β_0 – константа;

β_i – коефіцієнти;

t – час (рік);

ε_t – збурення моделі.

Враховуючи частку обсягу попиту на продукцію по місяцям, яка залишається приблизно однаковою із року в рік, можна отримати прогноз попиту на продукцію для кожного місяця окремо.

Для прогнозування попиту на ковбасну продукцію підприємства ВКФ «Укрпромпомтач-95» ЛТД було побудовано економетричну модель з урахуванням поліноміального тренду:

$$D_t = - 58,102t^2 + 359,62t + 3641 \quad (3.6)$$

коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,97$ показує тісний зв'язок між факторами. На основі економетричної моделі (3.6) було визначено прогноз на 2015 рік, який склав 3 703,45 ум. од. ковбасний виробів (рис. 3.4).

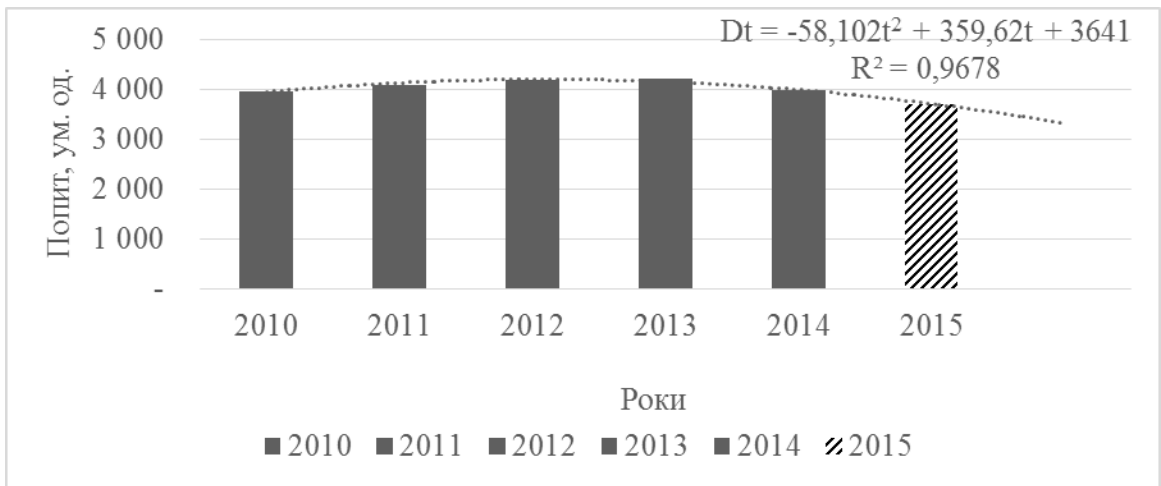


Рис. 3.4. Прогноз попиту на ковбасні вироби на 2015 р.

Джерело: власні розрахунки автора

За 2010-2014 роки середня частка обсягу попиту на ковбасні вироби за місяцями майже не змінилася. Найбільше продукції споживається в грудні 11% та листопаді 10%, в січні, лютому, квітні, жовтні – по 9%, в березні, травні та вересні – по 8%, найменше продукції споживається в червні 7%, липні та січні по 6% [19].

Враховуючи щомісячні частки обсягу попиту на ковбасні вироби за період спостереження, можна зробити щомісячний прогноз попиту на 2015 рік (рис. 3.5).

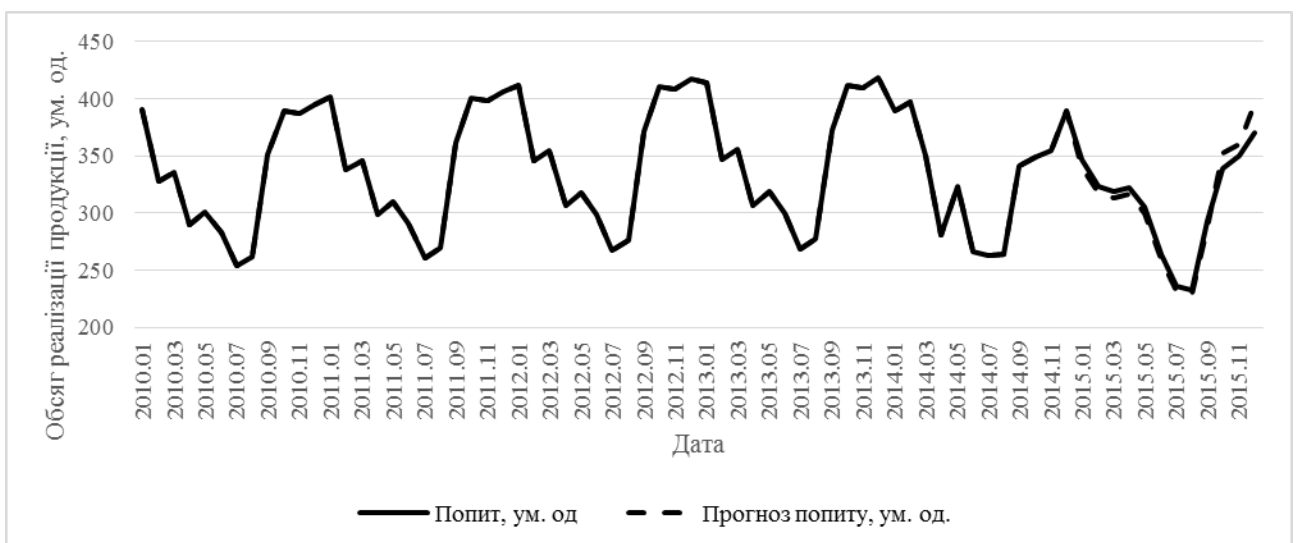


Рис. 3.5. Щомісячний прогноз попиту на ковбасні вироби на 2015 р. за моделлю (3.6)

Джерело: власні розрахунки автора

Середня абсолютна похибка моделі MAPE становить 3,22%, що свідчить про достатньо точний прогноз.

Отже, в дисертаційній роботі було побудовано прогноз попиту на ковбасні вироби підприємства ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД на 2015 рік за трьома економетричними моделями, кожна з яких є допустимою.

Враховуючи те, що економетрична модель (3.6) була побудована на щорічних даних за період 2010-2014 роки, тому її використання можливе тільки для короткострокового прогнозування (на один рік), інакше, модель потребує уточнення.

3.2 Моделювання логістики виробництва продукції та логістики постачання ресурсів на підприємстві

При моделюванні логістики виробництва продукції на підприємстві ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД використовується оптимізаційна модель виробничої логістики (2.1)-(2.5) з урахуванням прогнозу попиту на різні ковбасні вироби на 2015 рік, отриманими на основі економетричної моделі (3.6). Планування виробництва продукції та поповнення її запасів відбувається на кожний день протягом одного року.

Підприємство ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД протягом року виготовляє понад 3 000 ум. од. ковбасних виробів за рік, до складу яких входять 9 груп: сосиски та сардельки; паштетні, ліверні та кров'яні; запечені вироби; ковбаси варені; м'ясні делікатеси; ковбаси варено-копчені; ковбаси напівкопчені; ковбаси копчено-запечені; ковбаси сиров'ялені. Лідерами продажу є сосиски, сардельки (27%) та ковбаси напівкопчені (18%) (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Частка обсягів реалізації ковбасних виробів за видами протягом 2015 р.

Джерело: власні розрахунки автора

На рис. 3.7 показано дохід від реалізації ковбасних виробів, витрати та прибуток протягом 2013-2015 рр.

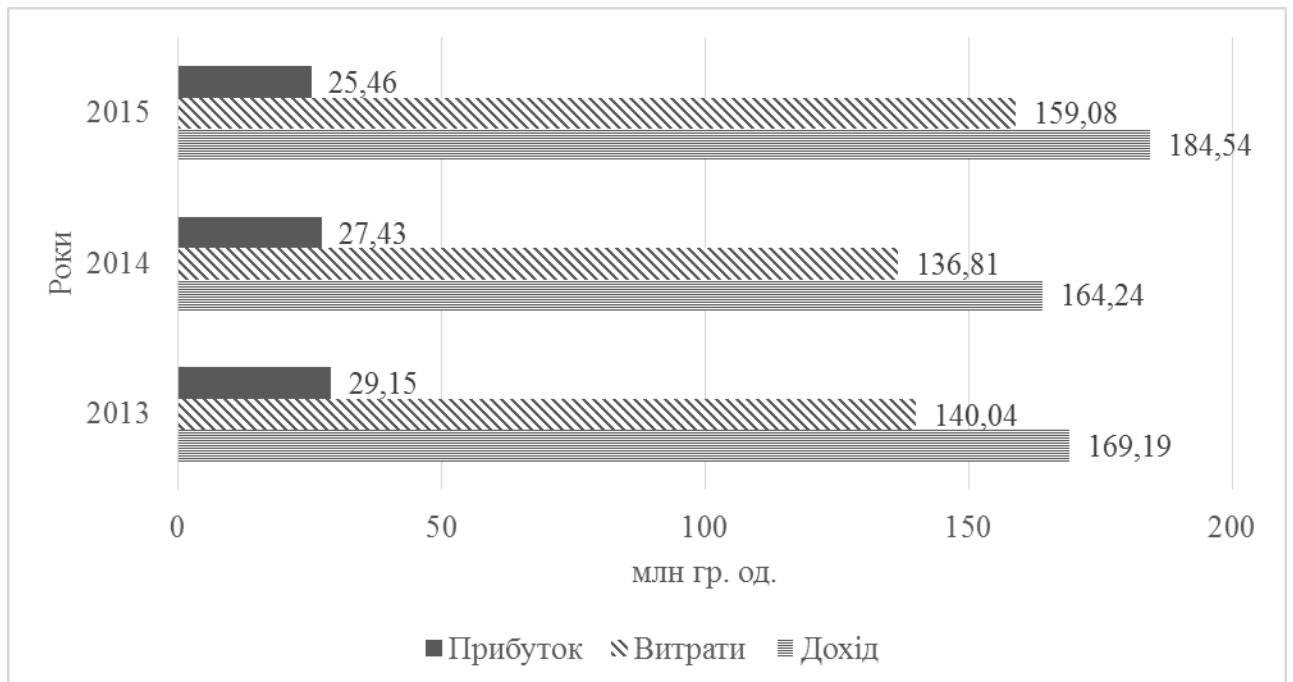


Рис. 3.7. Дохід від реалізації ковбасних виробів, витрати та прибуток протягом 2013-2015 рр.

Джерело: власні розрахунки автора

Не зважаючи на те, що обсяг реалізації ковбасних виробів за 2015 рік зменшився, дохід склав майже 185 млн грн. од., що на 12,4% більше, ніж за 2014 рік (164,24 млн грн. од.). Це пов'язано зі зростанням цін на продукцію. У 2014 році дохід зменшився на 2,9% порівняно з 2013 роком. Прибуток за три роки зменшився та у 2015 році становив 25,46 млн грн. од., що на 7,2% менше за 2014 рік. Оскільки ціни на продукцію зросли, а доходи споживачів не дозволяють купувати дорогий товар, підприємство намагається утримати споживчу аудиторію навіть на збиток свого прибутку.

Загальні витрати підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД у 2015 році склали майже 160 млн грн. од., що на 16% більше, ніж в 2014 році – 136,81 млн грн. од. Найбільшу частку загальних витрат підприємства складають витрати на поповнення запасів ресурсів, які в 2015 році становили 83,41 млн грн. од. (рис. 3.8).

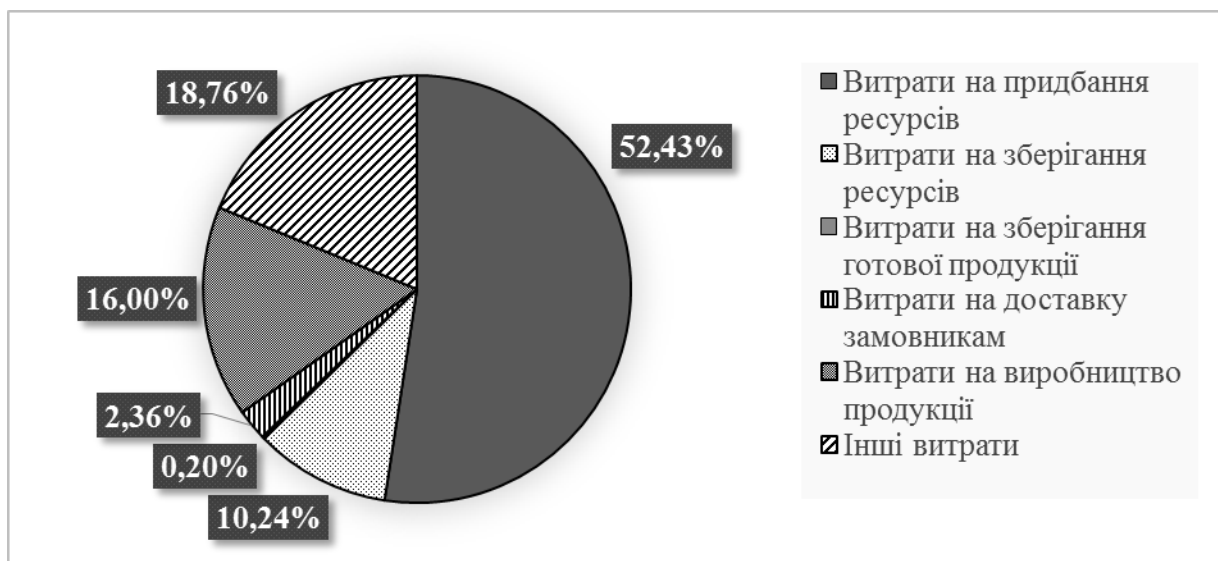


Рис. 3.8. Структура витрат підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за 2015 рік

Джерело: власні розрахунки автора

Враховуючи структуру логістичних витрат, дослідимо ефективність застосування запропонованого у другому розділі дисертації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД.

Для практичної реалізації комплексу виявилось необхідним зробити певні уточнення економіко-математичних моделей з урахуванням специфіки підприємства. Так, при плануванні обсягів виробництва ковбасних виробів та обсягів їх запасів у часовому вимірі мають враховуватися терміни реалізації.

Групи ковбасних виробів було поділено на дві категорії: вироби, максимальний термін реалізації яких не перевищує 5 днів та вироби, максимальний термін реалізації яких від 15 до 45 днів. До першої категорії належать перші п'ять груп ковбасних виробів, до другої – решта. На підприємстві встановлено правило, що запас ковбасних виробів першої категорії може зберігатися на підприємстві не більш одного дня, другої – не більш п'яти днів.

Так, балансове співвідношення (2.2) набуває такого вигляду:

$$x_{it} + s_{it-1} - s_{it} = a_{it}, \quad i = \overline{1,5}, t = \overline{1,365} \quad (3.7)$$

$$x_{it} + s_{iT-k} - s_{it} = a_{it}, \quad i = \overline{6,9}, t = \overline{1,4}, k = \overline{2,5} \quad (3.8)$$

$$x_{it} + s_{it-5} - s_{it} = a_{it}, \quad i = \overline{6,9}, t = \overline{5,365} \quad (3.9)$$

Прогноз попиту на різні види ковбасних виробів на 2015 рік представлено на рис. 3.9.

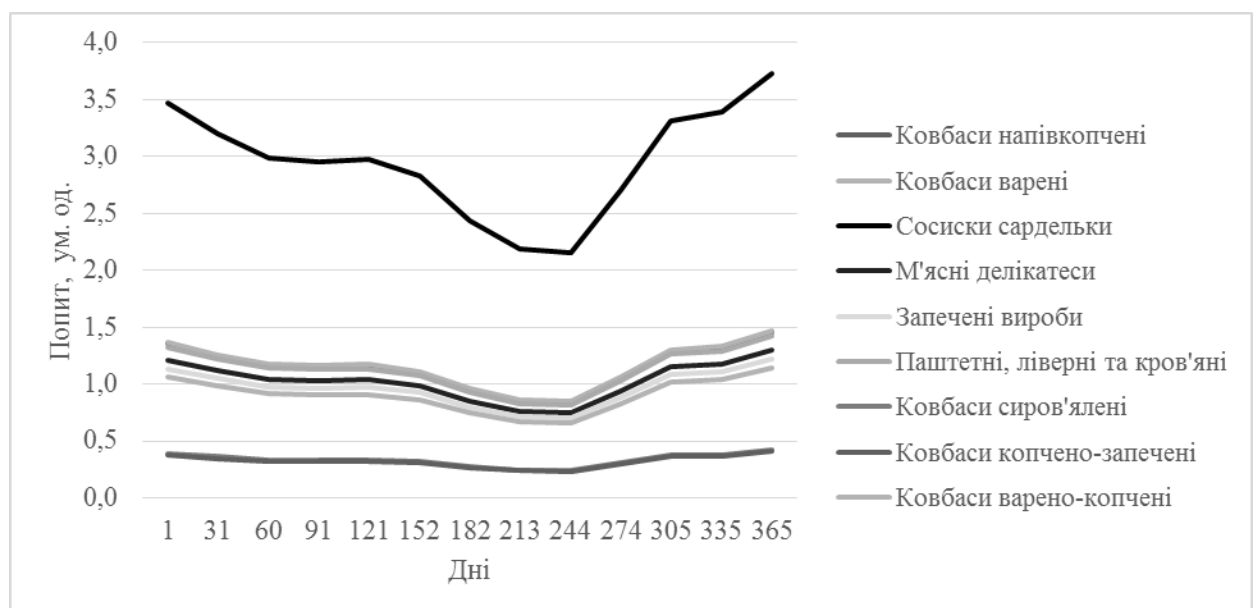


Рис. 3.9. Попит на ковбасні вироби за видами у 2015 році

Джерело: власні розрахунки автора

Дані щодо середніх оптових цін, витрат та можливостей зберігання готової продукції за видами, а також виробничої потужності підприємства представлено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

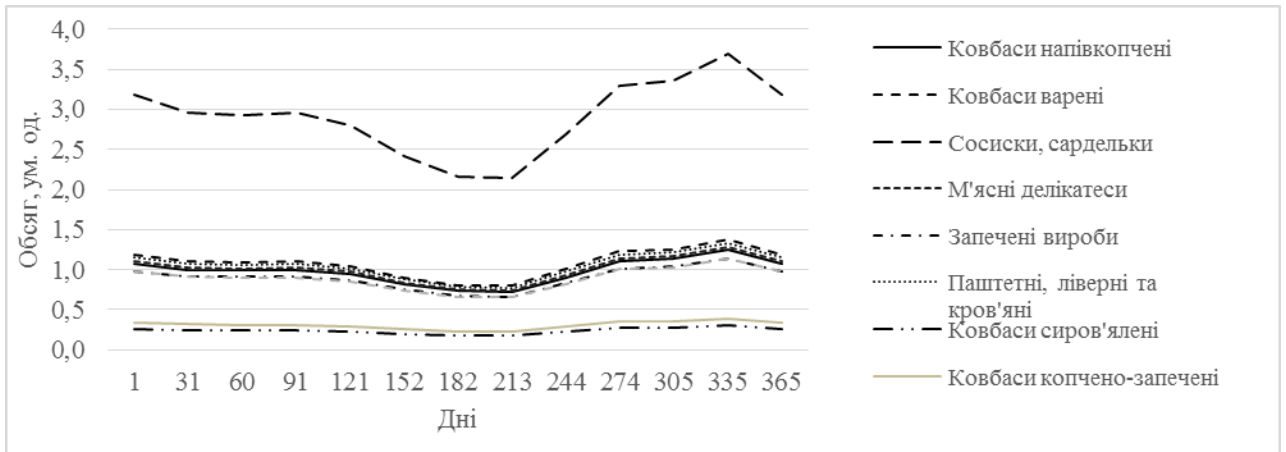
Дані про продукцію підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД

№	Вид продукції	Середні оптові ціни, тис. гр. од./ум. од. (p_i)	Витрати на зберігання, гр. од./ум. од. за день (h_i)	Параметри, що характеризують можливість зберігання готової продукції, ум. од. (g_i)	Потужність виробництва продукції за день, ум. од. (b_i)
1	Сосиски, сардельки	97,53	95,2	7,8	5
2	Паштетні, ліверні та кров'яні	50,93	49,7	4,1	1
3	Запечені вироби	144,99	140,7	4,5	1,8
4	Ковбаси варені	124,65	121,7	5,5	2,6
5	М'ясні делікатеси	145,00	141,5	5,4	2
6	Ковбаси варено-копчені	140,00	136,7	5	2
7	Ковбаси напівкопчені	111,54	108,9	6,2	3,2
8	Ковбаси копчено-запечені	107,30	104,7	4,5	1,3
9	Ковбаси сиров'ялені	205,00	200,3	4	1,1

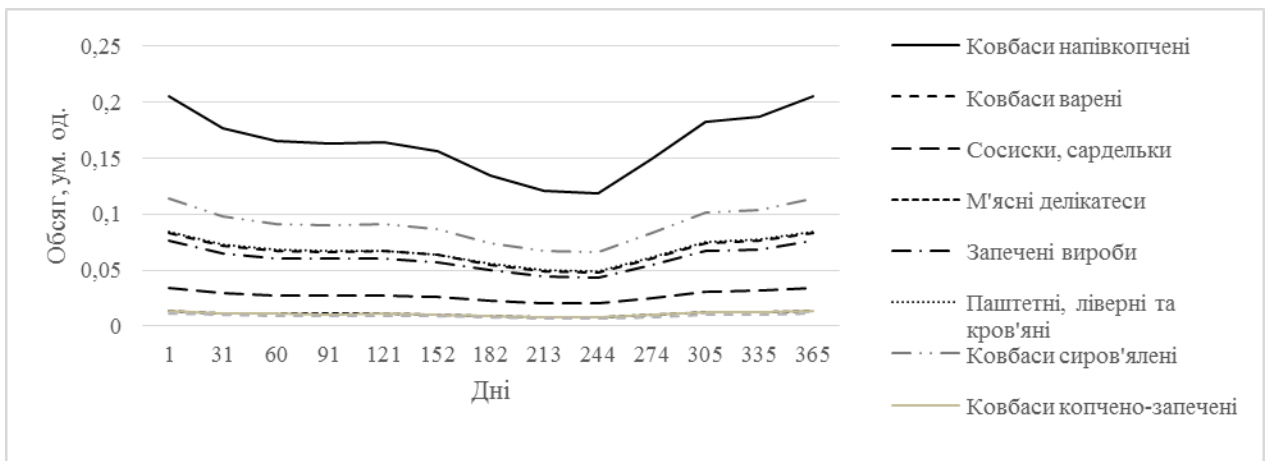
Джерело: власні розрахунки автора

В результаті розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики виробництва (2.1)-(2.5), з урахуванням специфіки підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД (3.7)-(3.9) було отримано оптимальні обсяги

виробництва продукції та оптимальні обсяги поповнення запасів готової продукції (рис. 3.10).



а)



б)

Рис. 3.10. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики виробництва (2.1)-(2.5) для ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД на 2015 рік: а) оптимальні обсяги виробництва продукції; б) оптимальні обсяги поповнення запасів готової продукції

Джерело: власні розрахунки автора

В результаті застосування оптимізаційної моделі логістики виробництва визначено, що витрати на виробництво продукції у 2015 році становитимуть 25,02 млн гр. од., що на 1,73% менше за фактичні (25,46 млн гр. од.), а витрати на зберігання готової продукції будуть 311,9 тис. гр. од., що на 1,09% менше за фактичні (315,34 тис. гр. од.).

Для виготовлення ковбасних виробів підприємство використовує ресурси: м'ясо свинини, яловичини, куряче м'ясо, добавки та спеції, молоко та інші.

На основі оптимального плану виробництва продукції та нормативів витрат ресурсів (Додаток Г) розраховується попит на ресурси кожного виду протягом 2015 року (рис. 3.11).

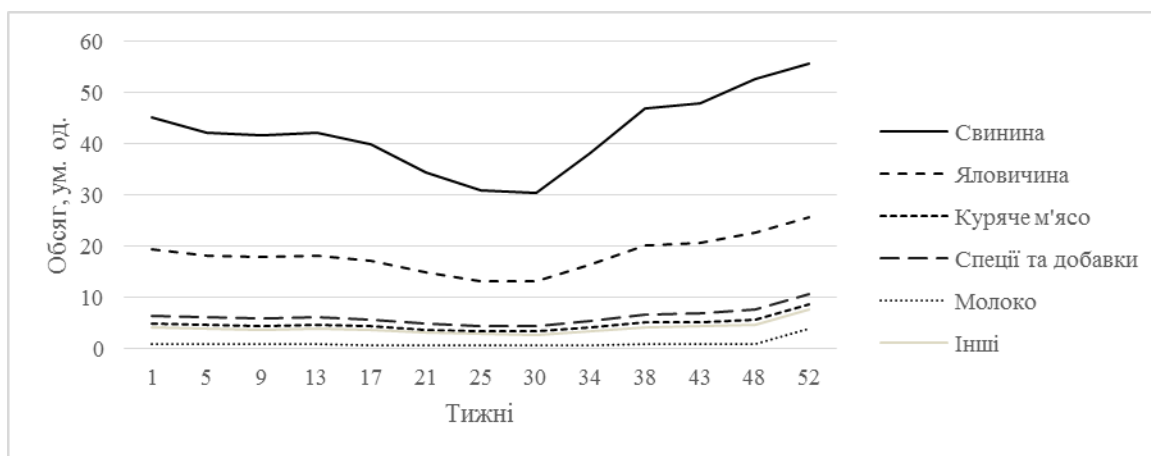


Рис. 3.11. Попит на ресурси підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД протягом 2015 року

Джерело: власні розрахунки автора

При моделюванні логістики постачання ресурсів на підприємстві ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД використовується оптимізаційна модель логістики постачання (2.6)-(2.9) з урахуванням розрахованого попиту на різні види ресурсів на 2015 рік.

Планування поповнення запасів ресурсів відбувається щотижнево протягом року. Інформація про витрати на придбання ресурсів, їх зберігання, а також параметри, які обмежують можливості їх зберігання наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Дані про ресурси підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД

№	Вид ресурсу	Витрати на придбання, тис. гр. од./ ум. од. (c_j)	Витрати на зберігання за день, тис. гр. од./ ум. од. (h_j)	Параметри, якими обмежено зберігання, ум. од. (g_j)

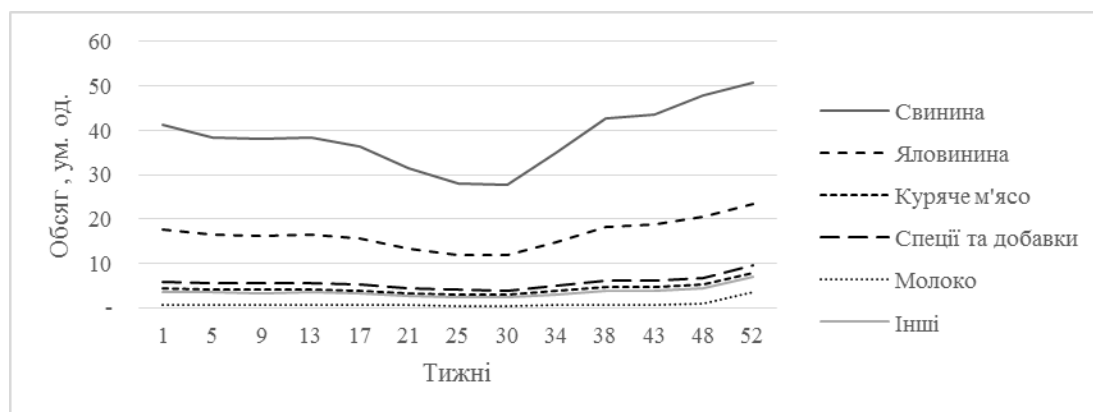
1	Свинина	66,48	16,62	250
2	Яловичина	83,67	20,91	100
3	Куряче м'ясо	42,31	10,61	50

Продовження табл. 3.6

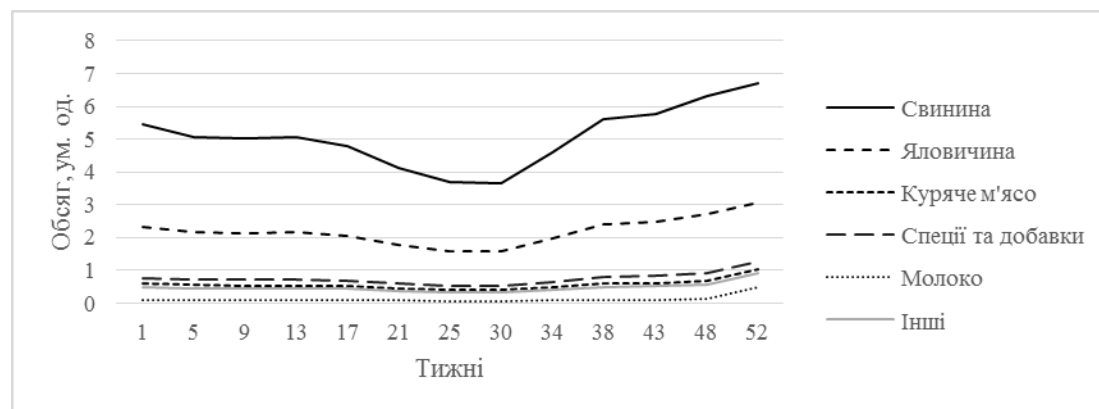
№	Вид ресурсу	Витрати на придбання, тис. гр. од./ ум. од. (c_j)	Витрати на зберігання за день, тис. гр. од./ ум. од. (h_j)	Параметри, якими обмежено зберігання, ум. од. (g_j)
4	Добавки та спеції	44,53	2,23	35
5	Молоко	13,22	0,66	10
6	Інші	4,45	0,22	25

Джерело: власні розрахунки автора

Результати розрахунків оптимізаційної моделі логістики постачання (2.6)-(2.9) представлено на рис. 3.12.



а)



б)

Рис. 3.12. Результати розрахунків за моделлю (2.6)-(2.9) для ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД на 2016 рік: а) оптимальні обсяги поповнення запасів ресурсів; б) оптимальні обсяги зберігання запасів ресурсів

Джерело: власні розрахунки автора

В результаті застосування оптимізаційної моделі логістики постачання ресурсів визначено, що витрати на їх придбання у 2015 році становитимуть 81,76 млн гр. од., що на 1,98% менше за фактичні (83,41 млн гр. од.), а витрати на їх зберігання будуть 16,01 тис. гр. од., що на 1,74% менше за фактичні (16,29 тис. гр. од.).

Порівняння показників фактичних витрат на придбання та зберігання ресурсів за їх видами в 2015 році представлено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Показники витрат ресурсів за видами

Вид ресурсу	Витрати на придбання ресурсів (млн гр. од.)			Витрати на зберігання ресурсів (млн гр. од.)		
	2015 факт	2015 план	Динаміка, %	2015 факт	2015 план	Динаміка, %
Свинина	20,93	20,74	-0,91	5,23	5,13	-1,91
Яловичина	26,34	25,80	-2,05	6,59	6,47	-1,88
Куряче м'ясо	13,32	13,04	-2,10	3,33	3,27	-1,86
Спеції та добавки	16,84	16,33	-3,03	0,1712	0,1685	-1,58
Молоко	4,58	4,47	-2,40	0,6278	0,6240	-0,61
Інші	1,4	1,38	-1,43	0,3505	0,3501	-0,11
Всього	83,41	81,76	-1,98	16,29	16,01	-1,74

Джерело: власні розрахунки автора

Крім визначення оптимальних обсягів поповнення запасів ресурсів важливим питанням є вибір постачальників з урахуванням цін на ресурси, можливості та надійності їх доставки. Враховуючи специфіку підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД, яка полягає в можливості забезпечення виробництва власними ресурсами (свинина, яловичина, куряче м'ясо та молоко), задача зводиться до вибору постачальників спецій та добавок.

Постачальниками спецій та добавок, у яких підприємство робило замовлення, є СП ТОВ «Лай-Спеції», ТОВ «Проксіма Гмбх», ТОВ «Матімекс-Україна», «Віберг-Україна», ТОВ «Люфінк Спайс». Для кожного з постачальників відомі вартість замовлення, вартість доставки, термін доставки, надійність (ймовірність доставки замовлення у встановлений термін та в необхідному обсязі), мінімальна та максимальні партії замовлення (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Показники постачальників ресурсів

Показники Постачальники	Вартість замовлення, тис. гр. од./ум. од.	Вартість доставки, тис. гр. од. за 0-10 ум. од.	Термін поставки (дні)	Надійність поставки ресурсів, %	Мінімальна партія замовлення, ум. од.	Максимальна партія замовлення, ум. од.
Постачальник 1 (СП ТОВ «Лай-Спеції»)	44,53	16,62	8	82	1,5	10
Постачальник 2 (ТОВ «Проксіма Гмбх»)	46,59	14,84	10	60	3	10
Постачальник 3 (ТОВ «Матімекс-Україна»)	45,08	17,12	10	84	5	10
Постачальник 4 («Віберг-Україна»)	43,74	15,5	7	78	5	10
Постачальник	44,92	16,9	6	82	10	10

Джерело: власні розрахунки автора

Постачання ресурсів можливе за двома стратегіями: замовлення фіксованого обсягу поставки (вантажопідйомність транспортного засобу 10 ум. од.) та за потребами підприємства.

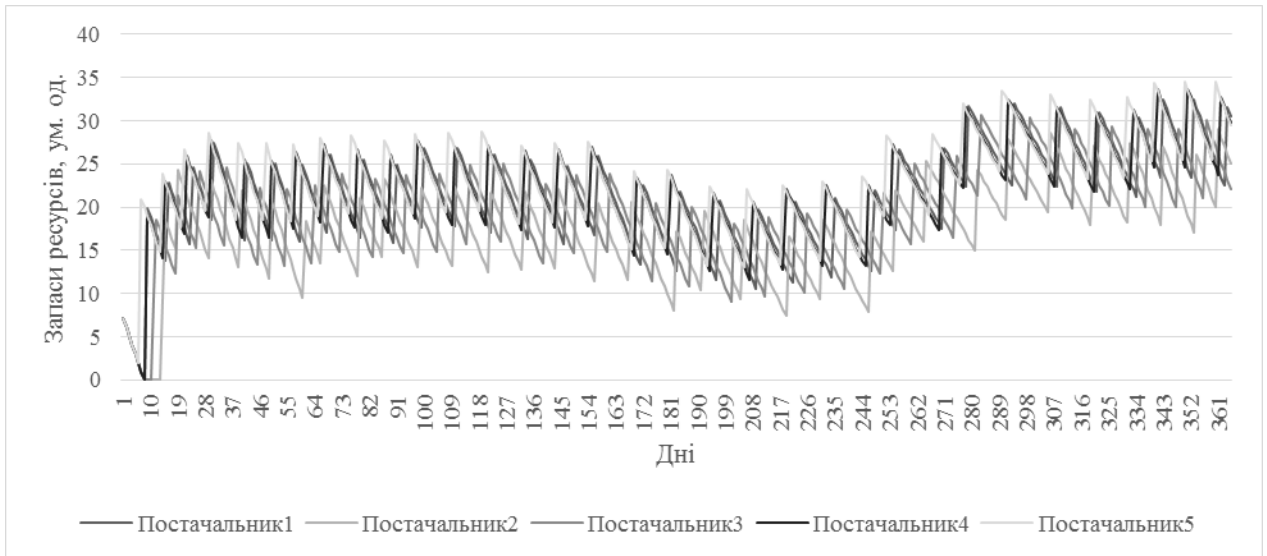
Залишок спецій та добавок на початок планового періоду на підприємстві ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД становив 6,05 ум. од., вартість зберігання за день 2,23 тис. гр. од. за 1 ум. од., дефіцит однієї одиниці ресурсів призведе до втрати прибутку у розмірі 126,5 тис. гр. од..

Враховуючи можливі зміни залишків ресурсів на складі підприємства залежно від інтенсивності їх використання, випадкові зміни часу на доставку ресурсів та фактичні обсяги їх доставки, можливість вибору стратегій постачання, для розв'язання задачі логістики постачання ресурсів до запропонованого у другому розділі дисертації комплексу економіко-математичних моделей включена також імітаційна модель постачання ресурсів, на основі якої визначається оптимальний постачальник ресурсів, оптимальні обсяги їх замовлення, найвигідніша стратегія постачання та календарний графік доставки з погляду найменших логістичних витрат та надійності поставок.

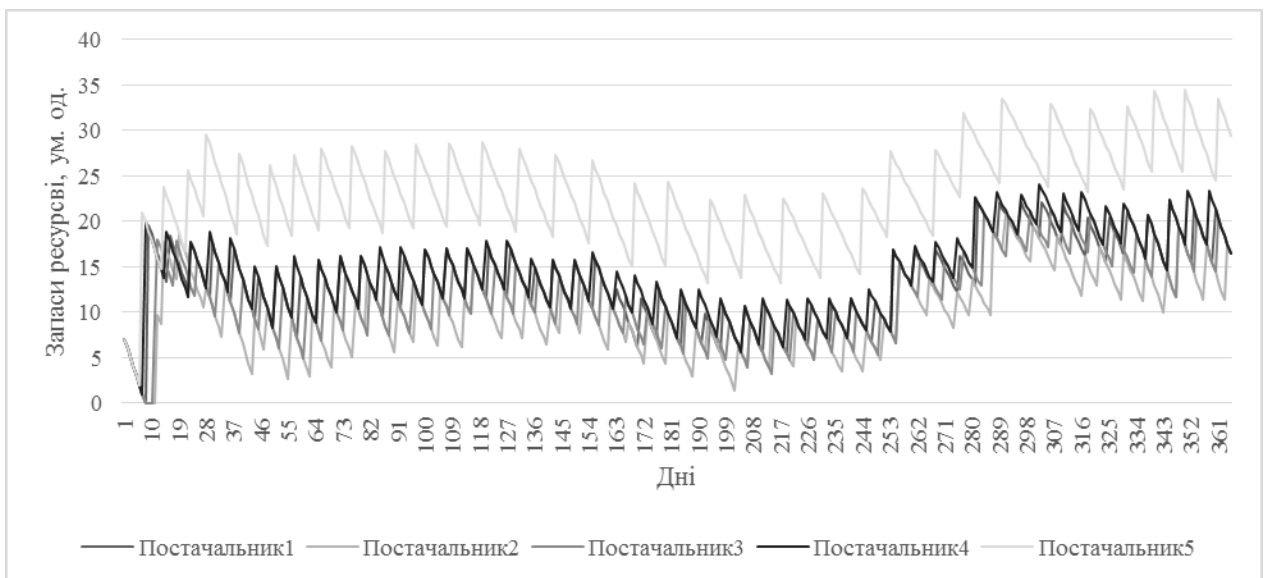
Розрахунки за імітаційною моделлю постачання ресурсів для підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД проводилися за допомогою імітаційної програми AnyLogic на основі агентного моделювання, що дозволило вивчити поведінку агентів, якими виступали постачальники ресурсів, при двох стратегіях: з фіксованим розміром замовлення та замовленням за потребами та вибрати найкращого постачальника та стратегію з погляду мінімальних витрат на придбання ресурсів, їх доставку, зберігання та можливих втрат від дефіциту.

В результаті проведених розрахунків були отримані дані відносно оптимальних запасів ресурсів на підприємстві протягом року, якщо замовлення

робиться різним постачальникам при фіксованому розмірі замовлення та при замовленні за потребами (рис. 3.13).



а)



б)

Рис. 3.13. Запаси ресурсів на підприємстві ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД протягом року: а) при фіксованому розмірі замовлення; б) за потребами

Джерело: власні розрахунки автора

З рис. 3.13 видно, що при замовленні за потребами (стратегією 1) замовлення будуть відбуватися частіше, ніж за фіксованим розміром

замовлення (стратегією 2). В результаті імітаційного моделювання були отримані наступні економічні показники для двох стратегій: витрати на придбання ресурсів, їх доставку, зберігання, втрат від можливого дефіциту та загальні витрати (рис. 3.14-3.15).

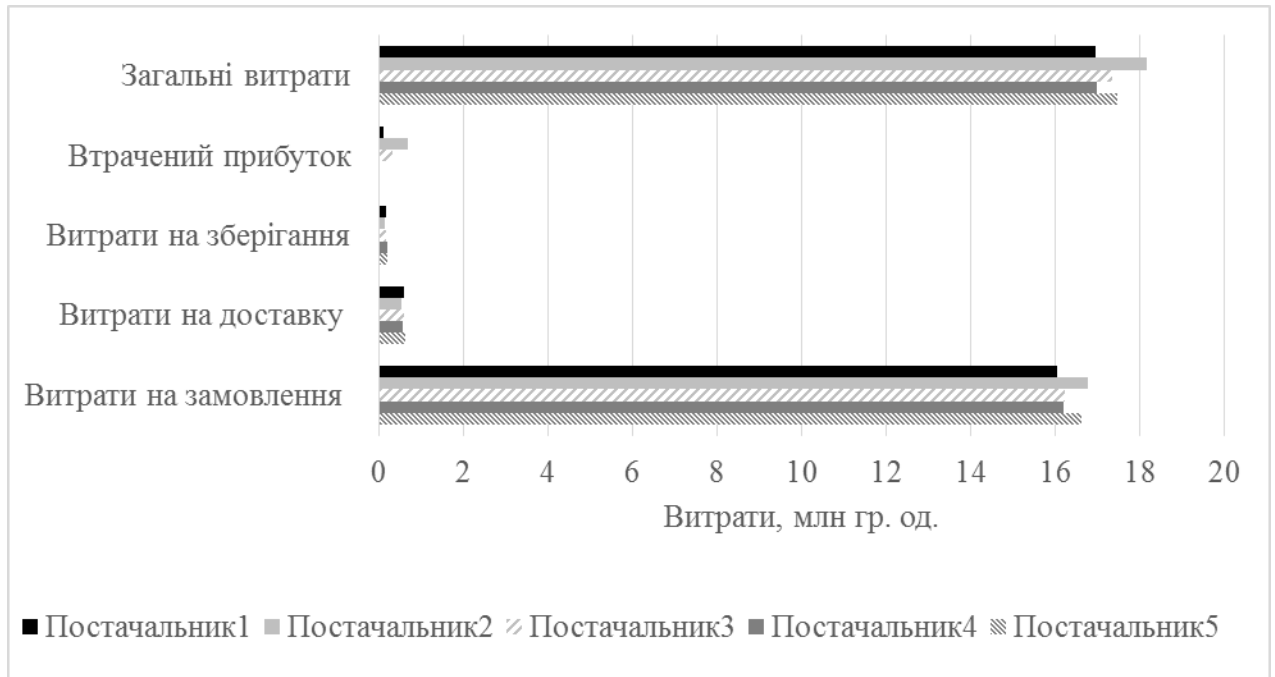


Рис. 3.14. Економічні показники імітаційного моделювання за першою стратегією

Джерело: власні розрахунки автора

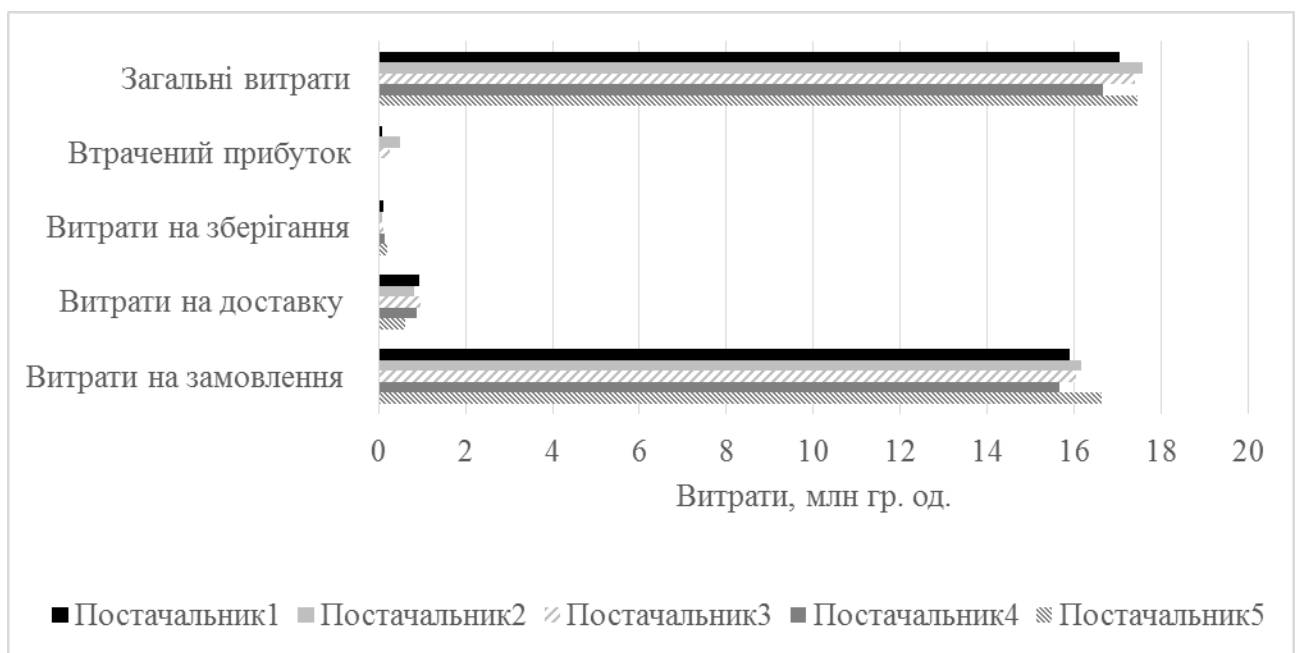


Рис. 3.15. Економічні показники імітаційного моделювання за другою стратегією

Джерело: власні розрахунки автора

Реалізація імітаційної моделі логістики постачання для м'ясопереробного підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД показала що:

- найкращим з погляду найменших логістичних витрат постачальником ресурсів (спеції та добавки) є Постачальник 4 «Віберг-Україна» (розмір витрат складає 16,66 млн гр. од. за рік, що на 2,06% менше за фактичні витрати у 2015 році);

- найвигіднішою стратегією постачання є поповнення запасів ресурсів за потребами підприємства. Оптимальні запаси ресурсів представлені на рис. 3.16.

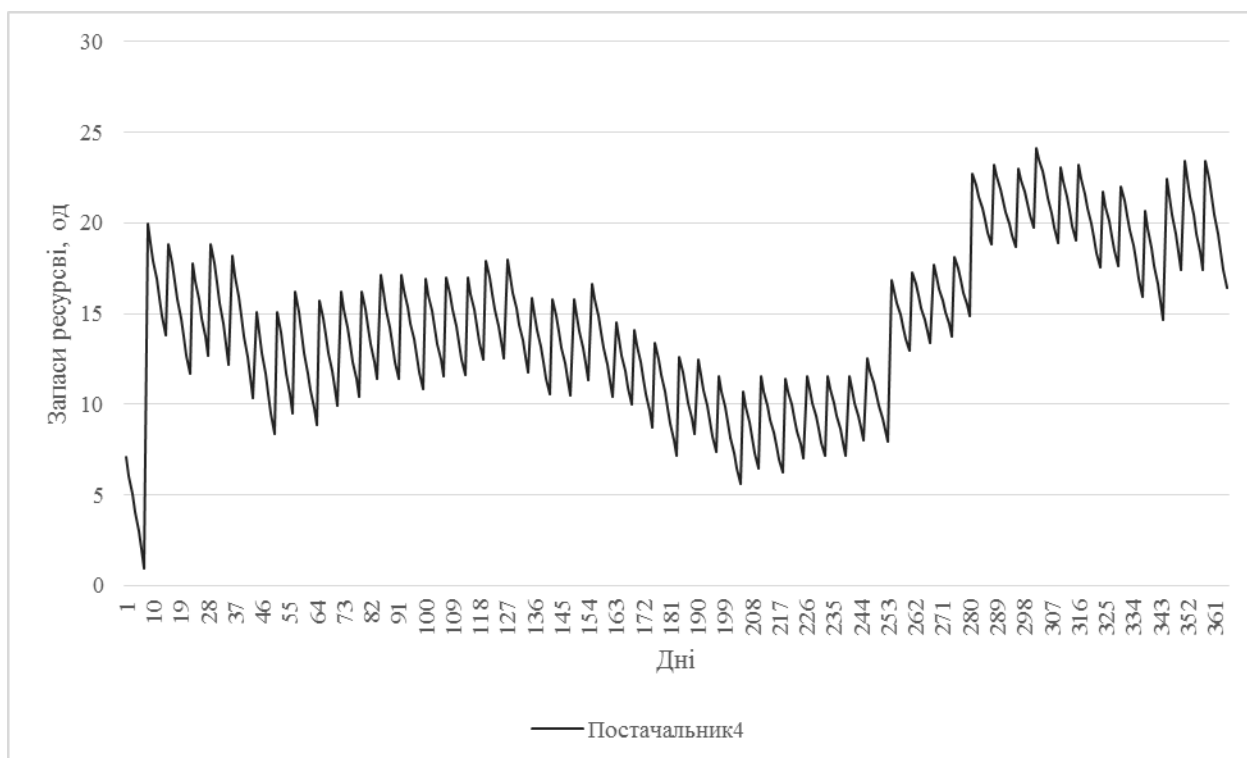


Рис. 3.16. Оптимальні запаси ресурсів на підприємстві ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД

Джерело: власні розрахунки автора

Отриманий оптимальний план закупівель ресурсів та графік їх доставки по тижням протягом 2015 року представлені на рис. 3.17.

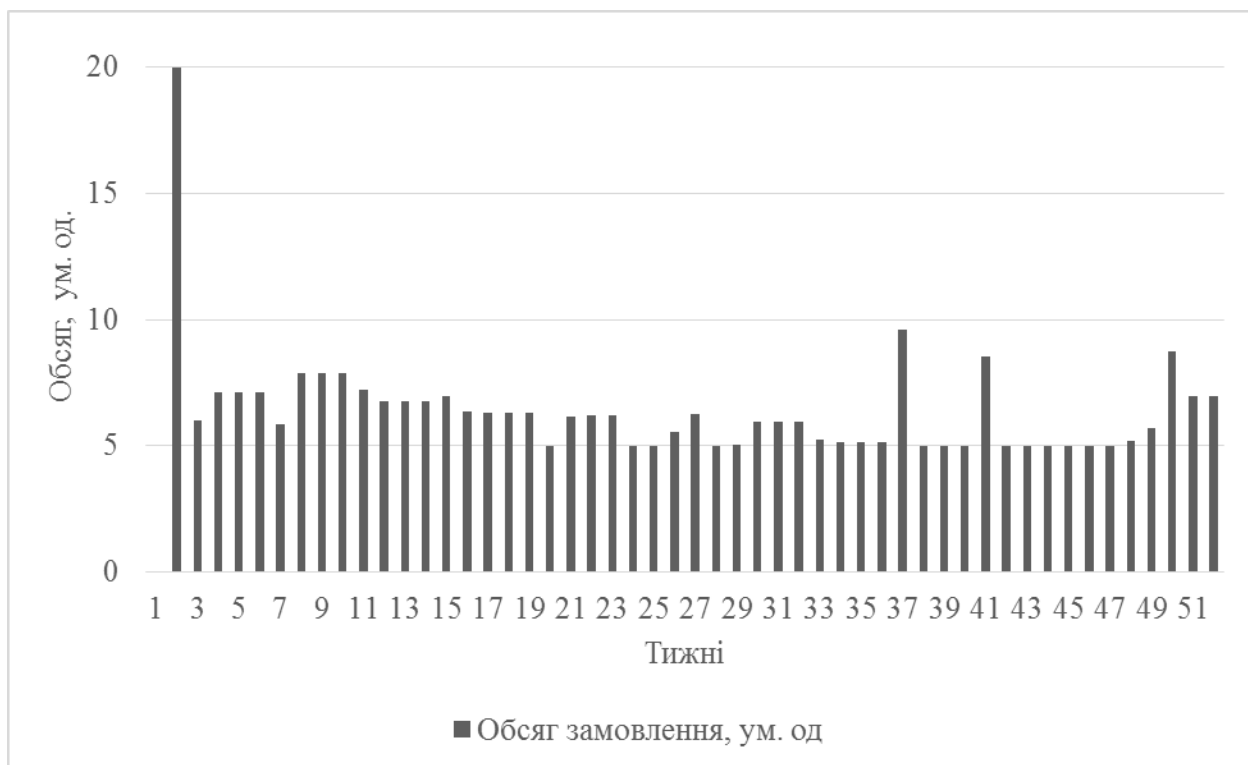


Рис. 3.17. Оптимальний план закупівель ресурсів (спецій та добавок)

Джерело: власні розрахунки автора

Мінімальні витрати на придбання та зберігання спецій та добавок, визначені за моделями (2.6)-(2.10) та (2.15)-(2.26) становлять відповідно 16,5 млн гр. од. та 16,66 млн гр. од. за рік. Результати оптимізаційної моделі управління запасами ресурсів показали кращий економічний результат, проте в імітаційній моделі визначення оптимального обсягу замовлення були враховані не тільки витрати на придбання та зберігання ресурсів, а також надійність поставок та можливі витрати, пов'язані з дефіцитом ресурсів.

3.3 Моделювання логістики збуту продукції на підприємстві

Важливим логістичним процесом на підприємстві є реалізація готової продукції. Підприємство ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД постачає продукцію замовникам з урахуванням їх фактичного замовлення, необхідної періодичності поставок, а також можливостей доставки. Задачею логістики збуту є мінімізація відповідних витрат на доставку. План доставки готової продукції складається щотижнево, враховуючи щоденний попит.

Замовниками продукції підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД є 44 оптові та роздрібні торговці, які знаходяться в Києві, Борисполі, Броварах, Золотоноші, Черкасах, Житомирі, Чернігові та Одесі (Додаток Д, рис. 3.18).

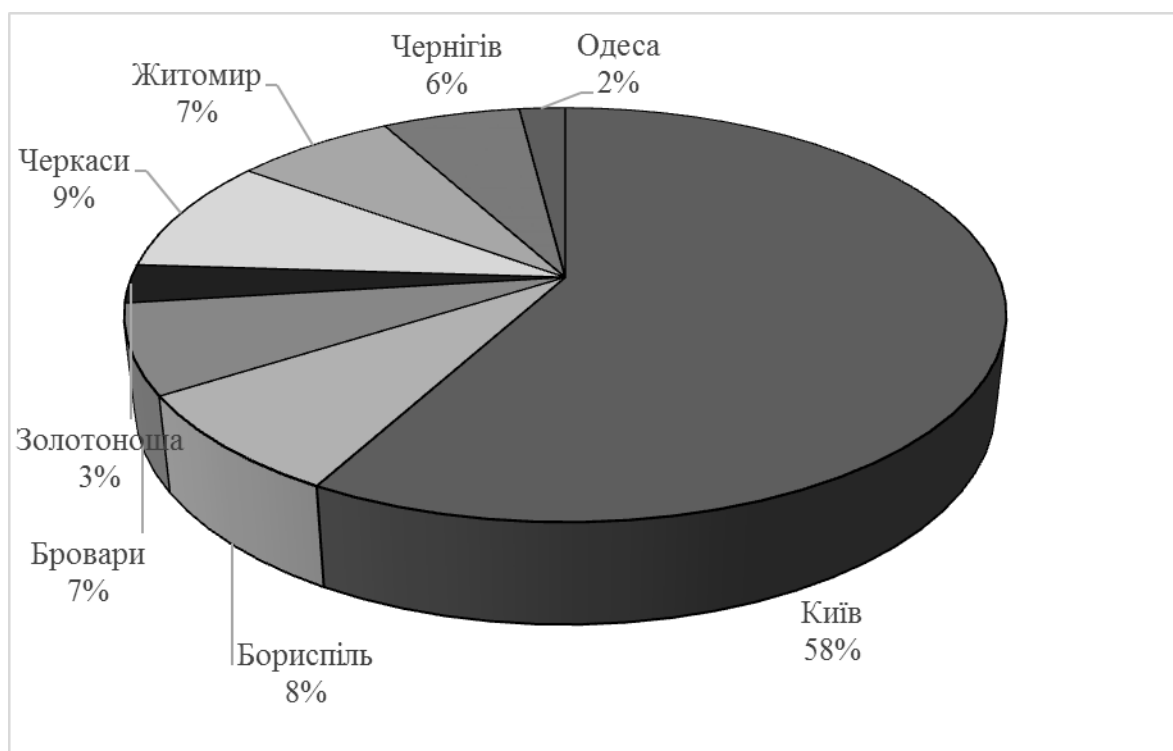


Рис. 3.18. Частка замовників ковбасних виробів підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД

Джерело: власні розрахунки автора

Підприємство займається доставкою продукції замовникам, використовуючи 15 автомобілів з холодильними камерами вантажопідйомністю 1,5 ум. од. Загальна вантажопідйомність всіх автомобілів становить 22,5 ум. од.

Кожний замовник ковбасних виробів визначає регулярність та обсяги їх доставки (індивідуальний графік) протягом тижня, враховуючи при цьому терміни та обсяги реалізації продукції. Варіантів індивідуальних графіків у замовників може бути декілька. Задачею підприємства-виробника є планування доставки готової продукції замовникам, з урахуванням індивідуальних графіків доставки, наявності необхідної кількості готової продукції та забезпечення транспортними засобами.

Для задачі логістики збуту (2.10)-(2.14) врахування термінів реалізації ковбасних виробів підприємством ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД перетворює балансове співвідношення (2.11) на такі співвідношення (кількість замовників 44, кількість індивідуальних графіків у замовника 3):

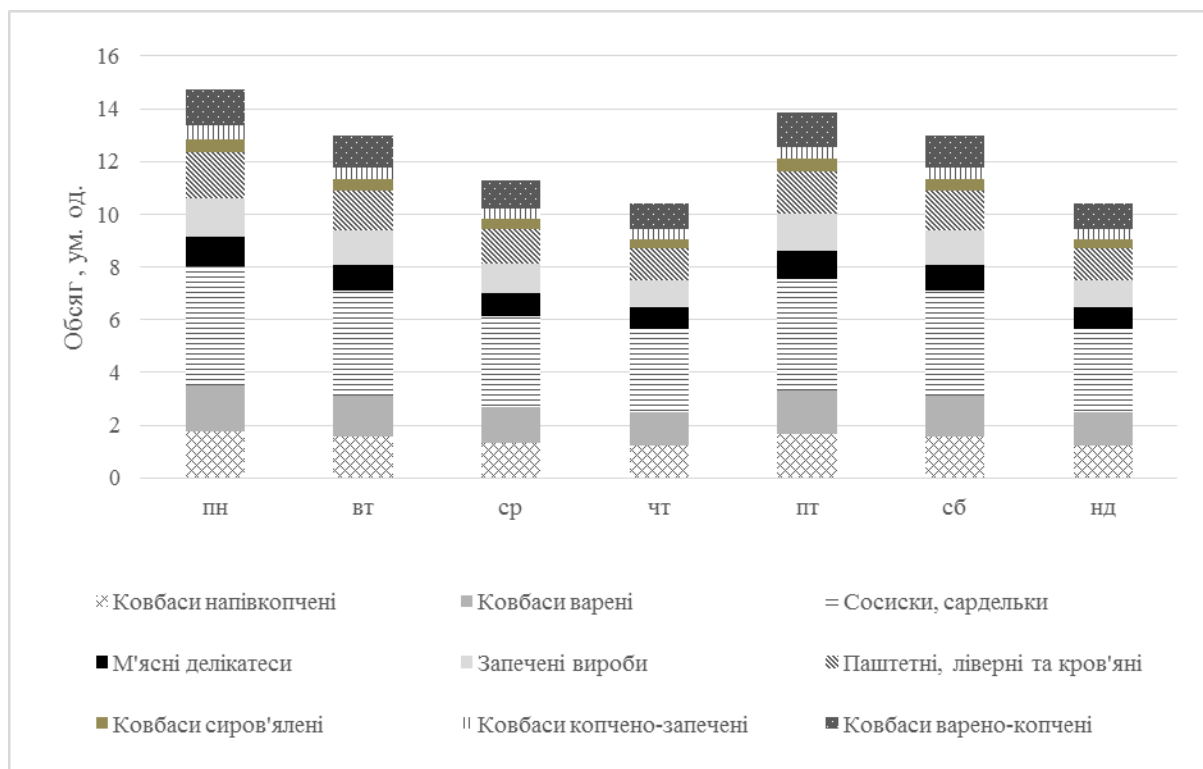
$$\sum_{l=1}^{44} \sum_{p=1}^3 a_{ilpt} v_{ilp} = x_{it} + s_{it-1} - s_{it}, \quad i = \overline{1,5}, t = \overline{1,365} \quad (3.10)$$

$$\sum_{l=1}^{44} \sum_{p=1}^3 a_{ilpt} v_{ilp} = x_{it} + s_{iT-k} - s_{it}, \quad i = \overline{6,9}, t = \overline{1,365}, k = \overline{2,5} \quad (3.11)$$

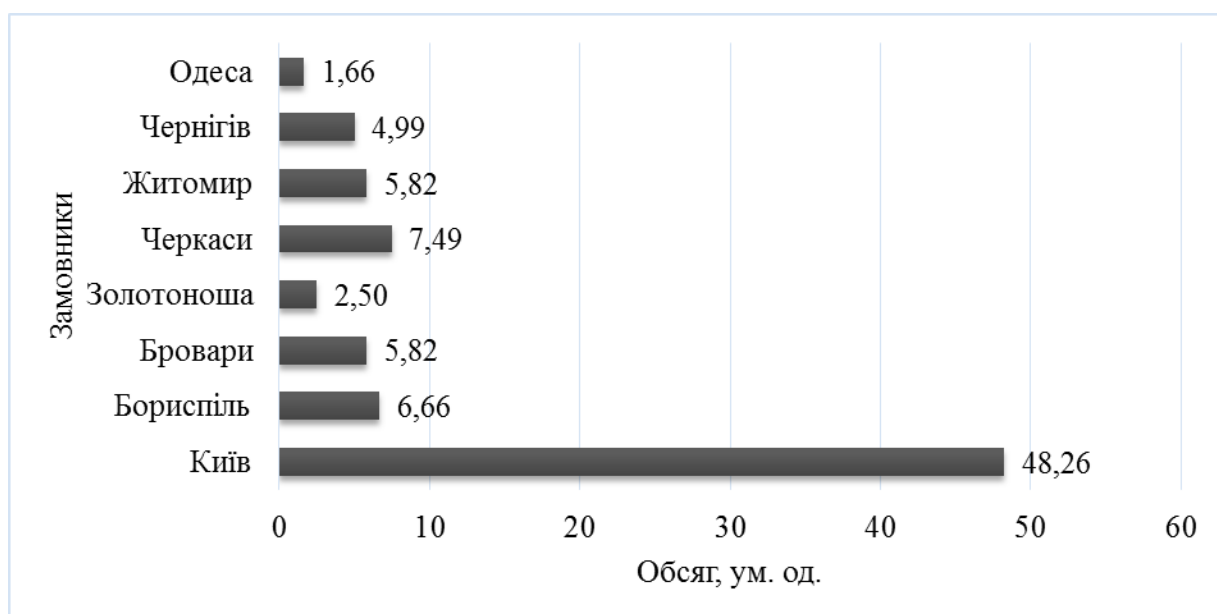
$$\sum_{l=1}^{44} \sum_{p=1}^3 a_{ilpt} v_{ilp} = x_{it} + s_{it-5} - s_{it}, \quad i = \overline{6,9}, t = \overline{5,365}, \quad (3.12)$$

Враховуючи кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити кожному замовнику відповідно до визначеного варіанту індивідуального графіку (Додаток Д), отримаємо кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити всім замовникам у відповідний день тижня (Додаток Ж).

В результаті розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики збуту (2.10)-(2.14) та умовами (3.10)-(3.12) для ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД на 2015 рік було отримано кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити всім замовникам у відповідний день тижня та обсяг продукції, який необхідно доставити всім замовникам протягом тижня (рис. 3.19).



а)



б)

Рис. 3.19. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики збуту (2.10)-(2.14) та умовами (3.10)-(3.12) для ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2015 рік: а) кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити всім замовникам у відповідний день тижня; б) обсяг продукції, який необхідно доставити всім замовникам протягом тижня

Джерело: власні розрахунки автора

Найбільшу частку продукції від тижневого обсягу потрібно доставити в понеділок та п'ятницю (18%), у вівторок та суботу по 16%, у середу 14%, у четвер та неділю по 9%.

Порівняння фактичних витрат на доставку продукції (3,76 млн гр. од.) у 2015 році з витратами, отриманими в результаті застосування оптимізаційної моделі логістики збуту (3,71 млн гр. од.), свідчить про їх зменшення на 1,27%.

Використовуючи модель «Імітація ланцюга постачання», визначимо оптимальні розміри запасів продукції в ланцюзі постачання для м'ясопереробного підприємства ВКФ «Укрпропостач-95» ЛТД та його замовників. Оскільки замовниками зазначеного підприємства є оптові та роздрібні торговці, тоді модель «Імітація ланцюга постачання» буде складатися з трьох учасників ланцюга постачання.

При імітаційному моделюванні використовувався попит на ковбасну продукцію на 2015 рік. Для підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД зберігання 1 ум. од. продукції становить 120 гр. од. за день, вартість доставки замовлення складає 970 гр. од. за 1 ум. од. продукції, дефіцит 1 ум. од. продукції на складі призводить до недоотримання прибутку у розмірі 10,39 тис. гр. од.. Потужність виробництва 20 ум. од. за день, оформлення та виконання замовлення для всіх учасників ланцюга постачання виконується протягом двох днів. Імітаційне моделювання процесу постачання проводилося протягом 365 днів.

В пакеті AnyLogic для моделі «Імітація ланцюга постачання» можна задавати параметри вручну – поточний, мінімальний та максимальний рівень складських запасів для підприємства, оптового та роздрібного торговців, що

дозволить прослідкувати зміни загальних логістичних витрат протягом року.

Було проведено п'ять експериментів:

1) повністю використати існуючі запаси та поповнювати саме у такій кількості, яка відповідає потребам споживачів;

2) підтримувати однаковий рівень запасів на складах всіх учасників ланцюга постачання, який забезпечить задоволення попиту у будь-який момент часу;

3) підтримувати максимальний рівень запасів продукції у кожного учасника ланцюга постачання;

4) поповнювати запаси за системою «максимум-мінімум», тобто періодично перевіряти запаси та замовляти тоді, коли їх залишки опустилися до заданого рівня або нижче нього (мінімальний рівень для всіх однаковий);

5) поповнювати запаси за системою «максимум-мінімум» при встановленні різних «мінімальних» рівнів для всіх учасників.

Результати експериментів показано в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Результати експериментів моделі «Імітація ланцюга постачання»

Експеримент		1	2	3	4	5
Роздрібна торгівля	Поточний рівень запасу (ум. од.)	0	4	5	2	2
	Мін. запас продукції (ум. од.)	0	4	5	1	2
	Макс. запас продукції (ум. од.)	0	4	5	4	3
Оптова торгівля	Поточний рівень запасу (ум. од.)	0	4	10	2	6
	Мін. запас продукції (ум. од.)	0	4	10	1	4

	Макс. запас продукції (ум. од.)	0	4	10	8	9
--	---------------------------------	---	---	----	---	---

Продовження табл. 3.9

Експеримент		1	2	3	4	5
Підприємство	Поточний рівень запасу (ум. од.)	0	4	18	2	11
	Мін. запас продукції (ум. од.)	0	4	18	1	5
	Макс. запас продукції (ум. од.)	0	4	18	12	17
Витрати на зберігання запасів за рік, млн гр. од.		0	0,92	1,83	1,10	1,69
Витрати на доставку продукції за рік, млн гр. од.		6,19	7,76	10,39	8,05	7,10
Витрати пов'язані з дефіцитом продукції за рік, млн гр. од.		7,45	2,43	0	1,93	0,27
Загальні витрати за рік, млн гр. од.		13,64	11,11	12,22	11,08	9,05

Джерело: власні розрахунки автора

У результаті проведення першого експерименту були отримані максимальні загальні витрати за рік, пов'язані з дефіцитом продукції, оскільки своєчасне задоволення попиту було неможливим, у зв'язку з відсутністю продукції на складі та необхідністю витрат часу на його виробництво або доставку, однак витрати на зберігання запасів відсутні.

Другий експеримент показав, що поповнення запасів на складах призводить до суттєвих витрат на їх зберігання та витрат, пов'язаних з

можливим дефіцитом продукції. Загальні витрати будуть меншими на 2,53 млн гр. од., ніж у першому експерименті.

Оскільки відповідно до умов третього експерименту у кожного учасника ланцюга постачання зберігається максимально можлива кількість продукції це призводить до значної частки витрат на зберігання продукції, порівняно з загальними витратами, але одночасно на загальні витрати не впливають витрати, пов'язані з дефіцитом продукції. При утриманні великих обсягів запасів продукції потрібно враховувати терміни її зберігання.

Четвертий експеримент показав, що загальні витрати є меншими порівняно з попередніми експериментами, що свідчить про доцільність застосування системи «максимум-мінімум».

У результаті проведення п'ятого експерименту, коли для кожного учасника ланцюга постачання визначається власний мінімальний рівень запасів, загальні витрати виявилися найменшими порівняно з вищеописаними експериментами та становлять 9,05 млн гр. од. при заданих рівнях запасів: для роздрібних торговців мінімальний рівень запасу 2 ум. од. та максимальний 3 ум. од., для оптових торговців – 4 ум. од. та 9 ум. од., для підприємства – 5 ум. од. та 17 ум. од. відповідно.

Проте витрати, пов'язані з дефіцитом продукції пояснюються динамічним попитом, але частка цих витрат є меншою на 1,66 млн гр. од, порівняно з аналогічними витратами четвертого експерименту.

Для оптимізації моделі «Імітація ланцюга постачання» в програмі AnyLogic було створено оптимізаційний експеримент, який полягає в знаходженні таких параметрів рівнів запасів продукції в роздрібних, оптових торговців та підприємства, при яких досягаються мінімальні загальні витрати, пов'язані зі зберіганням, доставкою продукції та втраченим прибутком в результаті дефіциту.

У результаті проведеної оптимізації (500 ітерацій) були отримані наступні результати: графік прогресу виконання оптимізації та оптимальні

мінімальні та максимальні рівні складських запасів для всіх учасників ланцюга постачання (рис. 3.20, табл. 3.10):

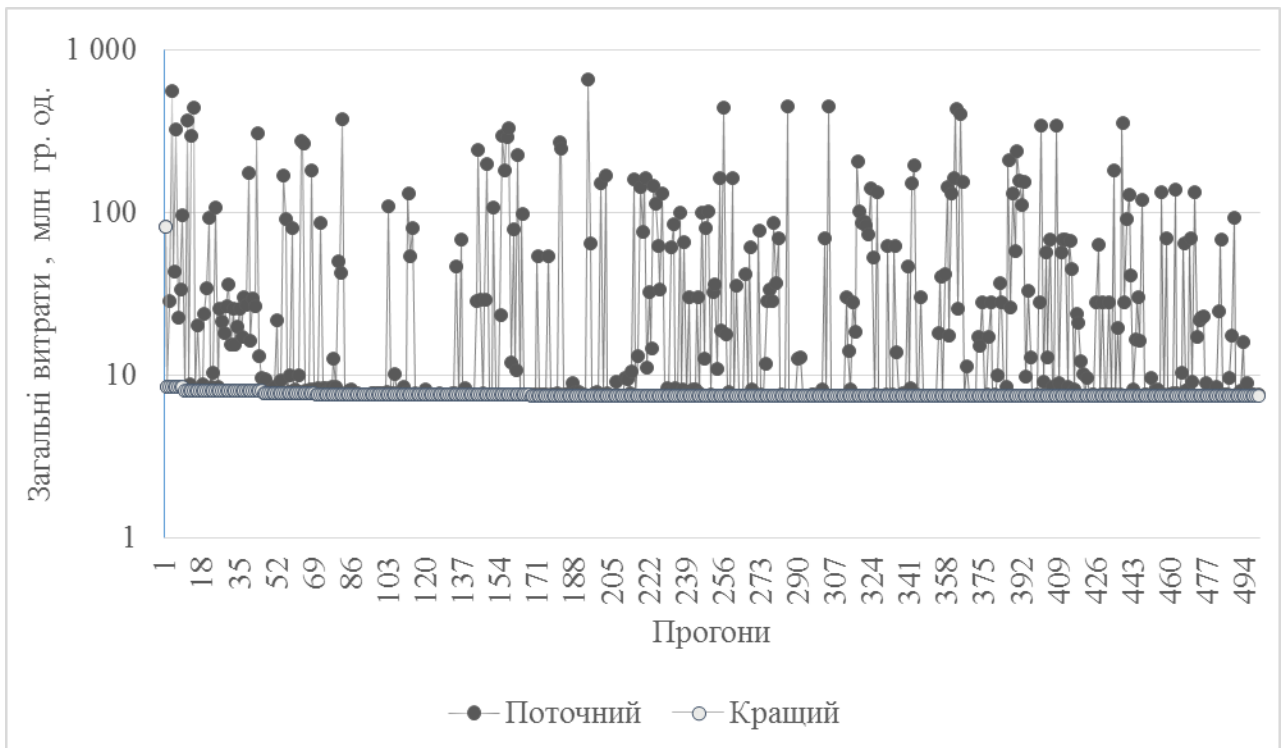


Рис. 3.20. Графік прогресу виконання оптимізації

Джерело: власні розрахунки автора

Таблиця 3.10

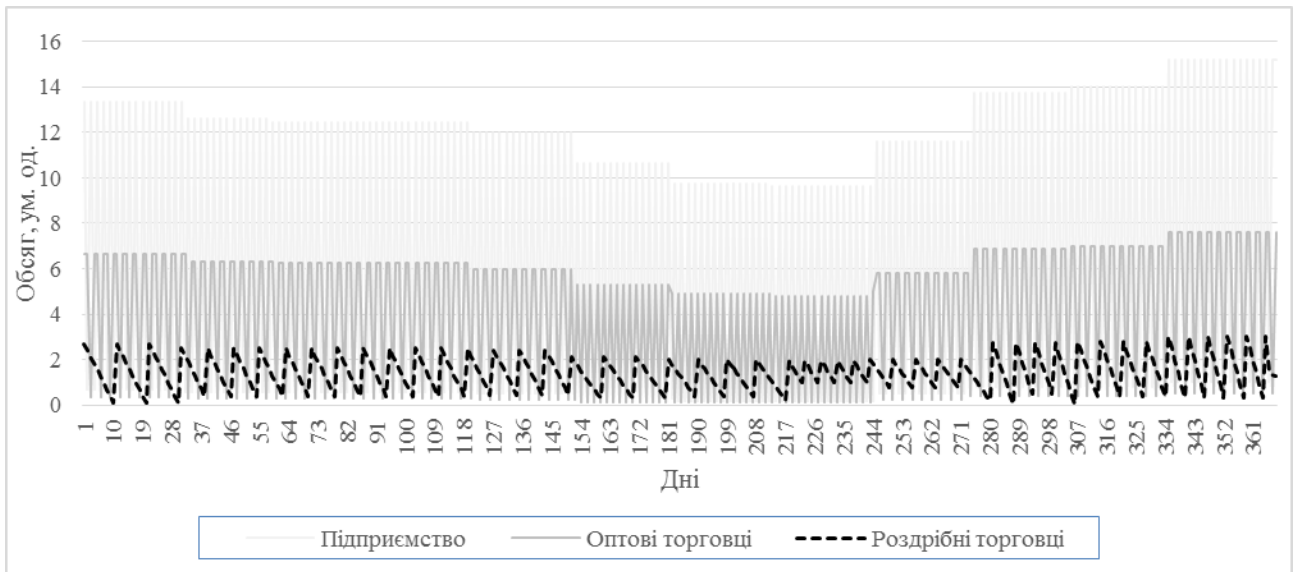
Результат оптимізації

Параметр		Значення
Роздрібна торгівля	S_{Rmin}	1
	S_{Rmax}	3
Оптова торгівля	S_{Wmin}	2
	S_{Wmax}	8
Підприємство	S_{Fmin}	4
	S_{Fmax}	15

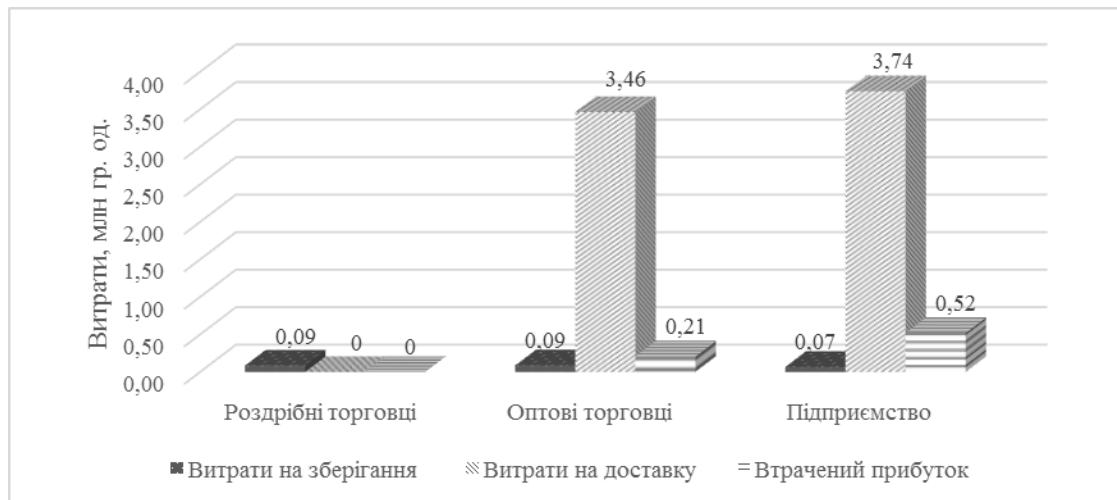
Джерело: власні розрахунки автора

При коливанні запасів продукції у всіх учасників ланцюга постачання у межах оптимальних (табл. 3.10) загальні мінімальні витрати складають 8,17 млн грн. од. Отримані оптимальні рівні складських запасів продукції у

підприємства, оптових та роздрібних торговців були використані для проведення імітації та визначення структури загальних логістичних витрат для кожного учасника логістичного процесу (рис. 3.21).



а)



б)

Рис. 3.21. Результати розрахунків за модифікованою моделлю «Імітація ланцюга постачання» для підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2015 рік: а) рівень складських запасів для всіх учасників ланцюга постачання; б) структура логістичних витрат для всіх учасників ланцюга постачання

Джерело: власні розрахунки автора

Найбільшу частку логістичних витрат на підприємстві становлять витрати на доставку продукції (86,41%), втрачений прибуток (12%), витрати на зберігання (1,59%). Найбільші логістичні витрати для оптових торговців пов'язані з доставкою продукції 92,14%. У роздрібних торговців будуть тільки витрати на зберігання продукції. Але якщо порівнювати в абсолютних величинах витрати на зберігання продукції в роздрібних та оптових торговців, то витрати для оптових торговців перевищують у зв'язку із більшим обсягом зберігання продукції. Виникнення дефіциту продукції на підприємстві та оптових торговців призводить до недоотримання ними прибутку у розмірі 0,52 млн гр. од. та 0,21 млн гр. од. відповідно.

Проведені розрахунки за допомогою програми AnyLogic показали, що застосування моделі «Імітація ланцюга постачання» для підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД засвідчило доцільність використання процедури оптимізації.

3.4 Аналіз ефективності застосування комплексу економіко-математичних моделей на підприємстві

Оцінимо ефективність запропонованого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів за величиною прибутку, використовуючи формулу (2.50) з урахуванням середніх цін виробника на продукцію (табл. 3.5).

Порівняння фактичних показників діяльності підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД у 2015 році з показниками, отриманими на основі застосування комплексу економіко-математичних моделей, представлено в табл. 3.11.

Застосування комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів дозволило збільшити прибуток підприємства на 6,84% завдяки оптимізації та координації логістичних процесів, зменшенню логістичних

витрат на 1,52% на виробництво продукції та її збут, а також витрат на постачання ресурсів.

Таблиця 3.11

**Таблиця порівняння економічних показників діяльності підприємства
ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за 2015 рік**

Економічні показники	2015 (факт)	2015 (розрахунок)	Динаміка, %
1. Дохід, (млн гр. од.)	184,54	183,86	-0,37
2. Витрати, (млн гр. од.)	159,08	156,66	-1,52
2.1. Витрати на придбання ресурсів, (млн гр. од.)	83,41	81,76	-1,98
2.2. Витрати на зберігання ресурсів, (млн гр. од.)	16,29	16,01	-1,74
2.3. Витрати на виробництво продукції, (млн гр. од.)	0,3153	0,3119	-1,09
2.4. Витрати на зберігання готової продукції, (млн гр. од.)	3,76	3,71	-1,27
2.5. Витрати на доставку замовникам, (млн гр. од.)	25,46	25,02	-1,73
2.6. Інші витрати, (млн гр. од.)	29,85	29,85	0
3. Прибуток, (млн гр. од.)	25,46	27,20	6,84

Джерело: власні розрахунки автора

Враховуючи ефективність застосування комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за даними 2015 року, можна надати пропозиції на 2016 рік.

За статистичними даними реалізації продукції підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за період 2010-2015 років побудуємо прогноз попиту на ковбасну продукцію на 2016 рік. Як і для прогнозу на 2015 рік

скористаємося економетричною моделлю з урахуванням поліноміального тренду:

$$D_t = -43,712t^2 + 270,41t + 3744,6 \quad (3.13)$$

$R^2 = 0,94$. На основі економетричної моделі (3.13) прогноз попиту на продукцію підприємства ВКФ «Укрпромполтач-95» ЛТД на 2016 рік складає 3 553,16 ум. од. ковбасних виробів, що на 4,06% менше, ніж фактичний попит у 2015 році (рис. 3.22).

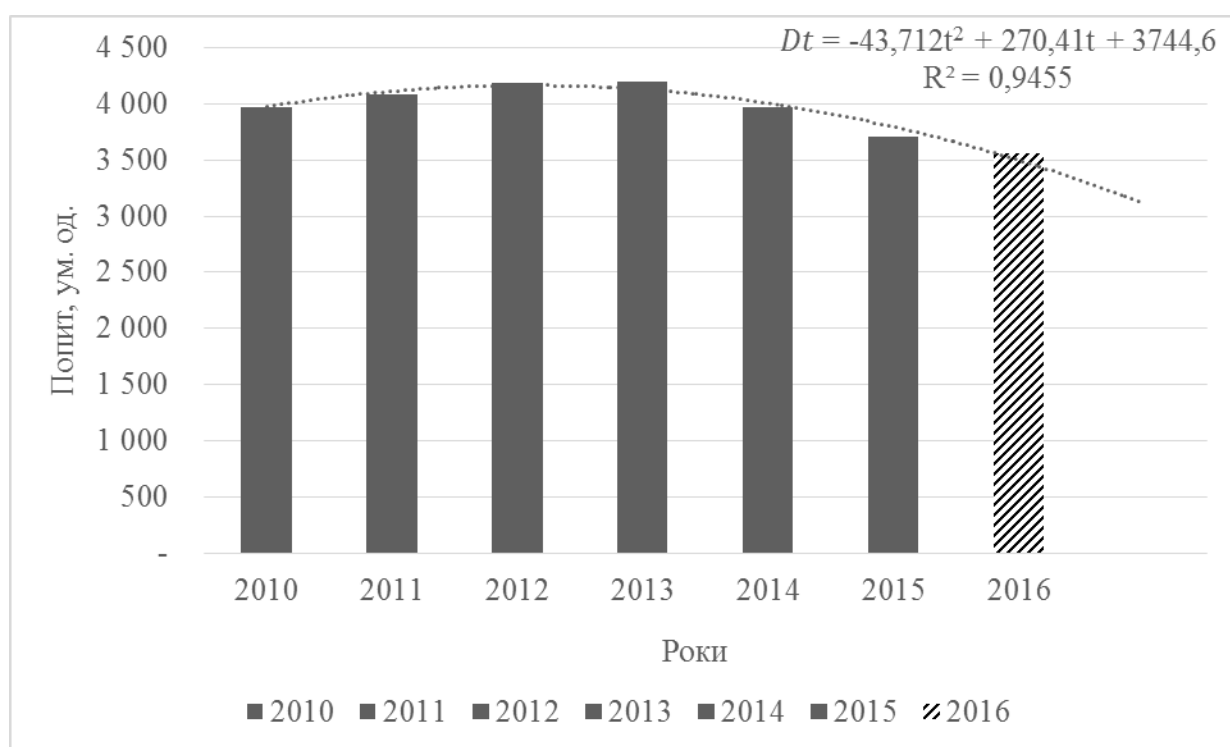
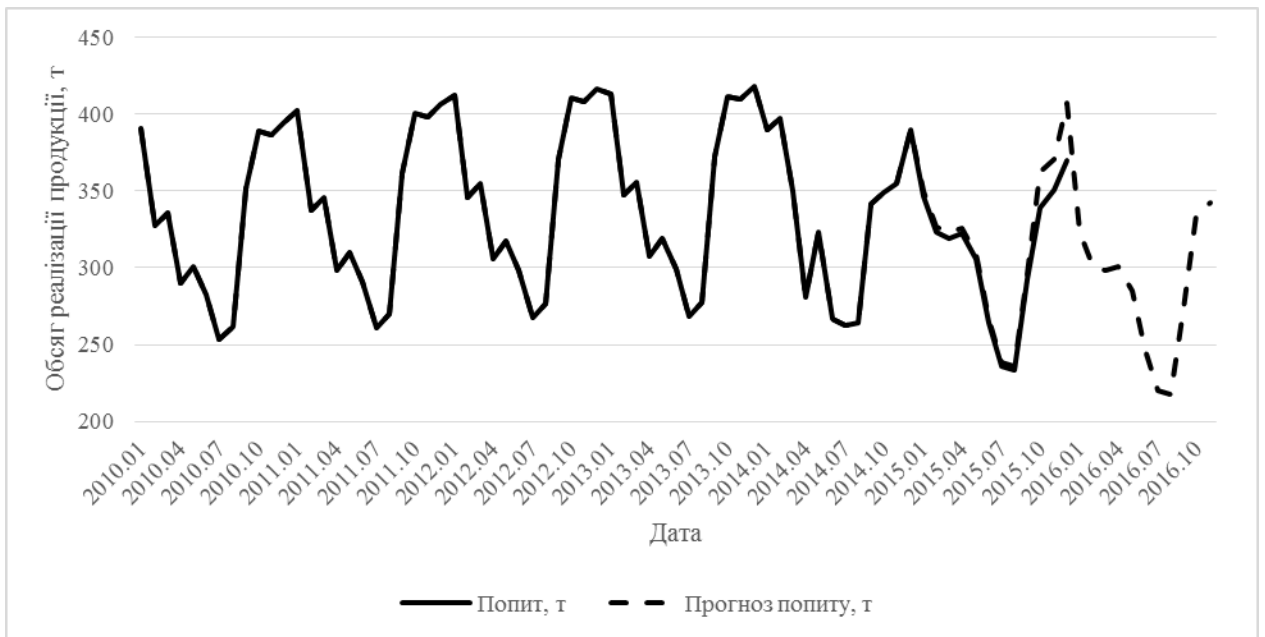


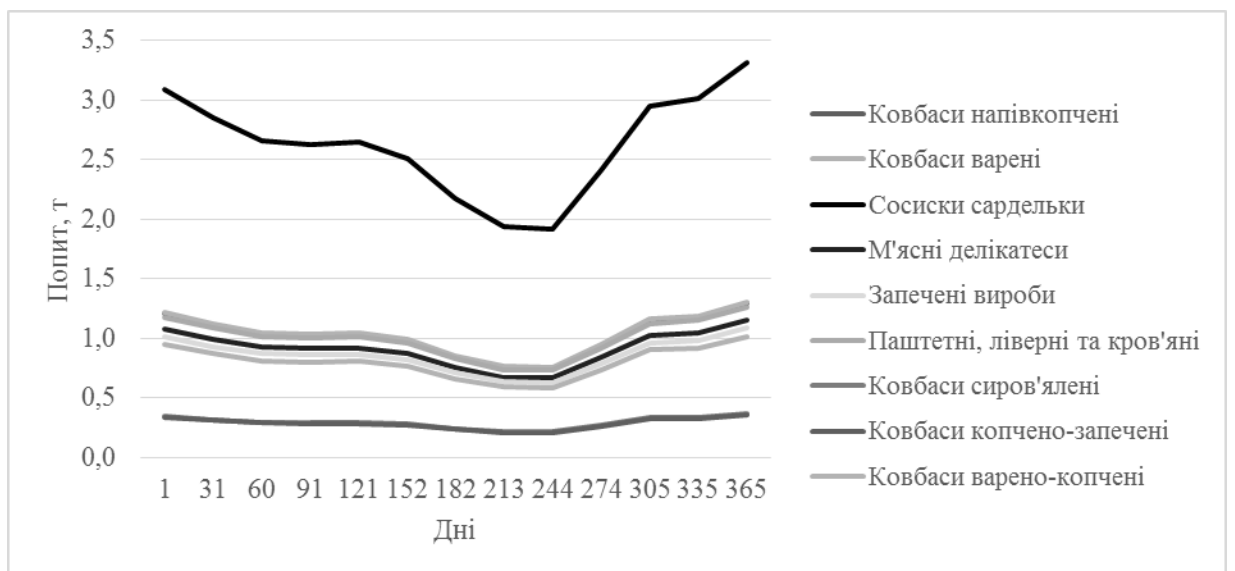
Рис. 3.22. Прогноз попиту на ковбасні вироби на 2016 р. за моделлю (3.13)

Джерело: власні розрахунки автора

Оскільки прогноз попиту на всі види ковбасних виробів підприємства ВКФ «Укрпромполтач-95» ЛТД робився на кожний місяць 2016 року, прогноз попиту на окремі види продукції визначається з урахуванням пропорцій їх споживання (рис. 3.23).



а)

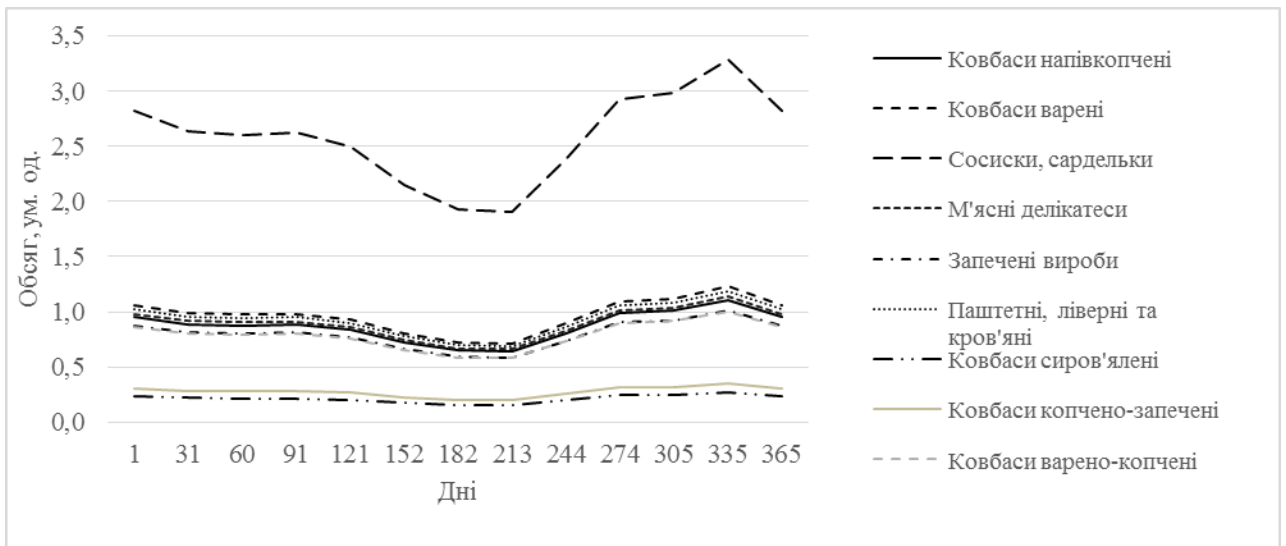


б)

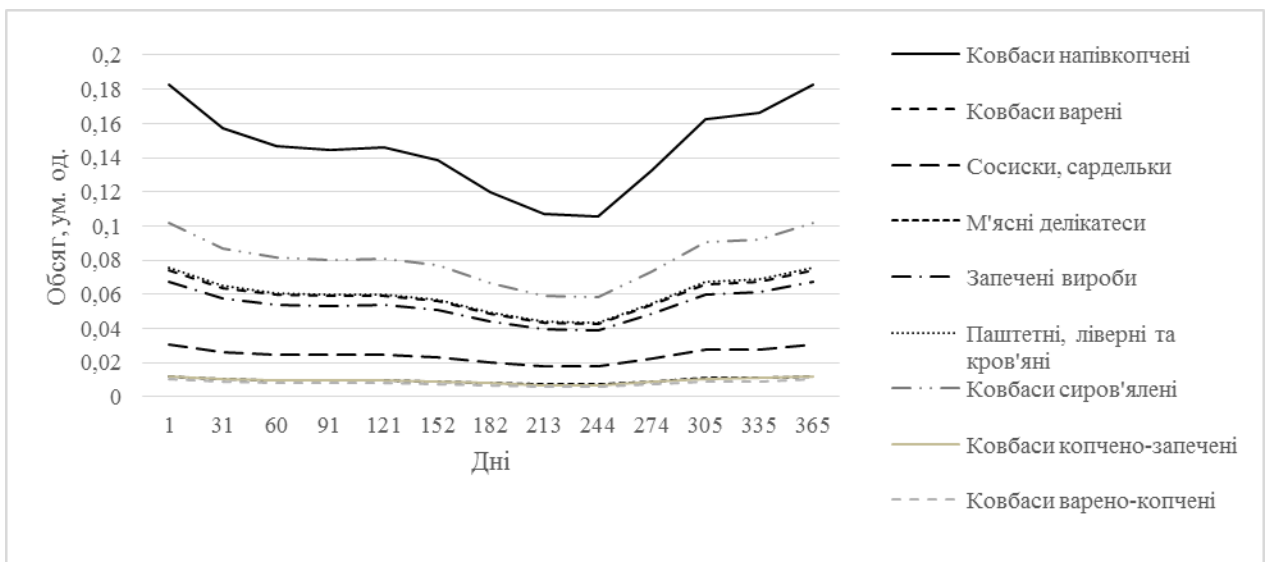
Рис. 3.23. Прогноз попиту на ковбасні вироби на 2016 р.: а) загальний попит на всі види; б) попит за видами

Джерело: власні розрахунки автора

Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики виробництва (2.1)-(2.5) з урахуванням специфіки підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД (3.7)-(3.9) представлено на рис. 3.24.



а)



б)

Рис. 3.24. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики виробництва (2.1)-(2.5) для ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2016 рік: а) оптимальні обсяги виробництва продукції; б) оптимальні обсяги поповнення запасів готової продукції

Джерело: власні розрахунки автора

В результаті застосування оптимізаційної моделі логістики виробництва визначено, що витрати на виробництво продукції у 2016 році становитимуть 24,62 млн грн. од., що на 3,3% менше, ніж в 2015 році, а витрати на зберігання

готової продукції складуть 305,2 тис. гр. од., що на 3,2% менше, ніж в 2015 році.

Враховуючи оптимальний план виробництва продукції на 2016 рік та нормативи витрат ресурсів, отримуємо необхідну кількість ресурсів кожного виду з метою проведення розрахунків оптимізаційної моделі логістики постачання (рис. 3.25).

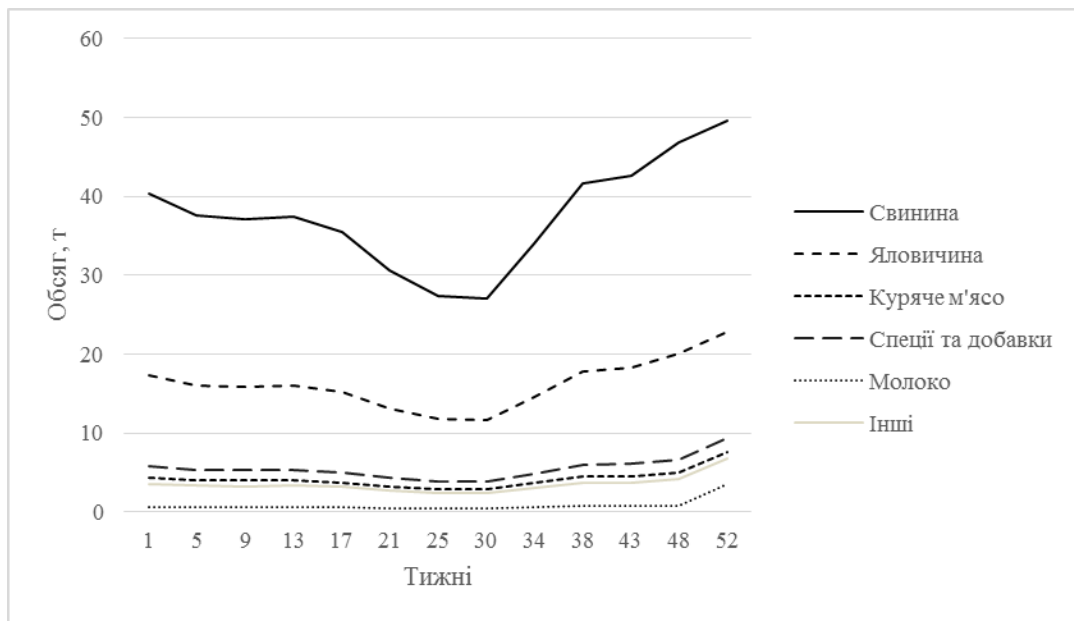
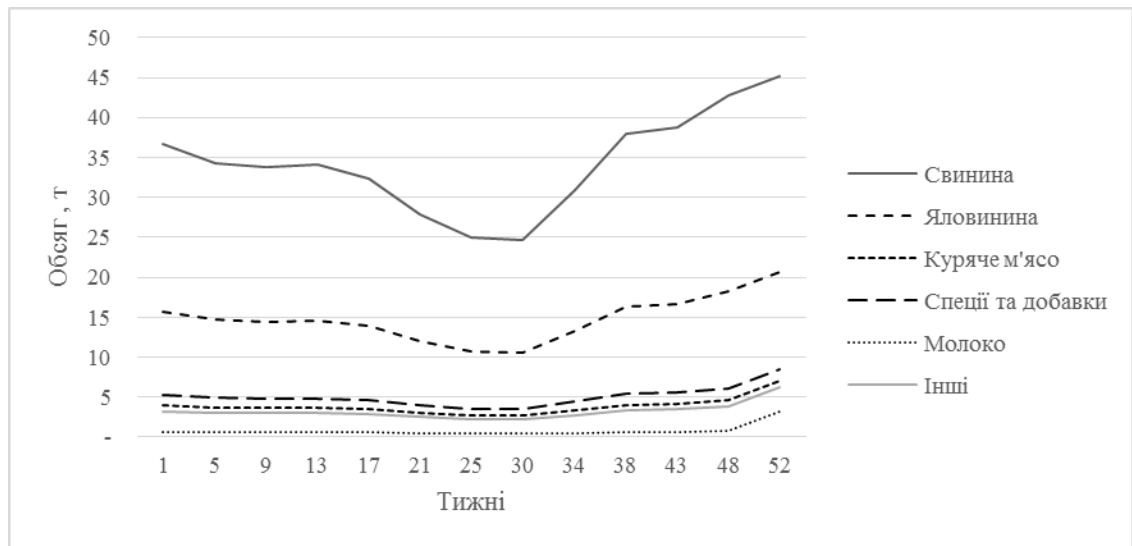


Рис. 3.25. Попит на ресурси підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД протягом 2016 року

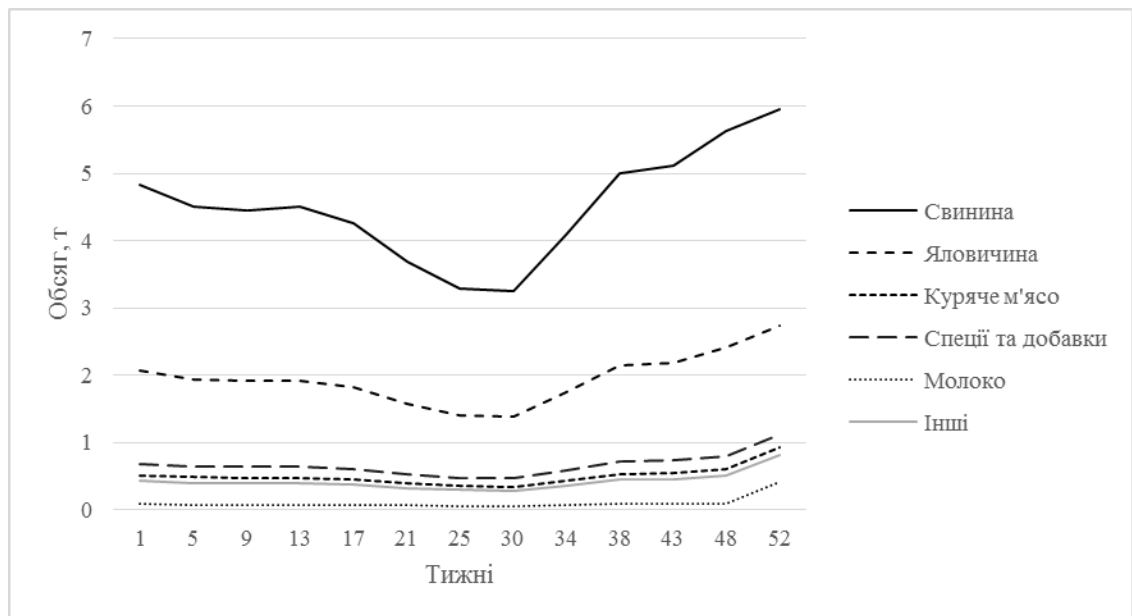
Джерело: власні розрахунки автора

Результати оптимізаційної моделі логістики постачання ресурсів (2.6)-(2.9) показано на рис. 3.26.

В результаті застосування оптимізаційної моделі логістики постачання ресурсів визначено, що витрати на їх придбання у 2016 році становитимуть 79,45 млн гр. од., що на 4,75% менше, ніж у 2015 році, а витрати на їх зберігання будуть 15,36 млн гр. од., що на 4,04% менше, ніж в 2015 році.



а)



б)

Рис. 3.26. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики постачання ресурсів (2.6)-(2.9) для ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2016 рік: а) оптимальні обсяги поповнення запасів ресурсів; б) оптимальні обсяги зберігання запасів ресурсів

Джерело: власні розрахунки автора

В результаті імітаційного моделювання логістики постачання визначено, що в 2016 році потрібно продовжувати замовляти ресурси (спеції та добавки) у «Віберг-Україна», оптимальною стратегією постачання ресурсів залишається

стратегія за потребами підприємства. Оптимальний план закупівель ресурсів по тижням представлено на рис. 3.27.

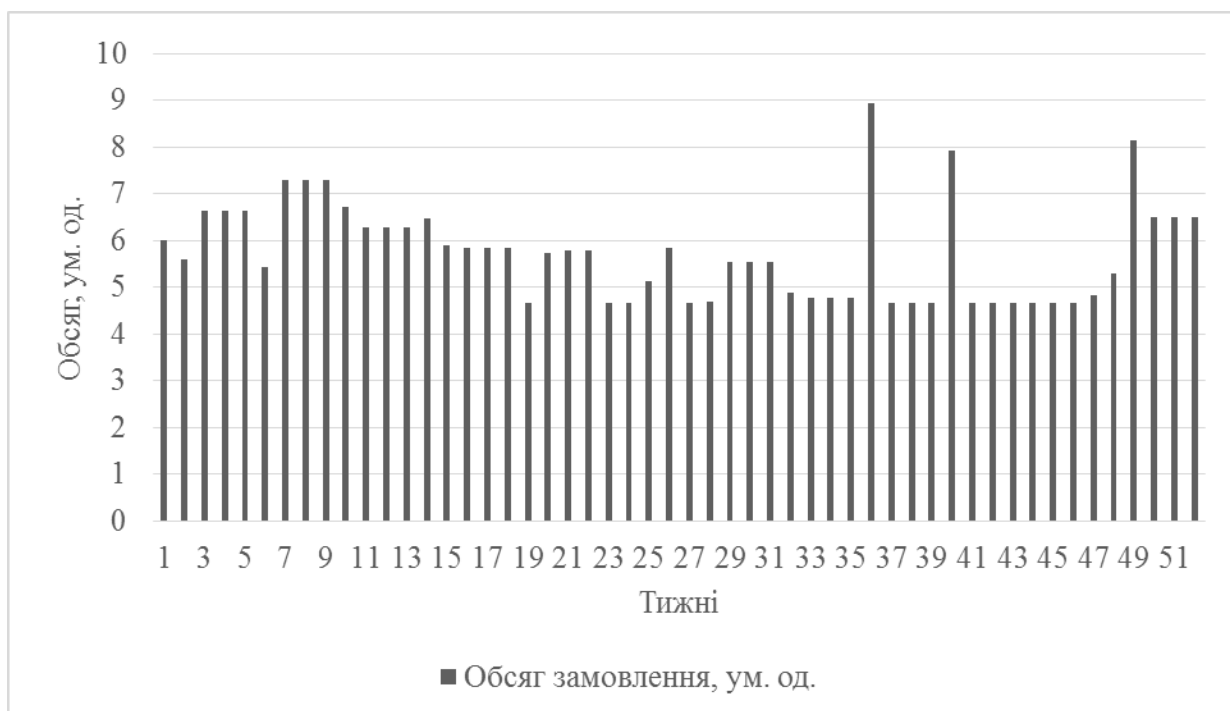


Рис. 3.27. Оптимальний план закупівель ресурсів (спецій та добавок) по тижням на 2016 р.

Джерело: власні розрахунки автора

Мінімальні витрати підприємства на придбання та зберігання спецій та добавок в 2016 році становитимуть 16,12 млн гр. од.

Враховуючи кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити кожному замовнику відповідно до визначеного варіанту індивідуального графіку, отримаємо кількість продукції кожного виду, яку необхідно доставити всім замовникам у відповідний день тижня. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики збуту (2.10)-(2.14) та умовами (3.10)-(3.12) представлено на рис. 3.28.

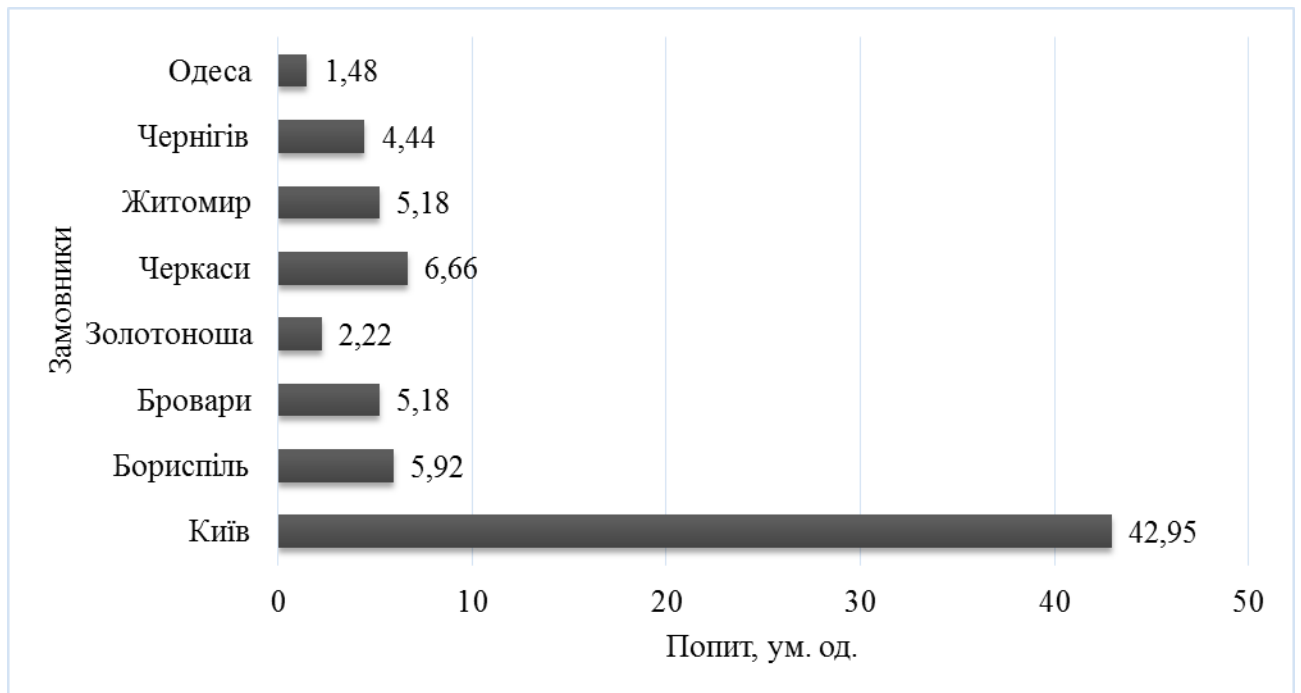
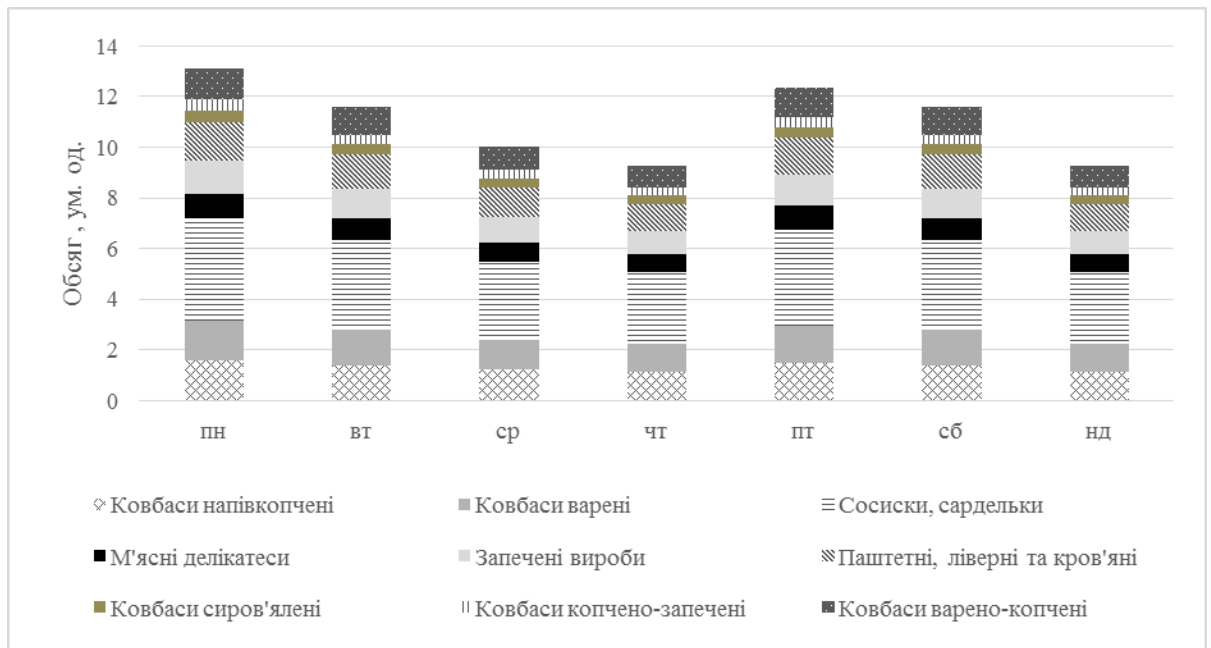


Рис. 3.28. Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю логістики збуту (2.10)-(2.14) та умовами (3.10)-(3.12) для ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2016 рік: а) оптимальні обсяги ковбасних виробів, які необхідно доставити протягом тижня всім замовникам; б) обсяг продукції, який необхідно доставити всім замовникам протягом тижня

Джерело: власні розрахунки автора

При цьому мінімальні витрати на доставку готової продукції складатимуть 3,58 млн гр. од., що на 4,73% менше ніж в 2015 році.

Розрахунок оптимальних обсягів запасів продукції в ланцюзі постачання «виробник – оптові торговці – роздрібні торговці» проводився з використанням прогнозу попиту на ковбасні вироби підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД на 2016 р. В результаті проведеної оптимізації були отримані оптимальні розміри мінімальних та максимальних рівнів запасів продукції: для підприємства від 3 ум. од. до 14 ум. од.; для оптових торговців від 2 ум. од. до 7 ум. од.; для роздрібних торговців від 1 ум. од. до 3 ум. од. Мінімальні витрати для всіх учасників логістичного ланцюга становитимуть 8,13 млн гр. од. за рік.

При застосуванні запропонованого комплексу економіко-математичних моделей були отримані наступні економічні показники діяльності підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за 2015 та 2016 роки (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Таблиця порівняння економічних показників діяльності підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД за 2015 та 2016 роки

Економічні показники	2015 (розрахунок)	2016 (розрахунок)	Динаміка, %
1. Дохід, (млн гр. од.)	183,86	178,03	-3,17
2. Витрати, (млн гр. од.)	156,66	152,04	-2,95
2.1. Витрати на придбання ресурсів, (млн гр. од.)	81,76	79,45	-2,82
2.2. Витрати на зберігання ресурсів, (млн гр. од.)	16,32	15,67	-4,00
2.3. Витрати на виробництво продукції, (млн гр. од.)	0,3119	0,3052	-2,13
2.4. Витрати на зберігання готової продукції, (млн гр. од.)	3,71	3,58	-3,50

Економічні показники	2015 (розрахунок)	2016 (розрахунок)	Динаміка, %
2.5. Витрати на доставку замовникам, (млн гр. од.)	25,02	24,62	-1,60
2.6. Інші витрати, (млн гр. од.)	29,85	28,72	-3,79
3. Прибуток, (млн гр. од.)	27,20	25,99	-4,44

Джерело: власні розрахунки автора

За результатами розрахунків у 2016 році прибуток підприємства ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД зменшиться на 4,44% та становитиме 25,99 млн гр. од. При цьому витрати будуть меншими на 2,95%. Це пов'язано зі зменшенням купівельної спроможності споживачів та зростанням цін на продукцію.

У результаті аналізу логістичної діяльності ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД можна надати пропозиції щодо її покращення:

- доцільність впровадження комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів,

- проведення моніторингу залишків продукції та ресурсів із метою задоволення попиту на продукцію та зменшення витрат на управління запасами,

- удосконалення процесу реалізації продукції шляхом оптимізації графіків доставки продукції,

- обміну інформацією між учасниками ланцюга постачання,

- використання сучасного інформаційно-комп'ютерного забезпечення.

Завдяки розробленому комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на реальному підприємстві було побудовано прогноз попиту на продукцію, визначено оптимальні обсяги виробництва продукції, запасів її поповнення, оптимальні обсяги поповнення запасів ресурсів, оптимальний план доставки продукції, визначено найкращого постачальника

ресурсів та стратегії їх доставки. В результаті чого було збільшено прибуток завдяки зменшенню логістичних витрат на придбання ресурсів, виробництво продукції та її збут.

Висновки до розділу 3

1. Для практичної реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів було обрано одне з найкращих у м'ясопереробній галузі України підприємство ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД, яке має замкнутий технологічний цикл виробництва, постійно інвестує кошти у найсучасніше високотехнологічне обладнання за європейськими зразками та впроваджує сучасні технології та методи управління.

2. Відповідно до структурно-логічної послідовності логістичного управління підприємством, планування ланцюга «виробництво – постачання – реалізація» залежить від попиту на продукцію. Тому реалізація розробленого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів для підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД починається з прогнозування попиту на плановий період. Періодом прогнозування було обрано 2015 рік з метою проведення порівняльного аналізу результатів реалізації розробленого комплексу економіко-математичних моделей для підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД з фінансовою звітністю підприємства у зазначеному році.

3. Аналіз статистичних даних реалізації ковбасної продукції підприємства ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД за 2010-2014 роки засвідчив зростання середніх цін, тенденцію зниження загального попиту та наявність фактору сезонності. Тому для прогнозування попиту на продукцію було побудовано економетричні моделі з урахуванням ARMA-процесів, сезонності попиту та середньої ціни на продукцію, а також поліноміального тренду. Прогноз попиту на ковбасну продукцію ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД на 2015 рік був врахований при

реалізації економіко-математичних моделей виробничої логістики та логістики збуту.

4. Фактори, які покладені в основу економіко-математичних моделей запропонованого у другому розділі дисертації комплексу, відображають основні характеристики відповідних логістичних процесів. Для практичної реалізації комплексу на реальному підприємстві може виникнути необхідність його адаптації з урахуванням характеристик підприємства. Так, для підприємства ВКФ «Укрпромполітех-95» ЛТД при моделюванні логістичного ланцюга «виробництво – постачання – реалізація» крім закладених в моделі факторів, мають враховуватися також терміни реалізації ковбасних виробів. Тому у третьому розділі дисертації були зроблені відповідні уточнення балансових співвідношень в економіко-математичних моделях логістики виробництва та логістики збуту та проведені розрахунки оптимального плану виробництва.

5. Реалізація оптимізаційної та імітаційної моделей логістики постачання для підприємства ВКФ «Укрпромполітех-95» ЛТД дозволили вирішити питання вибору найвигідніших за витратами та найбільш надійних постачальників з погляду необхідних обсягів та термінів поставки ресурсів, а також оптимальних обсягів поповнення їх запасів.

6. Для знаходження оптимального плану доставки готової продукції підприємства ВКФ «Укрпромполітех-95» ЛТД оптовим та роздрібним замовникам з урахуванням необхідних обсягів та періодичності доставки було реалізовано оптимізаційну модель логістики збуту. Реалізація модифікованої моделі «Імітація ланцюга постачання» дала можливість визначити оптимальні рівні запасів продукції на підприємстві ВКФ «Укрпромполітех-95» ЛТД та у інтегрованих з ним підприємствах оптової та роздрібною торгівлі з погляду найменших логістичних витрат на управління запасами.

7. Ефективність комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів пропонується визначати за величиною прибутку, як різниця між доходом підприємства та логістичними витратами ланцюга «виробництво –

постачання – реалізація». Реалізація комплексу для підприємства ВКФ «Укрпромпочач-95» ЛТД дозволила зменшити логістичні витрати у 2015 році порівняно з фактичними і відповідно збільшити прибуток підприємства завдяки застосуванню системного підходу до моделювання логістичних процесів.

Основні положення цього розділу знайшли відображення в публікаціях [121, 122, 200, 202].

ВИСНОВКИ

У дисертації розглянуто теоретико-методологічні та практичні питання розробки й реалізації комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на підприємстві для прийняття ефективних рішень щодо управління матеріальними потоками з метою підвищення ефективності його діяльності. За результатами дослідження можна зробити наступні теоретичні та науково-практичні висновки, що відображають вирішення завдань відповідно до поставленої мети:

1. Узагальнено теоретичні аспекти та економічну сутність логістичного управління підприємством, що дозволило уточнити розуміння цієї економічної категорії, як процес цілеспрямованого управління плануванням, придбанням і використанням ресурсів із метою максимального задоволення потреб споживачів, за умови найменших витрат, який відбувається у структурно-логічній послідовності окремих його етапів та в умовах ризику й невизначеності; таке розуміння логістичного управління підприємством дає підстави для розгляду його як управління логістичним процесом.

2. Теоретико-методологічними основами логістичного управління підприємством є теорії управління, системного аналізу, сучасні інформаційні системи та технології; методології управління ґрунтуються на концепціях системного аналізу, кібернетичного підходу, дослідження операцій та прогнозування. Відповідно для дослідження логістичних процесів на підприємстві має використовуватися теоретико-методологічний апарат економічної кібернетики, системного аналізу та теорії управління комплексно.

3. Основні логістичні процеси підприємства пов'язані з постачанням, виробництвом та збутом. Кожний із зазначених процесів являє собою цілеспрямоване управління відповідними матеріальними потоками, які спільно утворюють логістичний ланцюг у масштабі підприємства. Матеріальні потоки супроводжуються потоком даних, організацією та управлінням яких займається

інформаційна логістика. Тому зв'язок між логістичними процесами підприємства розглядається на рівні обміну потоками даних.

4. На основі дослідження функціональних елементів логістичної системи підприємства було побудовано загальну схему їх взаємодії на рівні матеріальних та інформаційних потоків, на основі чого було розроблено узагальнену схему поетапної побудови та реалізації основних логістичних процесів на підприємстві.

5. Дослідивши структурно-логічну послідовність логістичних процесів на підприємстві, було розроблено схему комплексу економіко-математичних моделей логістичного управління підприємством, визначено специфікації моделей логістичних процесів та побудовані відповідні моделі. Комплекс включає економетричні моделі для прогнозування попиту на продукцію, оптимізаційну модель виробничої логістики для визначення оптимальних обсягів виробництва продукції та оптимальних обсягів поповнення запасів продукції, моделі логістики постачання для визначення оптимальних обсягів поповнення запасів ресурсів, вибору найвигіднішого постачальника, найкращої стратегії постачання з погляду найменших логістичних витрат, оптимізаційну модель логістики збуту для визначення оптимального плану доставки готової продукції та модифіковану модель «Імітація ланцюга постачань» для визначення оптимальних рівнів запасів продукції для підприємства, оптових та роздрібних торговців. Реалізація запропонованого комплексу може сприяти збільшенню прибутку підприємства завдяки зменшенню логістичних витрат на виробництво, постачання та збут.

6. Реалізація запропонованого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів для реального підприємства стало можливою за умови врахування виду та особливостей діяльності підприємства. Адаптація розробленого комплексу полягала у виборі методів прогнозування попиту на продукцію, врахування термінів її реалізації, особливостей вибору постачальників ресурсів та стратегії постачання, а також взаємодії з інтегрованими з ним іншими підприємствами. Застосування комплексу

економіко-математичних моделей логістичних процесів на реальному підприємстві дозволило збільшити його прибуток завдяки координації та оптимізації логістичних процесів, зменшенню логістичних витрат на виробництво продукції та її збут, а також витрат на постачання ресурсів.

7. Проведений аналіз результатів апробації розробленого комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів на реальному підприємстві показав доцільність використання комплексу завдяки оптимізації логістичних витрат, встановленню оптимальних партнерських відносин із постачальниками та замовниками, що сприяло підвищенню ефективності його діяльності та посиленню ринкової позиції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алесинская Т.В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления / Т. В. Алесинская. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009.– 79 с.
2. Аникин Б.А. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / под ред. Б. А. Аникина и Т. А. Родкиной. – М.: Проспект, 2013. – 344 с.
3. Бакаєв О.О. Імітаційні методи та моделі дослідження матеріальних потоків логістичних систем / О. О. Бакаєв, В. І. Гриценко, І. С. Сакунова. – К.: ЛОГОС, 2009. – 212 с.
4. Бакута А.В. Управління складською діяльністю з використанням інструментів логістики на підприємствах машинобудування: автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / А. В. Бакута; Держ. вищ. навч. закл. «Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана». – К., 2015. – 20 с.
5. Баранець Г.В. Проблеми оптимізації запасів підприємства та шляхи їх вирішення в логістичному менеджменті / Г.В. Баранець // Управление экономикой переходного периода: сб. науч. тр. – Донецк: Ин-т экономики пром-сти НАН Украины, 2006. – С. 241-249.
6. Белуха Н. Логистика материальных потоков в строительстве, их учет и контроль / Н. Белуха, О. Лиско // Бухгалтерский учет и аудит. – 2005. – № 3. – С. 29-34.
7. Бердар М.М. Формування механізму управління прибутком підприємства. Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. 5 – К.: НТУ, 2008. – С. 208-215.
8. Бир Ст. Кибернетика и управление производством: Пер. с англ. / Ст. Бир. – М.: Наука, 1965. – 391 с.
9. Біла І. П. Організаційно-економічний механізм управління гнучкістю виробничих систем: автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.02.03 / І. П. Біла ; Донец. нац. ун-т. – Донецьк, 2006. – 16 с.

10. Бондаренко О.С. Сутність та значення матеріальних потоків у логістичному управлінні підприємствами / О.С. Бондаренко // Інвестиції: практика та досвід. – 2010. – № 7. – С. 53-56.
11. Братушка С.М. Імітаційне моделювання як інструмент дослідження складних економічних систем / С.М. Братушка // Вісник Української академії банківської справи. – № 2 (27). – 2009. – С. 113-118.
12. Бродецкий Г. Л. Многономенклатурное управление запасами: новый подход к оптимизации решений / Г. Л. Бродецкий. // Логистика сегодня. – 2014. – № 1. – С. 34-45.
13. Бутов А. Формування ефективної системи управління логістикою на підприємствах / А. Бутов // Галицький економічний вісник. – 2012. – №3(36). – с.161-166.
14. Ваховська М.Ю. Логістичні потоки: визначення, особливості, параметри / М.Ю. Ваховська // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Логістика. – 2008. – № 623. – С. 8-15.
15. Величко О.П. Логістичні моделі для виконання професійних завдань у сфері маркетингу / О.П. Величко // Вісник Академії митної служби України. – 2006. – № 3. – С. 49-55.
16. Величко О.П. Методика оцінювання розвитку логістики підприємства / О.П. Величко // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – № 8(146). – С. 45-54.
17. Величко О.П. Можливості логістики у менеджменті персоналу / О.П. Величко // Вісник Дніпропетровської державної фінансової академії. – 2006. – № 1(15). – С. 44-49.
18. Верхоглядова Н.І. Синергетичний ефект впровадження концепції інтегрованої логістики при формуванні конкурентних переваг промислового підприємства / Н. І. Верхоглядова // Економічний простір. – 2013. – № 74. – С. 183-195.
19. Виробництво основних видів промислової продукції по місяцях [Електронний ресурс] // Державна служба статистики України: [сайт]. – Режим

доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/pr/ovp/ovp_u/ovp2015.html.

20. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч.-метод. посіб. для самот. вивч. дисц. (реком. МОН України) // В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с.

21. Вітлінський В.В. Моделювання збутової електронної логістичної підсистеми з використанням нечіткої мережі Петрі / В.В. Вітлінський, В.І. Скіцько, Г.В. Мельник // Бізнес Інформ. – 2014. – №8. – С. 82-87.

22. Вітлінський В.В. Штучний інтелект у системі прийняття управлінських рішень / В.В. Вітлінський // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. – 2012. – №1. – С. 97–118.

23. ВКФ «Укрпромпочтач-95» ЛТД [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrprompostach.ua/about-company/>.

24. Вольвач І.Ю. Досвід впровадження логістичної концепції виробництва «just-in-time» / І.Ю. Вольвач // Науковий вісник Хмельницького національного університету. Серія: економічні науки. – 2009. – №4(2). – С. 250-253.

25. Гаджинский А.М. Логистика: учебник / А.М. Гаджинский. – 20-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. – 484 с.

26. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика / А. М. Гаджинский. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. – 176 с.

27. Гапчак Т. Г. Фундаментальні концепції логістики / Т. Г. Гапчак // Економіка: проблеми теорії та практики. – 2010. – №265, с. 429.

28. Голов С.Ф. Управлінський облік: підручник / С.Ф. Голов. – 3-тє видання. – К.: Лібра, 2006. – 704 с.

29. Голованенко М.В. Оптимізація логістичних витрат з використанням ЕОQ-моделі в умовах рецесії / М.В. Голованенко // Теоретичні та прикладні питання економіки: Зб. наук. праць / За заг. ред. проф. Ю.І. Єханурова, проф.

Филюк Г.М. – К.: ВПЦ «Київський університет». – 2015. – Вип.1 (30). – С. 238-249.

30. Голян В.В. Эффективные методы в современных бизнес процессах / В.В. Голян, Н.В. Пелешенко, С.С. Смлян С.С. Голян // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2011. – Вип. 3. – С. 103-108.

31. Горяинов О. М. Логистика: конспект лекцій / О. М. Горяинов. – Харків: ХНАМГ. 2009. – 106 с.

32. Гриньова В.М. Механізми стратегічного управління підприємством на засадах логістики / В. М. Гриньова, К. М. Таньков, С. О. Огієнко. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2011. – 232 с.

33. Губенко В.К. Логистическая централизация материальных потоков: теория и методология логистических распределительных центров: [монография] / В. К. Губенко; НАН Украины. Ин-т экономики промышленности. – Донецк: [б. и.], 2007. – 494 с.

34. Гурч Л.М. Логістичне управління як фактор оптимізації витрат на торговельному підприємстві / Маркетингові дослідження в Україні, СНУ, Луганськ: тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., травень 2001 р. – С. 3-12.

35. Дороніна М.С. Проблемні питання створення і використання логістичної системи підприємства / М.С. Дороніна, Л.Г. Шемаєва // Вісник Державного університету «Львівська політехніка». – Логістика. – 2000. – № 390. – С. 22-26.

36. Дослідження операцій в економіці / І. К. Федоренко, О. І. Черняк, Г.О. Черноус]; за ред. О. І. Черняка, І. К. Федоренко. – К.: Знання, 2007. – 558 с.

37. Економетрика: підручник / [О.І.Черняк, А.В.Ставицький, О.В.Баженова, О.В.Шебаніна]; за ред. О.І.Черняка. – 2-ге вид., перероб. та доп. –Миколаїв: МНАУ, 2015. – 414 с.

38. Економіка логістичних систем: [монографія] / М. Василевський, І. Білик, О. Дейнега, М. Довба та інші]; за ред. Є. Крикавського та С. Кубіва. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 596 с.

39. Єрмошкіна О. В. Управління фінансовими потоками промислових підприємств: теорія, практика, перспективи: [монографія] / О. В. Єрмошкіна. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 479 с.
40. Жигаревич О. К. Дослідження складних систем засобами імітаційного моделювання / О. К. Жигаревич // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2014. – № 14. – С. 139-143.
41. Забуранна Л. В. Логістичне управління підприємством: сутність та передумови розвитку / Л. В. Забуранна // Сталий розвиток економіки. – 2010. – № 7. – С. 120-123.
42. Забуранна Л. В. Матеріальні потоки підприємств: сутність і особливості / Л. В. Забуранна, О. М. Глущенко // Актуал. проблеми економіки. – 2011. – № 12. – С. 181-187.
43. Забуранна Л. В. Сучасна парадигма управління логістичною системою підприємства: [монографія] / Л. В. Забуранна, О. М. Глущенко. – К.: К.І.С., 2013. – 210 с.
44. Зеленков А.В. Имитационное моделирование логистических систем / А.В. Зеленков, А.П. Исаева // Науково-технічний збірник. – 2012. – № 102. – С. 350-356.
45. Иванов В.В. Финансовые потоки в логистических системах [Электронный ресурс] / В.В. Иванов, С.П. Кусакин, Е.Ю. Гутарева // ЛогИнфо. – 2001. – №9. Режим доступа: www.cfin.ru/press/loginfo/2001-09/8-11.shtml.
46. Ивашкин Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование систем / Ю.А.Ивашкин. – М.: МФТИ, 2013. – 267 с.
47. Иванова М. І. Принципи як основа наукової методології управління логістикою / М. І. Иванова // Бізнес Інформ. - 2015. - № 11. - С. 261-266.
48. Інформаційні технології та системи в транспортній логістиці [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://alvan-un.ru/tekhnika-i-tekhnologiji/245-informacijni-texnologii-ta-sistemi-v-transportnij-logistici-chastina-2.html>.

49. Казарина Л. А. Логистические издержки: проблемы учета и оценки / Л. А. Казарина // Вестник ТГПУ. – 2007. – № 9(72). – С. 24 – 27.
50. Кальченко А. Проблеми логістичного ринку послуг / А. Кальченко // Маркетинг в Україні. – 2009. – №1. – С. 59-63.
51. Кальченко А.Г. Логістика: підручник / А.Г. Кальченко. – К.: КНЕУ, 2004. – 284 с.
52. Каніщенко О. Л. Розвиток логістичних функцій міжнародного маркетингу / О. Л. Каніщенко // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2008. - № 633. - С. 269-274.
53. Карагодова О.О. Дослідження операцій: навч. посібник / О.О. Карагодова, В.Р. Кігель, В.Д. Рожок. – К.: Центр учбової літератури, 2007 – 256 с.
54. Карп І.М. Теоретичні основи мікрологістичної системи / І.М. Карп // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 223-227.
55. Карпов Ю.Г. Изучение современных парадигм имитационного моделирования в среде Anylogic / Ю.Г. Карпов // Компьютерные инструменты в образовании. – № 4. – 2005. – С. 3-14.
56. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Ю. Каталевский. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 496 с.
57. Качуровський В. Є. Інформаційна логістика / В. Є. Качуровський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Логістика». – 2010. – № 690. – С. 53-59.
58. Кобець В.М. Рівновага логістичної системи при горизонтальній інтеграції учасників в умовах інформаційної асиметрії // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 9. – Одеса, 2005. – С. 83-101.
59. Кобзева К.В. Інструментарій управління логістичними затратами промислового підприємства: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: 08.00.04 / Катерина Василівна Кобзева. – Луганськ, 2012. – 20 с.

60. Кобзева К.В. Теоретичне обґрунтування становлення логістики як науки / К.В. Кобзева // Економіка, Менеджмент, Підприємництво. Збірник наукових праць: Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2007. – №18. – С.61-66.
61. Колесников А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников, И.А. Кириков. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387с.
62. Колодізева Т.О. Моделювання логістичних витрат промислового підприємства / Т. О. Колодізева, Г. Р. Руденко // Прометей: регіональний збірник наукових праць з економіки. – Донецьк: ДЕГІ, 2007. – № 3 (24). – С. 261-263.
63. Коровин Е.Г. Проектирование и функционирование логистической системы управления финансовыми потоками коммерческого предприятия: автореф. дисс. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством: логистика / Е. Г. Коровин. – Саратов, 2011. – 24 с.
64. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под общ. и научн. ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 976 с.
65. Кравцова А. М. Фінансові ресурси підприємств: механізм формування та ефективного використання: [монографія] / А. М. Кравцова. – Вінниця: ПП Балюк І. Б., 2010. – 220 с.
66. Крикавський Є.В. Від планування логістики до логістичного планування / Є. В. Крикавський, І. Петецький, І. С. Рикванова // Вісник Хмельницького національного університету – 2009. – № 5. – Т. 3 – С. 160-165.
67. Крикавський Є.В. Логістика в стратегії економічного розвитку / Є.В. Крикавський // Інноваційна модель та стратегія економічного розвитку: матеріали III міжн. наук.-практ. конф., 2002 р., м. Київ. – К., Інститут економічного прогнозування НАН України, 2002. С. 158–159.
68. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: підручник / Є.В. Крикавський. – Львів, Інтелект-Захід. – 2006. – 423 с.

69. Крикавський Є.В. Логістичні системи: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чернописька. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 264 с.
70. Ларіна Р.Р. Оптимізація логістичної діяльності на загоді визначення потенціалу регіонального ринку збуту / Р.Р. Ларіна // Проблеми науки. – 2006. – № 8. – С. 40-43.
71. Ларіна Р.Р. Концепція формування корпоративної системи логістичного управління / Р.Р. Ларіна, С.О. Корецька // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2013. – № 42. – С. 378–381.
72. Левиков Г.А. Логистика, транспорт и экспедирование: краткий словарь-справочник / Г.А. Левиков. – М.: ТрансЛит, 2008. – 224 с.
73. Лень В.С. Управлінський облік: навч. посібник / В.С. Лень. – 2-ге видання, випр. – К.: Знання-Прес, 2006. – 317 с.
74. Лепа Р. Н. Прийняття управлінських рішень на підприємстві: теорія та практика / Р. Н. Лепа, В. М. Тимохин / НАН України, Інститут економіки промисловості. – Донецьк: ТОВ «Юго-Восток Лтд», 2004. – 262 с.
75. Марюта А.Н. Экономико–математическое моделирование и оптимизация управления организациями: [монографія] / А.Н. Марюта, Н.Е. Бойцун. – Днепропетровск: Изд–во ДДУ. – 2001. – 540 с.
76. Мельник О. В. Нові концептуальні підходи в логістиці [Електронний ресурс] / О. В. Мельник // Ефективна економіка. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журналу: <http://www.economy.nauka.com.ua>.
77. Мельникова К.В. Особливості обліку логістичних витрат на підприємствах / К.В. Мельникова // БІЗНЕС ІНФОРМ. – 2013. – № 5. – с. 242-246.
78. Меркулова Т.В. Визначення факторів співпраці економічних агентів зі створення субкластерів // Транскордонні фінансові кластери у забезпеченні експортно-імпортних операцій: [монографія] / Наук. ред. та кер. кол. Авт. д.е.н., проф. Н.М. Внукова. – Харків: ТО Ексклюзив, 2012. – С. 95-104.

79. Меркулова Т.В. Мультиагентний підхід до аналізу ефективності ланцюга поставок / Т.В. Меркулова, М.В. Акулов // Науковий журнал «Вісник київського національного університету технологій та дизайну», № 5 (67). – К., 2012. – С. 223-227.

80. Модели и методы теории логистики: учебное пособие. 2-е изд. / под ред. В.С. Лукинського. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.

81. Моделирование автоматизации проектирования логистических систем и потоковых процессов в строительстве / О.Е. Мартинсон, В.М. Фахратов, Е.В. Селезнева, Е.Н. Куликова // Вестник МГСУ. – 2012. – № 1. – С. 188-191.

82. Моделирование социально-экономических систем: теория и практика: [монография] / [В. С. Пономаренко, Т. С. Клебанова, А. И. Черняк и др.]; под ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизима. – Х.: ИНЖЭК, 2012. – 592 с.

83. Моделі і методи логістичного управління суб'єктами господарювання й економікою регіону: [монографія] / Р. Р. Ларіна, О. Г. Череп, І. Ю. Грішин, А. О. Ілаєва. – Сімферополь: ВД «АРІАЛ», 2011. – 234 с.

84. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: підручник / [В.М. Геєць, Т.С. Клебанова, О.І. Черняк, А.В. Ставицький та інші]; за ред. В.М. Гейця. – 2 вид., виправ. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2008– 396 с.

85. Мороз О.В. Системні фактори ефективності логістичної системи постачання на підприємствах: [монографія] / О.В. Мороз, О.В. Музыка. – Вінниця: Універсум, 2007. – 164 с.

86. Неруш Ю.М. Логистика / Ю. М. Неруш. – 4-е изд. – М.: Проспект, 2011. – 520 с.

87. Новиков В.А. Методика определения рейтинга внутреннего синергизма коллективной системы [Электронный ресурс] / В.А. Новиков, Г.Р. Ванкович, Л.И. Суарес // Экономика и управление. – 2012. – № 2. – С. 51-54. – Режим доступа: http://media.miu.by/files/store/items/eiup/30/eiu_30_2012_7.pdf.

88. Окландер М.А. Комплекс просування при використанні маркетингу в управлінні регіональними економічними системами / М.А. Окландер // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Логістика. – 2001. – №416. – С. 315-319.
89. Окландер М.А. Логістична система підприємства: [монографія] / М.А. Окландер — Одеса: Астропринт, 2004. — 312 с.
90. Окландер М.А. Перспективи диверсифікації виробництва України в умовах інтеграційних процесів / М.А. Окландер, М.В. Люзе // Молодий вчений. – 2014. – №5. – С. 144-148.
91. Павленко О.В. Розробка моделі функціонування логістичних ланцюгів транспортного вузла для вибору інтенсивних технологій вантажоруху: автореф. на здобуття степеня канд. тех. наук: спец. 05.22.01 – транспортні системи / О.В.Павленко. – Х. 2004. – 18 с.
92. Палагин Ю.И. Логистика – планирование и управление материальными потоками: учеб. пособие / Ю.И. Палагин. – СПб.: Политехника, 2009. – 286 с.
93. Паламарчук И.Н. Применение принципов логистики в управлении компанией / И.Н. Паламарчук, У.Л. Сторожилова // БІЗНЕС ІНФОРМ. – 2011. - №1. – с. 117-119.
94. Пальчик І. М. Логістичне управління підприємством – теоретико-методичний аспект [Електронний ресурс] / І. М. Пальчик // Ефективна економіка. – 2014. – № 10. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=3442>.
95. Перебийніс В.І. Транспортно-логістичні системи підприємств: формування та функціонування: [монографія] / В.І. Перебийніс, О.В. Перебийніс. – Полтава: РВЦ ПУСКУ, 2006. – 207 с.
96. Печенюк А.В. Сучасні інформаційні технології в транспортній логістиці // Печенюк А. В., Гуцол Т. Д. / Вісник СНУ ім. В. Даля – 2010. – № 6 (148). – С. 1-4.

97. Пивоваров М.Г. Модель взаємодії логістичних концепцій досягнення конкурентоспроможності підприємства / М.Г. Пивоваров, О.М. Шаповалов // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2009. – № 4. – С. 157–162.
98. Підвальна О. Г. Синергійний ефект в менеджменті [Електронний ресурс] / О. Г. Підвальна, Н. О. Козяр // Ефективна економіка. – 2013. – № 3. – Режим доступу : <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1865>.
99. Плєскач В. Л. Інформаційні системи і технології на підприємствах: підручник / В. Л. Плєскач, Т. Г. Затонацька. – К.: Знання, 2011. – 718 с.
100. Плєскач В.Л. Агентні технології / В.Л. Плєскач, Ю.В. Рогушина. – К.: КНТЕУ, 2005. – 338 с.
101. Плоткин Б. К. Методические указания по изучению учебной дисциплины «Предпринимательская логистика» / Б. К. Плоткин, Д. Ю. Гогин. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2013. – 52 с.
102. Пономарьова Ю.В. Логістика: навч. посіб. / Ю.В. Пономарьова. – [вид. 2-ге, перероб. та доп.]. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 328 с.
103. Посилкіна О.В. Фармацевтична логістика: [монографія] / О.В. Посилкіна, Р.В. Сагайдак, Б.П. Громовик; за ред. О.В. Посилкіної. – Х.: Вид-во Нац. фармацевтичного ун-ту: Золоті сторінки, 2004. – 320 с.
104. Приймак В.М. Корпоративные проектно-ориентированные системы управления бизнесом / В.М. Приймак // Актуальные проблемы менеджмента, маркетинга и логистики. – Москва, РХТУ им. Менделеева. –2005. – 200 с.
105. Рета М.В. Логістичні витрати: визначення, класифікація та облік / М.В. Рета // БІЗНЕС ІНФОРМ. – 2012. – №8. – с. 155-158.
106. Ржевский Д. Мультиагентные системы в логистике и е- коммерции [Електронний ресурс] / Д.Ржевский. – Режим доступу: http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2689/
107. Родников А.Н. Логистика / А.Н. Родников. – Москва, 2000 – 218 с.
108. Семененко А. И. Логистика. Основы теории: учебник для вузов / А.И. Семененко, В.И. Сергеев. – СПб.: Изд-во «Союз», 2003. – 544 с.

109. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе: учебник / В.И. Сергеев. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 608 с.
110. Сидоренко В.Н. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение / В.Н. Сидоренко, А.В. Красносельский // Бизнес-информатика. – № 2. – 2008. – С. 52-57.
111. Сио К.К. Управленческая экономика: Пер с англ. / К.К. Сио. – М.: – ИНФРА-М, 2000. – 671 с.
112. Скілько В.І. Аналіз та моделювання синергічного ефекту логістичних систем мікроекономічного рівня / В. І. Скілько // Проблеми економіки. – 2015. – № 1. – С. 242-248.
113. Скілько В.І. Електронна логістика як складова сучасного бізнесу / В.І. Скілько // Бізнес Інформ. – № 7. – 2014. – С. 309-314.
114. Скілько В.І. Теоретичні положення функціонування логістичних систем та концептуальні аспекти їх моделювання / В.І. Скілько // Культура народів Причорномор'я. – 2013. – № 256. – С. 199-203.
115. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии для управления ресурсами предприятий в реальном времени в практических применениях [Электронный ресурс] / П.О. Скобелев. – http://www.iki.rssi.ru/seminar/2011030204/presentation/20110303_03.pdf.
116. Скоробогатова Т. Н. Традиционная и сервисная логистика: разграничение и взаимопроникновение / Т. Н. Скоробогатова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 393–398.
117. Сопильняк И.С. Логистика: учеб. пособие / И.С. Сопильняк. – Донецк: Донецкий ун-т экономики и права, 2005. – 93 с.
118. Ставицький А.В. Навчально-методичний комплекс з курсів «Прогнозування» та «Фінансове прогнозування» / А.В. Ставицький. – К., 2006. – 107 с.
119. Старостіна А.О. Маркетинг: підручник / А.О. Старостіна, Н.П. Гончарова, Є. В. Крикавський, В.Я. Заруба, О.Л. Канищенко. – К.: Знання, 2009. – 1071 с.

120. Сухомлінов А.І. Моделювання матеріального потоку у виробничій логістиці / А.І. Сухомлінов // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, 2013. – Випуск 2(109). – С. 294-298.
121. Тараненко Ю.В. Економіко-математичне моделювання логістики постачання ресурсів на підприємстві / Ю.В. Тараненко, І.К. Федоренко // Вісник Волинського інституту економіки та менеджменту. – 2016. – №10. – С. 306-313.
122. Тараненко Ю.В. Імітаційне моделювання логістичних процесів / Ю.В. Тараненко, І.К. Федоренко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – 2016. – №8(185) – С. 38-44.
123. Тараненко Ю.В. Моделі управління запасами на торговельних підприємствах / Ю.В. Тараненко // Агросвіт. – 2016. – №3. – С. 40-44.
124. Тараненко Ю.В. Система логістики в оптовій та роздрібній торгівлі / Ю.В. Тараненко // Наука и общество: матеріали міжнар. наук. конф., 15 лютого 2014 р., м. Донецьк. – Донецьк: ЗНАНИЕ, 2014. – С. 203-205.
125. Тараненко Ю.В. Система управління запасами на торговельних підприємствах / Ю.В. Тараненко // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. – №18. – С. 80-83.
126. Тараненко Ю.В. Способи моделювання системи управління товарними запасами [Електронний ресурс] / Ю.В. Тараненко // Ефективна економіка. – 2015. – №9. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=4299>.
127. Тараненко Ю.В. Управління логістичними процесами на підприємстві / Ю.В. Тараненко // Шевченківська весна 2016. Економіка: матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 5–8 квітня 2016 р., м. Київ. – К., Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2016. – С. 140.
128. Тараненко Ю.В. Аналіз ринку логістичних послуг / Ю.В. Тараненко // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: економічні науки. – 2015. – №12(3). – С. 219-222.

129. Тараненко Ю.В. Аналіз сучасних методів та моделей логістичних процесів / Ю.В. Тараненко // Економіка. Фінанси. Право. – 2016. – №1. – С. 56-59.

130. Тараненко Ю.В. Використання сучасних технологій для реалізації логістичних процесів / Ю.В. Тараненко // Моделювання та прогнозування соціально-економічних процесів сьогодення: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 20-21 березня 2015 р., м. Одеса. – Одеса: Центр економічних досліджень та розвитку, 2015. – С. 124-127.

131. Тараненко Ю.В. Економічна сутність та значення логістики для діяльності підприємства / Ю.В. Тараненко // Економіка та держава. – 2015. – №5. – С. 131-135.

132. Тараненко Ю.В. Особливості логістичних процесів на торговельних підприємствах / Ю.В. Тараненко // Пути развития экономики в контексте евроинтеграционных процессов: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 7-8 лютого 2014 р., м. Сімферополь. – Сімферополь: Economics, 2014. – С. 138-139.

133. Тараненко Ю.В. Применение современных логистических концепций / Ю.В. Тараненко // Přední vědecké novinky – 2014: матеріали X міжнар. наук.-практ. конф., 5 серпня-27 вересня 2014 р., м. Прага (Чехія). – Прага: Education and Science, 2014. – С. 3-5.

134. Тараненко Ю.В. Сучасні концепції та технології реалізації логістичних процесів / Ю.В. Тараненко // Європейські перспективи. – 2014. – №6. – С. 36-43.

135. Тараненко Ю.В. Теоретичні підходи щодо дослідження особливостей та структури логістики торговельних підприємств / Ю.В. Тараненко // Теоретичні та прикладні питання економіки. – 2014. – №2(29). – С. 452-461.

136. Тараненко Ю.В. Теоретичні підходи щодо дослідження особливостей та структури логістики торговельних підприємств / Ю.В. Тараненко // Конкурентоспроможність національної економіки: матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф., 28 березня 2014 р., м. Київ. – К., Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2014. – С. 281-284.

137. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем): Учебник / Ф.П. Тарасенко. – Томск: Томский университет, 2004. – 186 с.
138. Томашевський В.М. Імітаційне моделювання систем і процесів / В.М. Томашевський – К.: ІСДО, 2005. – 350 с.
139. Томашевський В.М. Моделювання систем / В.М. Томашевський – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
140. Тридід О.М. Логістичний менеджмент: навч. посіб. / О.М. Тридід, К.М. Таньков. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2005. – 224 с.
141. Тридід О.М. Інтегровані матеріальні потоки: конспект лекцій / О.М. Тридід, Т.О. Колодізева. – Х., 2006. – 84 с.
142. Фролова Л.В. Логістичне управління підприємством: теоретико-методологічні аспекти / Л.В. Фролова. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2005. – 322 с.
143. Фролова Л.В. Логістичний підхід до формування збалансованої системи показників / Л. В. Фролова // Підприємництво. Вісник КНТЕУ. – 2005. – № 5.– С. 52-59.
144. Фролова Л.В. Механізм створення та функціонування логістичних систем на електронному ринку // Весник КНТЕУ. – К.: КНТЕУ, 2005. -№2. Спецвипуск. Ч.1. – С. 131-136.
145. Фролова Л.В. Механізми логістичного управління торговельним підприємством / Л.В. Фролова. – Донецьк. ДонДУЕТ, 2005. – 322 с.
146. Функціональна логістика: конспект лекцій / [О.М Тридід та ін.]; за ред. О.М Тридіда. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2007. – 271 с.
147. Харрисон А. Управление логистикой. Разработка стратегий логистических операций / А. Харрисон, Р. Ван Хоук ; пер. с англ., под науч. ред. А. Е. Михайцева. – Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. – 368 с.
148. Хвищун Н. В. Сутність поняття «логістика»: ретроспективний аналіз [Електронний ресурс] / Н. В. Хвищун. // Ефективна економіка. – 2012. – № 11. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2012_11_43.

149. Черваньов Д.М. Економетрика / Д.М. Черваньов, О.В. Комашко. – К.: РВВ КІЕМБСС., 1998.
150. Черкесов А.Г. Концепция логистики в международном бизнесе: [учеб. пособие] / А.Г. Черкесов. СПб.: Изд-во «Нестор», 2005. – 58 с.
151. Черняк О.І. Прикладні аспекти прогнозування розвитку складних соціально-економічних систем: [монографія] / за ред. О.І.Черняка, П.В.Захарченка. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2015. – 384 с.
152. Черняк О.І. Інтелектуальний аналіз даних / О.І. Черняк, П.В. Захарченко. – К.: Знання, 2014. – 599 с.
153. Чмут А.В. Синергічний ефект як фактор підвищення конкурентоспроможності інтегрованих підприємств [Електронний ресурс] / А.В. Чмут // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Серія «Економічні науки». – 2010. – Вип. 97. – 388 с. – Режим доступу : http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_97/49.pdf.
154. Чорноус Г.О. Агентна модель інтелектуальної інформаційної системи управління в економіці/ Г.О.Чорноус // Вісник Київського національного університету. Економіка. – 2016. – Вип. 178. – С. 41-47.
155. Чорноус Г.О. Проактивне управління соціально-економічними системами на основі інтелектуального аналізу даних: методологія і моделі: [монографія] / Г.О. Чорноус. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 351 с.
156. Чорноус Г.О. Розробка інтелектуальної агентно-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень на підприємстві / Г.О.Чорноус // Вісник Київського національного університету. Економіка. – 2014. – Вип. 160. – С. 101–109.
157. Чорноус Г.О. Системи управління транспортним підприємством: інтелектуалізація в умовах глобалізації [Електронний ресурс] / Г.О.Чорноус // Міжнародні відносини. Серія: економічні науки. – 2014. – №3. – Режим доступу: http://journals.iir.kiev.ua/index.php/ec_n/article/view/2307.
158. Чудаков А.Д. Логистика / А.Д. Чудаков. – М.: РДЛ, 2001. – 480 с.

159. Чухрай Н. Інновації та логістика товарів: [монографія] / Н. Чухрай, Р. Патора. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. – 264 с.
160. Чухрай Н. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики: [монографія] / Н. Чухрай, О. Гірна. – Львів: Інтеллект-Захід, 2007. – 232 с.
161. Швецов А.Н. Агентно-ориентированные системы: основные модели / А.Н. Швецов. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 189 с.
162. Шевців Л.Ю. Логістичні витрати підприємства: формування та оцінювання: [монографія] / Л.Ю. Шевців, І. Петецький. – Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2011. – 244 с.
163. Шкодіна Л. Г. Взаємозв'язок фінансових і логістичних потоків / Л. Г. Шкодіна, О. М. Сумець // Логистика: проблемы и решения. – 2013. – № 3.–С. 20–27.
164. Яковенко В.С. Концепція моделювання оперативного управління логістичними процесами розподільчих систем / В. С. Яковенко // Бізнес Інформ. – 2012. – №11. – с. 275-279.
165. A Panorama Consulting Solutions Research Report [Електронний ресурс] / ERP REPORT 2015. – Режим доступу: <http://panorama-consulting.com/resource-center/2015-erp-report/>.
166. Andersson M. Simulation optimization for industrial scheduling using hybrid genetic representation / M. Andersson, H. Amos, H. Grimm // Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. – 2008. – P. 2004-2011.
167. AnyLogic Homepage [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.xjtek.ru/anylogic/>.
168. Biethahn J. Optimierung und Simulation / J. Biethahn, A. Lackner, M. Range, O. Brodersen // Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2004. – 315 p.
169. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6 / A. Borshchev // AnyLogic North America. – 2013. – 614 p.

170. Bowersox D.J. Supply chain logistics management / D.J. Bowersox, D.J. Closs, M. B. Cooper // 3rd ed, New York: Irwin-Mcgraw-Hill. – 2010. – 498 p.
171. Carr D. «Don't Just Analyze Your Business, Optimize It» [Электронный ресурс] / D. Carr. 2011. – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/davidcarr/2014/07/21/dont-just-analyze-your-business-optimize-it/>.
172. Castillo O. Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing Intelligent Systems / O.Castillo, P.Melin, W.Pedrycz, J.Касprzyk (ed.). – Berlin: Springer, 2014. – 721 p.
173. Christopher M. Marketing logistics / M. Christopher, H. Peck. – Routledge, 2012, – P. 151.
174. Council of Supply Chain Management Professionals [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>.
175. Coyle J. Zarzadzanie logistyczne / J. Coyle, E. Bardi, C. Langley. – Warszawa: PWE, 2002. – 734 s.
176. Croson R. Behavioral causes of the bullwhip effect and the observed value of inventory information / R. Croson, K.Donohue // Manage. Sci. – 2006. – Vol. 52(№3). – P. 323-336.
177. Davenport T. Competing on Analytics [Электронный ресурс] / T. Davenport, J. Harris // Boston, MA: Harvard Business School Press, 2007. – Режим доступа: <https://hbr.org/2006/01/competing-on-analytics>.
178. E-manufacturing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-manufacturing.it/>.
179. Empowering Logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elalog.eu/>.
180. ERP Software Blog [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.erpsoftwareblog.com/>.
181. Eskandari H. Using simulation optimization as a decision support tool for supply chain coordination with contracts / H. Eskandari, M. Darayi, D. Geiger // Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. – 2010. – P. 1306-1317.

182. Forrester J.W. System dynamics – the next fifty years. *System Dynamics Review* / J.W. Forrester. – 2007. – 23(2-3) – P. 359-370.
183. Fu M. Simulation optimization: a review, new development, and applications / M. Fu, F. Glover, J. April // *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. – 2005. – P. 237-251.
184. Gartner's ERP Market Share Update Shows The Future Of Cloud ERP Is Now [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/louiscolumnbus/2014/05/12/gartners-erp-market-share-update-shows-the-future-of-cloud-erp-is-now/>.
185. Ghiani G. Introduction to Logistics Systems Planning and Control / G. Ghiani, G. Laporte, R. Musmanno // John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex. – 2004. – P. 352.
186. Greenland A. «O.R. at IBM» / A. Greenland // *ORMS Today*. – 2011. – 38(6). – P. 19-20.
187. Gudehus T. Logistik: Grundlagen, Strategien, Anwendungen 3. Aufl / T. Gudehus. – Berlin u.a.: Springer, 2005, –1144 p.
188. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering / I. Jacobson // ASM press., 2004. – 528с.
189. Leon A. Enterprise Resource Planning, third edition / A. Leon // Tata McGraw-Hill, 2014. – P. 440.
190. Logistics time [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://logisticstime.com/logisticheskaya-sistema/sistema-tochno-vovremya-just-in-time/>.
191. Molnár B. Planning of order picking processes using simulation and a genetic algorithm in multicriteria scheduling optimization B. Molnár // *Proceedings 16th European Simulation Symposium*. – 2004. – P. 1-6.
192. Murphy P. Contemporary Logistics / P. Murphy, D. Wood // 10th Edition, International edT, Upper Saddle River, N.J.; Harlow: Prentice Hall. – 2011. – P. 586.

193. Pichitlamken P. Optimization via simulation: a combined procedure for optimization via simulation / P. Pichitlamken, B. Nelson // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. – 2002. – P. 292-300.
194. Railsback S.F. Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction / S.F. Railsback, V. Grimm. – Princeton University Press, 2011. – 352 p.
195. Resource Requirement Planning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.slideshare.net/WelingkarDLP/resource-requirement-planning>.
196. Sashihara S. The Optimization Edge: Reinventing Decision Making to Maximize All Your Company's Assets / S. Sashihara // New York: McGraw Hill. – 2011.
197. Stevenson W. J. Production / Operations Management / W. J. Stevenson // Irwin Professional Publishing; 6th edition, 1996. – P. 912.
198. Supply chain management SAP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sap.com/uk/solution/lob/supply-chain.html>.
199. TADVISER Государство. Бизнес. ИТ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.tadviser.ru/index.php/ERP>.
200. Taranenko Y. A logistics model for production / Y. Taranenko // Actual Problems of Economy and Business: Abstracts of the Materials of All-Ukrainian Scientific Conference, 22 November 2016, Kropyvnytskyu, – Kropyvnytskyu: Central Ukrainian National Technical University, 2016. – 98-100 p.
201. Taranenko Y. Logistics services market of Ukraine / Y. Taranenko // Revista Economica. – 2015. – №67(4). – P. 152-163.
202. Taranenko Y. The construction of a model combining tasks formation of stocks and transportation / Y. Taranenko // Глобальні виклики для навколишнього середовища і ресурсної економіки в країнах Центральної та Східної Європи: безпека та сталий розвиток (GCEREEС'2014): матеріали II міжнар. конф., 9-11 жовтня 2014 р., м. Київ. – К., Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2014. – 82 с.

203. Taranenko Y. Theoretical aspects of the trade entity logistics / Y. Taranenko // *Středoevropský věstník pro vědu a výzkum*. – 2015. – №10 (23). – P. 12-18.

204. Taranenko Y. Economic-mathematical methods and models of the logistics processes / Y. Taranenko // *Sustainable Spatial Development Nowadays on the European Continent: Challenges and Perspectives: Book of Abstract the International Conference, November 25–26, 2015 / InterRegionNovation – France, 2015*. Available at: <http://irn.center/conference-offer/>.

205. Thompson K.M. Valuing Information in Complex Systems: An Integrated Analytical Approach to Achieve Optimal Performance in the Beer Distribution Game / K.M. Thompson, N.D. Badizadegan // *IEEE Access The journal for rapid open access publishing*. – 2015 – Vol. 3. – P. 2677-2686.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Визначення	Автор
Практичне управління переміщенням військ. Логістика охоплює набагато ширше коло питань, а саме планування, управління і постачання, визначення місця дислокації військ, а також будівництво мостів, доріг тощо.	Автор перших праць з логістики, французький військовий теоретик А. Джоміні (1779-1869 рр.) [102]
Особливий розділ математики, математична логіка. Метод встановлення математичних закономірностей, конструювання технічних систем обчислювальної техніки.	Німецький математик Г. Лейбніц (1646 – 1716 рр.) [150]
Процес планування, реалізації та контролю, що повинен бути ефективним й економічним з погляду витрат, за переміщенням й зберіганням матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції, а також пов'язаної з ними інформації про постачання товарів від місця виробництва до місця споживання згідно із вимогами клієнтів.	Німецький професор Пфоль [51]
Перш за все прогресивне мислення, методологія процесу наскрізної організаційно-аналітичної оптимізації складних цілеспрямованих, в тому числі слабоструктурованих систем, якими можна представляти будь-які організаційно-економічні, виробничо-комерційні, господарські та інші подібні потоково-процесні види діяльності... Це мислення, направлене на організаційно-структурне і організаційно-аналітичне вдосконалення поточкових процесів людської діяльності будь-якого змісту.	Російські професори А. Семенов та В. Сергеев [108]
Процес планування та контроль матеріальних потоків та пов'язаної з ними інформацією в організаціях державного та приватного секторів. Місія логістики полягає в отриманні матеріалів в потрібному місці в потрібний час при оптимізації продуктивності (наприклад, мінімізуючи експлуатаційні витрати) та задоволення певного набору обмежень (наприклад, обмеження бюджету).	Дж. Джіані [185]
Синтез управлінських рішень, що приймаються у менеджменті, фінансах, підприємстві та маркетингу. Вона дозволяю поєднувати економію витрат з гнучким реагуванням на пріоритети споживачів та забезпечує організаційне, економічне, технологічне та інформаційне поєднання поточкових процесів товарообміну і відтворення.	О. Павленко [91]
Управління трьома потоками: матеріальними, інформаційними, фінансовими, мінімізуючи витрати та задоволення вимог	В. Приймак [104]

СПОЖИВАЧІВ.	
-------------	--

Продовження табл. А.1

Визначення	Автор
<p>Унікальна область діяльності: тут ніколи не буває зупинок! Логістикою займаються усюди в світі по 24 години на добу, по 7 днів на тиждень протягом 52 тижнів у рік. Мало які сфери ділових операцій можуть похвалитися такою ж складністю внутрішніх взаємозв'язків і такою ж широтою географічного охоплення, що характерні для логістики ... Сучасна логістика – явище парадоксальне. Те, що ми сьогодні називаємо логістикою, виникло із зародженням цивілізації ..., однак найдосконаліші її досягнення втілилися у передових рисах сучасного бізнесу і управління державним сектором.</p>	<p>Професори Бауерсокс і Клосс (2005 р.) [170]</p>
<p>Науково-практичний напрям управління та оптимізації логістичних потоків для досягнення оперативних, тактичних та стратегічних цілей в певній логістичній системі.</p>	<p>Н. Хвищун (2012 р.) [148]</p>
<p>Науково-практичний інструмент спільного господарювання багатьох економічно самостійних ринкових структур, що дозволяє досягти раціональної організації потокових процесів, які відбуваються в просторово-часовій послідовності, з метою виявлення та реалізації потенційних резервів управління й отримання, в кінцевому рахунку, додаткових доходів і прибутку цими структурами переважно за рахунок суспільно-корисних, головним чином виробничих факторів і джерел.</p>	<p>А. Бутов [13]</p>

Додаток Б

Таблиця Б.1

Часові ряди прогнозування попиту на продукцію підприємства

ВКФ «Укрпромстач-95» ЛТД

Дата	Обсяг релізації ковбасних виробів, ум. од. (DEMAND)	Середня ціна виробника на ковбасні вироби, гр. од. (APP)
2010M01	390,59	125,26
2010M02	327,81	125,38
2010M03	336,09	125,42
2010M04	290,04	125,38
2010M05	301,04	125,60
2010M06	282,83	125,73
2010M07	253,68	125,95
2010M08	262,06	126,24
2010M09	351,56	126,47
2010M10	388,98	126,61
2010M11	386,95	126,94
2010M12	395,01	126,96
2011M01	402,17	129,14
2011M02	337,53	129,26
2011M03	346,05	129,30
2011M04	298,64	129,26
2011M05	309,97	129,48
2011M06	291,22	129,62
2011M07	261,20	129,85
2011M08	269,84	130,14
2011M09	361,99	130,39
2011M10	400,51	130,52
2011M11	398,42	130,86
2011M12	406,72	130,88
2012M01	412,29	142,73
2012M02	346,02	142,52
2012M03	354,76	144,73
2012M04	306,16	144,98
2012M05	317,77	146,03
2012M06	298,54	146,13
2012M07	267,77	146,26
2012M08	276,62	146,36
2012M09	371,09	147,48
2012M10	410,58	148,69
2012M11	408,44	149,01
2012M12	416,95	149,17
2013M01	413,64	129,14
2013M02	347,15	129,26

2013M03	355,92	129,30
---------	--------	--------

Продовження табл. Б.1

Дата	Обсяг релізації ковбасних виробів, ум. од. (DEMAND)	Середня ціна виробника на ковбасні вироби, гр. од. (APP)
2013M04	307,16	129,26
2013M05	318,81	129,48
2013M06	299,52	129,62
2013M07	268,65	129,85
2013M08	277,53	130,14
2013M09	372,31	130,39
2013M10	411,93	130,52
2013M11	409,78	130,86
2013M12	418,32	130,88
2014M01	389,91	132,74
2014M02	397,11	133,21
2014M03	350,02	135,31
2014M04	280,47	139,42
2014M05	323,19	142,27
2014M06	266,36	144,57
2014M07	262,60	148,43
2014M08	264,15	149,89
2014M09	341,40	154,83
2014M10	349,12	158,88
2014M11	355,03	160,50
2014M12	389,62	165,15
2015M01	346,70	167,44
2015M02	323,40	171,14
2015M03	319,53	182,45
2015M04	322,30	188,96
2015M05	305,66	188,97
2015M06	263,95	188,66
2015M07	236,15	189,21
2015M08	233,24	194,43
2015M09	292,83	196,86
2015M10	338,92	198,62
2015M11	350,77	200,01
2015M12	370,00	201,41

Додаток В

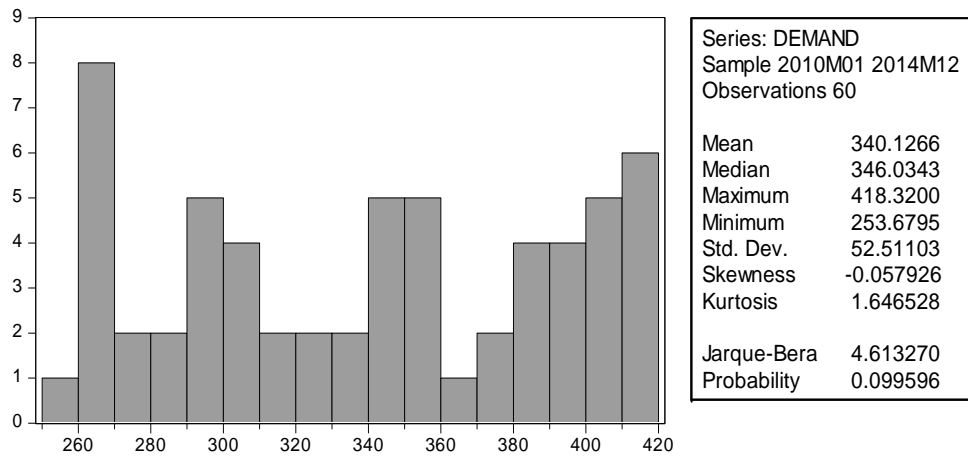


Рис. В.1. Основні статистичні характеристики часового ряду demand

Таблиця В.1

Результати тесту Дікі-Фулера на стаціонарність часових рядів demand та app

	DEMAND	APP
t-Statistic	0,0246	-0,1612
Prob,*	0,9957	0,9928
1% level	-4,1184	-4,0925
5% level	-3,4865	-3,4743
10% level	-3,1715	-3,1644

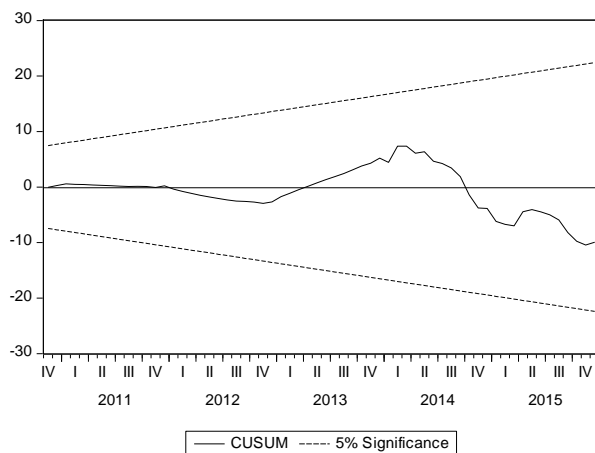


Рис. В.2. Перевірка стабільності параметрів моделі (3.4)

Додаток Г

Таблиця Г.1

Норми витрат ресурсів на виробництво 1 ум. од. ковбасних виробів

№	Вид продукції	Свинина	Яловичина	Куряче м'ясо	Спеції та добавки	Молоко	Інші
1	Сосиски, сардельки	0,4	0,24	0,12	0,08	0,04	0,12
2	Паштетні, ліверні та кров'яні	0,45	0,3		0,1		0,15
3	Запечені вироби	0,9			0,08		0,02
4	Ковбаси варені	0,59	0,25		0,07	0,07	0,02
5	М'ясні делікатеси	0,9			0,08		0,02
6	Ковбаси варено-копчені	0,3	0,6		0,08		0,02
7	Ковбаси напівкопчені	0,3	0,25	0,3	0,1		0,05
8	Ковбаси копчено-запечені	0,57	0,2	0,1	0,09		0,04
9	Ковбаси сиров'ялені	0,6	0,3		0,07		0,03

Додаток Д

Таблиця Д.1

Замовники продукції ВКФ «Укрпромпостач-95» ЛТД

№	Назва	
1	Фірмовий магазин 1	Київ
2	Фірмовий магазин 2	
3	Фірмовий магазин 3	
4	Фірмовий магазин 4	
5	Фірмовий магазин 5	
6	Фірмовий магазин 6	
7	Фірмовий магазин 7	
8	Фірмовий магазин 8	
9	Мережа супермаркетів «Сільпо»	
10	Мережа супермаркетів «Новус»	
11	Мережа супермаркетів «Фуршет»	
12	Мережа супермаркетів «Велика Кишеня»	
13	Мережа супермаркетів «Ашан»	
14	Оптовий торговець 1	
15	Оптовий торговець 2	
16	Оптовий торговець 3	
17	Оптовий торговець 4	
18	Оптовий торговець 5	
19	Оптовий торговець 6	
20	Оптовий торговець 7	
21	Оптовий торговець 8	
22	Оптовий торговець 9	
23	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Бориспіль
24	Мережа супермаркетів «Новус»	
25	Оптовий торговець 1	
26	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Бровари
27	Мережа супермаркетів «Новус»	
28	Оптовий торговець 1	
29	Оптовий торговець 1	Золотоноша
30	Оптовий торговець 2	
31	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Черкаси
32	Мережа супермаркетів «Новус»	
33	Мережа супермаркетів «Фуршет»	
34	Мережа супермаркетів «Велика Кишеня»	
35	Оптовий торговець 1	
36	Оптовий торговець 2	
37	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Житомир
38	Мережа супермаркетів «Фуршет»	
39	Оптовий торговець 1	
40	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Чернігів
41	Мережа супермаркетів «Велика Кишеня»	
42	Оптовий торговець 1	
43	Мережа супермаркетів «Сільпо»	Одеса

Таблиця Д.2

Графік доставки ковбасних виробів

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44				
Ковбаси напівкопчені																																																
пн	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1						
вт	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
ср	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0						
чт	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
пт	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
сб	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
нд	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0				
Ковбаси варені																																																
пн	0	1	1	0	1	1	0	1		1	1		0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0		1	0		1	1	0	0		0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1					
вт	0	1	1	0	1	1	0	1		1	1		0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0		1	0		1	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
ср	1	0	0	1	0	0	1	0		0	0		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0	1		0	0	1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0					
чт	0	1	1	0	1	1	0	1		1	1		0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0		1	0		1	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
пт	1	0	0	1	0	0	1	0		0	0		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0	1		0	0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
сб	0	1	1	0	1	1	0	1		1	1		0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0		1	0		1	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
нд	1	0	0	1	0	0	1	0		0	0		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0	1		0	0	1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
Сосиски, сардельки																																																
пн	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	
вт	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ср	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
чт	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
пт	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
сб	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
нд	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	

Продовження таблиці Д.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
М'ясні делікатеси																																													
пн	1	1	0	1	1	1	1		1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1		1	0		1	1	0	0		0			0	0			0			0	0	0	
вт	1	1	0	1	1	1	1		1				1	1	0	1	1	1	0	1	1	1		1	1		1	0	0	0		0			0	0			0			0	0	0	
ср	0	0	1	0	0	0	0		0				1	0	0	1	0	0	0	1	1	0		0	1		0	0	1	1		1			1	1			1			1	0	0	
чт	1	1	0	1	1	1	1		1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1		1	0		1	1	0	0		0			0	0			0			0	0	0	
пт	0	0	1	0	0	0	0		0				0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		0	0		0	1	1	1		1			1	1			1			1	1	1	
сб	1	1	0	1	1	1	1		1				1	1	0	1	1	1	0	1	1	1		1	1		1	0	0	0		0			0	0			0			0	0	0	
нд	0	0	1	0	0	0	0		0				0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		0	0		0	1	0	0		0			0	0			0			0	0	0	
Запечені вироби																																													
пн	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
вт	0	1	1	0	1	1	0	1	1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ср	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
чт	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
пт	1	0	0	1	0	0	1	0	0				1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
сб	1	1	0	1	1	1	1	0	1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
нд	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Паштетні, ліверні та кров'яні																																													
пн	1	1	0	1	1	1	1	0	1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
вт	1	1	0	1	1	1	1	0	1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ср	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
чт	1	1	0	1	1	1	1	0	1				1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
пт	0	0	1	0	0	0	0	1	0				1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
сб	1	1	0	1	1	1	1	0	1				0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
нд	0	0	1	0	0	0	0	1	0				1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Додаток Ж

Таблиця Ж.1

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам в понеділок

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,00	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
2	0,20	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00
7	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
8	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00

Продовження таблиці Ж.1

№	Замовники																							Сума
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
1	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,22	0,08	0,06	0,14	0,03	0,02	0,29	0,31	0,04	0,05	0,21	0,03	0,00	0,00	2,24		
2	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,17	0,13	0,04	0,14	0,06	0,03	0,00	0,00	1,64		
3	0,22	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	0,09	0,26	0,24	0,07	0,07	0,05	0,06	0,52	0,15	0,09	0,41	0,10	0,07	0,00	0,00	3,82		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,06	0,02	0,46		
5	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,09	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,12	0,00	0,03	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	1,07		
6	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,07	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,14	0,00	0,03	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	1,02		
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,13	0,10	0,04	0,06	0,01	0,00	0,26	0,13	0,00	0,20	0,09	0,00	0,12	0,05	1,52		
8	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,24	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06	0,09	0,01	0,23	0,06	0,01	0,09	0,04	1,23		
9	0,09	0,04	0,00	0,07	0,04	0,05	0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,81		

Таблиця Ж.2

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам у вівторок

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,11	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	0,00	0,18	0,27	0,37	0,08	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,25
2	0,00	0,15	0,14	0,00	0,13	0,14	0,00	0,07	0,00	0,16	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,07	0,07	0,10	0,00
3	0,20	0,00	0,18	0,18	0,00	0,18	0,18	0,00	0,57	0,27	0,06	0,06	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,18	0,00	0,13	0,30
4	0,06	0,06	0,00	0,05	0,05	0,06	0,05	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,00
5	0,00	0,08	0,08	0,00	0,07	0,08	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07
6	0,08	0,08	0,00	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08
7	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,11	0,34	0,16	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
8	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,57	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05
9	0,07	0,07	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

Продовження таблиці Ж.2

№	Замовники																							Сума
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
1	0,08	0,00	0,16	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	
2	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	
3	0,00	0,10	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,97	
4	0,07	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	
5	0,01	0,00	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	
6	0,01	0,00	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	
7	0,10	0,00	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17	
8	0,17	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	

Таблиця Ж.3

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам в середу

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,11	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	0,00	0,18	0,27	0,37	0,08	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,25
2	0,00	0,15	0,14	0,00	0,13	0,14	0,00	0,07	0,00	0,16	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,07	0,07	0,10	0,00
3	0,20	0,00	0,18	0,18	0,00	0,18	0,18	0,00	0,57	0,27	0,06	0,06	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,18	0,00	0,13	0,30
4	0,08	0,08	0,00	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,57	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,57	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05
9	0,07	0,07	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

Продовження таблиці Ж.3

№	Замовники																							Сума
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
1	0,08	0,00	0,16	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	
2	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	
3	0,00	0,10	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,97	
4	0,01	0,00	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	0,17	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,01	0,07	0,24	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,09	0,01	0,00	0,06	0,01	0,09	0,04	0,00	1,93	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	0,17	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	

Таблиця Ж.4

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам в четвер

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,00	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
2	0,20	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00

Продовження таблиці Ж.4

№	Замовники																				Сума	
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		44
1	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,22	0,08	0,06	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
2	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	1,09
3	0,22	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	0,09	0,26	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	2,36
4	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,07	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,14	0,00	0,03	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	1,02
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
9	0,09	0,04	0,00	0,07	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59

Таблиця Ж.5

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам у п'ятницю

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,00	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
2	0,20	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00
7	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
8	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00

Продовження таблиці Ж.5

№	Замовники																				Сума	
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		44
1	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,22	0,08	0,06	0,14	0,03	0,02	0,29	0,31	0,04	0,05	0,21	0,03	0,00	0,00	2,24
2	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,17	0,13	0,04	0,14	0,06	0,03	0,00	0,00	1,64
3	0,22	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	0,09	0,26	0,24	0,07	0,07	0,05	0,06	0,52	0,15	0,09	0,41	0,10	0,07	0,00	0,00	3,82
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,06	0,02	0,46
5	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,09	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,12	0,00	0,03	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	1,07
6	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,07	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,14	0,00	0,03	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	1,02
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,13	0,10	0,04	0,06	0,01	0,00	0,26	0,13	0,00	0,20	0,09	0,00	0,12	0,05	1,52
8	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,24	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06	0,09	0,01	0,23	0,06	0,01	0,09	0,04	1,23
9	0,09	0,04	0,00	0,07	0,04	0,05	0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,81

Таблиця Ж.6

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам в суботу

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,11	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	0,00	0,18	0,27	0,37	0,08	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,25
2	0,00	0,15	0,14	0,00	0,13	0,14	0,00	0,07	0,00	0,16	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,07	0,07	0,10	0,00
3	0,20	0,00	0,18	0,18	0,00	0,18	0,18	0,00	0,57	0,27	0,06	0,06	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,18	0,00	0,13	0,30
4	0,06	0,06	0,00	0,05	0,05	0,06	0,05	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,00
5	0,08	0,08	0,00	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08
6	0,08	0,08	0,00	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08
7	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,57	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05
8	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,57	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05
9	0,07	0,07	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

Продовження таблиці Ж.6

№	Замовники																					Сума
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
1	0,08	0,00	0,16	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13
2	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
3	0,00	0,10	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,97
4	0,07	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
5	0,01	0,00	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
6	0,01	0,00	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
7	0,17	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27
8	0,17	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66

Таблиця Ж.7

Кількість продукції, яку необхідно доставити замовникам у неділю

№	Замовники																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,00	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
2	0,20	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00

Продовження таблиці Ж.7

№	Замовники																				Сума	
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		44
1	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,22	0,08	0,06	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
2	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	1,09
3	0,22	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	0,09	0,26	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	2,36
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
9	0,09	0,04	0,00	0,07	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59

