

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

О. Є. Федорович, О. В. Малєєва, А. В. Єлізеєва

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЛОГІСТИКИ ПОСТАЧАНЬ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Харків «ХАІ» 2015

УДК 658.712: 004.942 (075.8)
ББК 65.40я73
Ф33

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Е. Г. Петров,
д-р техн. наук, проф. І. В. Кононенко,
д-р техн. наук, проф. Е. В. Лисенко

Федорович О. Є.

Ф33 Інформаційна підтримка логістики постачань виробничого підприємства [Текст] : навч. посіб. / О. Є. Федорович, О. В. Малєєва, А. В. Єлізева. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2015. – 108 с.

ISBN 978-966-662-404-1

Посібник складено з розділів, що містять опис основних задач логістичного управління постачанням матеріально-технічного забезпечення виробничого підприємства, оптимізаційних моделей і методів лінійного й нелінійного програмування, методу багатокритерійного вибору постачальника і елементів інформаційної технології управління закупівлями. Теоретичною основою є методи дослідження операцій і прийняття рішень з управління логістичними процесами підприємства. Приділено увагу застосуванню системного підходу при створенні модулів інформаційної технології.

Для студентів і магістрів спеціальностей напрямків «Комп'ютерні науки», «Прикладна математика», «Комп'ютерна інженерія» при вивченні дисциплін «Моделі й методи дослідження операцій», «Інформаційні технології логістичного управління» при виконанні курсових і дипломних робіт. Рекомендовано також для студентів, спеціальність яких буде пов'язана з інвестиційною діяльністю, плануванням виробництва й формуванням оптимальних рішень у логістичному управлінні.

Іл. 24. Табл. 20. Бібліогр.: 76 назв.

УДК 658.712: 004.942 (075.8)
ББК 65.40я73

© Федорович О. Є., Малєєва О. В.,
Єлізева А. В., 2015

© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2015

ISBN 978-966-662-404-1

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПОСТАЧАННЯМИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Поняття логістичного управління.....	7
1.2 Задачі логістичного управління закупівлями на виробни- чих підприємствах.....	8
1.3 Методи вирішення задач логістичного управлін- ня.....	9
1.4 Інформаційні системи управління закупівлями підприємст- ва.....	13
Контрольні запитання.....	17
2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ ВИРОБНИЦТВА Й ТРАНСПОРТУВАННЯ.....	18
2.1 Загальна постановка оптимізаційної задачі лінійного про- грамування	18
2.2 Математичні моделі визначення параметрів логістичних задач управління закупівлями.....	19
2.3 Моделі транспортної задачі	26
2.4 Ускладнені транспортні задачі.....	32
2.5 Моделі й методи розв'язання ігрової задачі	36
Контрольні запитання.....	42
3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ.....	44
3.1 Модель визначення оптимального обсягу партії постачан- ня ресурсів.....	44
3.2 Модель формування запасів з кінцевою інтенсивністю постачання без дефіциту.....	47
3.3 Модель формування запасів за наявності дефіциту з ура- хуванням незадоволених вимог.....	48
Контрольні запитання.....	50
4 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ БАГАТОКРИТЕРІЙНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ВИБОРІ ПОСТАЧАЛЬНИКА	51
4.1 Моделі багатокритерійної оптимізації	51
4.2 Загальна характеристика тендерного методу вибору постачальника.....	59
4.3 Модель багатокритерійної задачі прийняття рішень з вибору постачальника.....	64
Контрольні запитання.....	73
5 СИСТЕМНІ МОДЕЛІ Й ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ЗАКУПІВЛІ	74

5.1 Систематизація чинників впливу зовнішнього середовища на логістичну систему.....	74
5.2 Системна модель задачі прийняття рішень з управління закупівлями.....	76
5.3 Задачі управління закупівлями на етапах життєвого циклу продукту.....	83
5.4 Структура інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями.....	87
5.5 Структура інтегрованої бази даних.....	92
5.6 Модулі інформаційної підтримки прийняття рішень.....	94
Контрольні запитання.....	100
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	102

ВСТУП

Підвищення активності інноваційної діяльності є суттєвим чинником при формуванні ринкових відносин, що приводить до зростання продуктивності праці, скорочення дефіциту й підвищення якості вітчизняних товарів, стабілізації цін. Впровадження запланованих інновацій може спричинити появу значних труднощів у виробництві продукції нових видів. Це може бути зумовлено нестачею якісних матеріалів і прогресивних технічних ресурсів або труднощами їх постачання. Тому своєчасне вирішення логістичних задач постачання нових матеріалів, обладнання, визначення необхідного обсягу й номенклатури ресурсів, можливостей існуючих поставок і вибір нових постачальників з використанням сучасних інформаційних технологій є важливою задачею.

У наш час задачі управління логістичними процесами виробництва, планування закупівель ресурсів і реалізації транспортних перевезень є досить важливими. Однак для підвищення ефективності їх вирішення треба застосовувати сучасні інформаційні технології, що дозволяють оцінювати й приймати ефективні рішення на основі моделей і методів моделювання процесів постачання ресурсів з урахуванням параметрів виробництва та змін зовнішнього середовища.

У першому розділі навчального посібника наведено огляд основних задач управління закупівлями й методів їх вирішення, а також інформаційних технологій логістичної підтримки підприємства. Методи застосовують залежно від особливостей вихідних даних. Визначено основні можливості, переваги й недоліки інформаційних систем управління закупівлями підприємства.

Другий розділ присвячено опису математичних моделей лінійного програмування, адаптованих до задач управління закупівлями. Викладено основні теоретичні відомості про застосування зазначених моделей, наведено приклади основних видів задач, а також метод вирішення транспортної задачі.

У третьому розділі моделі управління запасами подано у вигляді моделей нелінійного програмування. Розглянуто загальну постановку задач управління запасами, наведено варіанти постановок задач залежно від вихідних даних.

Четвертий розділ присвячено вирішенню прикладної задачі вибору оптимального варіанта за допомогою моделей багатокритерійної оптимізації: узагальненого скалярного критерію, послідовних поступок. Детально описано процедуру проведення тендера з метою вибору найбільш пере-

важного постачальника за допомогою методу багатокритерійної оптимізації. Наведено метод вибору постачальника в умовах проведення тендера, особливостями якого є певний спосіб використання сформованих критеріїв.

Перевагою ієрархічної структури критеріїв є те, що вона об'єднує відбірні й оцінні показники, що дозволяє здійснювати комплексне оцінювання постачальників на основі функції корисності. Структура критеріїв конкретизована для кожного виду ресурсного забезпечення (матеріалів, комплектуючих, обладнання) й містить узагальнені й окремі критерії вибору, а також перелік параметрів виробництва й зовнішнього середовища.

У сучасних умовах логістичні задачі виробничого підприємства доцільно вирішувати з урахуванням впливу зовнішнього середовища. Саме цим питанням присвячено п'ятий розділ посібника. Визначено чинники впливу компонентів зовнішнього середовища на логістичні процеси управління закупівлями, запропоновано узагальнену схему взаємодії зовнішнього середовища й підприємства.

Задачу прийняття рішень з управління закупівлями матеріально-технічних ресурсів подано у вигляді системної моделі. За допомогою наведених параметрів процесу управління закупівлями сформовано системну модель задачі прийняття рішень на основі кібернетичного підходу з метою досягнення оптимізуючого управління з урахуванням замкненого контуру.

1 ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПОСТАЧАННЯМИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Під логістикою розуміють процес планування, впровадження й контролю ефективного й раціонального руху й збереження товарів і послуг і пов'язаної між ними інформації на шляху з пункту виробництва до пункту споживання з метою задоволення споживчого попиту [1].

Об'єктом дослідження логістики є матеріальний потік. Залежно від особливостей матеріального потоку виділяють такі функціональні області логістики, як логістику закупівель, виробничу, розподільну, транспорту й інформаційну [1, 2].

У посібнику увагу приділено логістиці закупівель, тобто управлінню матеріальними потоками в процесі забезпечення підприємства матеріальними ресурсами.

1.1 Поняття логістичного управління

Під логістикою розуміють рух і збереження продукції на шляху з пункту виробництва в пункт споживання, тобто рух матеріалів і комплектуючих від постачальників до місць виробництва й готової продукції до центрів розподілення й споживання [3].

Логістичне управління підприємством містить виконання таких умов:

1) задоволення вимог споживача точно в термін, тобто необхідна продукція має своєчасно бути доставленою, що є джерелом конкурентної переваги;

2) мінімум збоїв, включаючи затримки й простої виробництва. Коливання попиту можуть призвести до відхилень, що в ефективній системі слід своєчасно виявляти й компенсувати;

3) мінімізація запасів, що пов'язано з вартістю товарно-матеріальних запасів (активів) підприємства;

4) мінімізація транспортних витрат, бо зі збільшенням відстані зростають транспортні витрати підприємства;

5) тотальна якість, тобто безперервне поліпшення всіх складових продукції, оскільки при доставці бракованої, пошкодженої продукції неможливо стягнути витрати на її зберігання й транспортування;

6) інформаційна підтримка протягом усього терміну експлуатації продукції.

Управління закупівлями припускає вирішення таких задач:

- що закупити;
- скільки закупити;
- у кого закупити;
- на яких умовах.

1.2 Задачі логістичного управління закупівлями на виробничих підприємствах

В умовах планової економіки метою підприємств був випуск продукції певної номенклатури й асортименту згідно з річним планом [4]. Це припускало наявність указаних у плані постачальників і споживачів, тобто підприємства заздалегідь знали, які ресурси вони мають у розпорядженні на рік, від яких підприємств їх отримують і в який термін, а також куди будуть збувати свою продукцію й за якими цінами.

Підприємства не були особливо зацікавлені у випуску високоякісної продукції, бо практично була відсутня конкуренція, й керівництво підприємств знало, що збут завжди є гарантованим. Крім того, підприємства в матеріальному аспекті не були зацікавлені в підвищенні ефективності виробництва й завжди залишали значний резерв для виконання плану, щоб його завжди можна було виконати без особливих зусиль.

З переходом на ринкову економіку виникла потреба вивчати кон'юнктуру ринку, запити покупців, місткість ринку, якість продукції у потенційного конкурента й інші питання, що є характерними для ринкових відносин.

В умовах переходу України до ринкової моделі економіки виникла можливість самостійно планувати підприємствам основні напрямки й умови своєї діяльності, визначати організаційні форми управління, вибирати вид господарської діяльності й ділових партнерів, розпоряджатися трудовими, матеріальними, фінансовими й інформаційними ресурсами [2].

Отже, для підвищення рентабельності підприємствам необхідно виконувати такі дії [5]:

- 1) випускати високоякісну продукцію, систематично її оновлювати й надавати послуги залежно від попиту й виробничих можливостей, що існують;
- 2) розробляти стратегію й тактику поведінки підприємства й корегувати їх відповідно до обставин, що змінюються;
- 4) систематично впроваджувати все нове й передове у виробництво, в організацію праці й управління;
- 5) забезпечувати конкурентоспроможність підприємства й продукції, підтримувати високий імідж підприємства.

При цьому необхідно, щоб всі функції підприємства було спрямовано на реалізацію виробленої стратегії й досягнення поставленої мети.

У періоди різкого спаду, обумовленого кризами і зменшенням попиту, доцільно застосовувати стратегії аутсорсингу, що дозволяють скоротити постійні витрати підприємства [6]. При різких змінах споживчого попиту підприємство вимушено шукати додаткові виробничі потужності.

Матеріально-технічні ресурси (матеріали, комплектуючі вироби, обладнання) в процесі виробництва перетворюються на продукцію й підлягають періодичному поповненню [7]. Матеріально-технічне забезпечення (МТЗ) містить процеси визначення потреби, пошуку і закупівлі ресурсів.

Тому постачання ресурсами має бути своєчасним, комплексним і потребувати мінімальних витрат. Постачальниками матеріально-технічних ресурсів (МТР) можуть бути як безпосередні виробники, так і посередники. Як правило, підприємство має певне коло основних постачальників. Проте діяльність спричиняє придбання нових видів МТР, що приводить до необхідності пошуку нових постачальників у випадку, якщо основні постачальники не можуть забезпечити підприємство ресурсами в певному асортименті й кількості. Крім того, може виникнути потреба замінити окремих постачальників або розширити їх коло. Тому проблема вибору постачальника є особливо важливою. При цьому враховують такі чинники, як відповідність виробничої потужності постачальників потребам підприємства, якість і ціна продукції, оперативність постачань, мінімізація витрат на постачання тощо. Постачальник і споживач укладають договір, в якому регламентують усі умови постачання.

Керівництво сучасних підприємств досить часто стикається із складними проблемами у сфері постачання. Наприклад, підвищені закупівельні ціни, невчасне виконання замовлень виробничих підрозділів, непрозоре складське господарство, значні запаси матеріалів і устаткування на складах породжують проблему неліквідів.

Для забезпечення підприємства МТР необхідно визначити їх асортимент, обсяг й умови закупівлі, а також вибрати постачальника [1].

Наведемо основні функціональні цілі поставок [1, 8]:

- розрахунок потреби в матеріальних ресурсах відповідно до програми виробництва;
- правильний вибір постачальників, зменшення їх кількості до мінімуму;
- вчасний запит на матеріали;
- використання єдиних контейнерів упродовж довгого часу;
- мінімізація запасів;
- здійснення постачань «на вимогу»;
- гарантія безпомилкового розміщення матеріалів;
- інтеграція постачання і виробництва.

1.3 Методи вирішення задач логістичного управління

Фундаментальна мета логістики – узгодження попиту й постачання. За допомогою прогнозування підприємство намагається передбачити попит [9, 10]. Для сучасного ринку є характерним високий рівень мінливості, фрагментованість, вимога індивідуальних рішень від покупців.

Ключовою метою управління ланцюжком постачань є збір інформації про вимоги покупців і споживачів, максимально наближений до місць продажів і використання [8, 11, 12].

Вирішенням логістичних проблем необхідно займатися на всіх рівнях управління логістичними потоками [46]. Особливу увагу треба приділити самому підприємству як мікрологістичній системі, оскільки саме на рівні підприємства відбувається загострення логістичних проблем. У таблиці 1.1 наведено взаємозв'язок задач управління закупівлями, задачі планування й прогнозування, які вирішують на різних рівнях управління підприємством [5, 13]. Таке подання дозволяє визначити джерела вхідної інформації для вирішення задач управління закупівлями й параметри логістичної системи.

Подальше дослідження цих чинників дозволяє установити послідовність дій при прийнятті управлінських рішень.

У таблиці 1.2 наведено основні задачі управління закупівлями і методи їх вирішення, які залежать від типу вихідних даних (в умовах визначеності й невизначеності). Застосовані методи в умовах невизначеності і ризику розділяють на стохастичні, евристичні та асоціативні. В умовах визначеності застосовують аналітичні методи вирішення задач управління закупівлями [2, 14]. Як видно з цієї таблиці, вирішення задач управління закупівлями в умовах невизначеності й ризику потребує розроблення відповідних методів, що дозволяють враховувати вплив зовнішнього середовища.

Розглянемо детальніше використання методів прогнозування для вирішення деяких задач управління закупівлями [15, 16]. Це дозволяє спрогнозувати значення параметрів логістичної системи (ЛС) залежно від параметрів зовнішнього середовища, що змінюються (таблиця. 1.3).

Існує два загальних підходи до прогнозування: якісний і кількісний. Якісні методи ґрунтуються головним чином на суб'єктивних вихідних даних, які часто ігнорують точні цифрові показники. Кількісні методи базуються або на використанні статистичних даних за певний період, або на розробленні асоціативних моделей, в яких намагаються застосовувати причинні змінні для того, щоб підготувати прогноз [15]. При цьому невизначеність зовнішнього середовища є функцією кількості інформації, яку має в своєму розпорядженні підприємство відносно конкретного чинника, а також функцією впевненості в цій інформації.

Таблиця 1.1 – Джерела формування інформації для вирішення задач управління закупівлями МТР

Рівні планування	Задачі планування й прогнозування	Задачі управління закупівлями	Параметри ЛС	Джерела інформації для визначення параметрів ЛС
Стратегічне планування	Прогнозування параметрів продукції	Аналіз досягнень науково-технічного прогресу	Вимоги до якості продукції, що випускається	Технічне завдання
	Прогнозування обсягів попиту на інноваційну продукцію, планування асортименту продукції	Аналіз ринку споживачів	Обсяг матеріалів, що постачаються	Виробнича програма: матеріаломісткість продукції, обсяг виробництва
	Прогнозування обсягів попиту й збуту інноваційної продукції	Аналіз ринку конкурентів	Частка продукції підприємства на ринку	Чинники конкурентної боротьби
	Планування обсягів виробництва	Переоцінювання потреб в матеріально-технічному забезпеченні	Обсяг видів матеріально-технічного забезпечення, що закуповується	Виробнича програма: виробнича потужність підприємства; номенклатура продукції, що випускається
Тактичне планування	Прогнозування обсягів збуту	Визначення кількості постачальників	Кількість продукції, що виробляється	Виробнича програма, прогнозований обсяг збуту, дані бухгалтерського обліку
	Визначення параметрів закупівлі	Вибір постачальника	Час виконання замовлення на готову продукцію	Виробнича потужність підприємства

Таблиця 1.2 – Методи вирішення задач управління закупівлями

<i>Задачі управління закупівлями</i>			
Прогнозування попиту на продукцію	Визначення оптимальних параметрів закупівлі МТЗ	Визначення обсягів закупівлі МТР	Вибір постачальника МТР
<i>Методи вирішення</i>			
В умовах визначеності (аналітичні методи)			
Ймовірнісні методи (регресійно-кореляційний аналіз)	Методи дослідження операцій		
	моделі математичного програмування	моделі управління запасами	моделі багатокритерійної оптимізації
В умовах невизначеності			
<i>Стохастичні методи</i>			
Метод Монте-Карло, метод випадкових функцій і випадкових процесів, аналіз часових рядів	Теорія ігор	Статистичні методи	Марківські процеси і методи теорії прийняття рішень
<i>Евристичні методи</i>			
Метод Дельфі, метод «мозкової атаки»		Метод ABC	Методи експертного оцінювання, методи багатокритерійного прийняття рішень
<i>Асоціативні методи</i>			
Імітаційне моделювання, інтелектуальний аналіз даних, нейромережне прогнозування		Інтелектуальний аналіз даних	Імітаційне моделювання

Таблиця 1.3 – Класифікація методів прогнозування для вирішення задач управління закупівлями

Методи прогнозування		Об'єкти логістичних задач прогнозування			
		Обсяг виробництва продукції	Обсяг збуту продукції	Сегментація ринку збуту	Зміни параметрів зовнішнього середовища
Формалізовані	Аналіз часових рядів	+	+	+	+
	Моделі кореляційного і регресійного аналізу	+	+	+	
	Прогноз ковзного середнього				
Евристичні	«Мозковий штурм»			+	+
	Метод експертного оцінювання			+	+
	Метод морфологічного аналізу			+	+
	Метод побудови «дерева цілей»	+	+	+	
	Асоціативні методи	+	+	+	

1.4 Інформаційні системи управління закупівлями підприємства

У період глобальної інформатизації кожне підприємство має використовувати новітні інформаційні технології в управлінні [17, 18]. Одним із прикладів використання може бути інформаційна логістична система [19]. Слід зазначити, що ця система має бути інтегрованою у всі сфери діяльності підприємства (маркетинг, менеджмент, виробництво, фінанси тощо). Це потрібно для побудови ефективної системи управління діяльністю підприємства [20].

Останніми роками спостерігається тенденція до зниження рівня конкурентоспроможності продукції вітчизняних підприємств [21]. Це обумовлено тим, що сьогодні головним чинником, що забезпечує ефективне функціонування підприємств, є використання оперативної, надійної, достовірної інформації на всіх етапах виробництва при прийнятті управлінських рішень, а саме: інформації про тенденції розвитку кон'юнктури ринку, поточний фінансовий стан підприємства, своєчасне виконання договорів, забезпечення сировиною, комплектуючими, витратними матеріалами, трудовими ресурсами, а також про стан обладнання та ін. [22].

На рисунку 1.1 показано основні вимоги й задачі логістичної інформаційної системи (ЛІС).

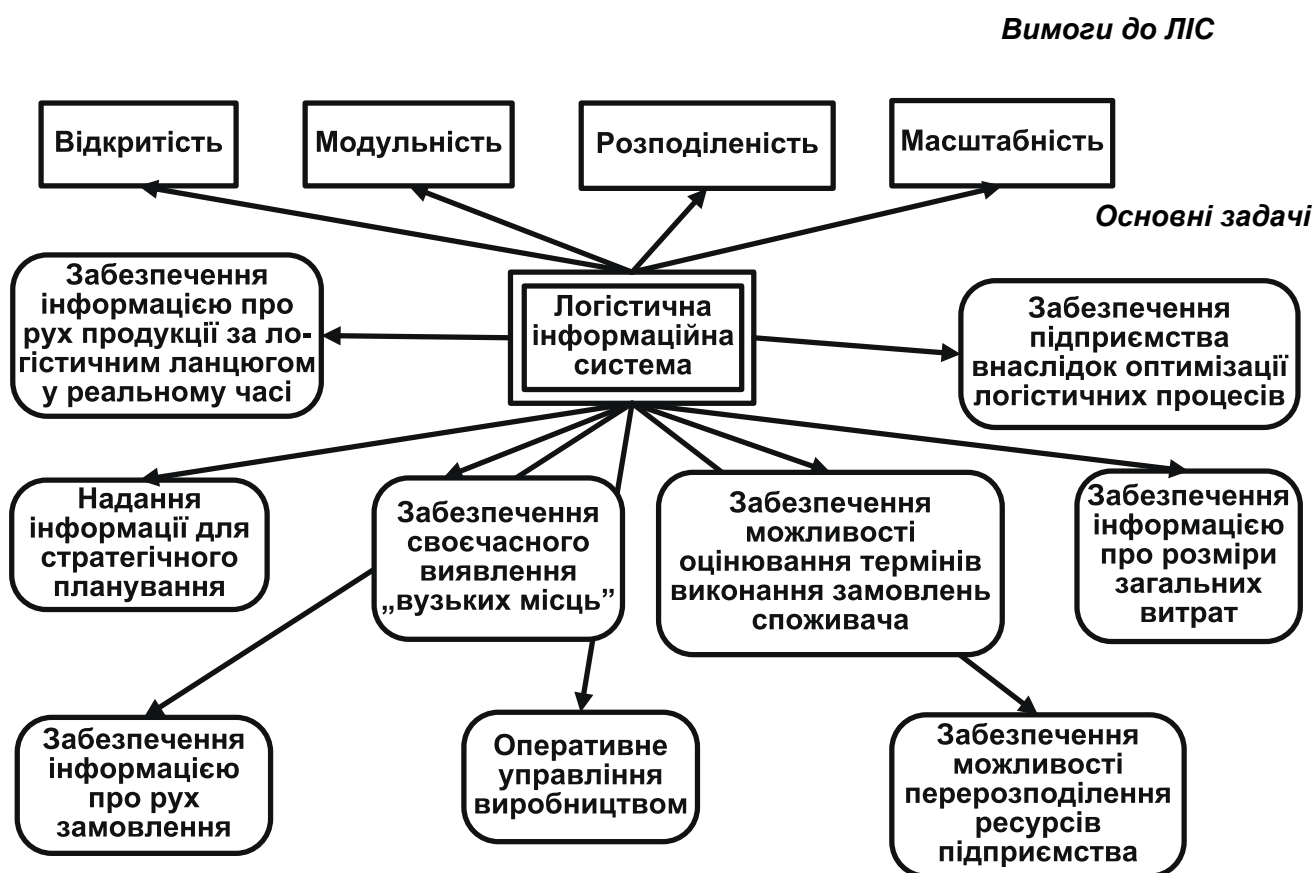


Рисунок 1.1 – Основні вимоги до ЛІС та її задачі

Зазначимо основні особливості ЛІС:

1) масштабність – здатність системи підтримувати як одиничних користувачів, так і багатьох;

2) розподіленість – здатність системи забезпечувати спільне оброблення документів декількома територіально розподіленими підрозділами підприємства або декількома віддаленими один від одного робочими місцями;

3) модульність – здатність системи надавати користувачам можливість налагоджувати й вибирати функції системи, виходячи із специфіки й складності діяльності підприємства, тобто система автоматизації – гнучка й складається з окремих модулів, інтегрованих між собою (збут, склад, закупівлі, виробництво, персонал, фінанси, транспорт);

4) відкритість – система автоматизації інтегрована в інші інформаційні системи, вона має відкриті інтерфейси для розроблення нових застосувань й інтеграції з іншими системами.

У таблиці 1.4 наведено основні інформаційні системи (ІС) управління підприємством, виділено функціональні модулі систем і задачі, які вони вирішують [23 – 26].

Таблиця 1.4 – Основні інформаційні системи управління підприємством

Основні функціональні модулі систем	Основні задачі
MRP II (Manufacturing Resource Planning)	
Планування діяльності підприємства	Складання графіка розподілення
Планування продажів	Визначення обсягів продажів
Планування потреби в МР	Визначення потреби в МР у певний момент часу
Планування потужностей (CRP – Capacity Requirements Planning)	Розрахування необхідної для виробництва кількості обладнання
Планування закупівель	Складання плану замовлень на МР
ERP (Enterprise Resource Planning)	
Підтримка всіх видів виробництва	Планування виробництва, визначення складу продукції й необхідних для виробництва МР
Управління продажами	Планування збуту, автоматизація взаємовідносин з клієнтами
Управління логістикою, у тому числі управління закупівлями	Планування потреб у МР, обсягів і термінів поставок, централізованих закупівель; ухвалення договорів, облік й оптимізація запасів
Планування виробництва	Планування виробництва на всіх рівнях управління підприємством
Фінансовий облік і планування	Складання фінансового плану й контроль його дотримання, управлінський і фінансовий облік
Управління персоналом	Планування персоналу

Наявність недоліків систем MRP спричинило створення MRPII-систем, що мають більшу гнучкість планування, забезпечують кращу організацію постачань і кращу реакцію на зміни попиту. Важливе місце в MRPII займають блоки прогнозування попиту, розміщення замовлень і управління запасами [24 – 26].

MRPII – це замкнена система, спрямована на реалізацію функцій детального планування виробництва, фінансового планування собівартості матеріалів і виробничих витрат. За її допомогою планують не лише випуск виробів, але й ресурси для виконання плану. Задача інформаційних систем класу MRPII – забезпечення оптимального формування потоку матеріалів (сировини), напівфабрикатів (у тому числі, що знаходяться у виробництві) і готових виробів. Система класу MRPII інтегрує всі основні процеси, що реалізуються підприємством: постачання, запаси, виробницт-

во, продаж і дистриб'юцію, планування, контроль виконання плану, витрати, фінанси, основні засоби тощо.

Результати використання інтегрованих систем MRPII такі:

- вирішення задач оптимізації виробничих і матеріальних потоків;
- реальне скорочення матеріальних ресурсів на складах;
- планування й контроль усього циклу виробництва з можливістю впливу на нього для досягнення оптимальної ефективності у використанні виробничих потужностей і всіх видів ресурсів, а також задоволення потреб замовників;
- автоматизація робіт договірної відділу з повним контролем платежів, відвантаження продукції й термінів виконання договірних зобов'язань;
- значне скорочення невиробничих витрат;
- можливість поетапного впровадження системи з урахуванням інвестиційної політики конкретного підприємства.

Концепцію ERP (Enterprise resource planning – планування ресурсів підприємства) запропоновано аналітичною фірмою Gartnergroup на початку 1990-х років. Інформаційна система управління підприємством, що відповідає концепції ERP, містить такі модулі [27 – 29]:

- управління ланцюгом постачань (Supply Chain Management – SCM);
- планування й складання розкладів (Advanced Planning and Scheduling – APS);
- автоматизації продажів (Sales Force Autotation – SFA);
- автономний модуль, що відповідає за конфігурацію (Stand Alone, Configuration Engine – SACE);
- остаточного планування ресурсів (Finite Resource Planning – FRP);
- OLAP-технології;
- електронної комерції (Electronic Comerce – EC);
- управління даними про вироби (Product Data Management – PDM).

Основні функції ERP-систем такі:

- ведення конструкторських і технологічних специфікацій, що визначають склад виробів, а також матеріальні ресурси і операції, необхідні для їх виготовлення;
- формування планів продажів і виробництва;
- планування потреб в матеріалах і комплектуючих, термінів й обсягів поставок для виконання плану виробництва продукції;
- управління запасами й закупівлями: ведення договорів, реалізація централізованих закупівель, забезпечення обліку і оптимізації складських і цехових запасів;
- планування виробничих потужностей від масштабного планування до використання окремих верстатів й обладнання;
- оперативне управління фінансами, включаючи складання фінансового плану й здійснення контролю його виконання, фінансовий і управлінський обліки;

- управління проектами, включаючи планування етапів і ресурсів.

Таким чином, головна функція ERP-системи полягає в оптимізації за часом ресурсів усіх перелічених вище процесів. Системи ERP призначено для управління фінансовою й господарською діяльністю підприємств, вони охоплюють ключові аспекти діяльності: виробництво, планування, фінанси й бухгалтерію, матеріально-технічне постачання і управління кадрами, збут, управління запасами, ведення замовлень на виготовлення (постачання) продукції.

Контрольні запитання

1. Що таке логістика?
2. Які переваги надає логістичне управління?
3. Які причини зумовили застосування логістичного управління підприємством?
4. Перелічіть основні функціональні цілі поставок.
5. Охарактеризуйте основні особливості інформаційного забезпечення системи закупівель.
6. Наведіть основні методи вирішення задач управління закупівлями.
7. Для визначення яких параметрів задач управління закупівлями застосовують методи прогнозування?
8. Перелічіть основні задачі логістичної інформаційної системи.
9. Які переваги надає використання системи MRPII?
10. Наведіть основні модулі ERP-системи.
11. Укажіть найбільш важливі функції ERP-систем для вирішення задач управління закупівлями.

2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ ВИРОБНИЦТВА Й ТРАНСПОРТУВАННЯ

2.1 Загальна постановка оптимізаційної задачі лінійного програмування

Оптимізаційна задача полягає у визначенні оптимального (максимального або мінімального) значення цільової функції. При цьому значення змінних мають належати до деякої області припустимих значень.

У загальному вигляді задачу математично записують так [30 – 32]:

$$U = f(X) \rightarrow \max; X \in W,$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$;

W — область припустимих значень змінних;

$f(X)$ — цільова функція.

Необхідно знайти $X_0 \in W$ таке, що $f(X_0) \geq f(X)$, або для мінімізації — $f(X_0) \leq f(X)$.

Оптимізаційна задача є нерозв'язуваною, якщо вона не має оптимального розв'язку. Наприклад, задача максимізації буде нерозв'язуваною, якщо цільова функція не обмежена зверху.

Якщо цільова функція в задачі є функцією n змінних, то задачу розв'язують методами *математичного програмування*.

В математичному програмуванні виділяють такі види задач:

- лінійного програмування, якщо $f(X)$ і W — лінійні;
- цілочислового програмування, якщо змінні $x_1, x_2, \dots, x_n$ — цілі;
- нелінійного програмування, якщо форма $f(X)$ або W — нелінійна та інші.

Математична модель задачі лінійного програмування має такий вигляд:

$$f(X) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \max(\min),$$
$$W : \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j; j = \overline{1, m}; \quad x_i \geq 0. \quad (2.1)$$

Система лінійних рівнянь і нерівностей (2.1) визначає припустиму множину рішень і називається *системою обмежень* задачі лінійного програмування, а лінійна функція $f(X)$ — *цільовою функцією* або *критерієм оптимальності*.

2.2 Математичні моделі визначення параметрів логістичних задач управління закупівлями

Для побудови математичної моделі необхідно визначити:

- змінні даної задачі,
- обмеження,
- цільову функцію.

2.2.1 Задача визначення оптимального асортименту продукції

Підприємство виготовляє два види продукції – P_1 і P_2 , при цьому використовує два види сировини – А і В. Задано такі вихідні дані [32]:

- максимально можливі запаси сировини на добу;
- витрату сировини на одиницю продукції P_1 і P_2 ;
- ціни на одиницю продукції P_1 і P_2 (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Сировина	Витрата сировини на одиницю продукції		Запас сировини, од.
	Продукція		
	П ₁ (x ₁ -?)	П ₂ (x ₂ -?)	
А	2	3	9
В	3	2	13
Оптові ціни	3	4	

При цьому необхідно врахувати такі обмеження:

- добовий попит на продукцію P_1 ніколи не перевищує попит на продукцію P_2 більш ніж на одиницю;
- попит на продукцію P_2 ніколи не перевищує дві одиниці на добу.

Необхідно розрахувати, яку кількість продукції кожного виду має виготовляти підприємство, щоб прибуток від реалізації продукції був максимальним.

Змінними (ті, що треба визначити) є обсяги виробництва кожного виду продукції. Припустимо, що підприємство виготовляє x_1 одиниць продукції P_1 і x_2 одиниць продукції P_2 .

Обмеження (на попит і витрату ресурсів):

- виробництво продукції P_1 і P_2 обмежено сировиною кожного виду й попитом на дану продукцію;
- кількість виробів не може бути від'ємною величиною:

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 9 - \text{сировина } A, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 13 - \text{сировина } B, \\ x_1 - x_2 \leq 1, \\ x_2 \leq 2, \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Цільова функція: максимізація прибутку від реалізації продукції.
Прибуток від реалізації

$$F = 3x_1 + 4x_2.$$

Необхідно знайти такі значення x_1 і x_2 , при яких F буде максимальним.

2.2.2 Задача оптимального використання потужностей устаткування

Підприємство виготовляє n видів продукції за допомогою m моделей верстатів різних потужностей [33]. Складено план за часом і номенклатурою:

- T_i – час роботи кожного верстата $i = \overline{1, m}$;
- продукції j -го виду має бути виготовлено не менше N_j одиниць,

$j = \overline{1, n}$.

Відомі такі дані:

- b_{ij} – продуктивність i -го верстата при випуску j -го виду продукції;
- c_{ij} – вартість одиниці часу, який затрачено i -м верстатом на випуск

j -го виду продукції.

Необхідно визначити змінні x_{ij} – час роботи i -го верстата при випуску j -го виду продукції, що забезпечує мінімальні витрати на виробництво.

Наведемо задачу у вигляді таблиці 2.2.

Обмеження:

а) за часом

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = T_i, i = \overline{1, m};$$

б) за кількістю продукції (продуктивність помножуємо на час, отримуємо кількість продукції)

$$\sum_{i=1}^m b_{ij} x_{ij} \geq N_j, j = \overline{1, n}.$$

в) необхідно також врахувати невід'ємність змінних $x_{ij} \geq 0$.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані в загальному вигляді

	Продукція						Час роботи
		1	...	j	...	n	
Верс-тати	1	b_{11} c_{11}	...	b_{1j} c_{1j}	...	b_{1n} c_{1n}	T_1
	...	...	...	...	...	...	...
	i	b_{i1} c_{i1}	...	b_{ij} c_{ij}	...	b_{in} c_{in}	T_i
	...	...	...	...	...	...	...
	m	b_{m1} c_{m1}	...	b_{mj} c_{mj}	...	b_{mn} c_{mn}	T_m
План		N_1	...	N_j	...	N_n	

Цільова функція: мінімум витрат на виробництво:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}.$$

2.2.3 Модель установаження оптимального асортименту продукції з урахуванням невизначеності попиту

Таку модель використовують для визначення обсягу виробництва інноваційної продукції. Наведемо її у вигляді математичної моделі задачі лінійного програмування [32], яка дозволяє враховувати обмеження на попит продукції, що планують виготовляти.

Розглянемо задачу за декількома видами продукції, що виготовляють, у класичній постановці [34, 35].

Припустимо буде потрібно m видів ресурсів. Наявність кожного i -го виду ресурсу складає b_i ($i = \overline{1, m}$) у відповідних одиницях виміру. Ці ресурси призначено для виробництва n видів продукції. Відзначимо, що серед цих видів продукції є як уже освоєні, так і нові – ті, що планують до виробництва. Для випуску одиниці j -го виду продукції вартістю c_j необхідно мати a_{ij} одиниць i -го виду ресурсу. Необхідно визначити, якого виду й скільки продукції слід виготовляти, щоб такий випуск був найкращим щодо прийнятого критерію оптимальності. Позначимо x_j — кількість j -го виду продукції, що випускають, ($j = \overline{1, n}$); n — кількість найменувань продукції. Крім того, враховують мінімальний $\underline{N}_j$ і максимальний $\overline{N}_j$ обсяги попиту на продукцію j -го виду

Цільову функцію оптимізаційної задачі визначають так: при заданих ресурсах необхідно максимізувати одержаний результат.

У загальному вигляді позначимо: R – ресурси, F – результат їх засто-

сування. Тоді при заданих залежностях результату й необхідних ресурсів від кількості продукції, що випускають, $F = F(x_j)$, $R = R(x_j)$, де x_j – кількість продукції j -го виду, що випускають. У загальному вигляді задачу можна записати так:

$$\begin{cases} L_1 = F(x_j) \rightarrow \max, \\ R(x_j) \leq R^*, \end{cases}$$

де R^* – задані (плановані або прогнозовані) величини ресурсів.

Цю задачу розв'язують при реалізації стратегії з випуску нових (або модернізованих) видів виробів за критерієм максимізації прибутку.

Нехай для n видів продукції прибуток становить відповідно c_j одиниць з j -го виду продукції, а сумарний прибуток від усього виробництва має бути не менше C грошових одиниць.

Тоді цільова функція й система обмежень визначає математичну модель

$$\begin{aligned} \max L_1 &= \sum_{j=1}^n c_j x_j, \\ \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}, \\ N_j^{\min} \leq x_j \leq N_j^{\max}, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Потенційні можливості підприємства досягаються, якщо задача, яку розглядають, має розв'язок, що можливо тільки при збалансованості й сумісності її умов.

Збалансованість планів з номенклатури й запасів ресурсів можна перевірити за допомогою імітаційного моделювання. При цьому особливо важливим є використання достовірної інформаційної бази, що відображає, зокрема, технічно обґрунтовані питомі норми витрати ресурсів, а також кон'юнктуру ринку. Однак за допомогою математичного моделювання можна своєчасно виявляти незбалансованість планів, обґрунтовувати цілі реальними й потенційними виробничо-технологічними можливостями підприємства.

Припустимо необхідно оцінити рішення про зняття з виробництва одного виду виробів, на який попит є відсутнім. Замість нього планують випуск технологічно подібного, але більш прогресивного виробу. Розглянемо розв'язання задачі, коли задано тільки нижні межі обсягу випуску продукції, тобто в моделі (2.2) обмеження на змінні мають вигляд

$$x_j \geq N_j^{\min}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Складемо математичну модель оптимізації з урахуванням указаних змінень. У результаті розв'язання цієї задачі може виявитися, що задача не має розв'язку, оскільки її не збалансовано за ресурсами. Для перевірки

збалансованості підставимо замість x_j значення, що дорівнюють нижнім межах цих змінних $N_j^{\min}$, тобто перевіримо, чи вистачить ресурсів для виконання плану на нижній межі припустимих значень випуску продукції. Отже, треба перевірити умови

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} N_j^{\min} \leq b_i, i = \overline{1, m}. \quad (2.3)$$

Слід провести перевірку за всіма видами ресурсів й оцінити відповідність їх запасів планованим обсягам виробництва й продажів. План буде незбалансованим, якщо умова (2.3) не виконується хоча б за одним із видів ресурсів.

Більш раціональним буде скласти математичну модель, за допомогою якої можна оцінити можливу нестачу ресурсів, щоб потім прийняти відповідне управлінське рішення із забезпечення їх постачання. В такій моделі відмінності будуть наведені в обмеженнях за ресурсами, які можна записати так:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i \leq b_i, i = \overline{1, m}, \\ x_j \geq N_j^{\min}, j = \overline{1, n}, \\ d_i \geq 0, \end{cases}$$

де d_i — кількість ресурсу кожного виду, який є додатково необхідним для виконання зкорегованого плану виробництва.

Якщо в результаті розв'язання виявиться, що $d_i = 0$, то додаткових ресурсів i -го виду не потребується.

Слід мінімізувати додаткові ресурси, при цьому цільова функція

$$\min L = \sum_{i=1}^m d_i.$$

Однак необхідно також врахувати прагнення до отримання заданого обсягу прибутку. Цю умову введемо в систему обмежень:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n c_j x_j \geq C, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i \leq b_i, i = \overline{1, m}, \\ x_j \geq N_j^{\min}, j = \overline{1, n}, \\ d_i \geq 0. \end{cases}$$

Результати розв'язання цієї задачі свідчать, скільки ресурсу й якого виду знадобиться для забезпечення виконання зкорегованого плану.

Отже, один із методів запобігання незбалансованого плану — залучення додаткових ресурсів.

2.2.4 Стохастична модель визначення оптимального асортименту продукції

Запропоновані моделі будуть більш адекватними, якщо розглядати стохастичні параметри, які визначаються:

- ймовірностями дотримання термінів й обсягів постачань ресурсів (або, відповідно, ризиком недопостачань);
- ймовірностями верхніх і нижніх меж попиту (відповідно, оптимістичними й песимістичними оцінками).

У цьому випадку слід використовувати методи стохастичного програмування [31].

У задачах стохастичного програмування випадковий характер величин указують одним із таких способів:

- реалізацією випадкових величин;
- законом розподілу випадкових величин.

У першому випадку в модель підставляють фактичні значення випадкових величин і задачу розв'язують відносно цих значень. Такий підхід забезпечує розв'язання задачі оптимізації у випадку, коли значення випадкових величин є відомими [36].

У другому випадку припускають, що випадкові величини підлягають певному закону розподілу (часто нормальному), який визначається математичним сподіванням і дисперсією [37].

Задача стохастичного програмування передбачає стохастичну постановку цільової функції і її обмежень.

Стохастична постановка цільової функції може бути двох видів: М-постановка й Р-постановка. При М-постановці випадкова величина замінюється значенням її математичного сподівання, і задача зводиться до оптимізації детермінованої цільової функції

$$\max L = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j ,$$

де $\bar{c}_j$ — математичне сподівання випадкової величини c_j .

При Р-постановці цільова функція буде мати вигляд [31]

$$\max L = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq r\right),$$

що означає максимізацію ймовірності того, що випадкова величина

$\sum_{j=1}^n c_j x_j$ буде не менше деякого значення r .

Розглянемо ймовірнісну постановку обмежень.

При випадковому змінненні витрат і запасів ресурсів існують нерівності

$$P\left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right) \geq \alpha_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2.4)$$

де a_{ij} , b_i — випадкові величини;

α_i — задані рівні ймовірності.

Обмеження (2.4) означає, що ймовірність дотримання нерівності

$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$ має бути не менш ніж α_i .

При випадковому змінненні меж попиту існують нерівності:

$$P(x_j \geq N_j^{\min}) \geq \alpha_j,$$

$$P(x_j \leq N_j^{\max}) \geq \alpha_j,$$

$$j = \overline{1, n}.$$

Указані вище стохастичні задачі не можуть бути розв'язані аналітичним способом. Для їх розв'язання слід використовувати еквівалент детермінованої постановки.

При розв'язанні задачі стохастичного програмування в Р-постановці й імовірнісними обмеженнями переходять до детермінованого еквівалента.

Цільова функція в детермінованому еквіваленті має вигляд

$$\max L = \frac{r - \sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}},$$

де σ_j^2 — дисперсія випадкової величини c_j .

Розв'язання таких задач є досить складним, тому далі розглянемо цільову функцію тільки в М-постановці.

Детермінований еквівалент імовірнісного обмеження може бути зведено до вигляду

$$\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j + t_{\alpha_i} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_j^2 + \theta_i^2} \leq \bar{b}_i,$$

де $\bar{a}_{ij}$, $\bar{b}_i$ — математичні сподівання;

σ_{ij}^2 , θ_i^2 — дисперсії випадкових величин a_{ij} , b_i ;

$t_{\alpha_i} = \Phi^{\alpha-1}(\alpha_i)$ — обернена функція нормального розподілу.

Сформульовану задачу стохастичного програмування розв'язують методами кусково-лінійного програмування.

2.3 Моделі транспортної задачі

Під терміном «транспортні задачі» розуміють широке коло задач [32]:

- прикріплення споживачів ресурсу до виробників;
- прив'язування пунктів відправлення до пунктів призначення;
- взаємозв'язок вантажних потоків прямого й зворотного напрямків;
- деякі задачі оптимального завантаження устаткування;
- оптимальний розподіл обсягів випуску промислової продукції.

Загальним для них є розподіл ресурсів, що знаходяться у m виробників за n споживачами.

У загальному вигляді елементи моделі транспортної задачі наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Елементи моделі транспортної задачі

		Споживачі				
		B_1	B_2	...	B_n	Запаси (обсяги відправлення)
Постачальники	A_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
	A_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
	...	...	...	...	...	...
	A_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
	Потреби	b_1	b_2	...	b_n	

Замість матриці вартостей перевезень C_{ij} можна задавати матриці відстаней. У такому випадку як цільову функцію розглядають мінімум пробігу, що є транспортною роботою.

Транспортну задачу називають закритою, якщо сумарний обсяг відправних вантажів дорівнює обсягу потреби в цих вантажах за пунктами призначення, тобто виконується умова [32]

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j .$$

Якщо такої рівності немає, задачу називають відкритою. Для розв'язання цю задачу необхідно перетворити у закриту форму так:

1) якщо потреби перевищують запаси, то вводять фіктивного постачальника з обсягом відправлення, якого бракує;

2) якщо запаси постачальників перевищують потреби споживачів, то вводять фіктивного споживача з необхідним обсягом споживання.

У нових клітинах вартості в таблиці проставляють нулі. *Особливості транспортних задач* полягають у такому:

- розподіляються однорідні ресурси;
- обмеження описуються тільки рівняннями;
- усі змінні задано в однакових одиницях виміру;
- у всіх обмеженнях коефіцієнти при невідомих дорівнюють одиниці;
- кожна невідома величина зустрічається тільки у двох рівняннях системи обмежень.

Транспортні задачі можна розв'язувати сімплекс-методом. Однак перелічені особливості дозволяють використовувати більш прості методи розв'язання транспортних задач.

Метод потенціалів. Перелічимо етапи розв'язання задачі цим методом [30 – 32]:

- одержання опорного розв'язку;
- розрахунок потенціалів;
- перевірка плану на оптимальність;
- пошук ланки максимальної неоптимальності;
- складання контуру перерозподілу ресурсів;
- визначення мінімального елемента в контурі й перерозподіл ресурсів;
- складання нового плану.

Ця процедура повторюється декілька ітерацій до одержання оптимального розв'язку. Для цього існують декілька методів:

- північно-західного кута,
- мінімального елемента,
- подвійної переваги та ін.

1. Одержання опорного розв'язку

а) *метод північно-західного кута.*

Приклад: вихідні дані транспортної задачі наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані

Постачальники	Споживачі				Запаси
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	1	2	3	4	$a_1 = 60$
A_2	4	3	2	0	$a_2 = 80$
A_3	0	2	2	1	$a_3 = 100$
Потреби	$b_1 = 40$	$b_2 = 60$	$b_3 = 80$	$b_4 = 60$	240

Розподіл обсягів із пунктів призначення в пункти споживання (заповнення клітин таблиці) починається з верхньої лівої клітини (північно-західний кут) і продовжується донизу й вправо.

Заповнюємо першу клітину за правилом

$$x_{11} = \min(a_1, b_1) = \min(60, 40) = 40.$$

На першому пункті відправлення зосереджено залишок вантажу

$$\Delta a_1 = 60 - 40 = 20,$$

який спрямовано в другий пункт:

$$x_{12} = \min(\Delta a_1, b_2) = \min(20, 60) = 20.$$

На наступному кроці

$$x_{22} = \min(a_2, \Delta b_2) = \min(80, 40) = 40 \text{ і т.д.}$$

Отриманий результат наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Опорний розв'язок методом північно-західного кута

Постачальники	Споживачі				Запаси
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	1 40	2 20	3 -	4 -	$a_1 = 60$
A_2	4 -	3 40	2 40	0 -	$a_2 = 80$
A_3	0 -	2 -	2 40	1 60	$a_3 = 100$
Потреби	$b_1 = 40$	$b_2 = 60$	$b_3 = 80$	$b_4 = 60$	240

Після отримання опорного розв'язку необхідно перевірити умову

$$N = m + n - 1,$$

де N – кількість заповнених клітин.

Якщо ця умова не виконується, опорний розв'язок називають *виродженим*. Тоді в будь-які вільні клітини слід записати необхідну кількість нулів і вважати ці клітини зайнятими.

У прикладі $m = 3$, $n = 4$, $N = 6$, тобто $6 = 3 + 4 - 1$.

Розрахуємо значення цільової функції

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 1 \cdot 40 + 2 \cdot 20 + 3 \cdot 40 + 2 \cdot 40 + 2 \cdot 40 + 1 \cdot 60 = 420;$$

б) метод мінімального елемента

Заповнення таблиці слід починати з клітини, в яку внесено величину мінімальної вартості.

Із розглядання виключають рядок або стовпець, наведені ресурси в яких вичерпано повністю або потреби вдоволено.

Із залишеної частини таблиці знову вибирають елемент мінімальної вартості. Заповнення продовжують доти, доки не будуть вичерпано всі ресурси.

Використовуємо дані з таблиці 2.4:

$$c_{24} = 0, \text{ отже, клітина (2-4)} \rightarrow \min,$$

$$\min(60, 80) = 60, \text{ викреслюємо четвертий стовпець, } \Delta a_2 = 80 - 60 = 20,$$

$$c_{31} = 0, \text{ отже, клітина (3-1)} \rightarrow \min,$$

$$\min(40, 100) = 40, \text{ викреслюємо перший стовпець, } \Delta a_3 = 100 - 40 = 60,$$

$$c_{12} = 2, \text{ отже, клітина (1-2)} \rightarrow \min,$$

$$\min(60, 60) = 60, \text{ викреслюємо другий стовпець и перший рядок.}$$

Залишки розподіляємо однозначно :

$$\Delta a_2 = 20 - \text{ в клітину (2-3), } \Delta a_3 = 60 - \text{ в клітину (3-3).}$$

Отриманий результат наведено в таблиці 2.6.

Значення цільової функції

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 2 \cdot 60 + 2 \cdot 20 + 0 \cdot 60 + 0 \cdot 40 + 2 \cdot 60 = 280.$$

Таблиця 2.6 – Опорний розв'язок методом мінімального елемента

Постачальники	Споживачі				Запаси
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	1 -	2 60	3 -	4 -	$a_1 = 60$
A_2	4 -	3 -	2 20	0 60	$a_2 = 80$
A_3	0 40	2 -	2 60	1 -	$a_3 = 100$
Потреби	$\vartheta_1 = 40$	$\vartheta_2 = 60$	$\vartheta_3 = 80$	$\vartheta_4 = 60$	240

2. Розрахунок потенціалів

Будемо використовувати опорний розв'язок, отриманий методом північно-західного кута.

Для заповнених клітин має виконуватися умова

$$\alpha_i + \beta_j = c_{ij},$$

де α_i – потенціал i -го рядка,

β_j – потенціал j -го стовпця.

У першому рядку приймаємо $\alpha_1 = 0$ (таблиця 2.7):

$$\alpha_1 + \beta_1 = c_{11} = 1, \text{ тому що } \alpha_1 = 0, \text{ отже } \beta_1 = 1;$$

$$\alpha_1 + \beta_2 = c_{12} = 2, \text{ тому що } \alpha_1 = 0, \text{ отже } \beta_2 = 2;$$

$$\alpha_2 + \beta_2 = c_{22} = 3, \text{ тому що } \beta_2 = 2, \text{ значить } \alpha_2 = 1;$$

$$\alpha_2 + \beta_3 = c_{23} = 2, \text{ тому що } \alpha_2 = 1, \text{ значить } \beta_3 = 1 \text{ і т. д.}$$

Таблиця 2.7 – Розрахунок потенціалів

Постачальники	Споживачі				Запаси	α_i
	B_1	B_2	B_3	B_4		
A_1	1 40	2 20	3 -	4 -	$a_1 = 60$	0
A_2	4 -	3 40	2 40	0 -	$a_2 = 80$	1
A_3	0 -	2 -	2 40	1 60	$a_3 = 100$	1
Потреби	$b_1 = 40$	$b_2 = 60$	$b_3 = 80$	$b_4 = 60$	240	
β_i	1	2	1	0		

3. Перевірка на оптимальність

Для незаповнених клітин перевіряємо умову

$$\alpha_i + \beta_j \leq c_{ij}.$$

Якщо хоча б в одній клітині вона не виконується, то план не є оптимальним.

Проводимо перевірку всіх незаповнених клітин:

$$(1-3) \quad 0 + 1 < 3;$$

$$(1-4) \quad 0 + 0 < 4;$$

$$(2-1) \quad 1 + 1 < 4;$$

$$(2-1) \quad 1 + 0 > 0 \quad \Delta c_{24} = 1;$$

$$(3-1) \quad 1 + 1 > 0 \quad \Delta c_{31} = 2;$$

$$(3-2) \quad 1 + 2 > 2 \quad \Delta c_{32} = 1.$$

У трьох клітинах маємо залишок вартості, тобто опорний план потребує поліпшення.

4. Пошук ланки неоптимальності

Значення Δc_{ij} свідчить про подальшу економію витрат. У прикладі найбільшу економію можна отримати в клітині (3-1). Отже, її необхідно заповнити шляхом перерозподілу величин з інших клітин. Помічаємо її знаком $\oplus$ як вершину максимальної неоптимальності.

5. Контур перерозподілу ресурсів

Контур перерозподілу формують за такими правилами:

- цей контур – замкнений багатокутник з вершинами в заповнених клітинах, а також в клітині максимальної неоптимальності;
- ламана лінія має бути зв'язаною (з будь-якої її вершини можна потрапити в будь-яку іншу вершину);

- в кожній вершині контуру зустрічаються тільки дві ланки (одна – з рядка, інша – зі стовпця);
- кількість вершин контуру є парною, всіх їх розділяють на завантажені й розвантажені;
- в кожному рядку (стовпці) є дві вершини: одна – завантажена, інша – розвантажена.

За цими правилами будуємо контур

$$(3-1) - (1-1) - (1-2) - 2-1) - (3-3).$$

Послідовно відмічаємо вершини контуру як завантажені (З) (починаючи з вершини максимальної неоптимальності) й розвантажені (Р) (таблиця 2.8).

Таблиця 2.8 – Помічені вершини контуру перерозподілу

Постачальники	Споживачі			
	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1 Р 40	2 3 20	3 -	4 -
A_2	4 -	3 Р 40	2 3 40	0 -
A_3	0 3 +	2 -	2 Р 40	1 60

«Розвантаження» клітин проводимо за мінімально можливим обсягом. У даному прикладі ці клітини мають обсяг 40. Тому їх «розвантажуємо» повністю (таблиця 2.9):

$$(3-3) \rightarrow (3-1), \quad (3-1) = 40;$$

$$(1-1) \rightarrow (1-2), \quad (1-2) = 60;$$

$$(2-2) \rightarrow (2-3), \quad (2-3) = 80.$$

Таблиця 2.9 – Результат перерозподілу за контуром

Постачальники	Споживачі			
	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1 0	2 60	3 -	4 -
A_2	4 -	3 80	2 0	0 -
A_3	0 40	2 -	2 0	1 60

Перевіряємо умову $N = m + n - 1$, $N = 4$, отже, у дві будь-які «розвантажені» клітини запишемо 0 й будемо вважати їх «завантаженими».

Після першої ітерації маємо нове поліпшене значення цільової функції:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 2 \cdot 60 + 2 \cdot 80 + 1 \cdot 60 + 0 \cdot 40 = 340.$$

Знову обчислюємо потенціали (таблиця 2.10).

Таблиця 2.10 – Розрахунок потенціалів другої ітерації

Постачальники	Споживачі				Запаси	α_i
	B_1	B_2	B_3	B_4		
A_1	1 0	2 60	3 -	4 -	$a_1 = 60$	0
A_2	4 -	3 -	2 Р 0	0 3 +	$a_2 = 80$	-1
A_3	0 40	2 -	2 3 0	1 Р 60	$a_3 = 100$	-1
Потреби	$b_1 = 40$	$b_2 = 60$	$b_3 = 80$	$b_4 = 60$	240	
β_j	1	2	3	2		

Перевіряємо оптимальність отриманого розв'язання:

$$(1-3) \quad 0 + 3 = 3;$$

$$(1-4) \quad 0 + 2 < 4;$$

$$(2-1) \quad 1 - 1 < 4;$$

$$(2-2) \quad 2 - 1 < 3;$$

$$(3-2) \quad 2 - 1 < 2;$$

$$(2-4) \quad 2 - 1 > 0 \quad \Delta c_{24} = 1.$$

Розв'язок знову не є оптимальним.

Після нового перерозподілу ресурсів отримуємо оптимальний розв'язок, завдяки якому цільова функція набуває значення $Z = 280$.

2.4 Ускладнені транспортні задачі

Перелічимо варіанти умов, за яких транспортна задача може належати до класу ускладнених [30]:

1. Окремі поставки від постачальників до певних споживачів виключено. Це означає, що в матриці перевезень окремі клітини мають бути пустими, тобто

$$x_{kl} = 0.$$

Для цього, користуючись методом потенціалів, штучно завищують витрати в такій клітині:

$$c_{kl} > \max_{ij} c_{ij} . \quad (2.5)$$

2. Необхідно розв'язати задачу мінімізації сумарних витрат на виробництво й транспортування. Це задача оптимального розміщення виробничих об'єктів. Тут може бути вигідним доставляти сировину з більш віддалених пунктів, оскільки це обходиться дешевше. Критерієм оптимальності враховують суму виробничих і транспортних витрат.

3. Деякі транспортні маршрути мають обмеження на транспортування. Якщо за маршрутом $A_i B_j$ можна провезти не більше q одиниць вантажу, то стовпець B_j розбивають на два: B'_j і B''_j . У першому стовпці попит

$$b'_j = b_j - q ,$$

у другому

$$b''_j = q .$$

Витрати в обох стовпцях є однаковими. У першому стовпці в клітині $A_i B'_j$ замість дійсного тарифу внесено завищений:

$$c'_{ij} > \max_{ij} c_{ij} ,$$

таким чином цю клітину блокують.

4. Поставки за окремими маршрутами є обов'язковими. У цьому випадку необхідну клітину заповнюють одразу. Запаси й потреби відповідно зменшують. Розв'язують задачу методом потенціалів. Виділена клітина в контур перерозподілу не входить.

5. Необхідно максимізувати цільову функцію. За допомогою методу мінімального елемента в першу чергу заповнюють клітини з максимальною вартістю. При контролі плану на оптимальність перевіряють умову

$$\alpha_i + \beta_j \geq c_{ij} .$$

6. Необхідно розподілити вантаж різних видів. Це багатопродуктова задача. Постачальники вантажу поділяють на m' умовних постачальників, а споживачів – на n' умовних споживачів. Складають повну транспортну таблицю. Різні вантажі не можуть заміняти один одного, тому частину клітин блокують (вартість максимізують за правилом (2.5)).

Якщо поставки вантажів є незалежними, то слід розв'язувати просту транспортну задачу для кожного виду вантажу.

2.4.1 Багатопродуктова транспортна задача

Приклад. На двох складах A_1 і A_2 розміщено запаси комплектуючих двох видів: Д (3 і 4 тис. шт.) і Е (5 і 2 тис. шт.). З двох заводів (B_1 і B_2) надійшли замовлення на поставку комплектуючих: Д (2 і 1 тис. шт.), Е (3 і 1,5 тис. шт.) і будь-якого (2 і 5,75 тис. шт.). Задано матриці вартості перевезень [32]:

$$\begin{pmatrix} & B_1 & B_2 \\ A_1 & 1 & 1,5 \\ A_2 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.6)$$

Розв'язання. Вводимо фіктивного постачальника A_3 , тому що загальні потреби перевищують всі запаси. Реальних постачальників розбиваємо на групи відповідно до видів комплектуючих: $A_{1Д}$, $A_{1Е}$, $A_{2Д}$, $A_{2Е}$, замовників – на три групи: $B_{1Д}$, $B_{1Е}$, $B_{1Д/Е}$; $B_{2Д}$, $B_{2Е}$, $B_{2Д/Е}$ (таблиця 2.11). У відповідних клітинах, де тип комплектуючого поставки та замовлення збігаються, про- ставляємо вартість перевезення згідно з формулою (2.6), в інших клітинах – завищену (припустимо $\max = 20$).

Таблиця 2.11 – Вихідні дані багатопродуктової транспортної задачі

Склади		Заводи						За-пас
		B_1			B_2			
		$B_{1Д}$	$B_{1Е}$	$B_{1Д/Е}$	$B_{2Д}$	$B_{2Е}$	$B_{2Д/Е}$	
A_1	$A_{1Д}$	1	max	1	1,5	max	1,5	3
	$A_{1Е}$	max	1	1	max	1,5	1,5	4
A_2	$A_{2Д}$	2	max	2	1	max	1	5
	$A_{2Е}$	max	2	2	max	1	1	2
A_3		0	0	0	0	0	0	1,25
Попит		2	3	2	1	1,5	5,75	15,25

2.4.2 Задача закріплення множини постачальників за певними видами ресурсів

Ця модель дозволяє розв'язати такі задачі, як визначення кількості постачальників матеріальних ресурсів й обладнання. Вона являє собою оптимізаційну задачу «про призначення», метою якої є обчислення кілько- сті постачальників шляхом розподілення поставань різних видів ресурсів між передбачуваними постачальниками [38]. Позначимо:

$X = \|x_{ij}\|$ – обсяг ресурсів j -го виду, що надаються i -м постачальни- ком, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$;

n – кількість постачальників, що відповідають висунутим критеріям відбору;

m – кількість видів необхідного матеріально-технічного забезпечення (МТЗ);

$A = \{a_i\}$ – обсяг МТЗ, що можуть надати постачальники, $i = \overline{1, m}$;

$C = \|c_{ij}\|$ – вартість поставки певного виду МТЗ певним постачальником, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$;

$B = \{b_j\}$ – обсяги потреби підприємства в МТЗ, $j = \overline{1, n}$.

Часто вартість поставки (C) містить транспортно-підготовчі витрати щодо витрат на укладання договору й пошуку замовників для сплати послуг з доставки:

$$C = C_t + C_u + C_k + C_r + C_d,$$

де C_t – вартість транспортування замовлення;

C_u – витрати на розроблення умов постачання;

C_k – вартість контролю виконання замовлення;

C_r – витрати на випуск каталогів;

C_d – вартість оформлення документів.

Іноді транспортні витрати містять лише витрати на транспортування й витрати, пов'язані з часовими запасами у дорозі.

Розрахунок сумарних витрат на перевезення S можна виконати за формулою

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{ij} C_i,$$

де Z_{ij} – кількість вантажених поїздок від i -го постачальника до j -го споживача;

C_i – тариф на перевезення.

Кількість вантажених поїздок Z_{ij} розраховують так:

$$Z_{ij} = \frac{Q_{ij}}{q_{ij} \gamma_{ij}},$$

де q_{ij} – номінальна вантажопідйомність рухомого складу, що використовують при перевезенні від i -го постачальника до j -го споживача;

Q_{ij} – загальний обсяг перевезення;

γ_{ij} – коефіцієнт застосування вантажопідйомності рухомого складу, що використовують при перевезенні від i -го постачальника до j -го споживача.

У цій моделі застосовують питомі витрати (тариф на перевезення). Сумарні витрати на перевезення конкретної партії товару розраховують, якщо підприємство самостійно здійснює транспортування ресурсів.

Отже, оптимізаційну задачу «про призначення» можна подати у вигляді моделі транспортної задачі:

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

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = \overline{1, m}, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = \overline{1, n}, \\ x_{ij} \geq 0. \end{cases}$$

Отже, передбачаємо, що всі потреби в ресурсах можуть бути забезпечені вихідною кількістю постачальників.

2.5 Моделі й методи розв'язання ігрової задачі

В теорії ігор розглядають конфліктні ситуації сторін, інтереси яких є протилежними [30 – 32]. Рішення приймають в умовах невизначеності двома й більше розумними суперниками, кожен з яких прагне оптимізувати свої рішення за рахунок інших. Математична модель конфліктної ситуації являє собою гру. Гра — це сукупність правил, що описують сутність конфліктної ситуації.

Необхідні умови гри:

- наявність гравців, інтереси яких не збігаються;
- формулювання правил вибору припустимих стратегій, які відомі гравцям;
- визначення набору можливих кінцевих станів гри (виграш, нічия, програш);
- усім гравцям відомі платежі, що відповідають кожному кінцевому стану.

Залежно від кількості сторін ігри поділяють на парні й множинні. Кожний гравець має деяку множину можливих стратегій.

Стратегією гри називають сукупність правил, визначаючих поведінку гравця від початку гри до її завершення. Залежно від кількості можливих стратегій ігри поділяють на скінченні й нескінченні. Серед стратегій виділяють найбільш ефективну (*оптимальну*), яка при багаторазовому повторенні гри забезпечує даному гравцеві максимальний виграш. Гру називають *грою з нульовою сумою*, якщо програш одного гравця дорівнює виграшу іншого.

Будемо розглядати ігри двох осіб з нульовою сумою. Завдання стратегій гравців A і B в парній грі визначає її результат, тобто виграш одного або програш іншого. Результат гри задають матрицею $A = ||a_{ij}||$, рядки й стовпці якої відповідають різним стратегіям, а її елементи — виграшам однієї сторони (дорівнюють програшам іншої). Цю матрицю називають *платіжною матрицею* або *матрицею гри*.

Математична модель гри. Якщо перший гравець має m стратегій $\{A_i\}$, а другий – n стратегій $\{B_j\}$, то маємо гру $m \times n$ з платіжною матрицею A , де $a_{ij} = \varphi(A_i, B_j)$ – числовий вираз виграшу гравця A (або програшу гравця B) при виборі ними стратегій A_i і B_j . Кожен з гравців вибирає деяку стратегію. При цьому розв'язок гри буде в чистих стратегіях. Перший гравець прагне максимізувати свій виграш, а другий – мінімізувати свій програш.

2.5.1 Мінімаксний метод розв'язання гри

Розв'язок гри полягає у визначенні найкращої стратегії кожним гравцем [32]. Вибір найкращої стратегії одним гравцем проводиться за повної відсутності інформації про стратегію, що приймається іншим. Для розв'язання гри двох осіб використовують «песимістичний» критерій (Вальда). Якщо перший гравець застосовує стратегію A_i , то інший прагне вибором своєї стратегії звести виграш першого гравця до мінімуму:

$$\alpha_i = \min_j a_{ij}.$$

Перший гравець (при будь-яких відповідях супротивника) прагне знайти таку стратегію, за якої α_i обертається в максимум:

$$\alpha = \max_i \alpha_i = \max_i \min_j a_{ij}.$$

Величину α називають *нижньою ціною гри*. Їй відповідає максмінна стратегія, за якої перший гравець при будь-яких стратегіях супротивника забезпечить собі виграш не менше ніж α . Нижня ціна гри є гарантованим виграшем першого гравця.

Аналогічно визначимо за кожним стовпцем матриці $\beta_j = \max_i a_{ij}$.

Його мінімальне значення

$$\beta = \min_j \beta_j = \min_j \max_i a_{ij}$$

називають *верхньою ціною гри*. Їй відповідає мінімаксна стратегія другого гравця. Величина β – гарантований програш другого гравця.

Приклад.

Задано платіжну матрицю (таблиця 2.12).

Таблиця 2.12 – Вихідні дані ігрової задачі

Стратегії A_i першого гравця	Стратегії B_j другого гравця			
	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	10	4	11	7
A_2	7	6	8	20
A_3	6	2	1	11

Обчислити нижню й верхню ціни гри.

Розв'язання (таблиця 2.13). У наведеному прикладі нижня й верхня ціни збігаються:

$$\beta = \alpha = 6.$$

Оптимальна пара стратегій – A_2 й B_2 .

Таблиця 2.13 – Обчислення нижньої і верхньої цін гри

Стратегії A_i першого гравця	Стратегії B_j другого гравця				Значення	
	B_1	B_2	B_3	B_4	α_i (min)	α (max)
A_1	10	4	11	7	4	-
A_2	7	6	8	20	6	6
A_3	6	2	1	11	1	-
β_i (max)	10	6	11	20	-	
β (min)	-	6	-	-		

У загальному випадку виконується нерівність $\beta \geq \alpha$.

Якщо $\beta = \alpha$, тобто верхня ціна дорівнює нижній ціні гри, то чисті стратегії A_i і B_j називають оптимальними, а гра має *сідлову точку*. Ця точка є мінімальним елементом відповідного рядка й максимальним елементом відповідного стовпця.

Величину $C = \beta = \alpha$ називають *ціною гри*. Вона визначає середній виграш гравця A й середній програш гравця B за оптимальними стратегіями.

2.5.2 Матричний метод

Якщо в платіжній матриці $A_i \geq A_k$, тобто всі елементи рядка

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$$

не менше відповідних елементів рядка

$$A_k = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}),$$

$$a_{ij} \geq a_{kj}, \quad i = \overline{1, n},$$

а хоча б один строго більше ($a_{il} > a_{kl}$), то рядок A_i називають *домінуючим*, а рядок A_k – *домінованим*.

Аналогічно визначають домінуючий стовпець.

Першому гравцеві не вигідно застосовувати стратегії домінованих рядків, другому є не вигідними домінуючі стовпці. Тому можна видалити доміновані рядки й домінуючі стовпці.

Приклад.

У грі з матрицею

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 5 \\ 4 & -2 & 3 \\ 6 & -1 & 4 \end{pmatrix}$$

необхідно знайти стратегії гравців і ціну гри.

Розв'язання.

Порівнюємо всі рядки між собою. Третій рядок домінує над другим:

$$6 > 4, -1 > -2, 4 > 3,$$

тому другий викреслюємо:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 5 \\ 6 & -1 & 4 \end{pmatrix}.$$

Порівнюємо всі стовпці між собою. Тут перший стовпець домінує над другим:

$$2 > -3, 6 > -1$$

і третій стовпець домінує над другим:

$$5 > -3, 4 > -1.$$

Викреслюємо перший і третій стовпці:

$$A_2 = \begin{pmatrix} -3 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Знову порівнюємо рядки. Тут другий рядок домінує:

$$-1 > -3,$$

викреслюємо перший – $A_3 = (-1)$.

Сідлова точка $C = -1$, оптимальні стратегії – A_3 й B_2 .

Якщо сідлової точки немає, матричний метод використовують для скорочення розмірності матриці.

2.5.3 Змішані стратегії

У багатьох задачах немає сідлової точки [32, 33]. Тоді використовують змішані стратегії. У ході гри відбувається випадковий вибір стратегії з багатьох змішаних, і в кожному разі вказують імовірність вибору змішаної стратегії. Змішана стратегія для гравця A – це вектор:

$$P = (p_1, \dots, p_i, \dots, p_m),$$

де p_i – ймовірність вибору стратегії A_i ;

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1.$$

Аналогічно для гравця B змішана стратегія

$$Q = (q_1, \dots, q_j, \dots, q_n),$$

де q_j – ймовірність вибору стратегії B_{jj} .

За критерієм мінімаксу при змішаних стратегіях гравець A вибирає стратегію p_i так, щоб максимізувати найменший очікуваний виграш за стовпцями матриці:

$$\max_{p_i} \left\{ \min \left(\sum_{i=1}^m a_{i1} p_i, \dots, \sum_{i=1}^m a_{ij} p_i, \dots, \sum_{i=1}^m a_{in} p_i \right) \right\}, \quad (2.7)$$

тоді як гравець B вибирає стратегію q_j з метою мінімізувати найбільший очікуваний програш за рядками:

$$\min_{q_j} \left\{ \max \left(\sum_{j=1}^n a_{1j} q_j, \dots, \sum_{j=1}^n a_{ij} q_j, \dots, \sum_{j=1}^n a_{mj} q_j, \dots \right) \right\}. \quad (2.8)$$

Теорема фон Неймана: вирази (2.7) і (2.8) мають одне й те ж значення $M(P^0, Q^0)$, що називають ціною гри:

$$M(P^0, Q^0) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i^0 q_j^0.$$

Тут стратегії p_i^0 і q_j^0 – оптимальні. Коли виконується строга рівність між очікуваним виграшем і програшем, результуюче значення є оптимальним.

Ціна гри міститься між нижньою й верхньою цінами:

$$\alpha \leq M(P^0, Q^0) \leq \beta.$$

Розв'язок гри має таку властивість: якщо гравець A використовує свою оптимальну (чисту) стратегію, а гравець B змішує свої стратегії, то середній виграш гравця A не зменшується.

Змішані стратегії, що складають оптимальну, називають *корисними*. Ймовірності некорисних стратегій дорівнюють нулю.

Деякі методи знаходження оптимальних стратегій є відомими.

Метод мінімаксу для одержання змішаної стратегії одного гравця

Приклад.

Розглянемо платіжну матрицю, що не має сідлової точки:

$$A = \begin{pmatrix} -3 & 7 \\ 6 & 1 \end{pmatrix}.$$

1) нехай гравець A вважає стратегії рівноймовірними:

$$p_1 = 0,5, \quad p_2 = 0,5.$$

Тоді при застосуванні гравцем B першої стратегії B_1 виграш гравця A

$$0,5 \cdot (-3) + 0,5 \cdot 6 = 1,5.$$

При використанні стратегії B_2 –

$$0,5 \cdot 7 + 0,5 \cdot 1 = 4.$$

Нехай для гравця B також

$$q_1 = 0,5, \quad q_2 = 0,5.$$

Тоді очікуваний виграш гравця A :

$$0,5 \cdot 1,5 + 0,5 \cdot 4 = 2,75.$$

2) знайдемо оптимальну стратегію q_1^0 і $q_2^0 = 1 - q_1^0$. За властивостями оптимального розв'язку щодо будь-якого P має виконуватись рівність

$$q_1^0 a_{11} + q_2^0 a_{12} = q_1^0 a_{21} + q_2^0 a_{22}.$$

У цьому прикладі

$$q_1^0 (-3) + (1 - q_1^0) 7 = q_1^0 6 + (1 - q_1^0).$$

Звідки

$$q_1^0 = 2/5, \quad q_2^0 = 3/5.$$

Ціна гри

$$2/5 (-3) + 3/5 7 = 3.$$

2.5.4 Модель визначення оптимальної ціни постачання

Вартість постачання ресурсів є найбільш важливим критерієм для вибору постачальника. Часто виникає ситуація інтегрованих постачань, коли один постачальник забезпечує постачання ресурсів різних видів або номенклатури (наприклад, у випадку роботи з посередником або через товарну біржу). Тоді необхідно визначити оптимальну стратегію підприємства, що передбачає закупівлю всіх ресурсів за мінімальною ціною у протиположності стратегії постачальника, який прагне реалізувати свій товар за максимальною ціною. У такому випадку для розв'язання задачі вибору постачальника застосовують оптимізаційну ігрову задачу у вигляді гри двох осіб з протилежними інтересами.

Позначимо:

$U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – вектор змішаної стратегії підприємства (гравця A) щодо вибору постачальника u_i ;

$Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ – вектор змішаної стратегії постачальника (гравця B) щодо вибору ресурсів z_j , що постачаються:

$$\sum_{i=1}^m u_i = \sum_{j=1}^n z_j = 1,$$

де $u_i \geq 0$ ($i=1, \dots, m$), $z_j \geq 0$ ($j=1, \dots, n$).

Ціна гри

$$v = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} u_i^o z_j^o,$$

де u_i^o – оптимальна стратегія підприємства (доля закупівель у i -го постачальника);

z_j^o – оптимальна стратегія постачальника (доля j -го типу ресурсів, що поставляють).

Щоб число v було ціною гри, а u^o й z^o – оптимальними стратегіями, необхідно й достатньо розв'язати такі нерівності:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m a_{ij} u_i^o \geq v, & j = \overline{1, n}, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} z_j^o \leq v, & i = \overline{1, m}, \end{cases}$$

де a_{ij} – ціна на i -й ресурс j -го постачальника.

Контрольні запитання

1. Який вигляд має математична модель задачі визначення оптимального асортименту продукції?
2. Який вигляд має математична модель використання потужностей устаткування?
2. Як виражено невизначеність попиту в обмеженнях моделі?
4. Як визначено цільову функцію збереження додаткових ресурсів?
5. Як розрізняють дві постановки задачі стохастичного програмування?
6. У чому полягає основна мета транспортної задачі?
7. Який вигляд має математична модель транспортної задачі?
8. Які транспортні задачі називають закритими?
9. Які особливості має транспортна задача?
10. Наведіть основні етапи методу потенціалів.
11. Наведіть методи одержання опорного розв'язку транспортної задачі.

12. У чому полягає відмінність методу мінімального елемента від методу північно-західного кута?
13. Як здійснюється перевірка розв'язку на оптимальність?
14. Наведіть правила складання контуру перерозподілу ресурсів.
15. Укажіть види ускладнених транспортних задач.
16. Як у вихідній таблиці транспортної задачі зробити «забороненими» окремі перевезення?
17. Як побудувати вхідну таблицю багатопродуктової транспортної задачі?
18. Наведіть необхідні умови гри.
19. Що таке оптимальна стратегія гри?
20. Що таке гра з нульовою сумою?
21. Що є платіжною матрицею?
22. Що називають чистою стратегією?
23. Якими є нижня і верхня ціни гри?
24. Яку стратегію називають домінуючою?
25. Що називають змішаною стратегією?
26. Сформулюйте принцип мінімакса для змішаних стратегій.
27. Які стратегії називають корисними?

3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

3.1 Модель визначення оптимального обсягу партії постачання ресурсів

Цю модель використовують для визначення обсягу партії ресурсів, що закуповуються, для виробництва [1, 39].

Моделі задачі управління запасами розрізняють залежно від їх основних компонентів, а саме:

- системи постачання: централізованої, децентралізованої, однокаскадної й багатокаскадної;
- попиту на предмети постачання: стаціонарного, нестаціонарного, детермінованого, випадкового;
- системи поповнення запасів: миттєвого постачання, постачання у фіксовані або випадкові моменти часу.

Цільова функція такої моделі визначає мінімальний обсяг витрат на закупівлю партії ресурсів. У загальному випадку за її допомогою враховують:

- інтенсивність постачання ресурсів;
- вартість постачання;
- витрати на збереження та розміщення, пов'язані з оформленням;
- витрати на замовлення нової партії;
- витрати на штрафи.

Можливі такі *обмеження*:

- на максимальний обсяг запасів і вагу продукції, що зберігається;
- максимальну вартість запасів;
- кількість і обсяг постачань у заданий проміжок часу;
- ймовірність можливого недопостачання.

Розглянемо задачу організації постачань одиниць товару R рівномірно в період часу T . При цьому наведемо такі умови:

- попит має бути фіксованим;
- відсутність товару – неприпустимою;
- інтенсивність попиту – недопустимою над перевищенням інтенсивності постачань ресурсів;
- обсяг споживання – фіксованим;
- недопостачання ресурсу – неприпустимим.

Найбільш поширеною моделлю прикладної теорії логістики є модель оптимального або економічного розміру замовлення EOQ (Economic Order Quantity). Як критерій оптимізації приймають мінімум загальних витрат C_{Σ} , що містять витрати на виконання замовлень C_3 й витрати на збереження запасу на складі C_x . Необхідно визначити розмір кожної партії й програму випуску.

Ситуацію зобразимо графічно у вигляді динаміки зміни рівня І запасів (рисунок 3.1).

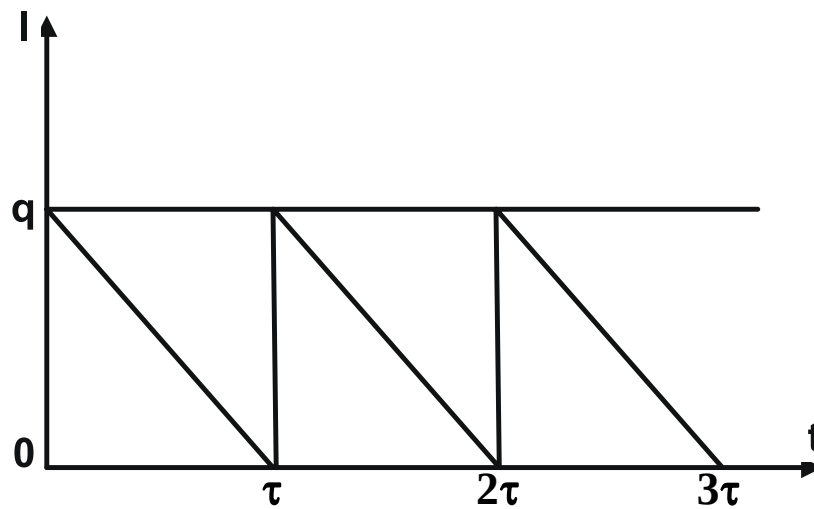


Рисунок 3.1 – Динаміка зміни рівня запасів

Позначимо:

q – обсяг продукції в початковий момент збереження;

τ – інтервал часу між запусками виробництва (періодами постачань);

R – повний попит за весь час планування.

Рівень запасу знижується рівномірно від q до 0, після чого розміщується замовлення на доставку нової партії величиною q . Замовлення виконується миттєво й рівень запасу відновлюється до величини q . Інтервал часу тривалістю τ між постачаннями називають циклом.

Припустимо, що реалізація продукції визначається лінійним законом. За час T кількість партій

$$n = R/q.$$

Тоді період замовлень

$$\tau = T/n = Tq/R.$$

За лінійним законом у період τ середній запас

$$q = q/2 ,$$

витрати на збереження

$$C_x = (q/2)C_x'\tau .$$

У період τ вартість створення запасів одиниці ресурсів

$$C_\Sigma = C_x + C_3 = (q/2)C_x'\tau + C_3 .$$

У період T загальна вартість формування запасів

$$C = C_\Sigma n = ((q/2)C_x'Tq/R + C_3)R/q = (q/2)C_x'T + C_3R/q.$$

Необхідно визначити такий розмір партії q_0 , при якому сумарна вартість буде найменшою:

$$C \rightarrow \min .$$

Для цього слід прирівняти до нуля екстремум функції:

$$\frac{dC}{dq} = \frac{1}{2} C'_x T - \frac{C_3 R}{q^2} = 0 , \quad (3.1)$$

звідси

$$q_0 = \sqrt{\frac{2C_3 R}{C'_x T}} . \quad (3.2)$$

При цьому мінімальну вартість визначають за формулою

$$C_{min} = C_3 R + C_x 'T/2 .$$

Рівняння (3.2) відоме під багатьма назвами. Його називають формулою найбільш економної величини замовлення, формулою Уілсона, формулою квадратного кореня.

Формулу (3.1) отримано за таких припущень:

- витрати на виконання замовлення C_o , ціна продукції C_n , що поставляється, й витрати на збереження одиниці продукції протягом періоду, що розглядається, є постійними;

- період між замовленнями (постачаннями) є постійним, тобто

$$\tau = const ;$$

- замовлення q виконується повністю, миттєво;

- інтенсивність попиту є постійною:

$$\lambda = q / \tau ;$$

- ємність складу не є обмеженою;

- розглядають тільки поточні (регулярні) запаси, інші види запасів (страхові, підготовчі, сезонні, транзитні тощо) не враховують.

Однак практика аренди складських приміщень, а також розрахунки витрат на збереження на складах, свідчать про те, що, як правило, враховують не середній розмір партії, а площину (або об'єм) складу, що потребується для розміщення всієї отриманої партії:

$$C_x = akS, \quad (3.3)$$

де a – витрати на збереження одиниці продукції з урахуванням площини (об'єму) складу, що займає підприємство;

k – коефіцієнт, що враховує просторові габаритні розміри одиниці продукції.

З урахуванням (3.3) розрахункову формулу для визначення оптимальної величини замовлення записують у вигляді

$$q = \sqrt{\frac{C_0 R}{ak}}.$$

Тепер можна ввести більш гнучку залежність

$$C_x = \beta C_n i S,$$

де β – коефіцієнт, що відображає зв'язок між долею від вартості обсягу замовлення й встановленою арендною платнею;

C_n – ціна одиниці продукції, що зберігається на складі;

i – доля від ціни C_n , що припадає на витрати на збереження.

На основі формули (3.2) після перетворень знаходимо

$$q = \sqrt{\frac{C_0 R}{\beta C_n i}}.$$

3.2 Модель формування запасів з кінцевою інтенсивністю постачання без дефіциту

Припустимо, що замовлена партія надходить з інтенсивністю λ одиниць в одиницю часу. Очевидно, система може працювати без дефіциту, якщо інтенсивність постачань λ перевищує інтенсивність споживання v . Ця система являє собою тип заводського складу, куди продукція, вироблена одним цехом, надходить з певною інтенсивністю й використовується у виробництві продукції другого цеху [1]. Зміни рівня запасу у випадку, що розглядається, зображено на рисунку 3.2.

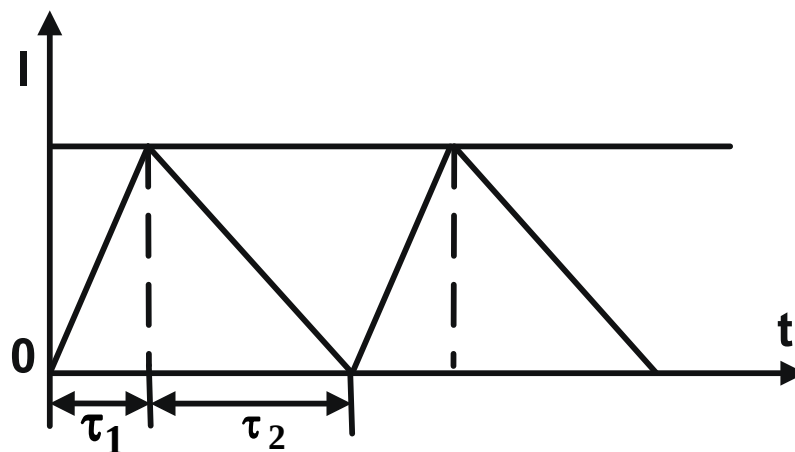


Рисунок 3.2 – Зміни рівня запасу

Протягом часу τ_1 запас одночасно й надходить і витрачається (це час накопичення запасу). Протягом часу τ_2 запас тільки витрачається. Довжина циклу

$$\tau = \tau_1 + \tau_2.$$

Враховуючи, що максимальний наявний запас

$$l_m = q \left(1 - \frac{R}{\lambda} \right),$$

витрати системи в одиницю часу

$$C = \frac{C_3 R}{q} + \frac{C_x q}{2} \left(1 - \frac{R}{\lambda} \right).$$

Оптимальні параметри роботи системи визначають звичайним шляхом. Величина оптимальної партії

$$q^* = \sqrt{\frac{2C_3 R}{C_x \left(1 - \frac{v}{\lambda} \right)}}.$$

Оптимальний період відновлення замовлення

$$\tau^* = \sqrt{\frac{2C_3}{C_x v \left(1 - \frac{v}{\lambda} \right)}}$$

та його складові

$$\tau_1^* = \frac{q^*}{\lambda};$$
$$\tau_2^* = \sqrt{\frac{2C_3}{C_x v \left(1 - \frac{v}{\lambda} \right)}}$$

або

$$\tau_2^* = \tau^* - \tau_1^*.$$

Мінімальні витрати в одиницю часу

$$C^* = \sqrt{2C_3 C_x v \left(1 - \frac{v}{\lambda} \right)}.$$

3.3 Модель формування запасів за наявності дефіциту з урахуванням незадоволених вимог

У деяких випадках, коли втрати через дефіцит порівняно з витратами на збереження, дефіцит допускається. Будемо мати на увазі вимоги, що

ставляться в момент відсутності запасу. Позначимо через y максимальну величину заборгованого попиту [40, 41].

Максимальний наявний запас

$$Y = q - y$$

витрачається за час τ_1 (час існування наявного запасу), а потім вимоги, що надходять, ставляться на облік протягом часу τ_2 (час дефіциту). При надходженні чергової партії, в першу чергу, задовольняється заборгований попит, а потім поповнюється запас. Штрафи, пов'язані з дефіцитом одиниці запасу в одиницю часу, складають d . Витрати на збереження продукції є пропорційними середній величині запасу $\frac{q-y}{2}$ й часу його існування

$\frac{q-y}{R}$; аналогічно збитки від дефіциту є пропорційними середній величині

дефіциту $\frac{y}{2}$ й часу його існування $\frac{y}{R}$.

Середні витрати роботи системи протягом циклу, що містять витрати на розміщення замовлення, утримання запасу й втрати від дефіциту:

$$C_{\Pi} = C_3 + \frac{C_x(q-y)^2 + dy^2}{2R},$$

де C_{Π} – середні витрати на роботу системи протягом циклу;

C_3 – вартість замовлення;

C_x – витрати на утримання продукції в одиницю часу;

q – величина партії;

y – максимальна величина заборгованого попиту;

R – обсяг попиту;

d – штрафи за дефіцит.

Поділимо витрати циклу на його величину:

$$\tau = \frac{q}{v}$$

й отримаємо в одиницю часу витрати роботи системи

$$C = \frac{C_3 v}{C_x} + \frac{C_x(q-y)^2 + dy^2}{2q}.$$

Звідки звичайним способом знаходимо

$$q^* = \sqrt{\frac{2C_3 v}{C_x} \left(1 + \frac{C_x}{d}\right)};$$

$$y^* = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{2C_3 v C_x}{1 + \frac{C_x}{d}}};$$

$$C^* = \sqrt{\frac{2C_3 C_x v}{1 + \frac{C_x}{d}}}.$$

Підставивши значення q^* й y^* у відповідні вирази, знайдемо інші оптимальні параметри системи:

$$Y^* = q^* - y^* = \sqrt{\frac{2C_3 v}{1 + \frac{C_x}{d}}};$$

$$\tau_1^* = \frac{Y^*}{R} = \sqrt{\frac{2C_3}{C_x R \left(1 + \frac{C_x}{d}\right)}};$$

$$\tau_2^* = \frac{y^*}{R} = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{2C_3 C_x}{R \left(1 + \frac{C_x}{d}\right)}};$$

$$\tau^* = \tau_1^* + \tau_2^* = \frac{q^*}{R} = \sqrt{\frac{2C_3}{C_x R \left(1 + \frac{C_x}{d}\right)}}.$$

Контрольні запитання

1. Що враховується цільовою функцією в моделі задачі управління запасами?
2. Перелічіть можливі обмеження моделі задачі управління запасами.
3. Наведіть математичну модель задачі управління запасами.
4. Які періоди часу слід брати до уваги при формуванні запасів з урахуванням постачань без дефіциту?
5. Як за допомогою моделі формування запасів за наявності незадоволених вимог стосовно дефіциту враховують штрафи?

4 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ БАГАТОКРИТЕРІЙНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ВИБОРІ ПОСТАЧАЛЬНИКА

4.1 Моделі багатокритерійної оптимізації

Зміст процедури прийняття рішень можна визначити чотирма етапами [42, 43], а саме:

- формуванням мети;
- визначенням множини можливих шляхів її досягнення;
- розробленням методу оцінювання варіантів;
- вибором кращого рішення.

Отже, задача оцінювання й вибору варіанта є частиною більш загальної проблеми прийняття рішень, яка, в свою чергу, є частиною системного аналізу й теорії систем [44]. Під системою розуміють множину елементів, що сприяють реалізації деякої множини відносин, які дозволяють упорядковувати елементи в структуру, котра має набір властивостей, забезпечуючих досягнення поставленої мети.

Реалізацію етапу оцінювання варіантів пов'язано з необхідністю переходу від якісних лінгвістичних змінних до деякої метрики заданого набору часових критеріїв варіантів [45, 46]. Складність вирішення задачі багатofакторного оцінювання обумовлено багатомірністю факторного простору й різномірністю її розмірності, інтервалом можливих значень тощо. Отже, виникає задача побудови моделі багатofакторного оцінювання, що відповідає певній ситуації прийняття рішення.

З формальної точки зору вибір найкращого варіанта системи з припустимого набору є основною задачею прийняття рішень, а основний етап оцінювання – визначення найкращого рішення.

Труднощі прийняття рішення з вибору найкращого варіанта в багатокритерійних задачах виникають в ситуаціях, коли один частковий критерій не може бути поліпшений без погіршення хоча б одного іншого критерію. Ця ситуація ототожнюється з так званою областю компромісів (область Парето). В загальному випадку компромісні задачі можна вирішувати шляхом введення деякого додаткового правила, принципу оптимальності, який дозволяє приймати рішення з вибору єдиного найкращого варіанта [46]. В основному таке рішення можна приймати на основі одного з двох підходів [42]:

- евристичного (неформального), коли ранжований ряд формує особа, що приймає рішення (ОПР), з урахуванням інтуїтивних міркувань;
- конструктивного (формального), коли встановлюється деякий принцип оптимальності (компромісу) на множині суперечливих часткових критеріїв [47].

Задачу прийняття багатокритерійного рішення може бути сформульовано таким чином: задано множину можливих рішень X і множину часткових критеріїв

$$K=\{K_i\}, i = \overline{1, n},$$

які характеризують кожне з цих рішень, і є інформація про взаємну важливість часткових критеріїв $I(a_i)$.

Необхідно знайти найліпший розв'язок [47]

$$x^\circ = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} P(x),$$

де $P(x)$ – функція корисності.

Теоретичною основою формування багатокритерійних скалярних оцінок є теорія корисності, що передбачає існування кількісного оцінювання переваги розв'язків. Якщо

$$x_1, x_2 \in X \text{ й } x_1 \succ x_2 \text{ (} x_1 \text{ переважніше } x_2 \text{),}$$

то функція корисності

$$P(x_1) > P(x_2).$$

Побудова математичної моделі, у тому числі й функції корисності, передбачає необхідність розв'язання двох задач – структурної й параметричної. Перша задача – це знаходження факторів, що впливають на вихідні дані, й визначення структури, тобто виду оператора, за допомогою якого встановлюють зв'язок між вихідними й кінцевими даними моделі. Друга задача пов'язана з одержанням кількісних значень параметрів моделі. Вид функції корисності розв'язку x обумовлюється частковими характеристиками $K_i(x)$, які мають різну вагу (значущість) для особи, що приймає рішення. Тоді функція корисності буде мати вигляд

$$P(x) = F[\lambda_i, K_i(x)], \quad i = \overline{1, n},$$

де λ_i – коефіцієнт ізоморфізму i -го часткового критерію $K_i(x)$;

F – оператор, за допомогою якого визначають вид залежності.

Оператор F може бути задано у формі двох найбільш відомих способів подання функції корисності – аддитивної

$$P_k(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i K_i(x)$$

і мультиплікативної

$$P_k(x) = \prod_{i=1}^n \lambda_i K_i(x).$$

За допомогою часткових критеріїв описують різні властивості варіантів. Відповідно ці критерії мають різну розмірність і діапазони значень. Отже, є необхідною форма подання функції корисності, що дозволяє врахувати важливість часткових критеріїв і в той же час виконувати роль коефіцієнтів ізоморфізму, тобто приводити різномірні $K_i(x)$ до однакових вимірів. Такі вимоги реалізуються поданням функції корисності у вигляді

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i K_i^H(x),$$

де a_i – відносні вагові коефіцієнти,

$$0 \leq a_i \leq 1, \sum_{i=1}^n a_i = 1;$$

$K_i^H(x)$ – нормалізовані часткові критерії.

Таку модель будують в декілька етапів:

- приведення всіх часткових критеріїв $K_i(x)$ до ізоморфного вигляду;
- визначення методів отримання від ОПР інформації про значення коефіцієнтів значущості a_i ;
- знаходження оператора F у функції корисності.

Конструктивний підхід до прийняття рішення орієнтовано на визначення формальних правил вибору єдиного рішення з області компромісів [43, 48]. Можливими є два випадки:

1) рішення ранжуються за порядком спадання або зростання якості на множині компромісу X^c або в загальному випадку на всій допустимій множині X , тобто визначають строгий

$$X_1 \succ X_2 \succ \dots \succ X_n$$

або нестрогий

$$X_1 \succ X_2 \sim X_3 \succ X_4 \succ \dots \succ X_n$$

порядок, де $\succ$ – знак переваги, $\sim$ – знак еквівалентності; потім знаходять екстремальний (крайній) елемент ряду;

2) безпосередньо визначають екстремальний розв'язок

$$x^* \succ \forall x \in X.$$

Загальний підхід до розв'язання цієї проблеми полягає в трансформації багатокритерійної задачі в однокритерійну зі скалярним критерієм. Існує декілька способів трансформації багатокритерійних оптимізаційних задач в однокритерійні.

Принцип головного критерію базується на виділенні головного критерію й переводі всіх інших критеріїв в обмеження [88]. Для цього проводять аналіз особливостей багатокритерійної задачі, із множини критеріїв вибирають найважливіший, що враховують за єдиний критерій оптимізації. Для кожного з інших критеріїв призначають граничне значення, нижче якого він не може знижуватися. Вибір головного (оптимізаційного) критерію й рівней обмежень $k_{iHG}(x)$ для всіх інших критеріїв є суб'єктивною операцією, здійснюваною експертами або ОПР.

Функціонально-вартісний аналіз [46]. Вихідну множину часткових критеріїв

$$K = \{\kappa_i(x)\}, i = \overline{1, n-1}$$

розбивають на дві підмножини:

$$K_\Phi = \{k_j(x)\}, j = \overline{1, m}$$

$$\text{і } K_B = \{k_l(x)\}, l = \overline{1, L}; m + L = n.$$

Перша група критеріїв K_Φ характеризує функціональну якість розв'язку, тобто ступінь досягнення мети системи. Друга група K_B – витрати, необхідні для реалізації розв'язку x . З кожної з наведених підмножин виділяють один головний критерій; позначають їх відповідно K_Φ^* і K_B^* , а інші часткові критерії переводять в обмеження. Отримують оптимізаційну задачу з двома скалярними критеріями. Отже, виникає потреба в зведенні складеної задачі до однокритерійної одним із запропонованих нижче способів.

1. Якщо обидва критерії K_Φ^* і K_B^* мають однакову вимірність або їх можна привести до однакової вимірності, то використовують узагальнений оптимізаційний критерій

$$K_1(x) = K_\Phi^*(x) - K_B^*(x),$$

а оптимальне розв'язання відбувається за схемою

$$x_1^0 = \max_{x \in X} [K_\Phi^*(x) - K_B^*(x)],$$

де X – звужена додатковими обмеженнями область припустимих розв'язків.

Критерій $K_1(x)$ може бути інтерпретовано як прибуток системи.

2. Якщо критерії K_Φ^* і K_B^* мають різну вимірність, використовують форму узагальненого критерію

$$K_2(x) = \frac{K_\Phi^*(x)}{K_B^*(x)},$$

а оптимальний розв'язок має вигляд

$$x_2^0 = \max_{x \in X} \left[\frac{K_\Phi^*(x)}{K_B^*(x)} \right].$$

Критерій $K_2(x)$ являє собою нормований на одиницю витрат ефект системи.

3. Для зведення двокритерійної задачі до однокритерійної може бути використано принцип головного критерію.

Принцип послідовної оптимізації (лексикографічного упорядкування). Ідея цього методу полягає в трансформації багатокритерійної оптимізаційної задачі в упорядковану послідовність однокритерійних [49]. Для цього всі часткові критерії упорядковують в послідовності зниження важливості

$$k_1 \succ k_2 \succ \dots \succ k_n.$$

Відповідно до принципу послідовної оптимізації розв'язків $u \in X$, $v \in X$ перший є більш важливим, тобто $u \succ v$, якщо виконуються умови:

$$k_j(u) = k_j(v), \quad k_j(u) > k_j(v), \quad j = \overline{0, i}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Звідси найкращий розв'язок визначають за такою схемою: на першому кроці з вихідної множини припустимих розв'язків X виділяють підмножину x_1^0 розв'язків, які є еквівалентними (рівноцінними) за першим (найважливішим) критерієм. При цьому розв'язують однокритерійну оптимізаційну задачу

$$x_1^0 = \arg \max_{x \in X} k_1(x).$$

Якщо множина x_1^0 має більше одного розв'язку, переходимо до наступного етапу, тобто розв'язуємо задачу вибору еквівалентних розв'язків за другим щодо важливості критерієм, але вже із множини x_1^0 :

$$x_2^0 = \arg \max_{\substack{x \in X \\ x \in x_1^0}} k_2(x).$$

Оптимізація продовжується доти, доки на i -му кроці не отримаємо єдиного розв'язку або не вичерпаємо всі критерії. Якщо всі часткові критерії вичерпано, але єдиний розв'язок не отримано, формують додаткові критерії.

Формування узагальненого скалярного критерію, що враховує всі часткові критерії. В цьому випадку єдиний критерій $\bar{K}$ формується як функціонал часткових критеріїв:

$$\bar{K} = F[k_i(x)], \quad i = \overline{1, n}.$$

Це найбільш загальний і універсальний підхід до розв'язання задачі багатокритерійної оптимізації, відомий як проблема багатофакторного оці-

нювання. Центральною задачею цієї проблеми є синтез (ідентифікація) моделі формування узагальненого оцінювання.

За допомогою **методу адитивної оптимізації** реалізують принцип формування узагальненого скалярного критерію.

Виразом

$$F_i(a_{ij}) = \sum_{j=1}^n \lambda_j a_{ij} \quad (4.1)$$

описується адитивний критерій оптимальності. Величини λ_j є ваговими коефіцієнтами, які визначають кількісно ступінь переваги i -го критерію порівняно з іншими критеріями. При цьому більш важливому критерію приписують більшу вагу, а загальна важливість всіх критеріїв дорівнює одиниці, тобто

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0.$$

Узагальнену цільову функцію (4.1) може бути використано для згортання часткових критеріїв, якщо:

- критерії є кількісно зрівняними за важливістю;
- критерії є однорідними (мають однакову розмірність).

Якщо критерії неоднорідні, потребується їх нормалізація. Під **нормалізацією** розуміють послідовність процедур, за допомогою яких усі критерії приводять до єдиного безрозмірного масштабу виміру. Існує велика кількість схем нормалізації.

Будемо використовувати одну з них. Визначимо максимум кожного критерію як [49]

$$a_j^+ = \max_i a_{ij}.$$

Виділимо групу критеріїв $a_j, j = \overline{1, l}$, що максимізуються при розв'язанні задачі, й групу критеріїв $a_j, j = \overline{l+1, n}$, що мінімізуються.

Відповідно до принципу максимальної ефективності нормалізовано значення

$$\hat{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^+}, j = \overline{1, l}, \quad \hat{a}_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{a_j^+}, j = \overline{l+1, n}.$$

Оптимальний варіант забезпечує

$$\max F_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j \hat{a}_{ij}.$$

Стосовно принципу мінімальних втрат формули нормалізації мають вигляд

$$\hat{a}_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{a_j^+}, \quad j = \overline{1, l}, \quad \hat{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^+}, \quad j = \overline{l+1, n}.$$

При цьому оптимальний варіант – мінімум цільової функції.

Приклад. Вибрати оптимальну стратегію із забезпечення нового виробництва обладнанням. Окрім значень критеріїв задано коефіцієнти їх відносної важливості (таблиця 4.1):

Таблиця 4.1 – Вихідні дані багатокритерійної оптимізації

Варіанти обладнання (розв'язки)	Критерії ефективності			
	Продуктивність (гр. од.)	Вартість (гр. од.)	Енергоємність (ум. од.)	Надійність (ум. од.)
X_1	$a_{11} = 5$	$a_{12} = 7$	$a_{13} = 5$	$a_{14} = 6$
X_2	$a_{21} = 3$	$a_{22} = 4$	$a_{23} = 7$	$a_{24} = 3$
X_3	$a_{31} = 4$	$a_{32} = 6$	$a_{33} = 2$	$a_{34} = 4$
Важливість критеріїв	$\lambda_1 = 0,4$	$\lambda_2 = 0,2$	$\lambda_3 = 0,1$	$\lambda_4 = 0,3$

1) критерії «вартість» і «продуктивність», що визначено в грошових одиницях (гр. од.) є однорідними. Обираємо оптимальний варіант обладнання за цими критеріями.

Вагові коефіцієнти є пропорційними вихідним:

$$\lambda_1 = 0,667; \quad \lambda_2 = 0,333.$$

Критерій оптимальності для трьох варіантів:

$$F_1(a_{1j}) = \lambda_1 a_{11} + \lambda_2 a_{12} = 0,667 \cdot 5 + 0,333 \cdot 7 = 5,666;$$

$$F_2(a_{2j}) = \lambda_1 a_{21} + \lambda_2 a_{22} = 0,667 \cdot 3 + 0,333 \cdot 4 = 3,333;$$

$$F_3(a_{3j}) = \lambda_1 a_{31} + \lambda_2 a_{32} = 0,667 \cdot 4 + 0,333 \cdot 6 = 4,666.$$

Отже, перший варіант є оптимальним;

2) використовуємо всі чотири критерії.

Визначаємо максимум кожного критерію:

$$a_1^+ = 5, \quad a_2^+ = 7, \quad a_3^+ = 7, \quad a_4^+ = 6.$$

Виходячи з принципу максимізації нормалізуємо критерії.

Перший і четвертий критерії максимізовано:

$$\hat{a}_{11} = \frac{a_{11}}{a_1^+} = \frac{5}{5} = 1; \quad \hat{a}_{21} = \frac{a_{21}}{a_1^+} = \frac{3}{5} = 0,6; \quad \hat{a}_{31} = \frac{a_{31}}{a_1^+} = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$\hat{a}_{14} = \frac{a_{14}}{a_4^+} = \frac{6}{6} = 1; \quad \hat{a}_{24} = \frac{a_{24}}{a_4^+} = \frac{3}{6} = 0,5; \quad \hat{a}_{34} = \frac{a_{34}}{a_4^+} = \frac{4}{6} = 0,667.$$

Другий і третій критерії мінімізовано:

$$\hat{a}_{12} = 1 - \frac{a_{12}}{a_2^+} = 1 - \frac{7}{7} = 0; \quad \hat{a}_{22} = 1 - \frac{4}{7} = \frac{3}{7}; \quad \hat{a}_{32} = 1 - \frac{6}{7} = \frac{1}{7};$$

$$\hat{a}_{13} = 1 - \frac{a_{13}}{a_3^+} = 1 - \frac{5}{7} = \frac{2}{7}; \quad \hat{a}_{23} = 1 - \frac{7}{7} = 0; \quad \hat{a}_{33} = 1 - \frac{2}{7} = \frac{5}{7}.$$

Функція мети для кожного варіанта:

$$F_1 = \lambda_1 \hat{a}_{11} + \lambda_2 \hat{a}_{12} + \lambda_3 \hat{a}_{13} + \lambda_4 \hat{a}_{14} = 0,4 \cdot 1 + 0,2 \cdot 0 + 0,1 \cdot \frac{2}{7} + 0,3 \cdot 1 \approx 0,729;$$

$$F_2 = 0,4 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot \frac{3}{7} + 0,1 \cdot 0 + 0,3 \cdot 0,5 \approx 0,476;$$

$$F_3 \approx 0,603.$$

Оптимальним є знову перший варіант.

Метод послідовних поступок

Метод оснований на принципі послідовної оптимізації:

1) критерії упорядковують за зниженням важливості. Розв'язують задачу оптимізації за самим важливим критерієм;

2) щодо розглянутого вище прикладу це є критерій «продуктивність» – стовпець a_1 при

$$\max \lambda_i = \lambda_1 = 0,4;$$

3) визначають його оптимальне значення

$$a_1^* = \max a_{11} = 5;$$

4) назначають величину припустимого відхилення від цього значення (поступку):

$$\Delta a_1 = \frac{a_1^+ - a_1^-}{2} = 1; \quad a_1^{\text{дон}} = a_1^* - \Delta a_1 = 5 - 1 = 4;$$

5) із подальшого розгляду вилучають варіанти, значення першого критерію поза межами допустимого приймають як неоптимальні. Як приклад це варіант X_2 ;

6) визначають оптимальний розв'язок за другим щодо важливості критерієм. Наступний за важливістю критерій – «надійність» a_4 при $\lambda_4 = 0,3$;

7) оскільки залишилося тільки два варіанти, їх можна порівняти за визначеним критерієм. З першого і третього варіантів кращим є перший $a_{14} = 6$.

Інші критерії можна не розглядати, тому що оптимальний варіант визначено – це X_1 .

Отже, багатокритерійну задачу замінено послідовністю однокритерійних задач.

4.2 Загальна характеристика тендерного методу вибору постачальника

Ефективна діяльність підприємства багато в чому залежить від організованої роботи з постачальниками [50, 51]. Сучасне розуміння процесу закупівель припускає побудову між постачальниками й споживачами системи відносин, оснований на балансі інтересів сторін і спрямованих на їх довгострокову взаємодію. Головною метою підприємства є грамотна організація вибору постачальників і подальше керування відібраними постачальниками, що допоможе одержати оптимальний результат, тобто своєчасно забезпечити підприємство якісними ресурсами у потрібній кількості за оптимальними цінами.

Отже, задача вибору постачальника є найбільш важливою в логістичному управлінні закупівлями. Процедура відбору постачальників і визначення критеріїв залежить від пріоритетів підприємства. Процедури, які найбільш часто використовують, при відборі постачальників наведено в таблиці 4.2.

Вибір конкретної процедури й набір вимог до постачальників залежать від пріоритетів підприємства, бачення керівником оптимального результату й внутрішніх нормативних документів, регламентуючих діяльність в певній області [50, 52]. Механізм відбору має бути досить гнучким, щоб не допустити розвиток подій за небажаним сценарієм.

Розглянемо наведені нижче способи вибору постачальника матеріально-технічних ресурсів. Проведення конкурсів, запит котировок й аукціон мають імперативний характер і передбачають диктат споживачам власних умов.

Організатори прагнуть максимально формалізувати подання постачальникам документів, пропонуючи їм робити пропозицію (оферту) встановленої форми й на певних умовах. Однак організатор не є відповідальним перед учасниками, які подали пропозиції, тобто створюються максимально вигідні умови для організатора.

Спосіб вибору постачальника на основі запиту пропозицій є прийнятим тоді, коли у підприємства виникає термінова потреба у ресурсі. Однак при цьому постачальник, як правило, продає товар на вигідних йому умовах, не завжди прийнятних для підприємства. Крім того, такий спосіб вибору постачальника не передбачає укладання договору, що призводить до необхідності проведення цієї процедури у міру потреби закупівлі ресурсного забезпечення.

Розглянемо детальніше тендерний метод вибору постачальника як найбільш переважний спосіб укладання договору з постачальниками, що спрямовано на довгострокове співробітництво.

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз процедур відбору постачальників

Характеристики	Процедури відбору			
	Конкурс	Запит котирувок	Аукціон	Запит пропозицій
Прозорість	Відкрито доступ до інформації про проведення конкурсу і його результати		Відкрито доступ до інформації про проведення конкурсу і його результати, присутність учасника на процедурі	Довільне визначення учасників, відомості про результати є недоступними
Формалізація для споживача	Рішення приймається комісією на основі документації відбору		Рішення приймається комісією за підсумками відкритої процедури	Визначається відповідальним підрозділом
Формалізація для постачальника	Заява подається за формою у встановлений термін		Заява подається за формою у встановлений термін. Участь у проведенні процедури	Пропозиція складається в стандартній для постачальника формі
Тривалість	Між моментами оголошення й розкриття конвертів має пройти не менше 30 днів	Не регламентовано		
Обов'язки організатора	Укладання договору з переможцем			Відсутні
Обов'язки учасника	Укладання договору з переможцем згідно з умовами організатора			Продаж товару в період дії пропозиції згідно з умовами цієї пропозиції

Конкурсні торги (тендер) – поширена форма пошуку потенційних постачальників, що проводиться у випадку, якщо передбачається закупити сировину, матеріали, комплектуючі на велику суму або налагодити дов-

гострокові зв'язки з постачальниками [53 – 55]. Тендери є вигідними як постачальнику, так і споживачу, оскільки постачальник отримує точне уявлення про умови роботи зі споживачем, а споживач поєднує вирішення проблем одержання пропозиції й вибору найкращого з усякого погляду постачальника.

При проведенні тендера реалізують такі цілі:

- економічні – знизити вартість і/або підвищити якість ресурсів для підприємства (внаслідок зниження цін постачальниками в результаті конкурентної боротьби, що залежить від рівня конкуренції);
- соціальні – знизити ризики впливу контрагентів на рішення, що ухвалюють в області закупівель, підвищити прозорість цих рішень (оскільки рішення приймає не конкретна людина, а система, що дозволяє запобігти опосередкованого впливу на менеджмент);
- іміджні – підвищити репутацію й престиж підприємства, що дозволяє йому позиціонувати себе як передове в «управлінському контексті».

На рисунку 4.1 показано аналіз етапів проведення тендера:

- розроблення й публікація тендерної документації;
- приймання й розкриття пропозицій учасників;
- оцінення тендерних пропозицій;
- укладання договору.

Перелічені етапи характеризуються такими особливостями:

- збільшення документообігу;
- необхідність інформаційної підтримки учасників тендера;
- необхідність оцінювання тендерних пропозицій;
- укладання договору з переможцем тендера по закінченні 30 днів.

Для оголошення тендера використовують типову форму оголошення про проведення конкурсних торгів [53 – 55]. Паралельно забезпечують розміщення анонса майбутніх торгів і на спеціалізованому веб-порталі з питань державних закупівель. Експерти рекомендують додатково оголосити про тендер, що готується, ще в декількох засобах масової інформації й у найбільш популярних інтернет-ресурсах, що спеціалізуються щодо цієї тематики, а також на власному веб-сайті (якщо він є) й на сайті місцевих органів самоврядування.

Використання інформаційних технологій дозволяє суттєво розширити географію учасників, аж до залучення їх із-за кордону, а також скоротити час, що витрачається на різні організаційні моменти. Інформація, що наведена в оголошенні про тендер, має бути максимально повною й достовірною, а також грамотно й чітко викладеною [53].

Такий підхід дозволить більш повно визначити коло учасників торгів, запобігти зайвих витрат часу й засобів на проведення тендерної процедури і отримати більш ефективний результат.

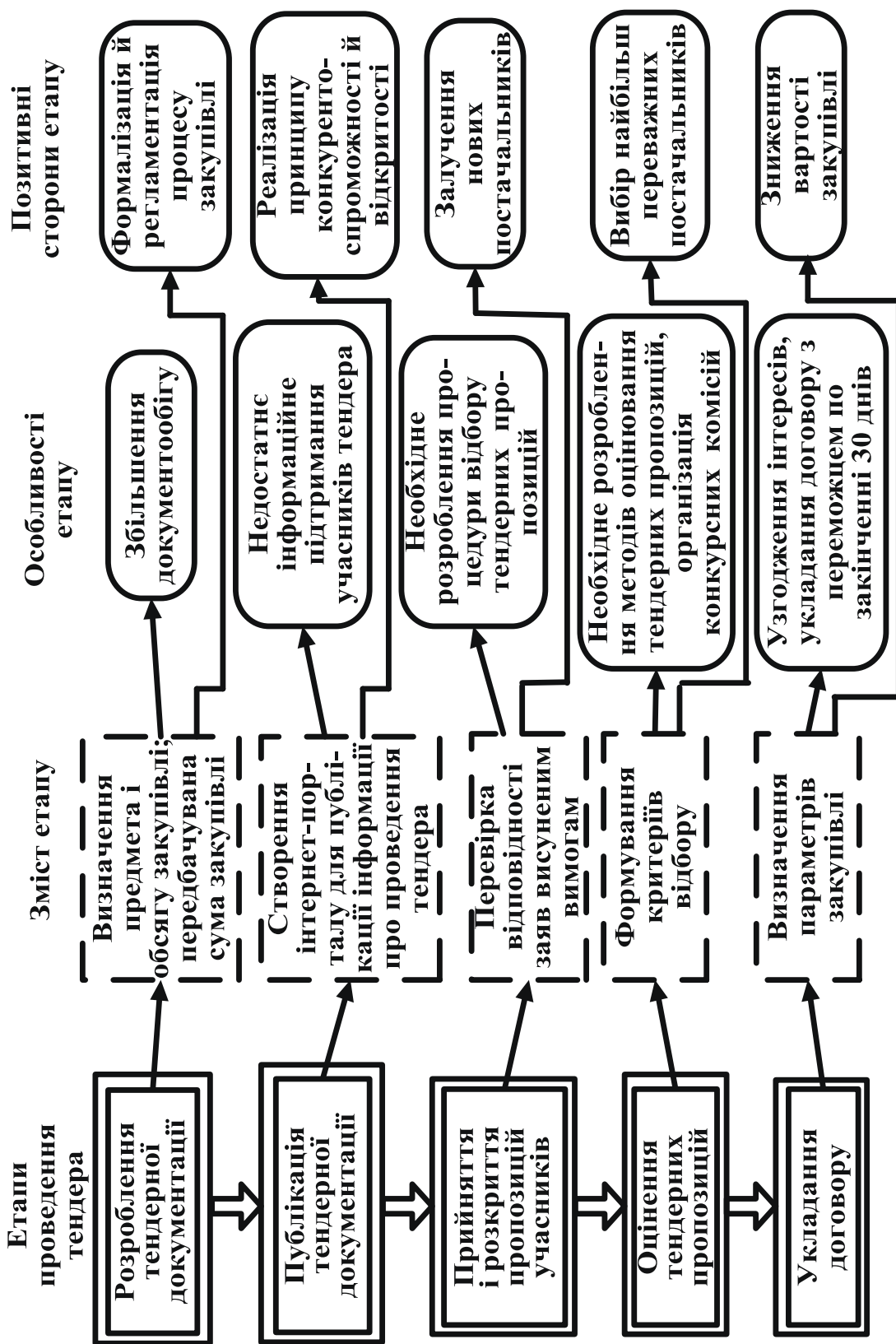


Рисунок 4.1 – Аналіз процедури конкурсних закупівель

Отже, тендер проводять в декілька етапів [52]:

- реклама;
- розроблення тендерної документації;
- публікація тендерної документації;
- приймання й розглядання тендерних пропозицій;
- оцінювання тендерних пропозицій;
- підтвердження кваліфікації учасників торгів;
- пропозиції й заключення контракту.

Переможцем тендера визнають учасника, який запропонує найбільш вигідну й відповідну кваліфікаційним вимогам пропозицію.

Позитивними результатами проведення конкурсних закупівель є:

- формалізовані й регламентовані процеси закупівлі, правила й процедури відбору підрядників;
- створений інтернет-портал для публікації інформації про конкурсні процедури;
- організовані конкурсні комісії;
- залучені до участі нові постачальники;
- знижена вартість закупівель;
- в системі управління закупівлями реалізовані принципи конкурентоспроможності й відкритості.

Негативними результатами проведення конкурсних закупівель є такі:

- недостатнє інформаційне підтримання конкурсних процедур й учасників закупівель;
- збільшення документообігу й трудовитрат для вибору постачальників.

Розглянемо детальніше етапи оцінювання тендерних пропозицій та підтвердження кваліфікації учасників торгів.

Тендерною документацією називається набір документів, в яких містяться умови конкурсу й майбутнього контракту. При проведенні торгів і замовники, і шукачі мають діяти відповідно даній документації [55].

Усі діючі норми, правила або процедури використовують тільки тоді, якщо це дозволяється в тендерній документації, зміст якої визначається діючим законодавством.

У конкурсну документацію включають:

- 1) опис умов договору, що укладається з переможцем тендера, або проект такого договору;
- 2) перелік осіб, запрошених до участі в тендері;
- 3) інструкції постачальникам;
- 4) інформаційні карти, що визначають порядок підготовки й подання заяв на участь в тендері;
- 5) вимоги, які замовник висуває до змісту замовлення на постачання продукції або ресурсів – номенклатуру продукції, графік її постачання, обсяг кожного виду продукції. Крім того, у вимогах є посилання на стандарти якості, технічні умови тощо;

6) тендерна документація – це встановлені державою форми заповнення документів: заяви, відомостей, банківської гарантії (якщо потребується), тендерної заяви тощо.

Окрім стандартного пакета документів для участі в тендері кожен учасник має подати такі документи:

- 1) копії статутних документів;
- 2) копії свідоцтв про державну реєстрацію;
- 3) баланс на останню звітну дату (якщо підприємство є збитковим, його не допускають до участі в тендері);
- 4) довідки з податкової інспекції про те, що підприємство не має заборгованості перед державним бюджетом;
- 5) накази стосовно відповідальних осіб (представників підприємства);
- 6) копії ліцензій і патентів, якщо сфера торгів підпадає під визначення ліцензійної діяльності;
- 7) інші документи, перелік яких може змінюватися.

4.3 Модель багатокритерійної задачі прийняття рішень з вибору постачальника

Вибір постачальника й визначення умов закупівлі належать до завдань управління закупівлями. Останнє завдання містить укладення договору й контроль дотримання його умов.

Вибір постачальника – одна з найбільш важливих задач забезпечення ефективності логістики закупівель [1, 56 – 58]. Основні етапи її вирішення [57]:

- збирання інформації про постачальників;
- аналіз інформації на основі критеріїв вибору;
- прийняття рішення про вибір.

При цьому є можливими два напрями. Перший напрям полягає у виборі постачальника з-поміж організацій, з якими підприємство вже співробітничало і з якими встановилися ділові стосунки. У такому разі відділ закупівель вже має в своєму розпорядженні необхідну інформацію. Другий напрям пов'язано з вибором нового постачальника за результатами цільового пошуку і аналізу відповідного ринку. Для перевірки потенційного постачальника потрібні великі витрати ресурсів і часу, тому її слід здійснювати лише відносно тих постачальників, які мають шанс отримати велике замовлення. Від потенційного постачальника, що конкурує з іншими, очікують вищої ефективності.

Вибір постачальника (постачальників) визначається системою критеріїв. Критеріями можуть бути такі [52]:

- надійність доставки;
- гарантії якості;
- виробничі потужності;

- ціни;
- місце розташування;
- технічний потенціал;
- фінансове становище;
- можливість компромісів;
- наявність інформаційної системи зв'язку і оброблення замовлень;
- післяпродажний сервіс;
- репутація й роль у своїй галузі;
- діловий досвід тощо.

Ефективність системи закупівель залежить від стосунків з постачальниками. Для того, щоб система «точно в термін» працювала, необхідно віддавати пріоритети не ціні, а якості й швидкості постачання [59]. Зниження цін необхідно добиватися за рахунок економічної стимуляції постачальників: шляхом збільшення розмірів замовлень і термінів співпраці [58, 60].

Отже, вказану задачу можна подати формалізовано у вигляді задачі прийняття рішень.

Розглянемо в загальному вигляді постановку задачі прийняття рішень ОПР [42, 43]:

$$\langle S_0, T, R | S, \mathcal{C}, \Gamma, Y, f, F(f), \Pi \rangle,$$

де S_0 – вихідна проблемна ситуація;

T – час, який має ОПР для прийняття рішення;

R – ресурси, необхідні для прийняття рішення;

S – множина можливих ситуацій;

$\mathcal{C}$ – множина цілей;

Γ – множина обмежень;

Y – множина рішень;

f – функція переваги.

Розглянемо компоненти загальної задачі прийняття рішення стосовно задачі вибору постачальника. Початковими даними є:

- S_0 – існуючий стан логістичної системи (ЛС) і виробничої системи, як вихідна проблемна ситуація;

- T – час для підготовки варіантів, їх оцінення й реалізація процедури вибору переважного рішення;

- R – ресурси для прийняття рішення: інформаційні й фінансові ресурси, що є необхідними для проведення процедури експертизи.

Визначимо складові результату прийняття рішень:

- S – варіанти реалізації стратегії підприємства;

- $\mathcal{C}$ – цілі, які визначаються вимогами зовнішнього середовища й ситуації, що склалася на підприємстві;

- Γ – фінансові обмеження й обмеження, продиктовані зовнішнім середовищем;

- Y – варіанти вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів;

- f – функція переваги, під якою розуміють критерії досягнення мети за допомогою реалізації вибраного рішення.

Отже, з урахуванням існуючого стану ЛС для досягнення мети, визначеної зовнішнім середовищем, перед ОПР постає задача вибору найбільш переважних постачальників МТР із численності можливих варіантів при певних критеріях вибору в умовах фінансових і зовнішніх обмежень за час, необхідний для реалізації стратегії підприємства.

Для визначення якості тендерних пропозицій пропонують використовувати *модель багатокритерійного оцінювання*, що дозволяє враховувати різноманітні критерії відбору і оцінювати альтернативи на основі функції корисності. Із багатьох припустимих рішень X на основі значень узагальнених критеріїв вибору знаходять найбільш переважні шляхом їх упорядкування в ранжований ряд [47, 52]. Кожне рішення $x_i \in X$, $i = \overline{1, n}$ характеризується кортежем різноманітних часткових критеріїв

$$K = \langle k_j(x) \rangle, j = \overline{1, m}.$$

Тоді оптимальним буде розв'язок

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} \langle k_j(x) \rangle, \forall j = \overline{1, m}.$$

Якщо задано альтернативні розв'язки $x_1, x_2 \in X$ і x_1 переважніше x_2 , то з цього виходить

$$x_1 \succ x_2 \Leftrightarrow P(x_1) > P(x_2).$$

Отже, корисність $P(x)$ є скалярною кількісною оцінкою, в якій враховано всі різноманітні часткові критерії $k_i(x)$, $i = \overline{1, n}$:

$$P(x) = F[\lambda, k_i(x)], \quad (4.2)$$

де λ – кортеж коефіцієнтів, за допомогою яких різноманітні часткові критерії приводять до ізоморфного вигляду.

Функцію корисності (4.2) можна записати так:

$$P(x) = F[A, k_i^H(x)],$$

де $k_i^H(x)$ – нормалізовані критерії, тобто приведені до безрозмірного вигляду, з обмеженим інтервалом можливих значень $[0, 1]$ й однаковим напрямом домінування часткових критеріїв;

$A = \langle a_i \rangle$, $i = \overline{1, n}$ – кортеж безрозмірних вагових коефіцієнтів, для визначення яких виконується умова

$$0 \leq a_i \leq 1, \forall i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

Нормалізацію часткових критеріїв проводять за формулою

$$k_i^H(x) = \frac{k_i(x) - k_i^{HX}(x)}{k_i^{HL}(x) - k_i^{HX}(x)},$$

де $k_i^{HL}(x)$, $k_i^{HX}(x)$ – відповідно найкраще й найгірше значення часних критеріїв на даній множині альтернатив X .

Отже, багатокритерійну задачу оптимізації зводять до коректної задачі скалярної оптимізації вигляду

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} P(x).$$

При цьому найпереважнішим є постачальник з найбільшим значенням функції корисності

$$P(x) = \sum_{j=1}^m a_j k_j^H(x).$$

Згідно із запропонованою формулою створюється ранжований ряд, який є результатом підсумкового оцінювання постачальників. При цьому альтернативи впорядковують за убuwанням.

Постає проблема скаляризації оцінювання якості рішення, для чого можуть бути використані традиційні методи: головного критерію, послідовної оптимізації, функціонально-вартісного аналізу, узагальненого багатофакторного оцінювання. Всі відомі на сьогодні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності можуть бути інтерпретовані в рамках перелічених методів. Для прикладу вкажемо, що на принципі головного критерію базуються критерій максимального математичного сподівання ефективності, мінімальної дисперсії, критерії мінімуму середнього ризику Вальда. Типовим критерієм, оснований на узагальненому оцінюванні, є критерій Гурвиця і т.д. [46].

Для розроблення методу тендерного відбору слід визначити перелік і вагу критеріїв попереднього відбору, основними цілями якого є [57]:

- зниження вартості ресурсів;
- збільшення якості ресурсів;
- зниження ризиків (вибір «не самого кращого» постачальника через можливе отримання неточних даних або відсутність таких).

Система критеріїв для оцінювання постачальників визначається також цілями проведення тендера. Згідно з рисунком 4.1 найбільш важливим етапом проведення тендера є оцінювання пропозицій. На цьому етапі не-

обхідно сформулювати систему критеріїв, яка має задовольняти таким вимогам:

- перелік критеріїв слід спрямовувати на оцінення діяльності учасника й вмісту його заявки;
- відбірні критерії мають повністю відображати обов'язкові вимоги підприємства-замовника до продукції, що закуповується;
- необхідно зважати на специфіку закупівлі (для різних видів продукції мають бути різні критерії оцінювання);
- критеріями не слід обмежувати обсяг конкурентної кількості учасників.

Критерії мають найбільш повно відповідати меті – вибору найпереважнішого постачальника матеріально-технічного забезпечення [60].

Формування критеріїв оцінювання заявок учасників конкурсних закупівель пропонується проводити методом багаторівневої декомпозиції, який дозволяє розглянути вимоги, що ставляться до постачальників матеріально-технічних ресурсів до певного рівня деталізації [61, 62].

Багаторівневу декомпозицію критеріїв оцінювання заяв наведено в таблиці 4.3.

Згідно з багаторівневою декомпозицією показники оцінювання відповідності постачальників поставленим вимогам з урахуванням змін зовнішнього середовища поділяють на часткові й узагальнені [59]. Часткові показники є нижчим рівнем декомпозиції. У свою чергу, їх поділяють на відбірні й оцінні. Відбірні показники відображають обов'язкові вимоги підприємства. Їх застосовують на етапі попереднього відбору, але не використовують у підсумковому оцінюванні переваги конкурсної заяви постачальника на відміну від оцінних показників.

Таблиця 4.3 – Багаторівнева декомпозиція критеріїв оцінювання заяв постачальників

Рівень декомпозиції	Вид критерію	Тип критерію
Підсумковий результат	Обов'язковий	Відбірний
Узагальнені показники	Обов'язковий	Оцінний
	Бажаний	Оцінний
Часткові показники	Обов'язковий	Оцінний

Показники оцінювання постачальника поділяють на обов'язкові й бажані. Для визначення обов'язкових показників необхідно вказувати діапазон припустимих значень певних характеристик і показників оцінювання заяви постачальника. При цьому всі часткові показники є обов'язковими. Використання методу послідовної багаторівневої декомпозиції дозволяє декомпонувати складні критерії на простіші, які, в свою чергу, також можуть бути подані переліком більш простих.

Отже, узагальнені критерії поділяють на обов'язкові й бажані. Невиконання обов'язкових вимог (критеріїв) може призвести до відхилення заяви. Такі вимоги містять конкретні (діапазон прийнятних) значення показників (характеристик). До бажаних критеріїв належать ті, в яких підприємство зацікавлене, але не наполягає на них й згодне погодитися на часткове їх виконання.

Часткові критерії поділяють на оцінні й відбірні. Відбірні часткові критерії відображають обов'язкові вимоги підприємства. Оцінки такого типу використовують на етапі попереднього відбору, але в ранжуванні не застосовують на відміну від оцінних часткових критеріїв, за допомогою яких виконують підсумкове оцінювання переваги конкурсної заяви. Оцінювання за частковими критеріями відображає міру відповідності заяви бажаним вимогам, що ставляться, і зазвичай подаються в балах.

На основі приведеної класифікації складено дерево критеріїв вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів (рисунок 4.2) [62].

На рисунку наведено такі позначення:

- $P(x)$ – скалярна кількісна оцінка, що враховує різномірні часткові критерії;
- $A_1, k_1(x) - A_n, k_n(x)$ – узагальнені критерії вибору постачальників;
- $A_{121}, k_{121}(x) - A_{npq}, k_{npq}(x)$ – часткові критерії й параметри вибору постачальників.

Запропонована структура є різною для кожного виду ресурсного забезпечення й містить узагальнені й часткові критерії вибору, а також перелік параметрів виробництва й зовнішнього середовища.

Критерії оцінювання тендерних пропозицій поділяють на якісні й кількісні. До основних кількісних критеріїв оцінювання постачальників належать:

- якість продукції, що закуповується;
- ціна продукції, що закуповується;
- надійність постачання;
- визначені час постачання й величина можливої затримки постачання;
- мінімальний і максимальний обсяги можливої закупівлі;
- технічний та інженерний потенціали постачальника;
- фінансове становище постачальника.

До основних якісних критеріїв оцінювання постачальників належать:

- післяпродажний сервіс (для закупівлі обладнання);
- можливість компромісів;
- репутація постачальника.

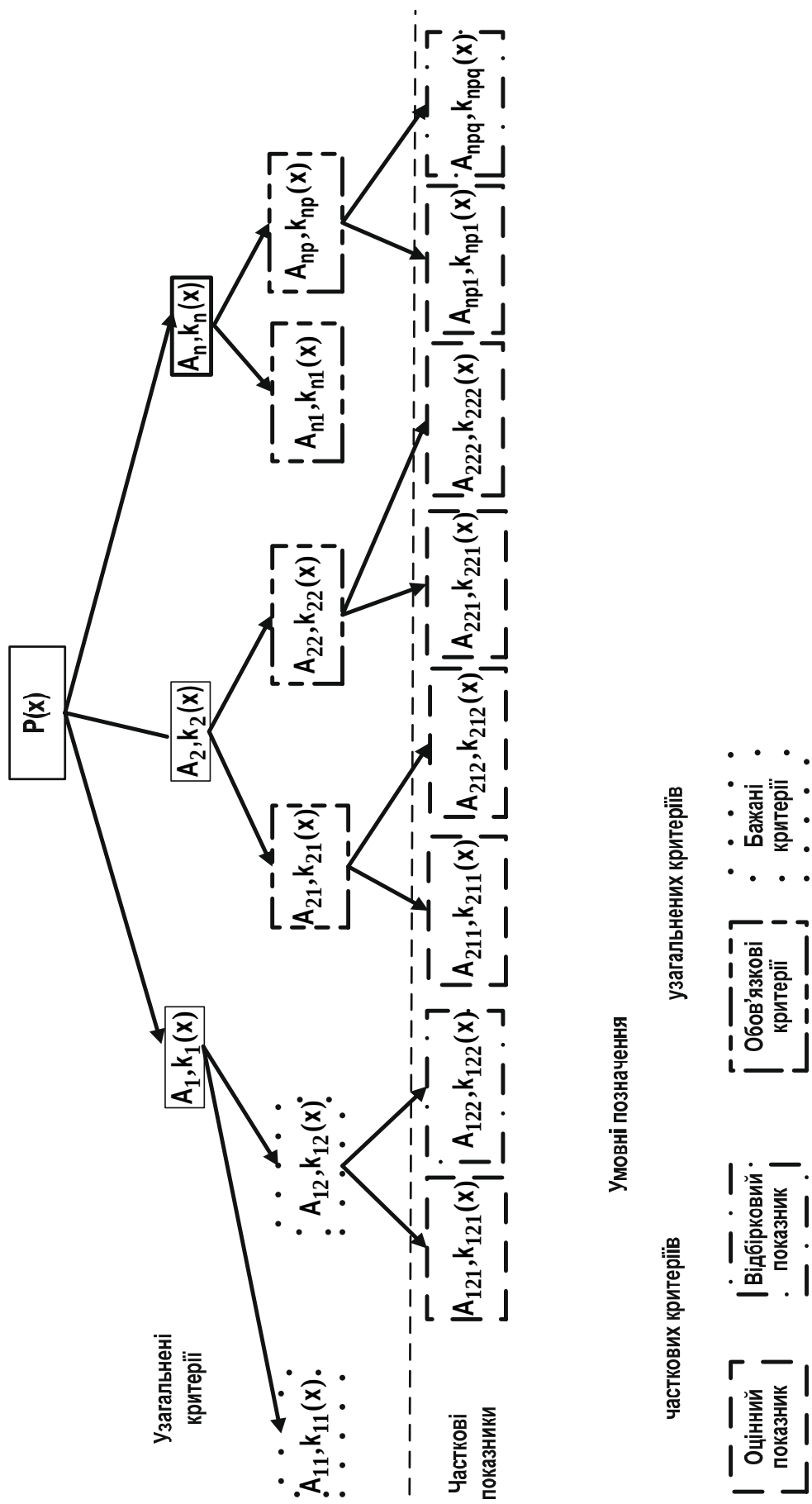


Рисунок 4.2 – Узагальнена ієрархічна структура критеріїв вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів

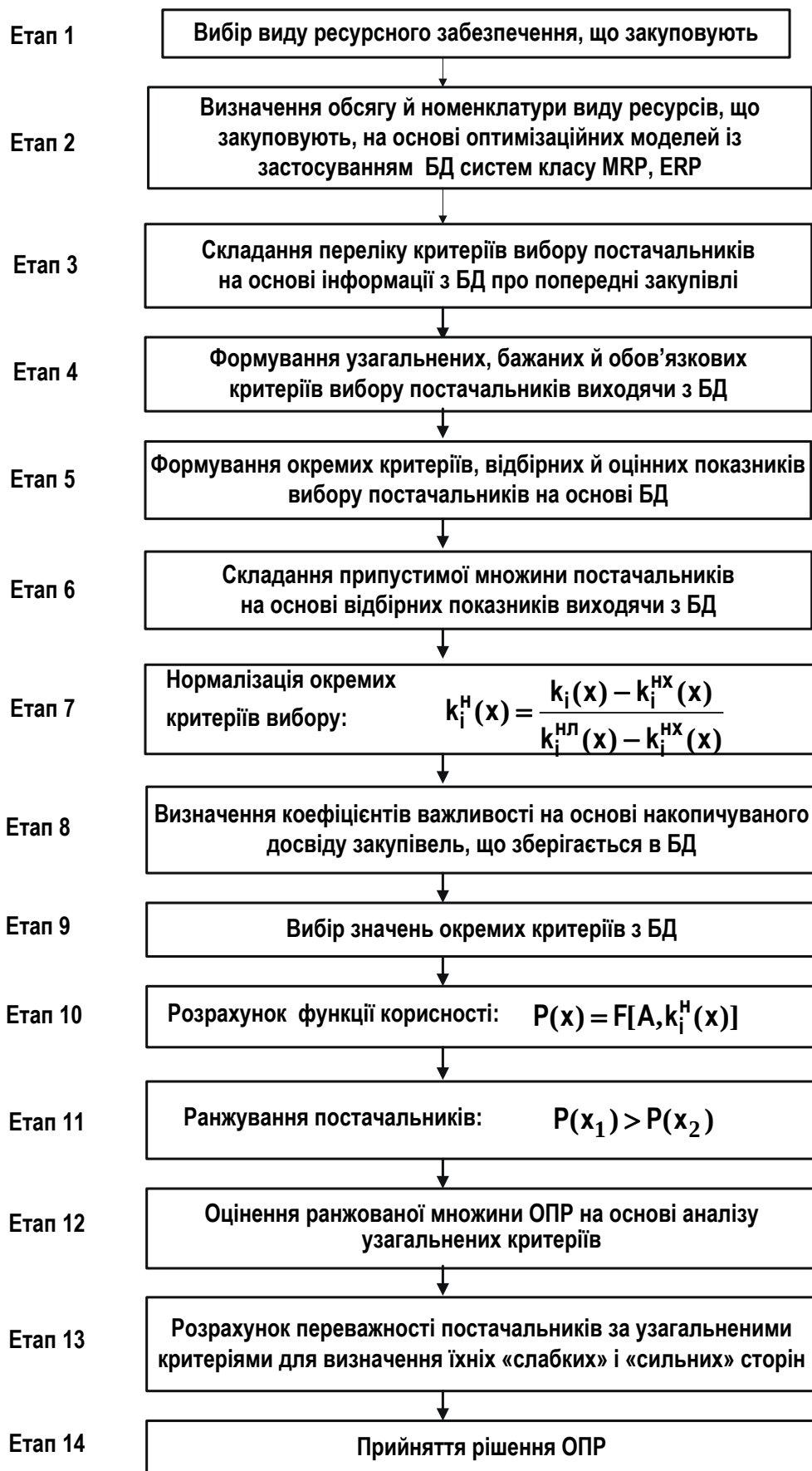


Рисунок 4.3 – Етапи методу вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів

Наведемо етапи багатокритерійного методу оцінювання переваги тендерних заяв для вибору постачальників (рисунок 4.3), що допомагають усвідомити послідовність процедури використання запропонованої трирівневої системи критеріїв. Розглянемо етапи методу вибору найбільш переважних постачальників.

Етап 1. Вибір виду ресурсу обумовлює закупівлю матеріалів, комплектуючих або обладнання. Слід відзначити, що мається на увазі закупівля лише одного з видів матеріально-технічного забезпечення.

Етап 2. Вирішення однієї із задач управління закупівлями – визначення обсягу й номенклатури МТР, що закупаються. У випадку, якщо на підприємстві функціонують модулі систем класу ERP, MRP II, то дані про обсяг і номенклатуру закупівлі одержують з баз даних (БД) цих систем. В інших випадках розрахунок проводиться за запропонованими оптимізаційними моделями.

Етап 3. Інтегрована БД містить інформацію про попередні закупівлі. Виходячи з цього формують перелік найбільш значущих критеріїв, на основі яких вибирають найбільш переважних постачальників МТР.

Етап 4. Отриманий на попередньому етапі перелік критеріїв поділяють на обов'язкові, узагальнені й бажані (залежно від конкретних випадків можуть не впливати на кінцевий результат).

Етап 5. Для оцінювання переваги постачальників узагальнені критеріїв декомпонують на часткові, відбірні й оцінні показники.

Етап 6. Для отримання припустимої множини потенційних постачальників використовують відбірні показники. Подані заяви постачальників, що не задовольняють вимогам, далі не розглядають.

Етап 7. Нормалізація часткових критеріїв для одержання безрозмірних значень критеріїв для розрахунку функції переваги.

Етап 8. Для розрахунку функції переваги необхідно визначити коефіцієнти важливості виходячи із значень критеріїв оцінювання інтегрованої БД.

Етап 9. Значення коефіцієнтів важливості вибирають з інтегрованої БД на основі досвіду попередніх закупівель.

Етап 10. Використовуючи отримані нормалізовані значення критеріїв вибору й коефіцієнтів важливості, розраховують функцію корисності.

Етап 11. На основі отриманих розрахункових значень функції корисності відбувається підсумкове ранжування заяв постачальників, на основі якого приймається рішення ОПР.

Етап 12. У разі потреби обґрунтування підсумкового оцінювання переваги заяв постачальників є можливим аналіз узагальнених критеріїв.

Етап 13. На основі проведеного аналізу на попередньому етапі розраховують переважності постачальників за узагальненими критеріями. Це дозволяє порівняти заяви й виявити «слабкі» й «сильні» сторони постачальників.

Етап 14. Вирішення однієї із задач управління закупівлями – на основі попередніх етапів прийняття ОПР рішення щодо вибору найбільш переважного постачальника МТР.

Контрольні запитання

1. Укажіть основні етапи процедури прийняття рішення.
2. Що таке багатокритерійна задача?
3. Що таке вага критерію?
4. Що означає нормалізація критеріїв?
5. Які існують основні два види функції корисності?
6. Сформулюйте принцип визначення головного критерію.
7. Наведіть способи отримання скалярного критерію при функціонально-вартісному аналізі.
8. У чому полягає принцип послідовної оптимізації?
9. Які існують основні умови застосування методу адитивної оптимізації?
10. У чому полягає відмінність принципів максимальної ефективності й мінімізації втрат?
11. На якому принципі оснований метод послідовних поступок?
12. Обґрунтуйте важливість задачі вибору постачальника.
13. Укажіть особливості процедури вибору постачальників.
14. Якими є основні цілі тендерної процедури?
15. Назвіть основні етапи проведення тендера.
16. Укажіть основні елементи тендерної документації.
17. Які існують основні два напрямки вибору постачальника?
18. Наведіть основні елементи загальної задачі прийняття рішення.
19. Якими є основні критерії вибору постачальника?
20. За якою формулою нормалізують часткові критерії?
21. Назвіть рівні декомпозиції критеріїв оцінювання постачальників.
22. Яка існує різниця між обов'язковими й бажаними показниками оцінювання постачальника?
23. Які критерії оцінювання постачальника належать до якісних?
24. Укажіть основні етапи методу вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів.

5. СИСТЕМНІ МОДЕЛІ Й ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ЗАКУПІВЛІ

5.1 Систематизація чинників впливу зовнішнього середовища на логістичну систему

Логістичні процеси підприємства й відповідні рішення з управління закупівлями визначаються змінами основних чинників зовнішнього середовища [59, 64]. На рисунку 5.1 зображено взаємодію логістичної системи (ЛС) із зовнішнім середовищем. Чинники зовнішнього середовища поділяють на чинники прямого й непрямого впливу.

Чинниками прямої дії є постачальники обладнання, матеріалів і комплектуючих, споживачі готової продукції й конкуренти. До чинників непрямої дії належать науково-технічний прогрес, стан економіки країни, закони і установи державного регулювання, політичні зміни й вплив групових інтересів. Невизначеність як результат дії цих чинників впливає на діяльність підприємства.

Постачальники впливають на такі параметри ЛС, як час затримки поставок й обсяги матеріалів (комплектуючих), якими забезпечують підприємство, споживачі впливають на розмір замовлення й час його виконання, а також формують рівень попиту. Конкуренти визначають частку підприємства на ринку, створюючи тим самим галузеву конкуренцію.

Залежно від характеру дії чинників зовнішнього середовища застосовують різні методи врахування їх впливу для подальшого прийняття управлінських рішень. Для врахування чинників непрямого впливу використовують методи стратегічного планування, для врахування впливу конкурентів і постачальників – методи прогнозування і аналізу ризиків, а у випадку із споживачами – методи прогнозування й тактичного планування.

Такі параметри зовнішнього середовища, як попит і ціни на ресурси можуть бути критеріями вибору постачальників матеріально-технічних ресурсів. Інформація про конкурентів (попит на готову продукцію, обсяг продукції, що випускається, та її ціна) визначає деякі параметри готової продукції.

У свою чергу, параметри ЛС можна класифікувати за мірою впливу на зовнішнє середовище:

- параметри готової продукції (ціна і обсяг випуску інноваційної продукції) впливають на її конкурентоспроможність і долю на ринку збуту;
- показники діяльності підприємства (прибуток підприємства, його економічний і технічний потенціал) – на результат конкурентної боротьби.

З урахуванням сказаного вище визначимо основні параметри впливу чинників зовнішнього середовища на логістичний ланцюг.

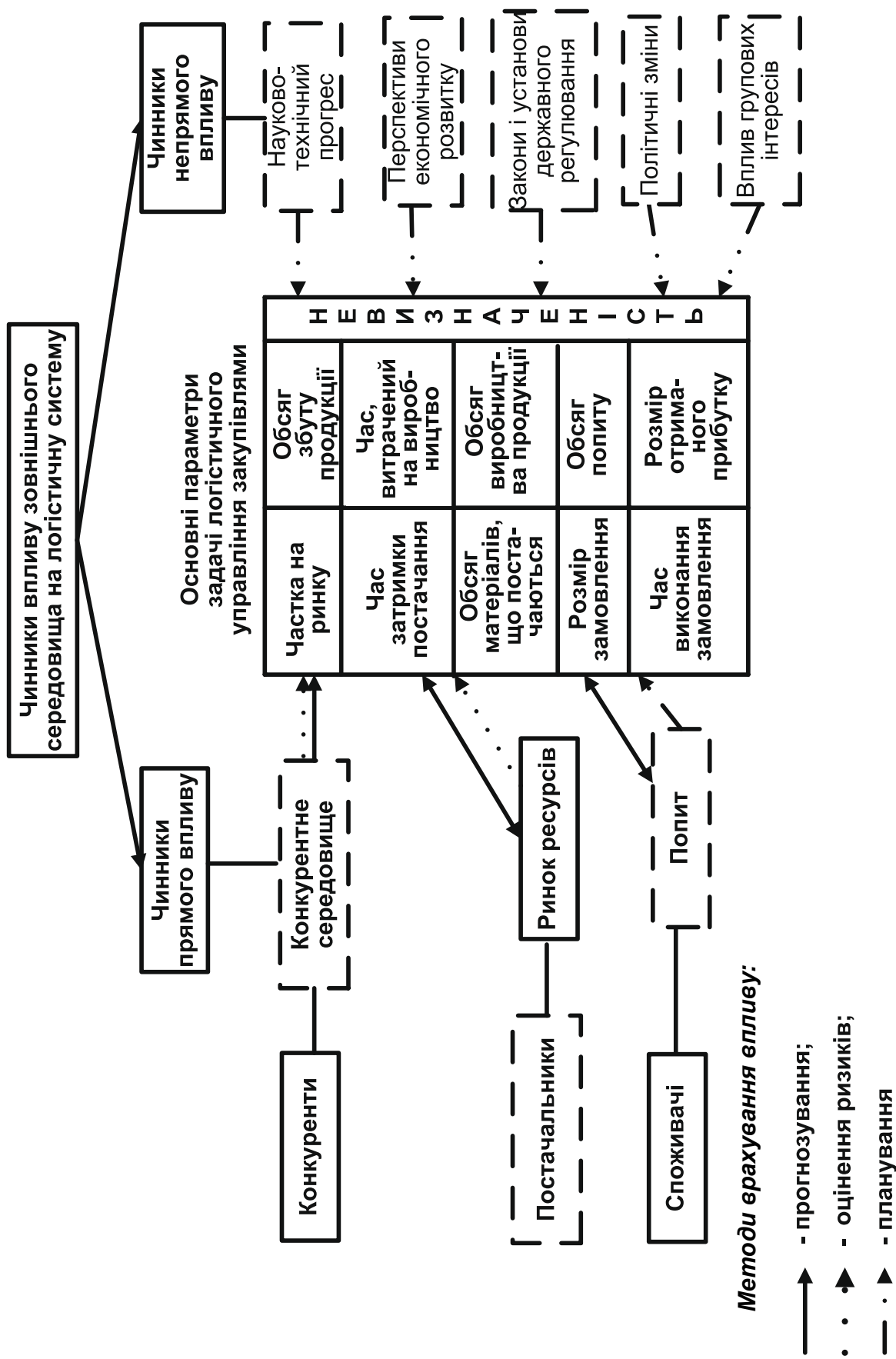


Рисунок 5.1 – Чинники впливу зовнішнього середовища на логістичні процеси управління закупівлями

Відзначимо, що слід розглядати «зворотний» логістичний ланцюг, оскільки задачі постачання вирішують у зворотній послідовності: спочатку аналізують параметри попиту, потім здійснюють необхідні виробничі інновації, для забезпечення яких слід приймати відповідні рішення в області управління закупівлями.

Наведемо узагальнену схему взаємодії зовнішнього середовища й підприємства (рисунок 5.2), що складається з таких елементів:

- «зворотний» логістичний ланцюг;
- компоненти зовнішнього середовища, що впливають на логістичний ланцюг;
- основні задачі логістичного управління закупівлями;
- параметри взаємодії вказаних елементів.

Вирішення задач логістичного управління закупівлями передбачає взаємодію логістичного ланцюга, що складається з таких основних елементів, як постачання, виробництво й збут, з компонентами зовнішнього середовища, які визначають необхідність впровадження інновацій. У результаті взаємодії компонентів схеми можуть бути виділені основні параметри ЛС, які надалі використовують при вирішенні задач управління закупівлями матеріально-технічних ресурсів. Такі параметри взаємодії зовнішнього середовища й підприємства, як обсяг попиту на готову продукцію, собівартість і якість продукції конкурентів, ціна, якість і час доставки ресурсів є вихідними даними для задачі прийняття рішень з управління закупівлями.

5.2 Системна модель задачі прийняття рішень з управління закупівлями

Розглянемо задачу прийняття рішень з управління закупівлями матеріально-технічних ресурсів у вигляді системної моделі. З урахуванням виділених параметрів процесу управління закупівлями сформуємо модель на основі кібернетичного підходу. Метою використання кібернетичного підходу є досягнення оптимізуючого управління за допомогою замкненого контуру управління [59].

Основним об'єктом розвитку промислового підприємства є виробнича система [63]. В узагальненому системному поданні слід виділити вихідні параметри системи, кінцеві, що обумовлюють дії (з урахування через вплив зовнішнього середовища) й зворотний зв'язок, що корегує вимоги до якості продукту як вихідного параметра (рисунок 5.3).

Оскільки «вхід» і «вихід» виробничої системи належать до зовнішнього середовища, то відповідно до правил використання системного підходу «вхід» і «вихід» процесу розглядають як взаємозв'язані компоненти єдиної системи. Отже параметри на «вході» визначають параметри функціонування процесів у виробничій системі, а параметри цих процесів, у свою чергу, визначають параметри «виходу».

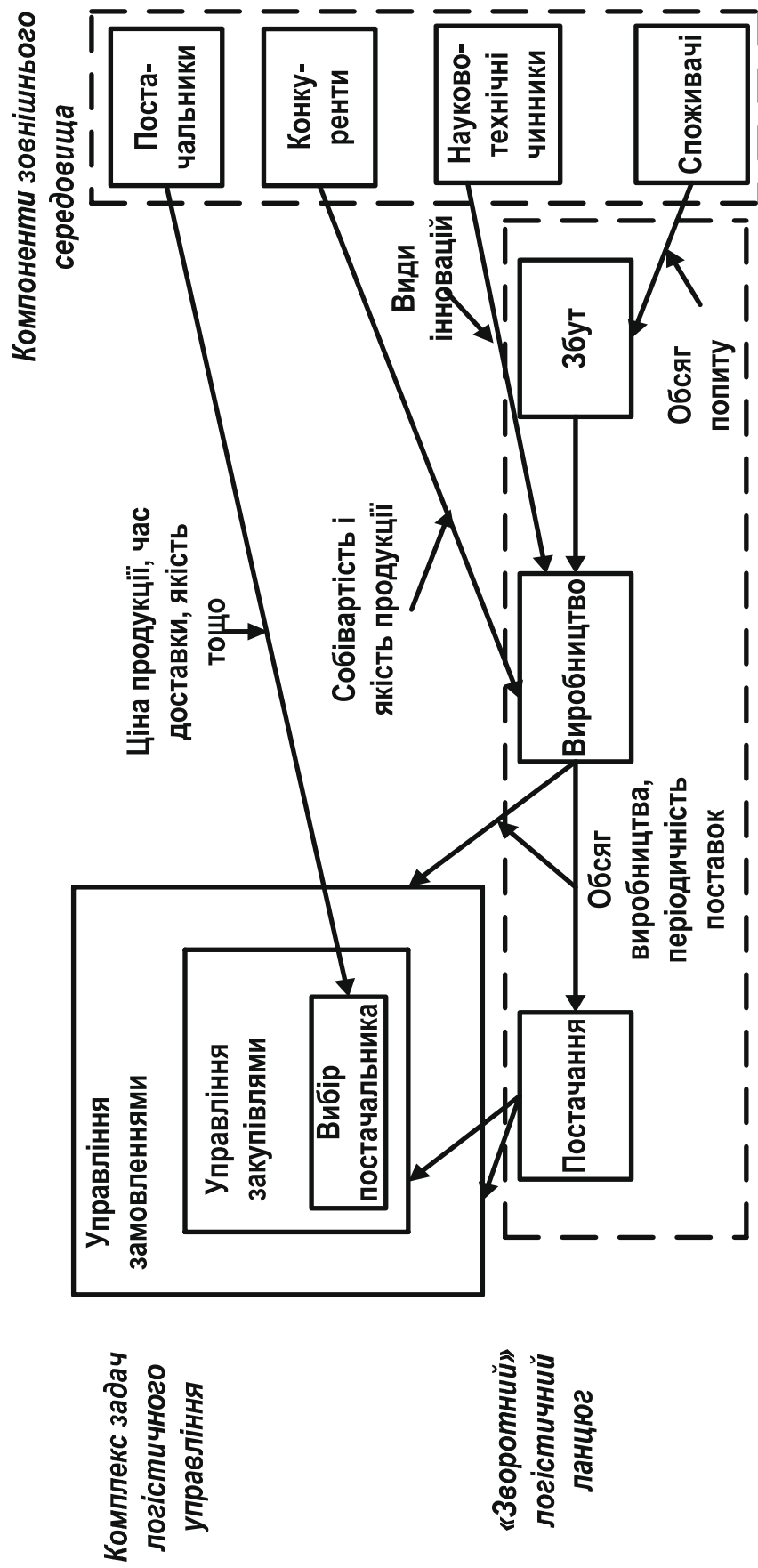


Рисунок 5.2 – Узагальнена схема взаємодії зовнішнього середовища й підприємства

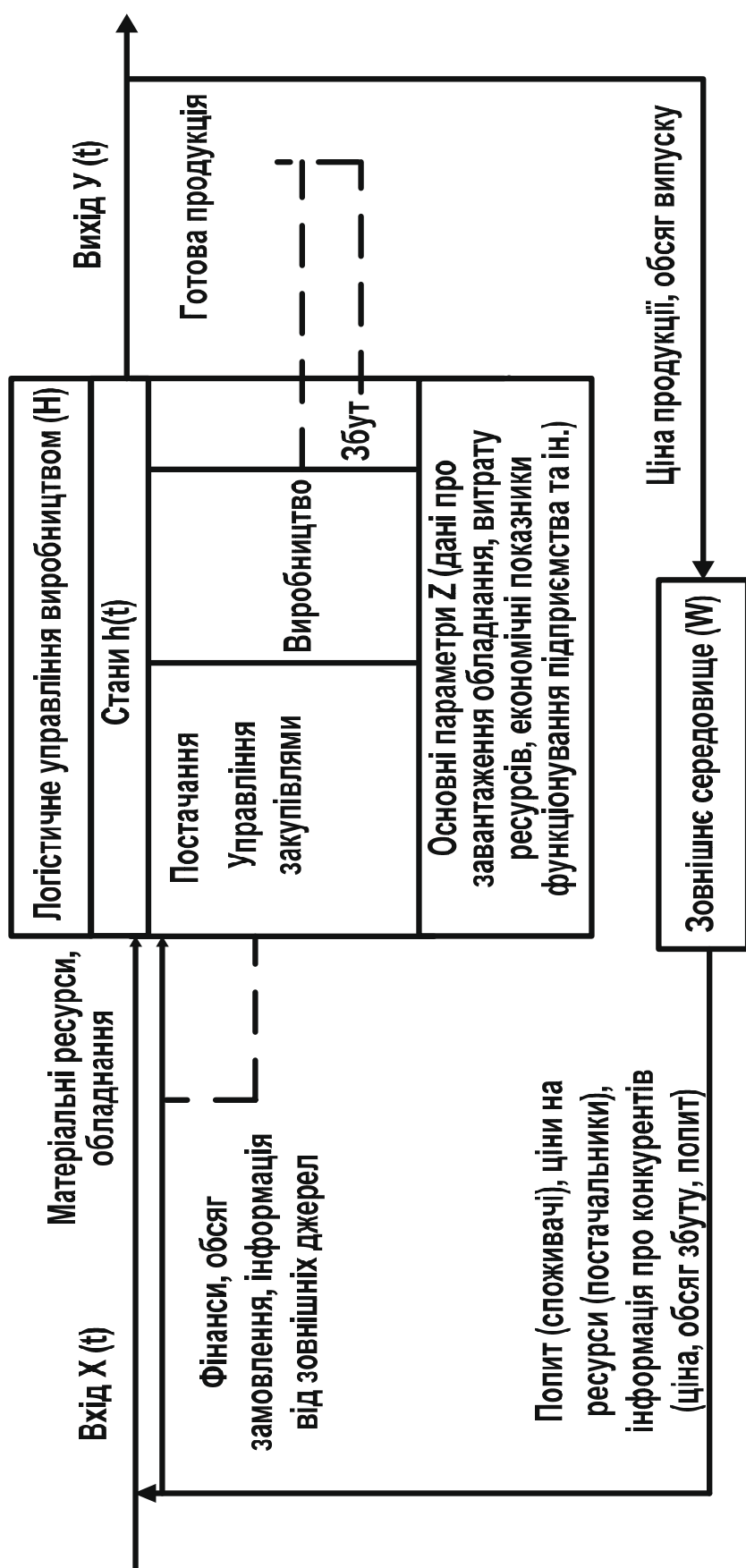


Рисунок 5.3 – Структура системної моделі процесу управління закупівлями

До компонентів «входу» належать матеріальні ресурси, що надходять ззовні, – сировина, матеріали, комплектуючі вироби, нове обладнання й ресурси інших видів – енергія, інформація, персонал тощо [84].

Як регулювальник виступає зовнішнє середовище, параметри компонентів якого впливають на вхід кібернетичної системи. На вихід системи «подаються» дані двох типів:

- вихідні дані, що безпосередньо впливають на зовнішнє середовище (обсяг випуску й номенклатура продукції, прибуток підприємства тощо);
- показники стану системи, що мають значення для подальшого її функціонування й характеризують внутрішню здатність системи до вирішення виробничих задач, а також її економічний і технічний потенціали. Такими показниками є вартість основних і оборотних фондів тощо.

Структура логістичної системи управління передбачає наявність двох взаємодіючих блоків – об'єкта управління і оптимізуючої системи, що управляє (по каналах зв'язку передає управляючі дії на об'єкт управління) [59]. Однією з особливостей логістичної системи управління є здатність переходити в різні стани під впливом різних управляючих дій (наприклад, при зміні параметрів компонентів зовнішнього середовища).

Отже, основними складовими логістичної кібернетичної системи є [59]:

- 1) логістичний процес управління виробництвом інноваційної продукції;
- 2) входом є потік споживаних ресурсів, тобто все те, що змінюється при протіканні процесу логістичного управління виробництвом (матеріально-технічні ресурси, основні параметри виробничої і логістичної систем, інформація від зовнішніх джерел);
- 3) виходом є результат перетворення входів, тобто потік створених або відпрацьованих ресурсів (готова продукція);
- 4) зворотний зв'язок сприяє ефективному управлінню системою в умовах, що змінюються; негативний зворотний зв'язок дозволяє зіставити отриманий результат з наміченою метою і у разі потреби зкорегувати його;
- 5) обмеження є впливом параметрів зовнішнього середовища на логістичну систему.

Визначимо множини складових і параметрів перелічених вище елементів:

- 1) вектор входу для стану системи в момент t

$$X(t) = (x_i(t)), \quad i = \overline{1,5},$$

де $x_1(t)$ – обсяг і номенклатура матеріальних ресурсів;

$x_2(t)$ – види й кількість обладнання;

$x_3(t)$ – обсяг фінансів (на закупівлю ресурсів);

$x_4(t)$ – обсяг замовлення на постачання матеріально-технічних ресурсів;

$x_5(t)$ – інформація про постачальників;

- 2) множина показників внутрішнього стану системи

$$Z(t) = (z_j(t)), \quad j = \overline{1, 4},$$

де $z_1(t)$ – показники техніко-технологічного потенціалу підприємства;

$z_2(t)$ – дані про завантаження обладнання;

$z_3(t)$ – дані про витрату ресурсів (матеріаломісткість);

$z_4(t)$ – економічні показники ефективності роботи підприємства;

3) вектор виходу системи

$$Y(t) = (y_k(t)), \quad k = \overline{1, 3},$$

де $y_1(t)$ – ціна інноваційної продукції, що планується;

$y_2(t)$ – обсяг випуску продукції;

$y_3(t)$ – прибуток підприємства;

4) множина параметрів зовнішнього середовища

$$W(t) = (w_n(t)), \quad n = \overline{1, 3},$$

де $w_1(t)$ – обсяг попиту на продукцію;

$w_2(t)$ – ціна матеріально-технічних ресурсів;

$w_3(t)$ – інформація про конкурентів.

Тоді стан логістичної системи у певний момент часу характеризується кортежем

$$h(t) = \langle X(t), Y(t), Z(t), W(t) \rangle.$$

Множина можливих станів логістичної системи визначається декартовим добутком

$$H = X \times Y \times Z \times W.$$

Отже, кібернетична логістична система характеризується елементами множин входу, виходу й показниками внутрішнього становища з урахуванням зовнішнього. Наприклад, номенклатуру і обсяг матеріально-технічних ресурсів визначають залежно від обсягу замовлення на виготовлення продукції, вимогами до її якості й рівня технічного потенціалу підприємства.

Відповідно до концепції «зворотного» логістичного циклу формують такий ланцюжок взаємодії: чинник, що приводить до необхідності реалізації стратегії розвитку (зовнішнє середовище); реалізація вибраної інновації у вигляді відповідних змін у виробництві (інноваційна діяльність); необхідні зміни в системі управління закупівлями (прийняття рішення).

Основні варіанти чинників зовнішнього середовища, способів інноваційного розвитку підприємства й відповідні задачі управління закупівлями показано на рисунку 5.4.

Наведемо складові схеми формування рішень з управління закупівлями у вигляді елементів відповідних множин.

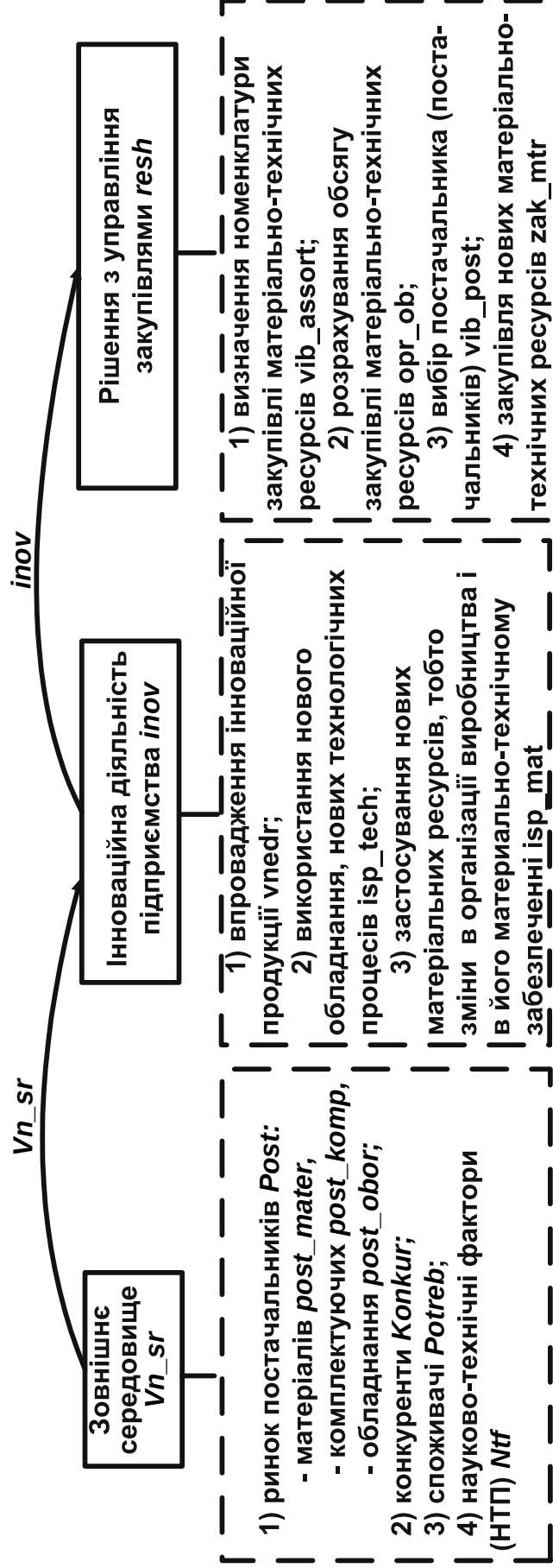


Рисунок 5.4 – Узагальнена схема формування рішень з управління закупівлями в умовах розвитку підприємства

Отже, множина компонентів зовнішнього середовища складається з двох підмножин:

$$Vn_sr = \langle Mic(char1), Mac(char2) \rangle,$$

де *Mic* – множина компонентів мікросередовища;

Mac – множина компонентів макросередовища;

char1, *char2* – основні характеристики компонентів зовнішнього середовища.

Розглянемо декомпозицію вказаної множини компонентів зовнішнього середовища.

Перший рівень мікросередовища визначимо підмножинами:

$$Mic = (Post, Potreb, Konkur),$$

де *Post* – множина постачальників;

Potreb – множина споживачів;

Konkur – множина конкурентів.

Другий рівень декомпозиції складає множина постачальників:

$$Post = (post_mater, post_komp, post_obor),$$

де *post_mater* – підмножина постачальників матеріалів;

post_komp – підмножина постачальників комплектуючих;

post_obor – підмножина постачальників обладнання.

Теоретико-множинне подання макросередовища таке:

$$Mac = (Ntf, Econ, Pol, Prir, Megd),$$

де *Ntf* – науково-технічні чинники;

Econ – економічні чинники;

Pol – політичні;

Prir – природні;

Megd – міжнародні.

Тепер визначимо основні характеристики компонентів мікросередовища [64]:

$$char1 = (param_techn, param_econ),$$

де *param_techn* – технічні параметри (виробнича потужність, технічний потенціал та ін.);

param_econ – економічні параметри (валовий прибуток, обсяги збуту та ін.).

Перелічимо основні характеристики компонентів макросередовища:

$$char2 = (vs_sv, sl, podv, neopr),$$

де *vs_sv* – взаємозв'язки чинників зовнішнього середовища;

sl – рівень варіативності чинників;

podv – швидкість, з якою відбуваються зміни в оточенні підприємства (визначає період часу для прийняття рішень);

neopr – рівень невизначеності інформації про зовнішнє середовище.

Можливі варіанти інноваційної діяльності підприємства такі:

$$inov = (isp_tech, vnedr, isp_mat),$$

де *isp_tech* – використання нової техніки й технологічних процесів (ТП);

vnedr – виробництво продукції з новими властивостями;

isp_mat – використання нової сировини.

Рішення з управління закупівлями опишемо множиною

$$resh = (vib_assort, vib_post, zak_obor),$$

де *vib_assort* – визначення необхідних видів матеріалів і комплектуючих;

vib_post – вибір постачальника;

zak_obor – вибір прогресивного обладнання.

Подання вказаних елементів у вигляді теоретико-множинного опису дає можливість підібрати відповідні моделі для визначення значень виділених параметрів з урахуванням їх функціонального взаємозв'язку.

5.3 Задачі управління закупівлями на етапах життєвого циклу продукту

Виробничі стратегії підприємства змінюються залежно від етапу життєвого циклу (ЖЦ) основного продукту підприємства. *Життєвий цикл продукту* — це час з моменту первинної появи продукту на ринку до припинення його реалізації на ньому. Життєвий цикл описують зміною показників обсягу продажів і прибутку за часом [60]. На рисунку 5.5 зображено життєвий цикл продукту з урахуванням стратегій виробництва.

При переході на новий етап ЖЦ виникають зміни у виробничо-логістичній системі, пов'язані з результатами передпроектних досліджень попиту на продукцію, що випускається. Для забезпечення конкурентоспроможності продукції з'явилась потреба впровадження інновацій, що спричиняють відповідні управлінські дії, спрямовані на забезпечення виробництва ресурсами, що приводить до необхідності вирішення задач з управління закупівлями.

Проаналізуємо особливості етапів ЖЦ продукту й пов'язані з ними задачі управління закупівлями. **Етап зростання** ЖЦ продукції (рисунк 5.6) супроводжується збільшенням обсягу збуту продукції, що випускається. Це дає можливість нарощувати обсяги виробництва з метою максимізації прибутку. Згідно з результатами маркетингових досліджень стадії передпроектних досліджень на етапі зростання відбувається збільшення обсягу попиту на продукцію, що випускається. Це приводить до зміни обсягу ви-

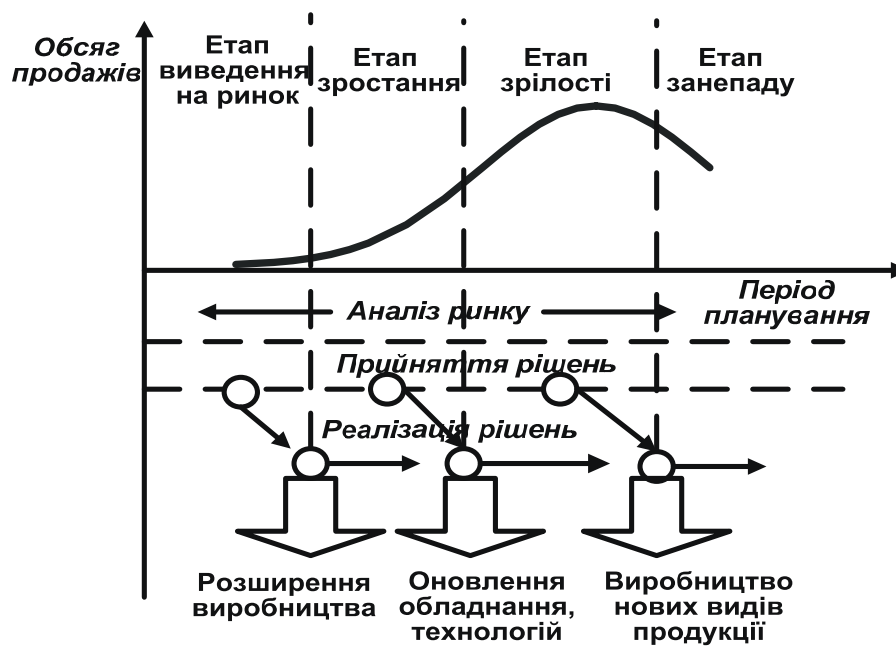


Рисунок 5.5 – Життєвий цикл продукту

робництва продукції і, отже, обсягу ресурсів, необхідних для виробництва. Забезпечення виробництва МТР потребує перевизначення видів і обсягів ресурсів, що закуповуються, й приводить до необхідності прийняття управлінських рішень з вибору нових постачальників, коли існуючі постачальники не можуть в короткий термін забезпечити великі обсяги ресурсів. Задача управління закупівлями полягає у визначенні кількості постачальників, здатних забезпечити матеріалами й комплектуючими виробами виробництво певного обсягу продукції. Вихідними даними задачі будуть обсяг виробництва, необхідна кількість матеріалів і комплектуючих, інформація про постачальників: кількість продукції, що є в наявності і т. д. Результатом є кількість постачальників, які зможуть поставити необхідний обсяг матеріалів і комплектуючих. Розглянемо особливості задачі управління закупівлями на етапі зрілості (рисунок 5.7).

Заходи для забезпечення конкурентоспроможності продукції на **етапі зрілості**, який характеризується стабільним обсягом збуту, полягають у зниженні витрат виробництва й поліпшенні якості продукції, яка випускається, що супроводжується впровадженням нових або вдосконаленням існуючих технологічних процесів. Відзначимо, що даний варіант містить значну частину етапів виробничого ЖЦ технічного виробу порівняно з етапом зростання. Зокрема, необхідно опрацювати питання техніко-технологічної підготовки виробництва. При цьому виникають управляючі дії, спрямовані на закупівлю комплектуючих нової якості або продуктивнішого устаткування, отже, з'являється потреба у виборі найбільш переважних постачальників указаних видів ресурсів.

Етап занепаду ЖЦ продукції (рисунок 5.8) пов'язано з розробленням нових її видів або істотною модернізацією вироблюваної на основі науко-

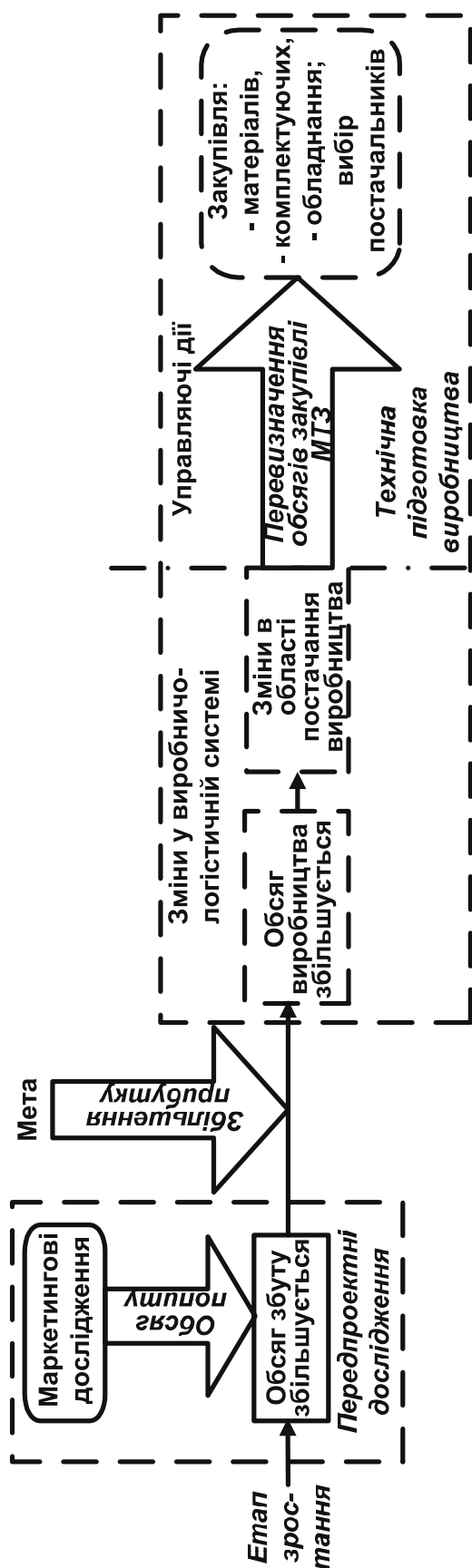


Рисунок 5.6 – Задачі управління закупівлями на етапі зростання ЖЦ продукції

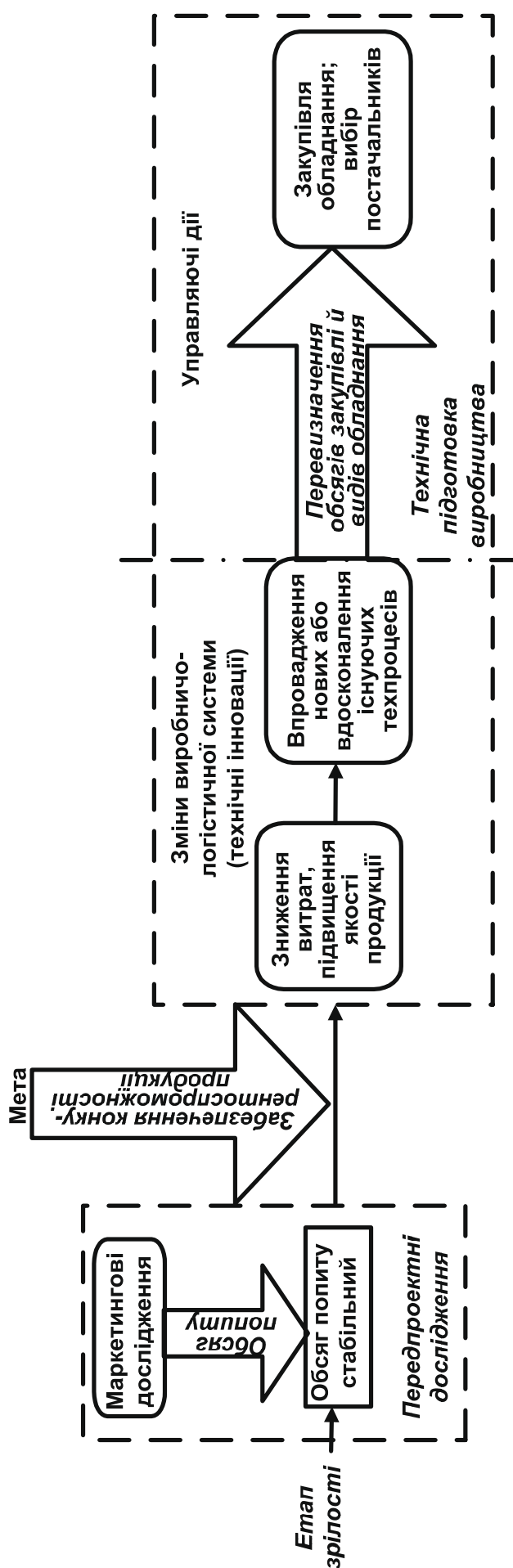


Рисунок 5.7 – Задачі управління закупівлями на етапі зрілості ЖЦ продукції

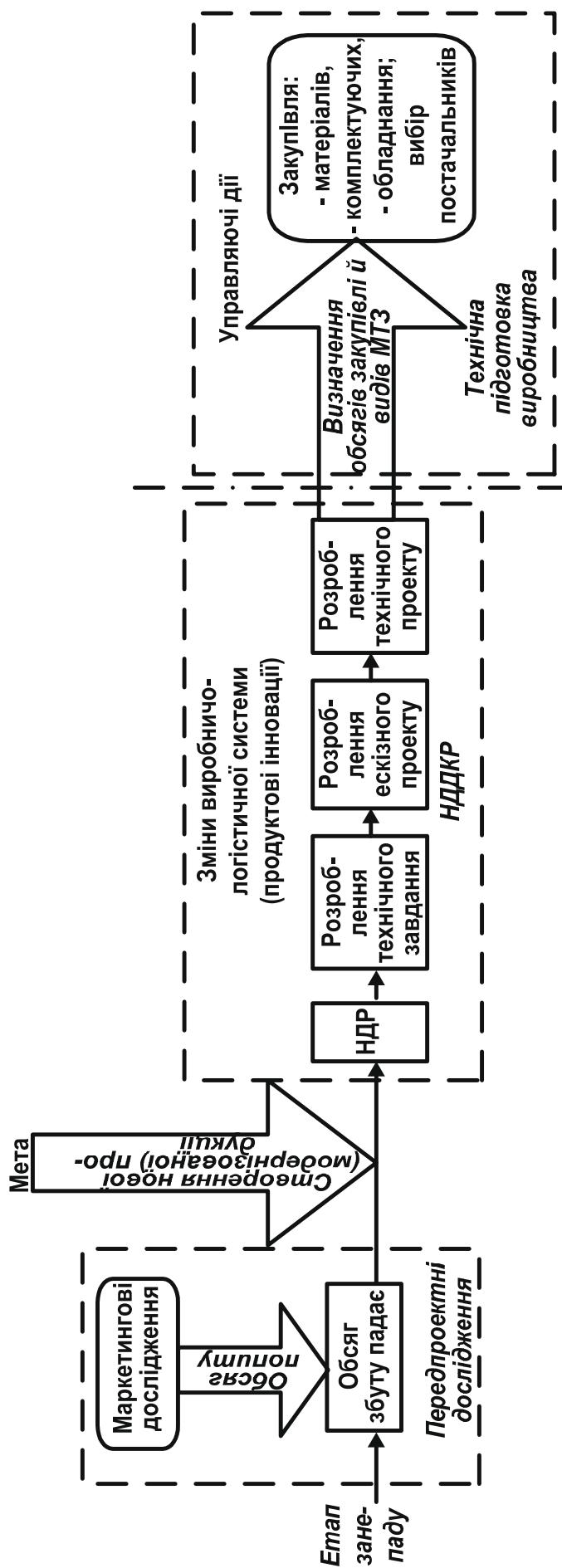


Рисунок 5.8 – Задачі управління закупівлями на етапі занепаду ЖЦ продукції

во-дослідницьких та досвідно-конструкторських робіт (НДДКР).

Послідовність дій при вирішенні задач управління закупівлями на **етапі занепаду** продукції обумовлено зниженням обсягу збуту, що спричиняє необхідність впровадження продуктивних інновацій з метою збереження або пошуку нових ринків збуту продукції. При цьому управляючі дії спрямовано на вирішення таких задач управління закупівлями:

- визначення обсягів закупівлі матеріальних ресурсів (МР) для створення нових видів продукції;
- установлення номенклатури МР, що закупаються;
- визначення видів і кількості нового устаткування;
- вибір постачальників МТР.

5.4 Структура інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями

Інформаційну технологію у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР) призначено для ефективного вирішення задач управління закупівлями в умовах розвитку підприємства з урахуванням зміни зовнішнього середовища. Вона надає допомогу особі, що приймає рішення (ОПР), у прийнятті раціональних рішень указаних задач. СППР забезпечує сукупність процедур з оброблення даних і думок, що допомагають керівникові у прийнятті рішень [65 – 67].

СППР має такі чотири основні характеристики:

- 1) використовує як дані, так і моделі;
- 2) призначена для допомоги менеджерам в прийнятті рішень стосовно слабоструктурованих і неструктурованих задач;
- 3) підтримує прийняття рішень менеджерами, але не замінює їх;
- 4) метою системи є поліпшення ефективності рішень.

До складу СППР входять такі основні модулі, як джерела інформації для прийняття рішень, системи управління даними, системи оброблення й відображення інформації.

На рисунку 5.9 зображено архітектуру СППР з управління виробничими ресурсами. Джерелами інформації є бази даних (БД) тих інформаційних систем логістичного управління, що функціонують на підприємстві (системи класу MRP II, ERP) й зовнішні джерела даних – інтернет-ресурси.

До основних задач СППР з управління закупівлями належать:

- визначення обсягу закупівлі МТР в умовах інноваційного розвитку виробництва;
- вибір постачальників МТР;
- визначення оптимальних параметрів закупівлі.

Указані задачі вирішують на основі процесних, функціональних й імітаційних математичних моделей. Процесні моделі визначають послідовність дій у разі прийняття рішень, функціональні – методи оброб-

лення вхідної інформації (методи лінійного програмування, моделі теорії ігор), імітаційні моделі подано множиною програмних агентів.

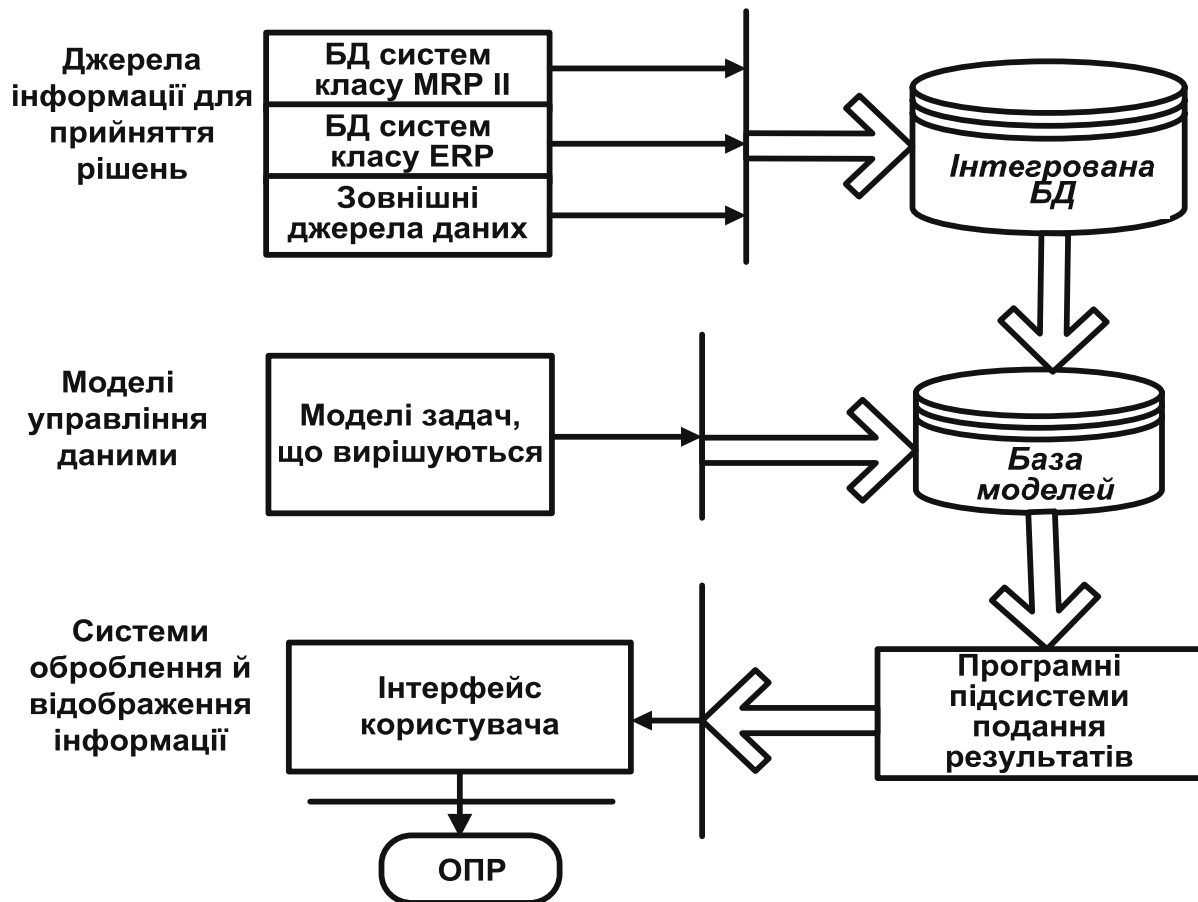


Рисунок 5.9 – Архітектура СППР з управління ресурсами

На основі інтегрованої процесної моделі управління закупівлями було розроблено модель процесів інформаційної технології (ІТ) підтримки прийняття рішень (рисунок 5.10), яка визначає головні функціональні можливості модулів інтегрованої ІТ, а також основні етапи процесу прийняття рішень [42]:

- збір і аналіз вихідної інформації;
- на основі отриманої інформації вирішення задач управління закупівлями;
- подання результату вирішення вказаних задач.

Так, основними етапами підтримки прийняття рішень з управління закупівлями є:

- аналіз вхідної інформації;
- розв'язання задач управління закупівлями на основі математичних моделей з урахуванням вхідної інформації;
- подання результатів моделювання.

Отже, основну інформацію для прийняття рішень одержують шляхом моделювання впливу параметрів зовнішнього середовища на параметри

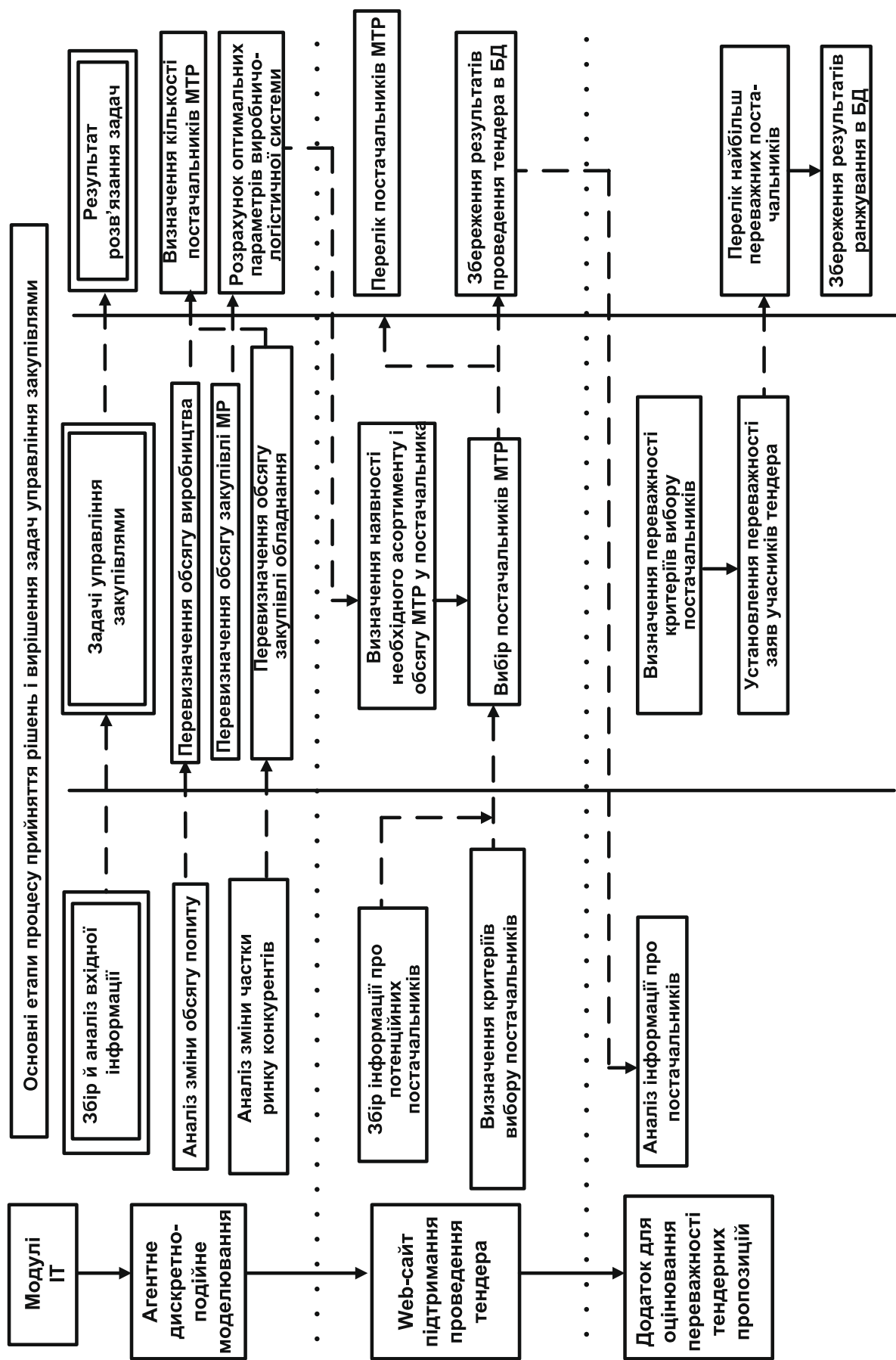


Рисунок 5.10 – Модель процесів інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями

процесу закупівлі МТР.

Програмне забезпечення, завдяки якому реалізують указані етапи СППР, містить три модуля.

Модуль агентного подієвого моделювання реалізує функцію аналізу змінень обсягів попиту й частки ринку конкурентів. На основі отриманої інформації відбувається розрахунок відповідних обсягів виробництва і, отже, обсягів закупівлі МТР за допомогою математичних моделей. З урахуванням обсягу закупівлі МТР, що планується, визначають необхідну кількість постачальників й оптимальні параметри процесу закупівлі – номенклатуру, ціну ресурсів, що закупаються, та ін.

Модуль web-сайту підтримки процедури тендера дозволяє зібрати інформацію про потенційних постачальників. Критерії вибору постачальників наведено у вигляді заповнюваних учасником полів.

Вихідними даними для вирішення задач визначення наявності у постачальників необхідного обсягу й номенклатури МТР є результати, отримані у процесі моделювання. При вирішенні задачі вибору постачальника МТР у даному модулі припускають визначення списку потенційних постачальників серед зареєстрованих учасників тендера. Отримана інформація зберігається в БД.

Програмний модуль оцінювання переваги тендерних пропозицій дозволяє обчислити багатокритерійну оцінку конкурсних заявок на основі даних з web-сайту. Розрахунок коефіцієнтів важливості критеріїв вибору здійснюють на основі експертних оцінок, виходячи з досвіду попередніх закупівель. Визначення переваги тендерних заяв проводять на основі багатокритерійного методу оцінювання. В результаті ранжований ряд постачальників зберігається в БД. Найбільш переважний постачальник оголошується переможцем тендера. На рисунку 5.11 зображено архітектуру інтегрованої ІТ підтримки прийняття рішень з управління закупівлями, що складається з модулів агентного дискретно-подієвого моделювання, веб-сайту підтримки проведення тендера, результатів оцінення тендерних пропозицій, а також інтегрованої БД.

Інтегрована БД містить локальні бази систем класу MRP II, ERP і окремих підрозділів, показники ефективності підприємства, інформацію про постачальників МТР, конкурентів, а також основні характеристики інноваційної продукції підприємства [68].

БД і модуль моделювання взаємодіють за допомогою sql-запитів [69], що реалізовані з використанням можливостей системи моделювання Anylogic. Результати моделювання (наприклад, обсяги попиту і випуску продукції та ін.) зберігаються в БД.

Вихідними даними для вибору найбільш переважних варіантів у модулі оцінювання тендерних пропозицій є інформація про постачальників, що міститься в БД. Імпорт й експорт даних здійснюється за допомогою sql-запитів.

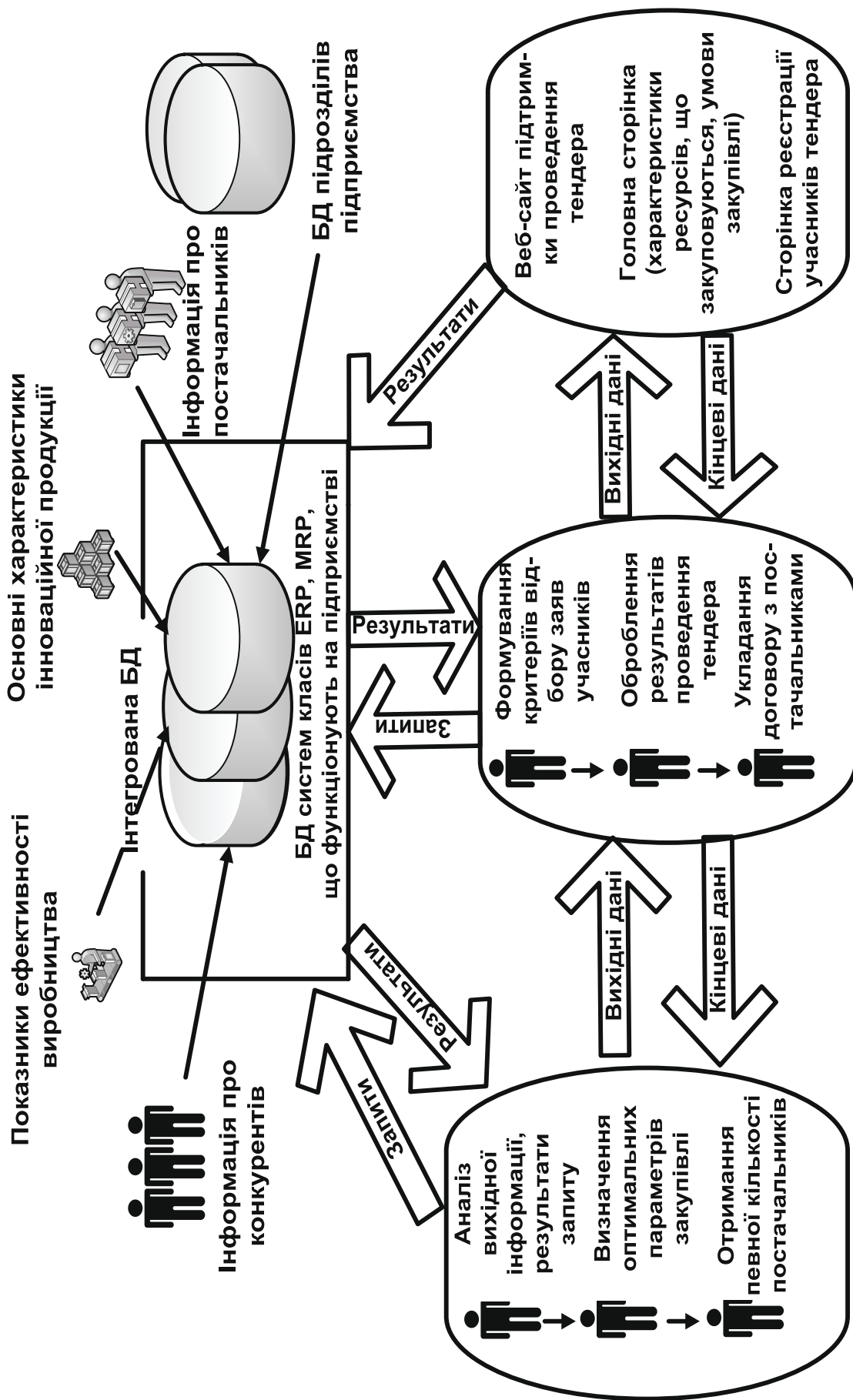


Рисунок 5.11 – Архітектура інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями

Веб-сайт відображає:

- специфіку закупівлі за допомогою полів головної сторінки,
- вимоги, що ставляться до ресурсів, за допомогою заповнюваних полів сторінки реєстрації учасників тендера.

5.5 Структура інтегрованої бази даних

На рисунку 5.12 зображено структуру інтегрованої БД [68], яка складається з семи таблиць. Таблиці містять необхідну інформацію (параметри) про підприємство, постачальників і конкурентів, а також основні критерії відбору МТР. Показано також інтеграцію систем класів ERP, MRP II, CRM, що функціонують на підприємстві.

Відображено такі параметри підприємства:

- економічні показники ефективності роботи (наприклад, прибуток, дебіторська заборгованість й ін.);
- виробнича потужність;
- наявні обсяги сировини;
- наявні обсяги комплектуючих;
- параметри обладнання (коефіцієнт інтенсивності завантаженості обладнання, коефіцієнт змінності й ін.);
- обсяг збуту готової продукції;
- частка підприємства на ринку збуту.

Параметрами продукції за видами номенклатури є такі:

- ідентифікаційний номер (ID);
- найменування;
- обсяг виробництва;
- обсяг збуту;
- собівартість;
- матеріалоемність;
- рівень якості;
- термін служби (або споживання);
- надійність (довговічність);
- технологічність;
- обсяг бракованої продукції;
- прогноз обсягу попиту на інноваційну продукцію;
- загальні технічні характеристики інноваційної продукції (гаран-тійний термін, розміри продукції та ін.).

Параметри постачальника:

- ідентифікаційний номер;
- загальна інформація про постачальника;
- вид матеріального забезпечення, що постачається;
- термін постачання;
- максимальний термін затримки постачання;
- можливість узгодження інтересів;

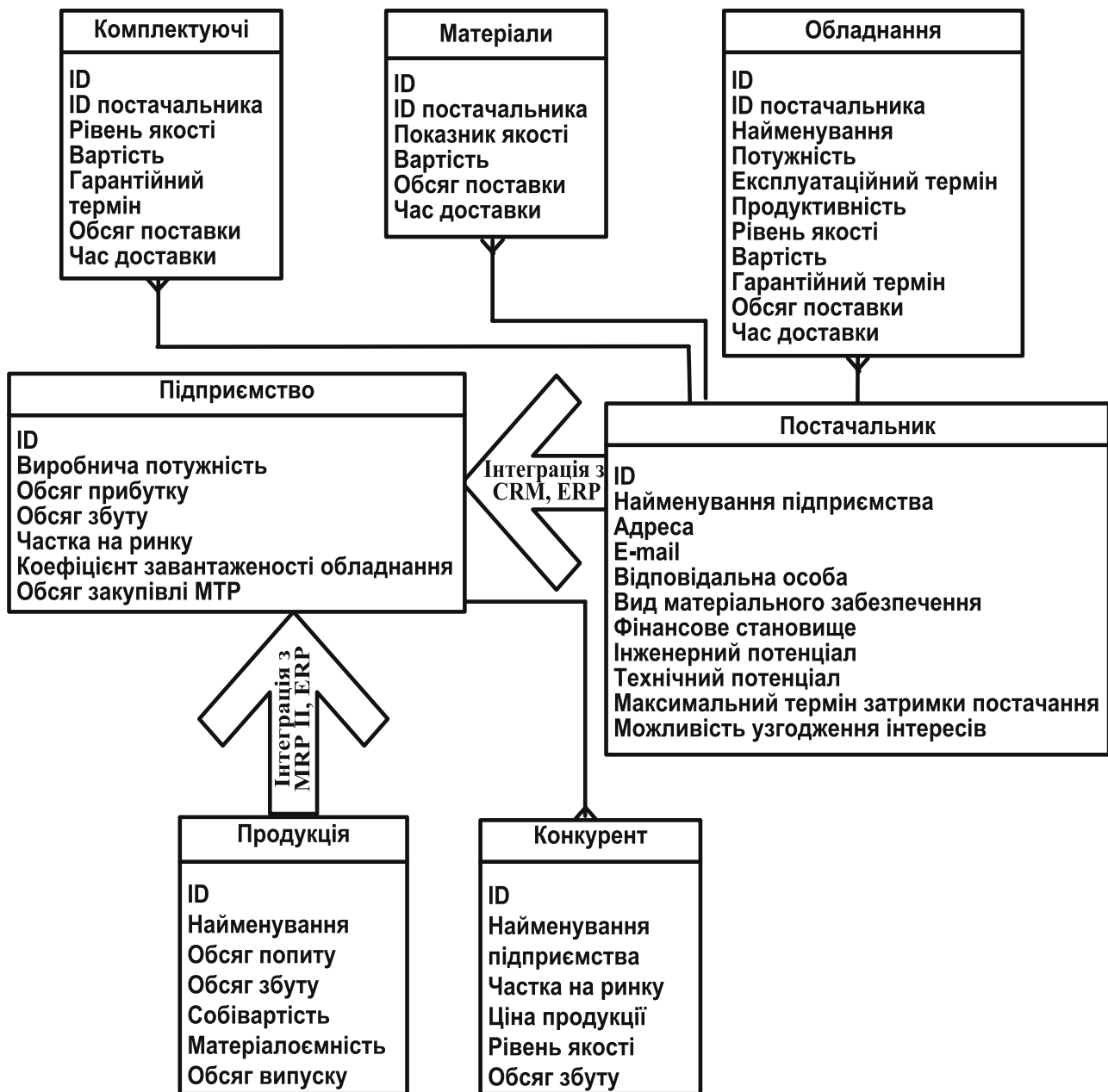


Рисунок 5.12 – Схема інтегрованої БД

- гарантійний термін (для обладнання);
- фінансове становище;
- технічний потенціал;
- інженерний потенціал.

Параметри конкурента:

- ідентифікаційний номер;
- назва підприємства-конкурента;
- частка продукції на ринку;
- ціна продукції;
- рівень якості продукції;
- обсяги продажів;
- обсяг попиту.

Параметри матеріальних ресурсів:

- ідентифікаційний номер;
- назва;
- мінімальний обсяг замовлення;
- рівень якості;
- ціна.

При оцінюванні якості продукції, що закуповується, можуть бути використані такі показники [58, 70]:

- експлуатація – основні характеристики продукції;
- особливості – додаткові характеристики;
- відповідність – наскільки відповідає продукція вимогам замовника, наявність сертифікату якості;
- надійність – постійність експлуатації;
- термін служби;
- репутація постачальника;
- післяпродажне обслуговування.

Слід зазначити, що при виборі нового постачальника інформацію про нього заносять до відповідної таблиці БД.

5.6 Модулі інформаційної технології підтримки прийняття рішень

5.6.1 Модуль агентного імітаційного моделювання

Агентне імітаційне моделювання дозволяє визначити, як змінюються параметри процесу закупівлі залежно від змінення параметрів зовнішнього середовища [71 – 73]. Під час моделювання вирішують локальні задачі управління закупівлями відповідно до етапів ЖЦ продукту:

- збір інформації про зміну параметрів зовнішнього середовища й підприємства та її подальший аналіз;
- визначення обсягу виробництва інноваційної продукції та кількості постачальників ресурсів;
- розрахунок обсягів матеріалів, що закуповуються, й комплектуючих, а також кількості постійних постачальників матеріально-технічного забезпечення;
- вибір постачальника з-поміж постійних або нових з урахуванням узгодження цін на ресурси;
- визначення кількості обладнання, що закуповується, та вибір постачальника обладнання з-поміж контрагентів або з-поміж нових постачальників.

Для моделювання застосовують середовище системи Anylogic, оскільки вона дозволяє використовувати різні підходи моделювання і їх комбінації, інтеграцію з БД, проводити аналіз статистичних даних [74]. Крім того, є можливість реалізовувати додаткову функціональність моделі за допомогою мови програмування Java. Отже, можна описати такі параметри

зовнішнього середовища, як обсяг попиту, частка конкурентів на ринку за допомогою різних законів розподілу випадкових величин.

На рисунку 5.13 показано результат роботи модуля імітаційного моделювання на основі агентного підходу [75, 76] в середовищі AnyLogic 6.9.

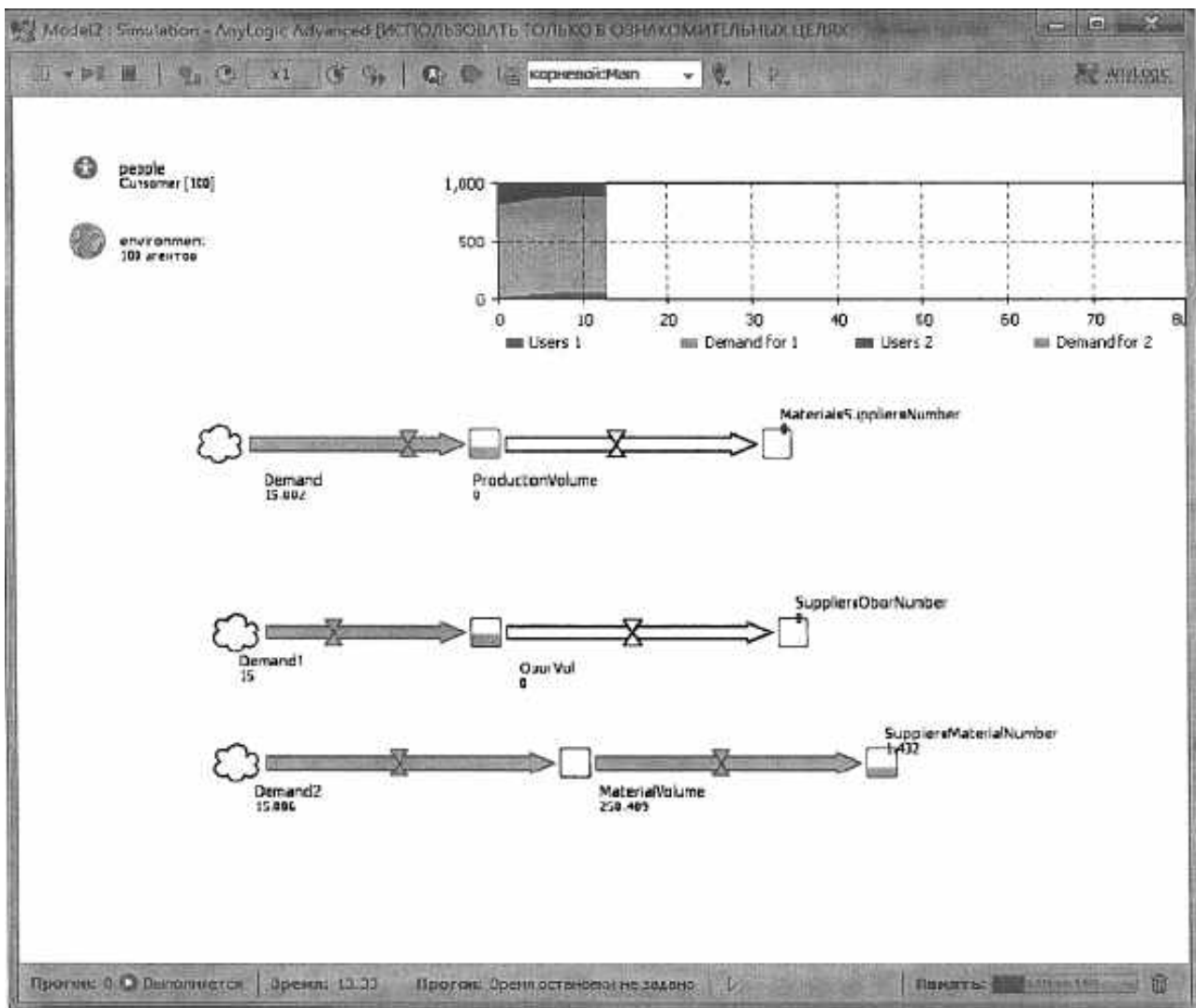


Рисунок 5.13 – Модуль агентного імітаційного моделювання

Споживачами продукції, що випускається підприємством, є агенти. Попит аналізують за допомогою стохастичної моделі. Передбачають, що зміна обсягу попиту відповідає χ^2 -квадрату-розподілу. На основі прогнозованого обсягу попиту визначають обсяг виробництва продукції. Необхідну кількість і номенклатуру ресурсів, кількість постачальників розраховують за допомогою оптимізаційних моделей.

За допомогою запропонованої моделі агентного дискретно-подієвого моделювання реалізують інтегровану модель задач управління закупівлями, відображаючи, таким чином, етапи ЖЦ продукту. Так, на етапі зростання на основі обсягу попиту визначають обсяг випуску продукції й необхідну для забезпечення виробництва ресурсами кількість постачальників,

на етапі зрілості – кількість обладнання, що закуповується, й необхідну кількість постачальників, на етапі занепаду – кількість матеріальних ресурсів для виробництва продукції нового виду й необхідний для забезпечення виробництва склад постачальників. Крім того, можна розрахувати «критичний» обсяг виробництва, коли для своєчасного забезпечення його ресурсами потрібно збільшити кількість постачальників.

На рисунку 5.14 показано стейтчарт поведінки агентів [74].

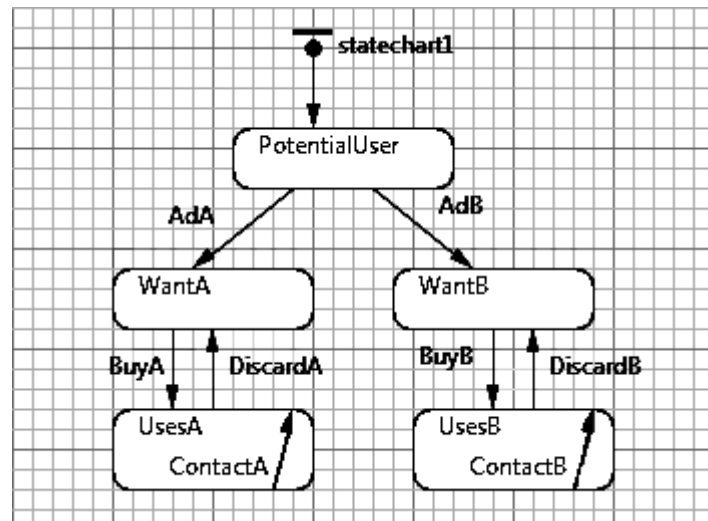


Рисунок 5.14 – Стейтчарт поведінки агентів

Згідно з рисунком 5.14 підприємство випускає продукцію А, підприємство-конкурент – продукцію В. Усіх агентів поділено на дві категорії: потенційні споживачі підприємства (WantA) й споживачі конкурента (WantTB). Якщо з потенційним споживачем укладається договір (BuyA), він стає споживачем підприємства (UsesA), в разі відмови цей потенційний клієнт стає споживачем конкурента (UsesB). У разі здійснення закупівлі у конкурента (BuyB) він переходить у його стан (UsesB). Якщо укладення договору з конкурентом не відбувається (DiscardB), то у підприємства з'являється можливість укладання з цим споживачем договору на закупівлю.

5.6.2 Модуль WEB-додатку інформаційної підтримки проведення тендера

Для інформаційної підтримки проведення конкурсних закупівель застосовується веб-сайт, який містить такі компоненти:

- головна сторінка, на якій розміщено інформацію про підприємство, обсяг, вигляд і характеристики ресурсів, що закуповуються (наприклад, необхідний рівень їх якості або потужність устаткування), терміни їх постачання, прийнятна вартість закупівлі;

- сторінки реєстрації потенційних постачальників ресурсів з подальшим зазначенням перелічених вимог.

На рисунку 5.15 зображено головну сторінку сайту.

За допомогою критеріїв, що відповідають вимогам до предмета закупівлі й режиму постачань, реалізують запропоновану трирівневу систему критеріїв вибору найбільш переважного варіанта. Головна сторінка містить загальну інформацію про підприємство згідно з вимогами проведення тендерної процедури в Україні [53]. Здійснюється перехід на сторінки інформації про предмет закупівлі й реєстрацію учасника.

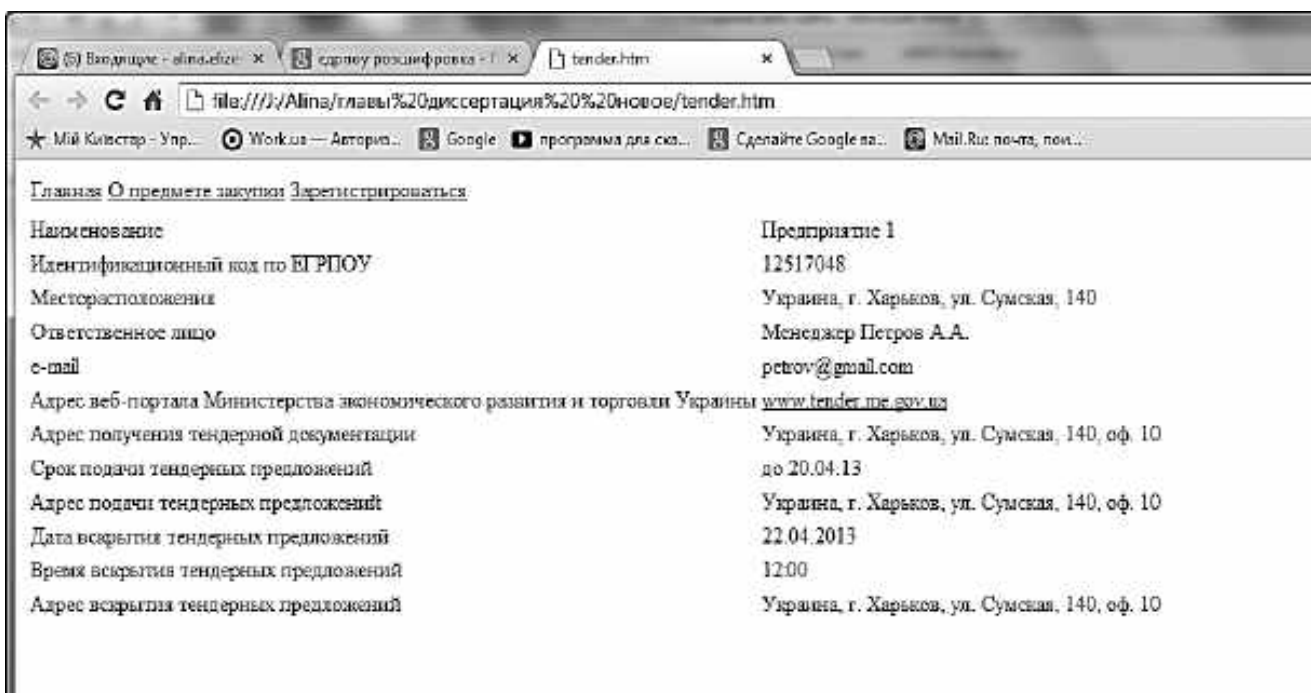


Рисунок 5.15 – Головна сторінка

На рисунку 5.16 показано сторінку, що містить інформацію про предмет закупівлі. Отже, визначено основні вимоги до виду ресурсів, що закуповуються, відповідно до розробленої системи критеріїв. Визначено також загальні вимоги до режиму постачань (часу затримки й терміну постачання) матеріального ресурсу, що закуповується (вартості й обсягу закупівлі, гарантійного терміну).

На сторінці відображено особливості продукції, що випускається, й специфіку підприємства.

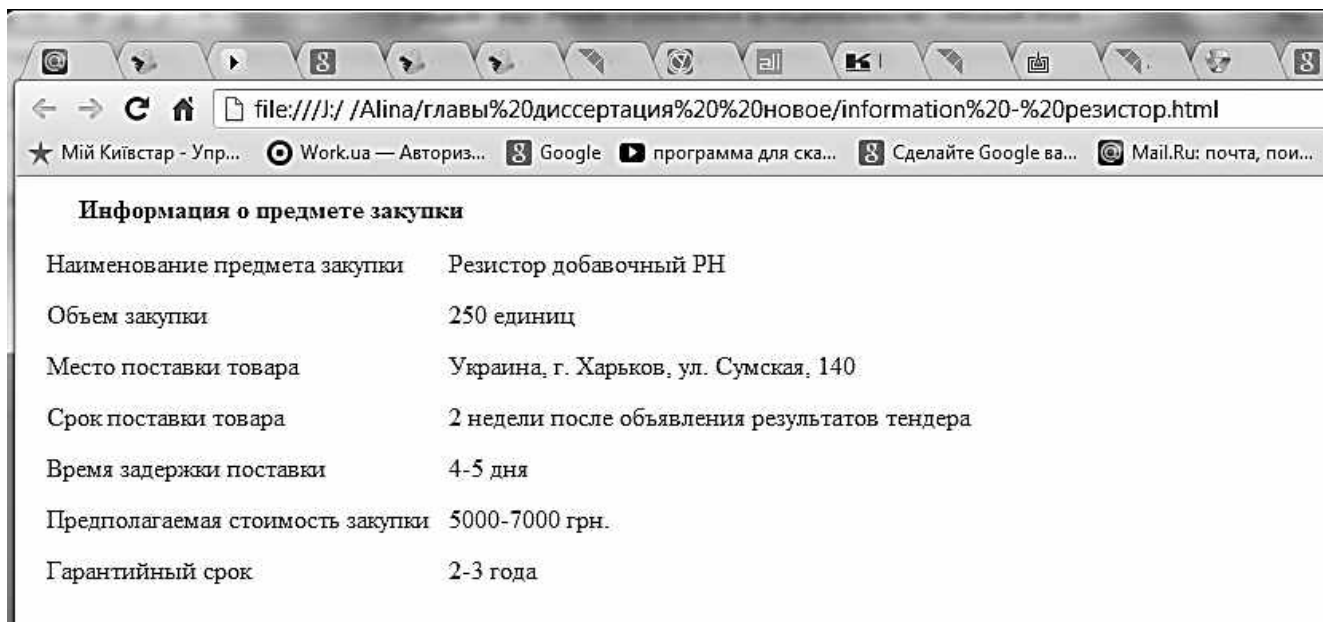


Рисунок 5.16 – Сторінка інформації про предмет закупівлі

Отже, потенційні учасники тендера отримують інформацію про потенційну співпрацю, після цього вони переходять до заповнення форми реєстрації.

На рисунку 5.17 показано сторінку реєстрації учасника тендера.

Наведено загальну інформацію про підприємство:

- назву;
- ідентифікаційний код за ЄДРПОУ;
- місце розташування;
- e-mail;
- відповідальну особу за проведення тендера,

а також відображено основні характеристики тендерних пропозицій:

- управлінську компетенцію;
- гарантійні зобов'язання в разі закупівлі обладнання;
- графік постачання;
- технічні характеристики продукції;
- технічний потенціал;
- умови закупівлі.

registry.html

file:///K:/Alina/главы%20диссертация%20%20ное/registry.html

почта Погода Валю

Регистрационная форма

Предприятие	Силвер	
Идентификационный код по ЕІРПОУ	55487126	
Месторасположение	Украина, г. Ровно, ул. Гагарина, 39	
Ответственное лицо	Менеджер Иванов Н.П.	
E-mail	silv@gmail.com	
Вид продукции	☐ Материалы ☒ Комплектующие ☐ Оборудование	
Управленческая компетенция	Качество (1-5)	5
Гарантийные обязательства (для оборудования)	Гарантийный срок (лет)	2
	Стоимость послепродажного сервиса (грн)	105
График поставки	Время задержки поставки (дня)	2
	Время доставки (дня)	1-3
	Мощность (Вт)	
Технические характеристики	Производительность (ед/ч)	
Технический потенциал	Минимальный объем поставки (ед)	6000
	Максимальный объем поставки (ед)	10000
	Эксплуатационный срок (лет)	2
	Стоимость (грн)	235,5
Условия закупки	Отправить	

Рисунок 5.17 – Сторінка реєстрації учасника тендера

5.6.3 Модуль оцінювання тендерних пропозицій

Після заповнення всіх форм для вибору найбільш переважних варіантів необхідно оцінити всі заявлені тендерні пропозиції.

Для визначення переваги тендерних пропозицій, що надійшли, застосовують програмний модуль, що дозволяє проводити вибір найбільш переважних постачальників на основі сформованих критеріїв відбору. Програмний модуль розроблено на мові програмування C# в середовищі Visual Studio 2008 (рисунок 5.18).

Користувачеві надається можливість визначити один з можливих видів матеріальних ресурсів, що закуповуються:

- обладнання;
- комплектуючі;
- матеріали.

Наведено приклад для розрахунку переваги постачальників комплектуючих. З БД на екран виводять значення критеріїв вибору зареєстрованих учасників тендера певного виду ресурсу. Далі користувач вводить

коефіцієнти важливості критеріїв. З використанням методу багатокритерійного вибору виводять результати розрахунку переваги потенційних постачальників.

Оценки тендерных предложений

Критерий	Качество	Гарантийный срок	Стоимость сервиса	Задержка доставки	Время доставки	тип/объем закупки	Цена
Силвер	5	2	105	2	1-2	8000	234.5
FLAT DOBLO	5	2	99.5	2	1-3	5800	235
РАДИОМИР	5	2	102.8	2	1-3	6100	237.2
Электросантех	4	2	110	1	1	6100	238.5
Промышленное оборудование	3	2	103	1	2	8000	239.6

Оценка важности критерия	Качество	Гарантийный срок	Стоимость сервиса	Задержка доставки	Время доставки	тип/объем закупки	Цена
	0.28	0.13	0.06	0.12	0.1	0.05	0.23

Материальный ресурс

Материализация:

Расчет предпочтительности

Силвер	FLAT DOBLO	РАДИОМИР	Электросантех	Промышленное оборудование
0.79	0.83	0.72	0.7	0.74

Рисунок 5.18 – Модуль оцінювання тендерних пропозицій

Запропоновано шість постачальників з відповідними критеріями вибору:

- якість,
- гарантійний термін,
- вартість сервісу,
- затримка доставки,
- час доставки,
- мінімальний обсяг закупівлі,
- ціна,

визначено також значення критеріїв важливості, а також проведено розрахунок функції корисності (переваги) для кожного постачальника. Отже, найбільш переважним постачальником є «FLAT DOBLO» із значенням функції корисності 0,83, наступним за перевагою є постачальник «Силвер».

Контрольні запитання

1. Наведіть зовнішні чинники прямого впливу на логістичну систему.
2. Укажіть зовнішні чинники непрямого впливу на логістичну систему.
3. Чим зворотний логістичний ланцюг відрізняється від прямого ланцюга?
4. На які елементи логістичного ланцюга впливають компоненти зовнішнього середовища?

5. Назвіть основні елементи кібернетичної системи логістичного управління.
6. Укажіть вихідні параметри логістичної системи.
7. Наведіть параметри зворотного зв'язку логістичної системи.
8. Як визначити множину можливих станів логістичної системи?
9. Укажіть множину основних компонентів зовнішнього середовища.
10. Перелічіть основні рішення з управління закупівлями.
11. Наведіть основні елементи декомпозиції мікросередовища логістичної системи.
12. Назвіть основні етапи життєвого циклу продукту.
13. Укажіть основні особливості задачі управління закупівлями на етапі зрілості.
14. Якими є основні особливості задачі управління закупівлями на етапі занепаду?
15. Перелічіть основні особливості системи підтримки прийняття рішень.
16. Назвіть основні складові архітектури СППР з управління ресурсами.
17. У чому полягають основні задачі СППР з управління закупівлями?
18. Укажіть функціональні модулі інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями.
19. Що об'єднує інтегрована БД управління закупівлями?
20. Поясніть зв'язки в архітектурі інформаційної технології підтримки прийняття рішень з управління закупівлями.
21. Які параметри ресурсів відображено в БД управління закупівлями?
22. Які параметри постачальника містяться в БД управління закупівлями?
23. Які параметри оцінювання якості продукції, що закуповується, відображено в БД управління закупівлями?
24. Яке середовище застосовано для проведення агентного імітаційного моделювання?
25. Які сторінки містить модуль WEB-додатка інформаційної підтримки проведення тендера?
26. Які математичні моделі використовуються в модулі оцінювання тендерних пропозицій?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гаджинский, А. М. Логистика [Текст] / А. М. Гаджинский. – 2-е изд. – М.: Маркетинг, 1999. – 228 с.
2. Алесинская, Т. В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления [Текст] / Т. В. Алесинская. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 121 с.
3. Неруш, Ю. М. Логистика [Текст]: учеб. / Ю. М. Неруш. – 4-е изд. – М.: Проспект, 2006. – 520 с.
4. Экономика и финансы. Проблемы современной логистики в Украине и пути их решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://portfinance.ru/analitik-3.html>.
5. Сергеев, И. В. Экономика организаций (предприятий) [Текст]: учеб. / И. В. Сергеев, И. И. Веретенникова; под ред. И. В. Сергеева. – 3-е изд. – М.: Проспект, 2005. – 560 с.
6. Грузинов, В. П. Экономика предприятия [Текст]: учеб. пособие / В. П. Грузинов, В. Д. Грибов. – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 208 с.
7. Фатхутдинов, Р. А. Производственный менеджмент [Текст]: учебник для вузов / Р. А. Фатхутдинов. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 491 с.
8. Уотерс, Д. Логистика. Управление цепью поставок [Текст]: пер. с англ. / Д. Уотерс. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
9. Яркина, Т. В. Предприятие в условиях рыночной экономики [Электронный ресурс] / Т. В. Яркина. – Режим доступа: http://www.aup.ru/books/m64/1_3.htm.
10. Сiao, К. К. Управленческая экономика [Текст]: учеб. / К. К. Сiao. – М.: Инфра-М, 2000. – 672 с.
11. Шкодiна, О. С. Засади формування логiстичної стратегiї промислового підприємства [Текст] / О. С. Шкодiна, Н. М. Тюрiна // Вісн. Хмельниц. нац. ун-ту. – 2011. – №2. – С. 26 – 29.
12. Лисько, Т. Г. Основні засади функціонування логістичної системи підприємства [Електронний ресурс] / Т. Г. Лисько, І. С. Луценко // Актуальні проблеми економіки та управління. – №6. – 2012. – Режим доступу: <http://probl-economy.kpi.ua/pdf/2012-6.pdf>.
13. Ильин, А. И. Планирование на предприятии [Текст]: учеб. / А. И. Ильин. – 2-е изд. – Мн.: Новое знание, 2001. – 635 с.
14. Плоткин, Б. К. Экономико-математические методы и модели в логистике [Текст] / Б. К. Плоткин, Л. А. Делюкин. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 96 с.
15. Ханк, Д. Э. Бизнес-прогнозирование [Текст]: пер. с англ. / Д. Э. Ханк, Д. У. Уичерн, А. Дж. Райтс. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2003. – 656 с.
16. Воловиков, Б. П. Совершенствование методов стратегического планирования на примере промышленного предприятия [Электронный

ресурс] / Б. П. Воловиков // Montenegrin journal of economics. – 2010, Vol. VII, №1. – Режим доступа: http://www.mnje.com/sites/mnje.com/files/mje_2011_v07-n01-a14.pdf.

17. Сергеев, В. И. Логистика: информационные системы и технологии [Текст]: учеб.-практ. пособие / В. И. Сергеев, М. Н. Григорьев, С. А. Уваров. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 608 с.

18. Виды информационных систем в логистике [Электронный ресурс] // Сайт «Мир тренингов». – Режим доступа: <http://www.training-world.ru/business/infomation/256/>.

19. Сараев, А. Д. Системный анализ и современные информационные технологии [Текст] / А. Д. Сараев, О. А. Щербина // Труды Крымской Академии наук. – Симферополь: СОНАТ, 2006. – С. 47 – 59.

20. Информационные технологии и управление предприятием [Текст] / В. В. Баронов, Г. Н. Кальянов, Ю. Н. Попов, И. Н. Титовский. – М.: Компания АйТи, 2009. – 328 с.

21. Яблочников, Е. И. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства [Текст]: учеб. пособие / Е. И. Яблочников, В. И. Молочник, Ю. Н. Фомина. – СПб.: СПбГУИТМО, 2008. – 152 с.

22. Верников, Г. Стандарт MRPII. Структура и основные принципы работы систем, поддерживающих этот стандарт [Электронный ресурс] / Г. Верников // Сайт «CIT FORUM». – Режим доступа: <http://citforum.ru/cfin/mrp/mrp2systems.shtml#consistent>.

23. Миндалев, И. В. Управление информационными процессами [Электронный ресурс] / И. В. Миндалев. – Режим доступа: <http://www.kgau.ru/istiki/uiip/index.html>.

24. Основы систем класса MRP-MRPII [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.management.com.ua/ims/ims059.html>.

25. Salazar, Marie Elena. Understanding the Concepts of MRPII/ERP [Электронный ресурс] / Marie Elena Salazar // Site «Plant Maintenance Resource Center». – Режим доступа: http://www.plant-maintenance.com/articles/ERP_concepts.shtml.

26. Manufacturing Resources Planning (MRP/ MRP II) CONCEPTS [Электронный ресурс] / Site «Supply Chain Business Solutions Plant Maintenance Resource Center». – Режим доступа: <http://www.supplychainbusinesssolutions.com.au/ManufacturingResourcesPlanning-MRP-MRP-II-Concepts.htm>.

27. Ashwin, Raj. Role of ERP software in an organization [Электронный ресурс] / Raj Ashwin. – Режим доступа: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/7/684/role-of-erp-software-in-an-organization1.asp>.

28. Roman, Kay. Benefits of Implementing an ERP [Электронный ресурс] / Kay Roman. – Режим доступа: <http://www.collegiateproject.com/articles/ERP%20Benefits.pdf>.

29. Функции ERP-систем [Электронный ресурс] / Сайт компании AB Solut. – Режим доступа: http://ab-solut.net/ru/erp/erp_functions/.

30. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст]: пер. с англ. / Хемди А. Таха. – 7-е изд.. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
31. Бережная, Е. В. Математические методы моделирования экономических систем [Текст]: учеб. пособие / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
32. Малеева, О. В. Методы и модели исследования информационных систем [Текст]: сб. задач с решениями / О. В. Малеева, А. А. Филатова. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 47 с.
33. Глухов, В. В. Математические методы и модели для менеджмента [Текст] / В. В. Глухов, М. Д. Медников, С. Б. Коробко. – 2-е изд. – СПб.: Лань, 2005. – 528 с.
34. Быковский, В. В. Инновационный ресурс повышения качества производственных систем [Текст]: моногр. / В. В. Быковский. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с.
35. Стивенсон, Вильям Дж. Управление производством [Текст]: пер. с англ. / Вильям Дж. Стивенсон. – М.: Лаборатория базовых знаний, 1998. – 928 с.
36. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст]: учеб. для вузов / Е. С. Вентцель. – 6-е изд. – М.: Высш. школа, 1999. – 576 с.
37. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / Н. Ш. Кремер. – М.: Юнити–ДАНА, 2001. – 543 с.
38. Ястремский, А. И. Некоторые вопросы оптимального распределения ресурсов при выполнении сложных научно-технических разработок [Текст] / А. И. Ястремский, Л.И. Крашикова, Е. Г. Гриценко. – Киев, 1986. – 12 с.
39. Шрайбфедер, Дж. Эффективное управление запасами: пер. с англ. [Текст] / Дж. Шрайбфедер.— 2-е изд. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 304 с.
40. Бродецкий, Г. Л. Управление запасами [Текст]: учеб. пособие / Г. Л. Бродецкий. – М.: Эксмо, 2008. – 352 с.
41. Гаджинский, А. М. Практикум по логистике [Текст] / А. М. Гаджинский. – 8-е изд. – М.: Дашков и К, 2009 – 312 с.
42. Саати, Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети [Текст]: пер. с англ. / Томас Л. Саати; под ред. А. В. Андрейчикова, О. Н. Андрейчиковой. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008. — 360 с.
43. Эддоус, М. Методы принятия решений [Текст]: пер. с англ. / М. Эддоус, Р. Стэнсфилд. – М.: Аудит, ЮНИТИ. – 1997. – 590 с.
44. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) [Текст]: учеб. / Ф. П. Тарасенко. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2004. – 186 с.

45. Управление устойчивым развитием предприятий [Текст] / Э. Г. Петров, Н. В. Подмогильный, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков. – Херсон: Олди-плюс, 2009. – 558 с.
46. Федорович, О. Е. Вероятностно-статистические методы в информационно-управляющих системах [Текст]: учеб. пособие / О. Е. Федорович, О. В. Малеева, Н. В. Нечипорук. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 202 с.
47. Введение в нормативную теорию принятия решений. Методы и модели [Текст] / В. В. Крючковский, Э. Г. Петров, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков. – Херсон: Гринь Д.С., 2013. – 284 с.
48. Петров, Э. Г. Методы и инструментальные средства систем поддержки принятия решений при организационном управлении социально-экономическими системами [Текст] / Э. Г. Петров, Е. В. Губаренко // Бионика интеллекта. – 2010, № 3(74). – С. 26 – 36.
49. Интроспективный анализ [Текст] / В. В. Крючковский, Э. Г. Петров, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 168 с.
50. Плещенко, В. Работа с поставщиками: организационно-методические аспекты [Текст] / В. Плещенко // Проблемы теории и практики управления. – 2011. – № 6. – С. 87 – 94.
51. Логистика [Текст]: учеб. пособие / под ред. Б. А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 327 с.
52. Бродецкий, Г. Л. Эффективные процедуры оптимизации закупок в цепях поставок при многих критериях [Текст] / Г. Л. Бродецкий, Д. А. Гусев // Логистика сегодня. – 2010. – № 4 (40). – С. 216 – 228.
53. Тендеры в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tenders.com.ua>.
54. Официальный сайт тендерной палаты Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tenders.in.ua>.
55. Формы документов в сфере государственных закупок [Электронный ресурс] / Сайт «UA-Tenders.com» – Режим доступа: <http://www.ua-tenders.com/legislation/forms/213365>.
56. Логистика [Текст] учеб. пособие / под ред. Б. А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 327 с.
57. Жданов, А. Ю. Управление закупками с использованием конкурсных процедур: технология внедрения и организации [Текст]: моногр. / А. Ю. Жданов, Д. В. Кузнецов, А. Н. Федоров. – М.: КНОРУС, 2007. – 288 с.
58. Мартин, К. Маркетинговая логистика [Текст] / К. Мартин, П. Хелен. – М.: Технологии, 2005. – 200 с.
59. Семененко, А. И. Логистика. Основы теории [Текст]: учебник для вузов / А. И. Семененко, В. И. Сергеев. – СПб: Союз, 2003. – 544 с.
60. Сеница, Л. М. Организация производства [Текст]: учеб. пособие / Л. М. Сеница. – Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2003. – 512 с.
61. Синтез структури складної системи на основі методів ранжування показників якості та багатокритеріального вибору варіантів [Текст] /

О. А. Машков, М. В. Коробчинський, В. Р. Косенко, Б. В. Дурняк // Моделювання та інформаційні технології: зб. наук. праць НАН України ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова. – Вип.62. – К., 2011. – С. 3 – 15.

62. Бродецкий, Г. Л. Метод дерева решений при многокритериальной оптимизации в цепях поставок [Текст] / Г. Л. Бродецкий // Логистика сегодня. – 2008. – № 5 (29). – С. 302 – 329.

63. Организация производства на предприятии [Текст]: учеб. / под ред. О. Г. Туровца. – Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. – 464 с.

64. Дробитько, Н. А. Влияние внешней среды на деятельность предприятия [Текст] / Н. А. Дробитько // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2001. – №12(46). – С. 279 – 282.

65. Ларичев, О. И. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития [Текст] / О. И. Ларичев, А. Б. Петровский // Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1987. – Т. 21. – С. 131 – 164.

66. Інформаційна технологія ієрархічного планування та прийняття рішень в організаційно-виробничих системах [Текст] / О. А. Павлов, О. Б. Місюра, О. В. Мельников та ін. // Інформатика, управління та обчислювальна техніка // Вісн. Нац. техн. ун-ту «КПІ». – Вип. 52. – К., 2010. – С. 3 – 14.

67. Калина, А. В. Современный экономический анализ и прогнозирование (микро- и макроуровни) [Текст]: учеб.-метод. пособие / А. В. Калина, М. И. Конева, В. А. Яценко. – 3-е изд. – К.: МАУП, 2004. – 416 с.

68. Гаврилова, Т. А. Базы данных интеллектуальных систем [Текст] / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

69. Кузнецов, М. В. MySQL 5 [Текст] / М. В. Кузнецов, И. В. Симдянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 1024 с.

70. Мескон, М. Основы менеджмента [Текст]: пер. с англ. / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 1997. – 493 с.

71. Сидоренко, В. Н. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение [Текст] / В. Н. Сидоренко // Моделирование и анализ бизнес-процессов (бизнес-информатика). – 2009. – №2(08). – С. 52 – 57.

72. Кельтон, В. Имитационное моделирование [Текст] / В. Кельтон, А. Лоу. – 3-е изд. – СПб: Питер, К.: Изд. группа BHV, 2004. – 847 с.

73. Толуев, Ю. И. Имитационное моделирование логистических сетей [Текст] / Ю. И. Толуев // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – №2 (25). – С. 53 – 63.

74. Карпов, Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

75. Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении [Текст]: учеб. пособие / Д. Ю. Каталевский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. – 304 с.

76. Тарасов, В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика [Текст]: моногр. / В. Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.

Навчальне видання

**Федорович Олег Євгенович
Малєєва Ольга Володимирівна
Слізєва Аліна Володимирівна**

**ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЛОГІСТИКИ
ПОСТАЧАНЬ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Редактор В. М. Коваль

Зв. план, 2015

Підписано до друку 28.05.2015

Формат 60×84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 6. Обл.- вид. арк. 6,75. Наклад 100 пр.

Замовлення 191. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

"Харківський авіаційний інститут"

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр "ХАІ"

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001