

Київський національний торговельно-економічний університет

Кафедра кібернетики та системного аналізу

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Багатокритеріальна оптимізація діяльності виробничого підприємства»

Студентки 2 курсу, 1м групи,

спеціальності
051 «Економіка»

спеціалізації
«Економічна кібернетика»

Макоєдової
Валентини
Олександрівни

_____ *підпис студента*

Науковий керівник
доктор економічних наук, професор

Гарант освітньої програми
доктор фізико-математичних наук,
професор

Роскладка Андрій
Анатолійович

Гамалій Володимир
Федорович

_____ *підпис керівника*

_____ *підпис керівника*

Київ 2018

Київський національний торговельно-економічний університет

Факультет обліку, аудиту та інформаційних систем

Кафедра кібернетики та системного аналізу

Спеціальність 051 «Економіка»

Спеціалізація «Економічна кібернетика»

Зав. кафедри _____

Затверджую

Роскладка А. А.

«05» грудня 2017р.

Завдання на випускню кваліфікаційну роботу (проект) студентці

Макоєдовій Валентині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

«Багатокритеріальна оптимізація діяльності виробничого підприємства»

Затверджена наказом ректора від «29» листопада 2017 р. № 4058

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15 листопада 2018 року

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи

Мета роботи: розробка автоматизованої системи пошуку компромісних рішень, спрямованої на збільшення ефективності функціонування підприємства в умовах багатокритеріальної невизначеності.

Об'єкт дослідження: методи прийняття управлінських рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності.

Предмет дослідження: методи і моделі багатокритеріальної оптимізації діяльності виробничого підприємства.

4. Перелік графічного матеріалу _____

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів, за якими здійснюється консультування:

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали)	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Роскладка А. А.	05.12.2017 р.	05.12.2017 р.
2	Роскладка А. А.	05.12.2017 р.	05.12.2017 р.
3	Роскладка А. А.	05.12.2017 р.	05.12.2017 р.

6. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (проекту) (перелік питань за кожним розділом)

ВСТУП

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1. Особливості діяльності виробничих підприємств в умовах багатокритеріальної невизначеності

1.2. Сутність багатокритеріальної оптимізації

1.3. Класифікація методів вирішення задач багатокритеріальної оптимізації

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Аналіз стану та визначення напрямів оптимізації діяльності підприємства

2.2. Використання методів зведення багатокритеріальної оптимізації до однокритеріальної задачі

2.3. Застосування інтерактивних методів вирішення задач багатокритеріальної оптимальності

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ КОМПРОМІСНИХ РІШЕНЬ В МОДЕЛЯХ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Інструменти, методи та технології розробки автоматизованої системи

3.2. Проектування бази знань автоматизованої системи

3.3. Програмна реалізація пошуку компромісних рішень

Висновки до розділу 3

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

7. Календарний план виконання роботи

№ пор.	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		за планом	фактично
1	2	3	4
1	<i>Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи</i>	01.10.2017	01.10.2017
2	<i>Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу</i>	05.12.2017	05.12.2017
3	<i>Вступ</i>	01.04.2018	
4	<i>Розділ 1 Теоретичні основи багатокритеріальної оптимізації на виробничих підприємствах</i>	01.05.2018	
5	<i>Розділ 2 Аналіз моделей та методів багатокритеріальної оптимізації діяльності виробничого підприємства</i>	20.06.2018	
6	<i>Підготовка статті у збірник наукових статей магістрів</i>	15.09.2018	
7	<i>Розділ 3 Розробка автоматизованої системи пошуку компромісних рішень в моделях оптимізації діяльності підприємства</i>	01.10.2018	
8	<i>Висновки</i>	01.11.2018	
9	<i>Здача випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі науковому керівнику</i>	15.11.2018	
10	<i>Попередній захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	22.11.2018	
11	<i>Виправлення зауважень, зовнішнє рецензування випускної кваліфікаційної роботи</i>	25.11.2018	
12	<i>Представлення готової зшитої випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	28.11.2018	
13	<i>Публічний захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	За розкладом роботи ЕК	

8. Дата видачі завдання «05» грудня 2017 р.

9. Керівник випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Роскладка А.А.
(прізвище, ініціали, підпис)

10. Гарант освітньої програми

Гамалій В. Ф.
(прізвище, ініціали, підпис)

11. Завдання прийняв до виконання студент-дипломник

Макоєдова В. О.
(прізвище, ініціали, підпис)

12. Відгук керівника випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

15.11.2018 р.

(підпис, дата)

13. Висновок про випускну кваліфікаційну роботу (проект)

Випускна кваліфікаційна робота (проект) студента Макоєдової В. О.
(прізвище, ініціали)
може бути допущена до захисту в екзаменаційній комісії.

Гарант освітньої програми Гамалій В. Ф.
(підпис, прізвище, ініціали)

Завідувач кафедри Роскладка А.А.
(підпис, прізвище, ініціали)

« » 2018 р.

Анотація

У даній роботі проаналізовано особливості діяльності виробничих підприємств в умовах багатокритеріальної невизначеності. Розглянуто методи вирішення задач багатокритеріальної оптимізації. Проаналізовано та встановлено напрями оптимізації діяльності виробничого підприємства. Розв'язана задача оптимізації виробничої програми за допомогою різних методів.

Розроблено автоматизовану систему пошуку компромісних рішень. Дана система створена на основі методу аналізу ієрархій. Вона створена для розв'язання задач з критеріями, які потребують експертного порівняння. У роботі описано процес розробки системи та процес її функціонування.

Ключові слова: невизначеність, багатокритеріальна оптимізація, виробниче підприємство, задача багатокритеріальної оптимізації, автоматизація пошуку компромісних рішень.

Anotation

The peculiarities of activity of production enterprises in conditions of multicriteria uncertainty are analyzed in this work. The methods of solving multicriteria optimization problems are considered. The directions of optimization of the production enterprise activity were analyzed and established. The task of optimizing the production program with the help of various methods is solved.

An automated system for finding compromise solutions was developed. This system is based on the method of analysis of hierarchies. It is designed to solve problems with criteria that require expert comparison. The work describes the process of developing the system and the process of its functioning.

Keywords: uncertainty, multi-objective optimization, manufacturing enterprise, multicriteria optimization, automation of compromise solutions search

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	5
1.1. Особливості діяльності виробничих підприємств в умовах багатокритеріальної невизначеності	5
1.2. Сутність багатокритеріальної оптимізації.....	13
1.3. Класифікація методів вирішення задач багатокритеріальної оптимізації.....	19
Висновки до розділу 1	29
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	31
2.1. Аналіз стану та визначення напрямів оптимізації діяльності підприємства	31
2.2. Використання методів зведення багатокритеріальної оптимізації до однокритеріальної задачі.....	46
2.3. Застосування інтерактивних методів вирішення задач багатокритеріальної оптимальності.....	57
Висновки до розділу 2	61
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ КОМПРОМІСНИХ РІШЕНЬ В МОДЕЛЯХ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	63
3.1. Інструменти, методи та технології розробки автоматизованої системи.....	63
3.2. Розробка бази знань автоматизованої системи.....	66
3.3. Програмна реалізація пошуку компромісних рішень	74
Висновки до розділу 3	79
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Будь-яка діяльність виробничого підприємства пов'язана з невизначеністю. Під час планування завжди є ризик, що вплив певних факторів буде врахований частково, або не врахований взагалі. До того ж кількість критеріїв, які необхідно врахувати при вирішенні проблеми варіюється залежно від умов діяльності. Тобто планування та прийняття рішень, що стосуються виробничого підприємства, завжди здійснюються в умовах невизначеності та стосуються різних показників одночасно, виникає багатокритеріальність.

Існує багато методів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, і кожен із них може давати різні результати. Крім того, на їх формалізацію та розрахунок потрібно багато часу. Тобто є потреба автоматизувати вирішення подібних задач та створити систему, яка б полегшила вибір для особи, що приймає рішення.

Мета роботи – розробка автоматизованої системи пошуку компромісних рішень, спрямованої на збільшення ефективності функціонування підприємства в умовах багатокритеріальної невизначеності.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати особливості діяльності виробничих підприємств;
- дослідити сутність багатокритеріальної оптимізації;
- визначити напрями оптимізації на основі діяльності виробничого підприємства;
- проаналізувати методи розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації;
- розробити автоматизовану систему пошуку компромісних рішень для задач багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності.

Об'єкт дослідження: методи прийняття управлінських рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності.

Предмет дослідження: методи і моделі багатокритеріальної оптимізації діяльності виробничого підприємства.

Практичне значення роботи полягає у розробці автоматизованої системи

пошуку компромісних рішень, спрямованої на розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації.

Випускна кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1. Особливості діяльності виробничих підприємств в умовах багатокритеріальної невизначеності

Для існування людини, для задоволення її потреб потрібні певні блага, які людина створює у процесі виробництва. Виробництво – це процес використання ресурсів (робочої сили, капіталу, природних ресурсів та підприємницьких здібностей) для виготовлення товарів, послуг, інформації.

Будь-яке виробництво – це процес раціонального поєднання засобів виробництва та предметів праці (уречевленої їх частини) з ефективним використанням людської праці [1].

Виробничим підприємством прийнято вважати окрему спеціалізовану одиницю, основою якої є професійно організований трудовий колектив, здатний за допомогою наявних засобів виробництва виробляти потрібну споживачеві продукцію (надавати послуги, виконувати роботи) відповідного призначення, профілю, асортименту [2, с. 92].

До основних функцій виробничого підприємства належать [3]:

- виробництво продукції виробничого та особистого споживання; продаж і поставка продукції споживачеві;
- післяпродажне обслуговування продукції;
- матеріально-технічне забезпечення виробництва;
- управління та організація праці персоналу на підприємстві;
- всесторонній розвиток та зростання обсягів виробництва на підприємстві;
- сплата податків, виконання обов'язкових та добровільних внесків та платежів до бюджету та інших фінансових органів;
- дотримання діючих стандартів, нормативів, державних законів.

В умовах економічної кризи та політичної нестабільності, сучасні українські промислові підприємства опинилися в складних умовах нестабільного

економічного та соціально-політичного середовища, в якому неможливо обійтись без ефективної та адаптивної до зовнішніх умов системи планування. В умовах невизначеності зовнішнього середовища підприємства не можуть повністю контролювати своє майбутнє і тому постійно пристосовуються до зовнішнього середовища (вимог ринку, політики держави) та повинні враховувати непередбачувані зміни на самому підприємстві, де процес планування здійснюється на основі неповної інформації, тобто в умовах відносної невизначеності ринкового середовища. Значне підвищення рівня невизначеності, яка породжується нестабільністю, підвищує роль планування в організації діяльності та управлінні підприємством [4].

Невизначеність виникає під час управління діяльністю будь-якого підприємства. Вона характеризується розмитістю використовуваних думок і оцінок експертів, неповнотою й нечіткістю інформації про основні параметри і умови аналізованого завдання.

Невизначеність – це такий стан знань про ситуацію чи проблему, коли один або декілька варіантів рішення мають низку можливих результатів, ймовірність яких або невідома, або не має змісту [5, с. 491].

З погляду економічної теорії невизначеність – об'єктивна неможливість отримання абсолютного знання про об'єктивні і суб'єктивні чинники функціонування системи, неоднозначність параметрів системи.

Причинами виникнення невизначеності є: неповнота знань про властивості об'єкта, недостатній ступінь впевненості в правильності значень, суперечливість знань, нечіткість подання інформації (рис. 1.1).

Важливою є невизначеність у вихідній інформації, зв'язках факторів, наслідків вибору рішення. Існує ще один важливий вид невизначеності – невизначеність мети, що виявляється у наявності декількох, у більшості випадків незбіжних аспектів оцінки якості того чи іншого розв'язку з множини припустимих. У формальному вигляді аспекти оцінки якості відображаються за допомогою множини критеріїв.



Рис. 1.1 Причини виникнення невизначеності [6]

Наявні різні пропозиції щодо типології невизначеності. Одна з найпоширеніших представлена на рис. 1.2.



Рис. 1.2 Схема видової класифікації невизначеності [7]

Економіка ринкового типу передбачає існування найрізноманітніших видів невизначеності для виробничих підприємств [5, с. 481]:

- невизначеність, пов'язана з недостатніми знаннями про природу;
- невизначеність природних явищ, таких, як погода, що впливає на врожайність, на витрати на опалення, на туризм, на завантаженість транспортних шляхів тощо;
- невизначеність, пов'язана зі здійсненням діючих (несподівані аварії) і планових (можливі помилки розробників або фізична неможливість здійснення процесу, що заздалегідь не вдалося спрогнозувати) технологічних процесів.

Також підприємства діють в умовах невизначеності, пов'язаній з факторами зовнішнього середовища прямої дії: діяльністю учасників господарської діяльності (насамперед партнерів та конкурентів), їх діловою активністю, фінансовим становищем, дотриманням зобов'язань; соціальними й адміністративними факторами в конкретних регіонах, у яких організація має ділові інтереси.

На діяльність підприємства й на процес прийняття управлінських рішень впливає невизначеність пов'язана із факторами зовнішнього середовища непрямої дії [5, с. 481]:

- невизначеність майбутньої ринкової ситуації в країні, у тому числі відсутність достовірної інформації про майбутні дії постачальників у зв'язку з мінливими перевагами споживачів;
- невизначеність, пов'язана з коливанням цін, облікових ставок, валютних курсів та інших макроекономічних показників;
- невизначеність, породжена нестабільністю законодавства й поточної економічної ситуації, політичною ситуацією.

Варто враховувати й зовнішньоекономічні невизначеності, пов'язані із ситуацією в інших країнах і міжнародних організаціях.

Проблеми прийняття рішень останнім часом заслуговують на все більшу увагу. Це обумовлено зростаючим динамізмом навколишнього середовища, збільшенням взаємозалежності багатьох рішень, стрімким темпом розвитку науково-технічного прогресу. Керівники усіх рангів, приймаючи рішення, стикаються з проблемами пошуку інформації, невпевненістю, невизначеністю, а в деяких випадках із конфліктністю у процесі вироблення рішення.

Прийняття рішення – це комплексний та неоднозначний у часі динамічний процес, що виникає у випадку, коли необхідно обрати найкращий у певному сенсі варіант серед множини альтернативних варіантів для досягнення бажаного або заданого результату.

У загальному випадку процес прийняття рішення полягає в оцінці можливих альтернатив та виборі кращої з них за певними заданими критеріями. При цьому припускається, що реалізація будь-якого з варіантів рішень передбачає настання певних наслідків, аналіз та оцінка яких повністю характеризує обраний варіант.

Для оцінювання альтернатив та можливих наслідків традиційно використовуються складні аналітичні розрахунки, знання фахівців-експертів, засоби сучасних інформаційних технологій [8].

У зв'язку з впровадженням передових технологій та розвитком інтелектуальних систем підтримки управлінських рішень у всі сфери виробничих підприємств, все більшої актуальності набувають багатокритеріальні задачі оптимізації.

Чисельність критеріїв формується за рахунок великої кількості показників ефективності та різних факторів, які потребують урахування, аналізу та формування чисельності сценаріїв розвитку подій й т. ін.

З одного боку багатокритеріальність дозволяє із більшою адекватністю відображати дійсність, з іншого суттєво ускладнює завдання, бо існують лише відносно-задовольняючі, некінцеві способи пошуку умовних рішень у таких постановках, тобто спостерігається чисельність альтернативних варіантів

виходячи з багатообразності критеріїв оцінки та факторів, що впливають на рішення.

Згідно із процедурою прийняття управлінського рішення, ОПР формує спектр критеріїв, який утворює умовний діапазон альтернатив, за рамками якого рішення вже не буде ефективним, та здійснює пошук найбільш підходящої альтернативи саме в цьому діапазоні обмежень та критеріїв. Очевидно, що багатокритеріальність це суттєвий бар'єр при прийнятті стратегічних рішень, що ускладнює саму процедуру, робить її більш тривалою [9].

Підвищення ефективності прийняття рішень принципово пов'язане з необхідністю врахування багатокритеріальності та невизначеності моделі вибору.

Складні умови життєдіяльності виробничих підприємств потребують від них економічної стійкості, яка, в свою чергу, забезпечується багатокритеріальним розвитком. З іншого боку, виконання умов комплексності, системності та повномасштабності оцінки діяльності підприємства можливе на основі врахування багатьох критеріїв діяльності [10, с. 422].

В якості критеріїв оптимізації застосовують показники діяльності підприємства, рис.1.3.

Показники, що максимізуються	Показники, що мінімізуються
<ul style="list-style-type: none"> • сумарний чистий дохід • мінімальний чистий дохід за будь-який період • рівень рентабельності • прибуток від реалізації • об'єм реалізованої продукції 	<ul style="list-style-type: none"> • собівартість виробленої продукції • число невиконаних замовлень • витрати ресурсів • понаднормовий час • запаси готової продукції • вартість наукових досліджень • час, потрібний для реалізації інноваційного проекту

Рис. 1.3 Критерії оптимізації [8, 9, 10]

Проблеми прийняття рішень в умовах багатокритеріальності притаманні різним сферам діяльності виробничих підприємств.

У якості критеріїв прийняття рішень стосовно науково-технічної діяльності підприємства можуть виступати такі чинники як:

- період впровадження науково-технічних розробок у виробництво;
- рівень розробок у порівнянні зі світовими досягненнями;
- забезпеченість ресурсами;
- кваліфікація персоналу;
- адекватність потребам ринку та ін.

Оптимізація комунікаційного середовища ґрунтується на виявленні зайвих функцій, процедур, відповідно критеріям ефективності та формулювання функцій управління на основі сучасних концепцій менеджменту та маркетингу. Комунікаційне середовище підприємства безпосередньо залежить від таких чинників, як швидкість і достовірність одержання інформації; виявлення потрібної інформації; формування правильної реакції на інформаційні сигнали і можливість реалізації змін [11].

Багатокритеріальна оптимізація маркетингового комунікаційного середовища підприємств передбачає наступне [11]:

1. Цільова оптимізація комунікацій: визначення глобальних цілей діяльності підприємства (підрозділу, проекту, виробництва товару, розвитку мережі, рекламної компанії тощо), протиріч між цілями, цільової аудиторії відповідно товарів та послуг підприємства, цілей маркетингової стратегії підприємства, засобів та інструментів маркетингової політики підприємства, внутрішніх та зовнішніх комунікаційних процесів.
2. Аналіз сучасних маркетингових комунікаційних каналів, можливості їх синергетичного міксування.
3. Деталізація маркетингового комунікаційного середовища та його електронних інструментів.

4. Оптимізація маркетингового комунікаційного середовища на основі обробки результатів аналітичних даних.

Оптимізація інвестиційних рішень в ситуації невизначеності і породженого нею ризику теж є багатокритеріальною. Обґрунтування інвестиційного рішення, враховуючи такі показники ефективності, як прибутковість проекту, його окупність, інвестиційний ризик, в умовах багатокритеріальної невизначеності з використанням статистичних методів дає змогу уникнути помилок на етапі розробки й впровадження інвестиційного проекту. Чітке визначення та формалізація цілей у вигляді математичних критеріїв оптимізації проводиться на основі співвідношення обмежень за рівнем прибутковості й ризику у різні періоди часу [12, 13].

В останні роки більшість організацій переміщують свої сервери до постачальників послуг (хмарних провайдерів), які беруть на себе відповідальність за управління та підтримку обчислювальних ресурсів. Завданням підприємства стає максимізація рентабельності хмарних сервісів та мінімізація витрат та ризиків на їх впровадження. Оскільки рентабельність, вартість та ризики відрізняються за своїми критеріями, проблема є багатокритеріальною проблемою оптимізації [14].

Основними задачами багатокритеріальної оптимізації, які вирішуються в межах виробничої логістики, є вибір технології виробництва, визначення оптимального обсягу партії виробництва, оптимізація часу використання обладнання, оптимізація набору обладнання для кожної виробничої ділянки, оптимізація графіку запуску деталей у виробництво, оптимізація якості продукції тощо.

Наприклад, оптимальний обсяг партії виробництва повинен досягатися з одночасним досягненням максимально можливого прибутку виробничого підприємства, оптимального завантаження складів виробництва сировиною, напівфабрикатами та готовою продукцією, оптимального використання виробничих потужностей підприємства тощо [15, с.355].

1.2. Сутність багатокритеріальної оптимізації

У процесі здійснення діяльності виробничі підприємства часто стикаються з проблемою вибору найкращого рішення серед деякої множини варіантів. Отриманий найкращий варіант називають оптимальним. Слово «оптимальний» походить від латинського *optimus*, що значить найкращий, досконалий. Щоб знайти оптимальний серед множини різних варіантів, доводиться розв'язувати задачі на знаходження максимуму чи мінімуму певних показників, тобто найбільших чи найменших значень деяких величин. Обидва ці поняття – максимум (*maximum*) і мінімум (*minimum*) об'єднуються єдиним терміном «екстремум» (від латинського *extremum* – крайній) [16].

У реальних задачах вибору найбільш пріоритетного рішення, що виникають на практиці, як правило, присутні кілька критеріїв оптимальності.

Наприклад, максимум чистого доходу від реалізації виробленої продукції чи максимум рівня рентабельності, мінімум собівартості виробленої продукції або мінімум витрат дефіцитних ресурсів, виконання плану виробництва за об'ємом, по номенклатурі, плану реалізації, продуктивності праці [17].

Багатокритеріальна оптимізація (БО) або програмування (англ. *Multi-objective optimization*) – це процес одночасної оптимізації двох або більше конфліктуєчих цільових функцій в заданій області визначення.

Під задачею багатокритеріальної оптимізації (ЗБО) найчастіше розуміють математичну модель прийняття оптимального рішення за декількома критеріями. Ці критерії можуть відображати оцінки різних якостей об'єкта або процесу, з приводу яких приймається рішення [18, с.65].

У багатокритеріальних задачах невизначеність полягає в тому, що невідомо, яким критерієм віддати перевагу і в якій мірі. Для усунення цієї невизначеності необхідно, по-перше, сформулювати спеціальний принцип оптимальності, по-друге, залучити додаткову суб'єктивну інформацію особи, що приймає рішення (ОПР), засновану на її досвіді та інтуїції [18, с.66].

Можна виділити такі типи ЗБО [19]:

– Задачі оптимізації на множині цілей. Особливістю задач цього типу є те, що локальні критерії, як правило, мають різні одиниці вимірювання. До цього типу відносяться задачі складання плану роботи підприємства, в яких критеріями є економічні показники.

– Задачі оптимізації на множині об'єктів. У цих задачах розглядається сукупність об'єктів, якість функціонування яких оцінюється різними критеріями, які зазвичай мають одну розмірність. Типовою задачею даного виду є розподіл дефіцитного ресурсу між підприємствами, при цьому критерієм оптимальності є ступінь задоволення їх потреб у ресурсі або отримання максимуму прибутку.

– Задачі оптимізації на множині умов функціонування. У задачах цього типу задані варіанти умов, у яких передбачається функціонування об'єкта. Локальні критерії мають однакову розмірність. Складність розв'язку при цьому обумовлена тим, що умови функціонування задаються не у вигляді дискретного, а безперервного спектра. Тому вектор ефективності стає безмежномірним.

– Задачі оптимізації на множині етапів функціонування. Якість функціонування оцінюється локальними критеріями на кожному з етапів, а на множині етапів – векторним критерієм, який складається з локальних. При цьому локальні критерії мають єдину розмірність. Можливі випадки нескінченномірного векторного критерію ефективності, якщо оцінка якості здійснюється безперервно. Прикладом цього типу задач є задача розподілу квартального плану цеха за декадами із критерієм максимізації завантаження в кожній декаді кварталу.

Багатокритеріальні задачі можуть класифікуватись і за такими ознаками: за варіантами оптимізації, за числом критеріїв, за типами критеріїв, за співвідношеннями між критеріями, за рівнем структуризації, за наявністю фактора невизначеності [10].

Першим, хто зробив постановку задачі багатокритеріальної оптимізації, був італійський економіст Вільфредо Парето. У 1904 р. математична модель цієї задачі з'явилася у його дослідженнях товарного обміну. Саме В. Парето належить означення поняття ефективного розв'язку задач із кількома критеріями [20, с.7].

Важливішим В. Парето вважав визначення оптимуму стосовно виробництва: певна структура виробництва при даних ресурсах і даній техніці стає оптимальною тоді, коли збільшення виробництва одного блага нездійснено без одночасного зниження виробництва якого-небудь іншого блага. Ця оптимальна ситуація виникає тоді, коли граничні продуктивності чинників виробництва у всіх варіантах їх вживання рівні. Таким чином, всі належні рішення цієї множини не можуть бути покращені за всіма частковими критеріями.

Внаслідок цього множину Парето називають ще областю компромісів. Безліч планів, оптимальних за Парето, ототожнюється з «переговорною множиною або областю компромісу», оскільки при виборі того або іншого рішення з множини Парето особа, що приймає рішення, користується схемою компромісу [21].

Математична модель задачі багатокритеріальної оптимізації виглядає так [20, с. 6]:

$$f(X) \rightarrow_{X \in D}^{max}, \quad (1.1)$$

де $D \in R^n$ – допустима область. Елементи $X = (x_1, \dots, x_n)$ множини D називаються допустимими розв'язками або альтернативами, а $f(X) = (f_1(X), \dots, f_m(X))$ – вектор-функція часткових критеріїв $f_i : D \rightarrow R^1, i = \overline{1, m}$. У таких задачах допустима множина D найчастіше задається у вигляді нерівностей:

$$D = \{X \in R^n \mid g_j(X) \leq b_j, j = \overline{1, n}\}, \quad (1.2)$$

де $g_j(X) \leq b_j$ – система обмежень.

Цілі багатокритеріальних задач $f_i, i = \overline{1, m}$ можуть перебувати в таких відношеннях [22]:

- цілі кооперуються: система або процес розглядається із використанням однієї цілі, а всі інші досягаються одночасно;

- цілі конкурують: одну із цілей можна досягти лише завдяки втратам для іншої;
- цілі взаємно нейтральні: система або процес розглядаються й характеризуються незалежно.

Якщо цілі частково нейтральні, частково кооперовані й частково конкурують між собою, то завдання формулюється так, що потрібно брати до уваги тільки конкуруючі цілі. Розгляд нейтральних або кооперативних цілей не представляє особливих труднощів, так що проблеми, орієнтовані на декілька цілей, насамперед повинні бути розглянуті в частині конкуруючих цілей, якщо всі вони разом не можуть бути виражені одновимірним параметром.

Якщо один з часткових критеріїв $f_i, i = \overline{1, m}$, досяг свого максимуму, то поліпшення за іншими компонентами векторного критерію у більшості випадків неможливо. Наприклад, критерії можуть бути несумісними при вимозі досягти максимальної ефективності виробництва за мінімальних витрат ресурсів. Із погляду постановки математичної задачі це некоректно. Мінімальні витрати ресурсів – це нульові витрати, що мають місце за повної відсутності будь-якого процесу виробництва.

Аналогічно максимальна ефективність може бути досягнута лише в разі використання певних обсягів ресурсів. Тому коректними є постановки задач такого типу: досягти максимальної ефективності при заданих витратах чи досягти заданого ефекту за мінімальних витрат [23].

Необхідно приділяти увагу механізму мінімізації витрат підприємства в загальній сумі чистого доходу, оскільки для ефективного використання виробничих ресурсів необхідні структурні зміни якісного характеру в сфері їх управління, як складової частини управління витратами в цілому. Наголошуємо саме на оптимізації витрат, а не скороченні їх обсягів, тобто слід виявити непродуктивні витрати, оскільки вони негативно впливають на фінансові результати та на ефективність господарювання загалом [24].

Якщо часткові критерії f_1, f_2, \dots, f_m досягають максимуму в одній і тій же точці $X^* \in D$, то говорять, що задача (1.1) є тривіальною і має ідеальний розв'язок, проте такі випадки рідкісні. Тому основна проблема при розгляді задачі (1.1) – розробка концепції оптимальності, тобто визначення того, у якому сенсі «оптимальний» розв'язок кращий за інших. У випадку відсутності ідеального розв'язку у задачі (1.1) шукається компромісний [20, с.7-8].

На рис. 1.4, що ілюструє двокритеріальну задачу пошуку оптимального рішення на максимум, прийняті наступні позначення: f_1, f_2 – локальні критерії оцінки варіантів рішення; точки многокутника KLMNOPQ – безліч оцінок допустимих варіантів рішення (множина D).

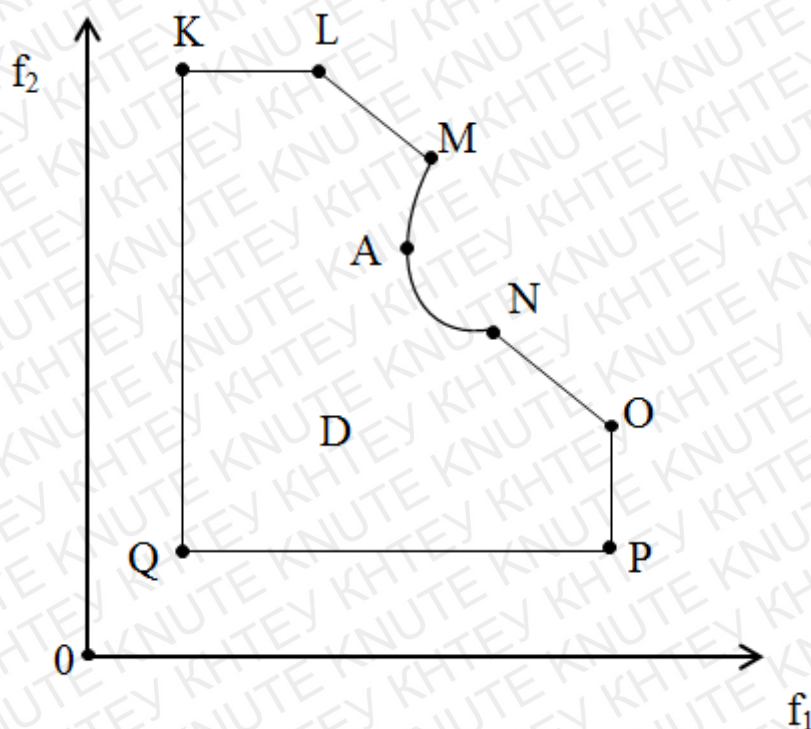


Рис. 1.4 Область Парето-оптимальних рішень (область компромісів) [25]

Множина Парето-оптимальних оцінок являє собою «північно-східну» границю множини D без тих його частин, які паралельні однієї з координатних осей або лежать у «провалах». Для випадку, зображеного на рис. 1.4, Парето-оптимальні оцінки складаються із точок прямих LM, NO. Для всіх указаних точок виконується умова $f_1 + f_2 = const$. Тобто підвищити локальний критерій f_1 можна лише за рахунок зниження локального критерію f_2 , і навпаки.

Для всіх інших варіантів рішень з множини D , наприклад, для точок K, Q, P, A є можливість збільшити один з локальних критеріїв не знижуючи (а іноді й підвищуючи) інший локальний критерій. Тому вони не відносяться до області Парето-оптимальних рішень (області компромісів) [25].

Важливою властивістю множини Парето для умов задач є те, що без отримання додаткової інформації неможливо конкретизувати подальше рішення (компромісний варіант) [26].

Для фіксованої альтернативи $X \in D$ вектор зі значень часткових критеріїв $f(X) = (f_1(X), \dots, f_m(X))$ є векторною оцінкою альтернативи X . Векторна оцінка альтернативи містить повну інформацію про цінність (корисність) цієї альтернативи для ОПР. Порівняння будь-яких двох розв'язків замінюється порівнянням їх векторних оцінок [20, с.8].

Нехай $X_1, X_2 \in D$. Якщо для всіх часткових критеріїв виконуються нерівності $f_i(X_2) \geq f_i(X_1), i = \overline{1, m}$, причому хоча б одна нерівність строга, то розв'язок X_2 є кращим ніж розв'язок X_1 , це зазначають у вигляді $X_2 \succ X_1$. У задачі (1.1) точка $X_0 \in D$ називається ефективною (оптимальною за Парето), якщо не існує іншої точки $X \in D$, яка була б кращою, ніж X_0 .

Точки, оптимальні за Парето, утворюють множину Парето-оптимальних точок (множину ефективних або непокрешувальних розв'язків задачі (1.1)) $D_p \subset D$. Оптимальні розв'язки багатокритеріальної задачі (1.1) варто шукати тільки серед елементів множини D_p . У цій множині жоден (частковий) критерій не може бути покращений без погіршення хоча б одного з інших.

Корисною властивістю множини D_p ефективних точок є можливість відкидати із множини альтернатив D свідомо невдалі (що поступаються іншим допустимим альтернативам за всіма критеріями) [27, с.7].

Часткові критерії $f_i, i = \overline{1, m}$, відображають допустиму множину $D \subset R^n$ у множину $F \subset R^m$, яка називається множиною досяжності у критеріальному просторі, а множину $D_p \subset D$ Парето-оптимальних точок – у множину $F_p \subset F$, що називається множиною Парето [28].

Отже, типова схема багатокритеріального прийняття рішення має такий вигляд (рис. 1.5):

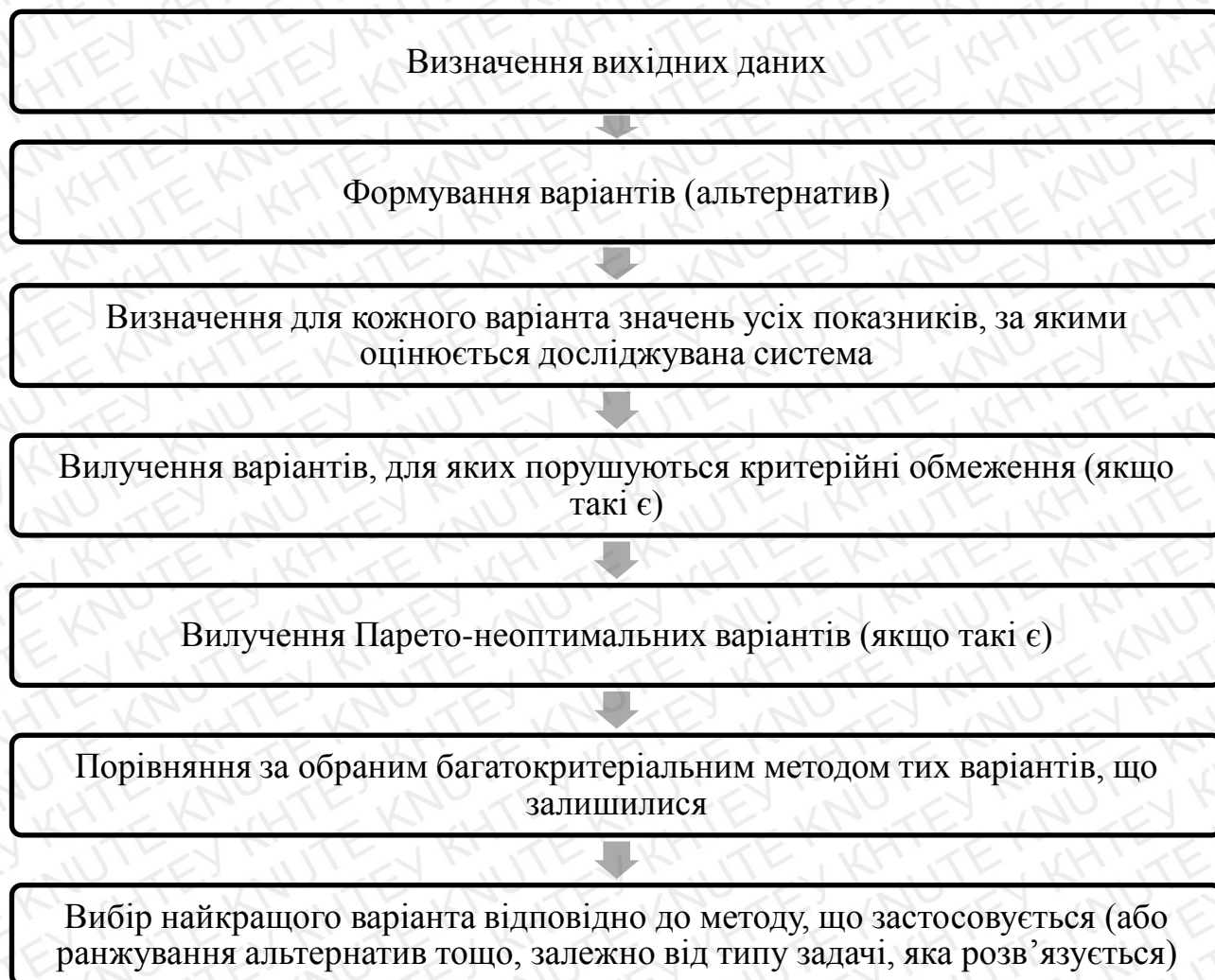


Рис. 1.5 Типова схема прийняття багатокритеріальних рішень [29]

1.3. Класифікація методів вирішення задач багатокритеріальної оптимізації

При розв'язанні задач багатокритеріальної оптимізації доводиться вирішувати специфічні питання, пов'язані з невизначеністю цілей і несумісністю критеріїв [19, с.211; 27, с.11-12]:

1. Проблема пов'язана з нормалізацією векторного критерію ефективності. Вона викликана тим, що дуже часто локальні критерії, що є компонентами вектора ефективності, мають різні масштаби вимірювання, що й ускладнює їх порівняння. Тому доводиться зводити критерії до єдиного масштабу вимірювання,

тобто нормалізувати їх. Найбільш часто використовується заміна критеріїв їх безрозмірними відносними величинами, що дозволяє порівнювати критерії між собою.

2. Проблема вибору принципу оптимальності, тобто встановлення, у якому сенсі оптимальний розв'язок кращий всіх інших розв'язків. На відміну від завдань однокритеріальної оптимізації, у яких тільки один принцип оптимальності, у даному випадку є велика кількість різних принципів і кожен принцип може призводити до вибору різних оптимальних рішень. Це пояснюється тим, що доводиться порівнювати вектори ефективності на основі деякої схеми компромісу. У математичному відношенні ця проблема еквівалентна задачі упорядкування векторних множин, а вибір принципу оптимальності – вибору відношення порядку.

3. Проблема визначення пріоритетів критеріїв, що виникає в тих випадках, коли з фізичного змісту ясно, що деякі критерії мають пріоритет над іншими. Хоча при виборі рішення і слід прагнути найвищої якості за всіма критеріями, проте ступінь досконалості за кожним з них, як правило, має різну значущість, тому необхідно віддати певну перевагу більш важливим критеріям. Зазвичай для врахування пріоритету вводиться вектор розподілу важливості критеріїв, за допомогою якого коректується принцип оптимальності або проводиться диференціація масштабів вимірювання критеріїв.

4. Проблема обчислення оптимуму ЗБО. Мова йде про те, як використовувати методи лінійної, нелінійної, дискретної оптимізації для обчислення оптимуму задач із певною специфікою.

Труднощі викликає й одночасна наявність у сучасних задачах багатокритеріальної оптимізації якісних і кількісних критеріїв, а саме – перехід від якісних у кількісні критерії для подальшої оптимізації математичної моделі. Крім того, часом складно правильно підібрати вагові коефіцієнти [30].

При розв'язанні багатокритеріальної задачі часто виникає необхідність нормалізації (нормування) критеріїв $f_i(X)$, тобто приведення всіх критеріїв до єдиного масштабу та безрозмірного виду. Надалі будемо вважати, що всі критерії

невід'ємні, тобто $f_i(X) \geq 0$ для всіх $i = \overline{1, m}, X \in D$. Найбільш часто використовується заміна критеріїв їх безрозмірними відносними величинами [27]:

$$\lambda_i(X) = \frac{f_i^{\max} - f_i(X)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}}, i = \overline{1, m}, \quad (1.3)$$

$$\text{де } f_i^{\max} = \max_{X \in D} f_i(X), f_i^{\min} = \min_{X \in D} f_i(X), i = \overline{1, m}. \quad (1.4)$$

Досить часто не вдається знайти f_i^{\min} або f_i^{\max} . Якщо не вдається визначити f_i^{\min} , то нормалізують критерій f_i так [20, с.12]:

$$\lambda_i(X) = \frac{f_i^{\max} - f_i(X)}{f_i^{\max}}, i = \overline{1, m}, \quad (1.5)$$

або

$$\lambda_i(X) = \frac{f_i(X)}{f_i^{\max}}, i = \overline{1, m}, \quad (1.6)$$

Якщо не вдається знайти, f_i^{\max} то:

$$\lambda_i(X) = \frac{f_i(X)}{f_i^{\min}}, i = \overline{1, m}, \quad (1.7)$$

У разі неможливості знайти обидва екстремальні значення задовільний результат дає така нормалізація [20, с.12]:

$$\lambda_i(X) = \frac{f_i(X)}{f_i^0}, i = \overline{1, m}, \quad (1.8)$$

де f_i^0 – яесь прийнятне значення часткового критерію f_i , $i = \overline{1, m}$, що береться у якості базового. Перевагою способів нормалізації (1.3)–(1.6) є те, що нормалізовані таким чином часткові критерії задовольняють нерівності $0 \leq \lambda_i(X) \leq 1, i = \overline{1, m}$. Значення критеріїв, нормалізованих способами (1.7), (1.8) є

також безрозмірними величинами, але вони у загальному випадку можуть бути довільними.

Підвищення ефективності прийняття рішень в умовах багатокритеріальності й високої невизначеності вихідних даних потребує розвитку методів, математичних моделей, інструментальних засобів, що орієнтовані на особливості прийняття рішень в таких умовах.

Основні, найбільш поширені методи розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації представлені на рис. 1.6.



Рис. 1.6 Класифікація методів розв'язання ЗБО [27, с.12]

Приведена на рис. 1.6 класифікація, має досить умовний характер. Наприклад, у інтерактивних методах також використовується згортання

векторного критерію у скалярний: у методі бажаної точки використовується максимінна згортка, а у методі послідовного вводу обмежень – адитивна. Таким чином, інтерактивні методи відрізняються від звичайних тільки способом взаємодії з комп'ютером: вони застосовуються у режимі діалогу [20, с.13].

При великій кількості альтернатив ефективніше використати підхід, який передбачає на першому кроці визначення альтернатив, що належать до множини Парето, а на другому – використання методу аналізу ієрархій, метод ELECTRE чи методи з використанням інтегрального критерію [31]. Порівняльну характеристику переваг та недоліків методів оптимізації наведено у додатку А.

У методах, заснованих на згортанні критеріїв замість часткових критеріїв f_1, f_2, \dots, f_m , розглядається один скалярний критерій, отриманий шляхом їх комбінації. Розрізняють адитивну і мультиплікативну та максимінну згортки критеріїв. Нехай визначений вектор вагових коефіцієнтів критеріїв $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)$, які характеризують важливість відповідного критерію: $a_i \geq a_j$, якщо частковий критерій f_i має пріоритет над частковим критерієм f_j , тобто $f_i > f_j$. При цьому $\sum_{i=1}^m a_i = 1, a_i \geq 0, i = \overline{1, m}$ [20, с.14].

У методі адитивної згортки критеріїв узагальнений скалярний критерій будується за правилом:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(X). \quad (1.9)$$

Після цього розв'язується задача оптимізації критерію (1.9):

$$Z(X) \rightarrow_{X \in D}^{max}. \quad (1.10)$$

Основною перевагою адитивної згортки (1.9) є те, що з нею пов'язані «класичні», достатні і необхідні, умови оптимальності за Парето. Але, водночас, при цьому часто отриманий розв'язок є нестійким, тобто малим приростам вагових коефіцієнтів відповідають великі прирости цільових функцій [27, с.13].

Для методу мультиплікативної згортки критеріїв узагальнений скалярний критерій береться у формі добутку [20]:

$$Z(X) = \prod_{i=1}^m f_i^{a_i}(X) \rightarrow_{X \in D}^{max}, \quad (1.11)$$

де $f_i(X) > 0, i = \overline{1, m}, X \in D$. Поясненням мультиплікативного методу є уявлення про вагові коефіцієнти a_i як про ймовірності досягнення деяких показників якості.

Метод максимінної згортки критеріїв називається ще методом гарантованого результату. Адже метод дає найкращий результат навіть для найменшого із часткових критеріїв, тобто компромісний розв'язок отримується шляхом розв'язання наступної задачі оптимізації [20]:

$$Z(X) = \min_{i=\overline{1, m}} f_i(X) \rightarrow_{X \in D}^{max}. \quad (1.12)$$

Основний недолік методів згортання критеріїв полягає у суб'єктивності вибору вагових коефіцієнтів $a_i, i = \overline{1, m}$.

Розв'язання деяких задач може бути реалізоване шляхом вибору «заборони» або варіанта, який є повністю не прийнятним. Такий прийом використовується за умови граничної невідповідності одного з критеріїв потрібним вимогам і якщо значні переваги інших критеріїв не компенсують цього недоліку. Таку вимогу реалізують шляхом максимізації загального критерію, де найменші значення кожного критерія рівні нулю [32].

Методи багатокритеріальної оптимізації являють собою чисельну реалізацію певного правила вибору ефективної (слабко-ефективної, власно-ефективної) альтернативи, тому цілком природно класифікувати їх за типами інформації, яку дає ОПР для формування правила вибору [33, с.157]:

- методи, які не використовують інформацію про перевагу на множині критеріїв;

- методи, які використовують один тип інформації про перевагу на множині критеріїв;
- методи, які використовують різні типи інформації про перевагу на множині критеріїв;
- спеціальні методи.

Не менш важливою із класифікаційних ознак методів багатокритеріальної оптимізації є ознака за функціями особи, яка приймає рішення, а саме [10]:

- 1) апріорні методи;
- 2) апостеріорні методи;
- 3) інтерактивні методи;
- 4) методи пошуку оптимального розв'язку без участі ОПР.

Апріорні методи є одними з найбільш досліджених та розвинених. Головною особливістю цих методів є те, що в результаті їх застосування багатоцільова задача зводиться до одноцільової і знаходиться тільки одне рішення яке й буде результуючим.

Апріорні методи потребують від особи, що приймає рішення, визначення переваг заздалегідь, що може бути проблематично, спираючись на переваги необмежених знань, що ґрунтуються на значенні оптимальної цілі [34].

В апостеріорних методах після отримання набору Парето-оптимальних рішень ОПР обирає найбільш відповідне рішення на її думку. Найбільш популярними підходами є: метод зваженої суми й метод ϵ -обмеження [34].

Група адаптивних методів багатокритеріальної оптимізації базується на різних варіантах діалогових інтерактивних людино-машинних процедур та технологій послідовного аналізу можливих варіантів рішення з поступовим виявленням переваг (преференцій) особи, що приймає рішення, та уточнення множини рішень [35].

У табл. 1.1 представлені головні класи методів багатоцільової оптимізації та прийняття рішень в залежності від типу взаємодії з ОПР.

Методи багатокритеріальної оптимізації залежно від типу взаємодії з ОНР

[36]

Клас методів	Суть, переваги та недоліки	Приклади методів
Апріорні методи	Потребують від ОНР визначення переваг заздалегідь, що є проблематично, спираючись на переваги необмежених знань про значення оптимальної цілі. Буде отримано одне Парето-оптимальне рішення, яке буде розглядатися як результуюче.	- Метод цільового програмування (GP) - Лексикографічний метод (LM)
Інтерактивні методи	ОНР приймає активну участь під час роз'язання задачі, що є перспективно для задач з великою кількістю цілей. Адже якщо під час обчислень отримаємо декілька оптимальних рішень, одне з яких задовольнить ОНР, воно може бути вибрано як оптимальне. Участь ОНР в обчислювальному процесі постійно необхідна, що не завжди є виправдано.	- Метод ефективного рішення у цільовому програмуванні (ESGP) - Інтерактивне багатоцільове лінійне програмування - Послідовне інтерактивне цільове програмування (ISGP) - Еволюційні алгоритми
Методи без переваг	Не вимагають яких-небудь коректив зі сторони ОНР до, під час або після вирішення проблеми. Метод головного критерію може знайти Парето-оптимальне рішення, близьке до ідеального вектора.	Метод головного критерію
Апостеріорні методи	Ці класичні методи потребують вирішення проблем БО багато разів, щоб знайти декілька Парето-оптимальних рішень. Метод ϵ -обмеження підходить для вирішення проблем з декількома цілями. Також ці методи дуже часто застосовуються в інженерних науках, адже вони надають багато Парето-оптимальних рішень, які дуже необхідні ОНР для прийняття рішення. Роль ОНР дуже важлива, адже після знаходжень оптимальних рішень він обирає одне.	- Метод зважених сум (weighted-sum method) - ϵ обмеження - Гібридний метод

Аналіз методів розв'язання багатокритеріальних оптимізаційних задач для оцінки діяльності підприємства наведено в додатку Б.

Назва методу цільового програмування (ідеальної точки) пов'язана з тим, що при його реалізації ОПР задає певні цільові значення $\overline{f_1}, \overline{f_2}, \dots, \overline{f_m}$ для кожного часткового критерію. Даний метод у загальному випадку не потребує інформації про перевагу на множині критеріїв. Задача багатокритеріальної оптимізації перетворюється на задачу мінімізації суми відхилень від цільових значень із деяким показником $p \geq 1$ [20]:

$$Z(X) = \left(\sum_{i=1}^m w_i |f_i(X) - \overline{f_i}|^p \right)^{1/p} \rightarrow_{X \in D}^{\min}, \quad (1.13)$$

де $w_i \geq 0, i = \overline{1, m}$ – деякі вагові коефіцієнти. Якщо часткові критерії вважаються рівноцінними, то $w_i = 0, i = \overline{1, m}$.

У межах методу робиться припущення про наявність так званої «ідеальної точки» $f^{max} = (f_1^{max}, \dots, f_m^{max})$ у просторі критеріїв, де $f_i^{max} = \max_{X \in D} f_i(X)$, $i = \overline{1, m}$. Тоді при $p = 2$ і $w_i = 1, i = \overline{1, m}$ із (1.13) одержимо задачу мінімізації семи квадратів відхилень:

$$Z(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m |f_i(X) - f_i^{max}|^2} \rightarrow_{X \in D}^{\min}, \quad (1.14)$$

у якій мінімізується евклідова відстань від множини досяжності F до «ідеальної точки» f^{max} («абсолютного максимуму»). Таким чином, у цьому методі правило вибору компромісу полягає у знаходженні альтернативи, оцінка якої є найближчою до «ідеальної точки» у деякій метриці.

Ускладнення, обумовлені різномасштабністю величин $|f_i(X) - f_i^{max}|$, можна усунути за допомогою нормалізації критеріїв:

$$Z(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{|f_i(x) - f_i^{max}|}{f_i^{max}} \right)^2} \rightarrow \min_{X \in D}. \quad (1.15)$$

Методи розв'язку ЗБО можна поділити на такі групи [37]:

- методи, засновані на накладенні обмежень на критерії;
- методи, засновані на лінійному згортанні критеріїв;
- методи, засновані на пошуку компромісного розв'язку;
- методи інтерактивного програмування;
- методи цільового програмування.

Якщо критерії, за якими оцінюються можливі рішення, являють собою кількісні показники, що вимірюються у певних одиницях (грошових одиницях, штуках, одиницях маси, об'єму і т. д.), то багатокритеріальна задача є добре формалізованою й розв'язується за допомогою математичних методів, які дозволяють привести її до однокритеріальної (методи згортання критеріїв, метод поступок, таке інше). Задачі вибору рішення з множини альтернатив, що порівнюються за якісними показниками (наприклад, «естетичність виробу», «репутація фірми», і т.п.), є такими, що погано формалізуються, і найчастіше розв'язуються на основі застосування експертних методів [38]. Крім того, застосування експертних методів враховує такі фактори як: досвід людей, їх професійні навички, обізнаність у діяльності підприємства, досвід у процесі прийняття рішень, що допомагає отримати переконливу відповідь на поставлені запитання за умов багатокритеріальної невизначеності [39].

Результати роботи експертної групи обов'язково будуть містити елементи суб'єктивізму, внесеними як самими експертами, так і організаторами експертного опитування. Це є неминучою платою за можливість отримати кількісні оцінки там, де раніше обмежувались тільки якісним описом. Експерт виступає в ролі датчика вихідної кількісної інформації у тих випадках, коли відсутні інші способи її отримання [38].

Розв'язування оптимізаційної задачі методом аналізу ієрархій відбувається з поділом на такі етапи [40]:

1. Визначення цілі – вибір однієї з кількох альтернатив з урахуванням критеріїв;
2. Побудова ієрархії, враховуючи критерії та альтернативи;
3. Реалізація попарних порівнянь елементів (альтернатив або критеріїв) кожного рівня та їх систематизація;
4. Розрахунок показників відносної значущості елементів кожного рівня;
5. Обчислення багатокритеріальної оцінки корисності кожної з альтернатив визначення найкращого рішення з альтернативних.

Еволюційні методи є новими методами розв'язування задач багатокритеріальної оптимізації, які успішно застосовуються в різних галузях науки і практики. У цих методах використовується ідея природного добору серед живих організмів у природі, за що вони й отримали назву генетичні. Генетичні алгоритми часто застосовуються разом із нейронними мережами, що створює гранично гнучкі, швидкі та ефективні інструменти аналізу [17].

Оскільки генетичні алгоритми доцільно застосовувати для розв'язування задач оптимізації, які не завжди можна розв'язати за допомогою стандартних оптимізаційних методів. Передусім, даний метод використовується при розв'язанні оптимізаційних задач, коли цільова функція є нелінійною, стохастичною або розривною, недиференційованою, або похідні якої є недостатньо визначеними [41].

Висновки до розділу 1

Виробниче підприємство в процесі своєї діяльності часто стикається з невизначеністю. Ринкова кон'юнктура, економічне становище в країні, зміни в законодавстві, мінливість погодних умов – все це фактори впливу на підприємство, які спричиняють невизначеність в його діяльності. Невизначеність може впливати на підприємство як прямо, так і опосередковано.

Найчастіше підприємство стикається з невизначеністю в процесі прийняття управлінських рішень. Окрім того, що підприємство діє в динамічних умовах, особі, що приймає рішення необхідно враховувати ряд критеріїв, які матимуть вплив на діяльність, що планується.

Методи багатокритеріальної оптимізації дозволяють спростити процес прийняття рішення для ОПР та врахувати вплив невизначеності. Результатом задач багатокритеріальної оптимізації є сукупність розв'язків, яка називається множиною Парето. Безліч допустимих рішень, для яких неможливо одночасно поліпшити всі часткові критерії ефективності, є областю Парето, а рішення, що належать даній області, вважаються ефективними або ж оптимальними за Парето.

Розв'язок, коли оптимальне рішення у багатокритеріальній системі не може бути удосконалено за жодним з критеріїв без погіршення за іншим критерієм, вважається оптимальним за Парето. Оптимум за Парето може забезпечувати задовільне рішення для різних груп критеріїв.

Багатокритеріальна оптимізація краще ніж однокритеріальна відповідає цілям і завданням діяльності виробничого підприємства, вимогам системного підходу до управління ним.

Проте багатокритеріальні задачі не мають універсального способу розв'язування. Вибір та коректне застосування способів отримання наближеного до оптимального варіанту рішення залишається за суб'єктом управління.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Аналіз стану та визначення напрямів оптимізації діяльності підприємства

Наявність великого набору методів розв'язування ЗБО в моделюванні збалансованої системи показників надає широкі можливості для управління діяльністю підприємства. Це, по-перше, визначення реально можливого досягнення максимального рівня ефективності підприємства на основі оптимальних значень його основних показників, структурованих за основними критеріями діяльності. По-друге, визначення умов стійкості функціонування підприємства зі збереженням відповідного рівня ефективності діяльності. По-третє, отримання оптимальних значень показників, які можна використовувати як еталонні при здійсненні оцінки діяльності, й обґрунтування планових і бажаних значень показників при розробленні та коригуванні стратегій на підприємстві [10].

Аналіз моделей та методів багатокритеріальної оптимізації проводився на основі Приватного акціонерного товариства «Рокитнівський скляний завод», що розташоване у смт. Рокитне в Рівненській області, засноване в 1898 році та має 120-річний досвід в галузі скловиробництва. Протягом всього терміну своєї діяльності, підприємство було та залишається одним із провідних виробників порожнистого скла. Завод спеціалізується на виробництві пляшок в зеленому та коричневому кольорі скла місткістю до 2,0 літра, які використовуються для пивних заводів, заводів по виготовленню безалкогольних напоїв, а також заводів шампанських вин. За обсягами промислового виробництва завод відноситься до значних підприємств України в галузі скловиробництва.

Після економічної кризи 2009 року, із збільшенням ціни на енергоносії, завод зазнав значних фінансових збитків, втратив ринки збуту продукції. Постало питання кардинальних змін. Тоді керівництво підприємства окреслило коло основних завдань, які першочергово потрібно було реалізувати менеджменту, а

саме: відновлення виробництва на всіх потужностях, створення робочих місць, налагодження нових ринків збуту готової продукції як в Україні, так і за її межами, освоєння новітніх технологій виробництва для подальшої модернізації та впровадження на підприємстві. На сьогодні ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» – це підприємство, яке відповідає високим вимогам міжнародних стандартів з ефективності виробництва, рівня охорони праці, підготовки кадрів, якості продукції та соціального захисту [42].

Виробнича структура підприємства складається із цеху склотарного виробництва, де виробляється основна продукція підприємства, а саме – склотара, та виробничо-технологічних структурних підрозділів, які є необхідними складовими у процесі виробництва, зберігання та транспортування виготовленої продукції.

При середньому терміні корисного використання обладнання на підприємстві 10 років, ступінь його зносу протягом 2012-2017 років зображений на рис. 2.1.



Рис. 2.1 Ступінь зносу обладнання за роками

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Середньорічний показник використання потужностей на підприємстві відповідає нормативним вимогам скляної промисловості. У 2015 році коефіцієнт використання склоформуючих машин склав 0,897%, у 2016 р. – 0,897%, у 2017 році – 0,88%.

Вдосконалюючи виробничі процеси та постійно впроваджуючи прогресивні технології скловиробництва, підприємство зацікавлене у розширенні виробничих потужностей, що може зацікавити інвесторів для участі їх у фінансуванні або впровадженні новітніх технологій на виробництві.

На рис. 2.2 зображена зміна чисельності та структури працівників підприємства протягом 2013-2017 років.



Рис. 2.2 Чисельність працівників «Рокитнівського скляного заводу» 2013-2017 рр.

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Проведемо оцінку фінансово-майнового стану підприємства. Розрахунок середніх значень показників за рік для подальшої оцінки наведені у додатку В.

Результати обчислення показників ліквідності та платоспроможності у табл. 2.1.

Оцінка ліквідності та платоспроможності підприємства

Показник	Рік			Абсолютна зміна, в.п.	
	2015	2016	2017	На 01.01.17	На 01.01.18
Ліквідні активи, тис.грн	271079	316002	373908	44923	57906
Швидколіквідні активи, тис.грн.	164966	187306	271650	22340	84344
Готові засоби платежу, тис.грн.	799	2179	3421	1380	1242
Коефіцієнт забезпеченості ліквідними активами	0,60	0,62	0,64	0,02	0,01
Коефіцієнт забезпеченості швидколіквідними активами	0,37	0,37	0,46	0,00	0,09
Коефіцієнт забезпеченості готовими засобами платежу	0,002	0,004	0,006	0,003	0,002
Загальний коефіцієнт ліквідності(покриття)	2,52	1,40	1,87	-1,12	0,47
Коефіцієнт проміжної ліквідності(проміжний коефіцієнт покриття)	1,53	0,83	1,36	-0,70	0,53
Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,01	0,01	0,02	0,00223	0,00744
Коефіцієнт відволікання оборотних активів:					
у запаси	0,39	0,40	0,27	0,01659	-0,13205
у дебіторську заборгованість	0,61	0,59	0,72	-0,02	0,13
Коефіцієнт участі матеріальних запасів у покритті поточних зобов'язань	0,97	0,56	0,51	-0,41	-0,06
Частка власного оборотного капіталу у покритті запасів	-3,62	-2,99	-4,09	0,63	-1,10
Коефіцієнт маневрування	1,88	1,99	2,04	0,11	0,05

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Значення загального коефіцієнта ліквідності протягом 2015-2017 років знаходиться в межах норми, що є позитивним фактором для кредиторів і потенційних інвесторів. Спроможність підприємства виконувати свої поточні

зобов'язання за рахунок легко конвертованих у гроші активів знизилася. Оскільки коефіцієнт абсолютної ліквідності протягом досліджуваного періоду був менше 0,2 ступінь покриття поточних зобов'язань коштами та їх еквівалентами низький. Однак спостерігається тенденція до збільшення можливості підприємства погасити короткострокові зобов'язання найближчим часом, не чекаючи оплати дебіторської заборгованості й реалізації інших активів. Активи підприємства забезпечені ліквідними активами у 2015 на 60%, а у 2017 вже на 64%, швидколіквідними активами на 37% у 2015р., на 37% у 2016р. і на 46% у 2017р., абсолютно ліквідними активами на 0,2% у 2015р., на 0,4% у 2016р., на 0,6% у 2017р.

За даними додатку В знаходимо показники структури капіталу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Показники структури капіталу

Показник	Рік			Абсолютна зміна, в.п.		Темп приросту, %	
	2015	2016	2017	На 01.01.17	На 01.01.18	На 01.01.17	На 01.01.18
Коефіцієнт автономії	-0,45	-0,38	-0,35	0,07	0,03	-15,69	-8,26
Коефіцієнт залежності	-2,23	-2,65	-2,89	-0,42	-0,24	18,61	9,00
Коефіцієнт заборгованості	1,45	1,38	1,35	-0,07	-0,03	-4,85	-2,26
Коефіцієнт структури капіталу	-0,31	-0,27	-0,26	0,04	0,02	-11,39	-6,13
Коефіцієнт покриття інвестицій	0,76	0,55	0,66	-0,21	0,10	-27,16	18,84

Джерело: розроблено автором

Протягом досліджуваного періоду коефіцієнт автономії був нижче норми, проте фінансовий стан поступово покращується. Збільшення коефіцієнту покриття інвестицій з 0,55 у 2016 р. до 0,66 у 2017р. показує збільшення частини інвестицій підприємства, що фінансується за рахунок власних коштів і довгострокових боргових коштів, тобто за рахунок стійких джерел.

Таблиця 2.3

**Фінансові результати діяльності ПрАТ «Рокитнівський скляний завод»,
тис.грн**

Показник	2015	2016	2017
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	240029	252402	312841
Чистий дохід від реалізації продукції	336501	351224	455756
Фінансові витрати	59384	49979	29932
Фінансовий результат до оподаткування: прибуток, збиток	-101153	-8459	-14424
Чистий фінансовий результат: прибуток, збиток	-99006	10081	-11912

Джерело: розроблено автором за даними [43]

На основі табл. 2.3 та додатку В рахуємо показники ділової активності (табл. 2.4) та показники рентабельності (табл. 2.5).

Таблиця 2.4

Показники ділової активності

Показник	Рік			Абсолютна зміна, в.п.		Темп приросту, %	
	2015	2016	2017	На	На	На	На
				01.01.17	01.01.18	01.01.17	01.01.18
Коефіцієнт оборотності активів, об.	0,83	0,74	0,84	-0,10	0,10	-11,52	13,57
Коефіцієнт оборотності оборотних активів, об.	1,50	1,20	1,32	-0,30	0,12	-19,95	10,42
Коефіцієнт оборотності виробничих запасів, об.	2,90	2,18	2,74	-0,73	0,56	-25,04	25,82
Коефіцієнт співвідношення дебіторської і кредиторської заборгованості	3,96	1,36	3,25	-2,61	1,90	-65,76	139,71
Коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості, об.	5,79	1,85	3,79	-3,94	1,94	-68,08	105,06

Джерело: розроблено автором

Оборотність активів зменшилася у 2016 р. в порівнянні з 2015 р. і складала 0,74 об., проте вже у 2017 р. повернулася до показника 0,84 об. Спостерігається негативна тенденція до зменшення оборотності оборотних активів, 2015р.- 1,5 об., у 2016 р. – 1,2 об., у 2017 – 1,32 обороту. За 2015 рік запаси підприємства зробили 2,9 оберту, у 2016 – 2,18 об., у 2017 – 2,74 об. Протягом всього досліджуваного періоду дебіторська заборгованість більша за кредиторську (у 2016 р. співвідношення дебіторської і кредиторської заборгованості було 1,36, а в 2017 р. вже 3,25). Оборотність кредиторської заборгованості у 2017 році в порівнянні з 2016 р. зросла на 1,94.

Таблиця 2.5

Показники рентабельності

Показник	Рік			Абсолютна зміна, в.п.		Темп приросту, %	
	2015	2016	2017	На 01.01.17	На 01.01.18	На 01.01.17	На 01.01.18
Рентабельність власного капіталу, %	-65,26	-5,14	-6,05	-70,40	11,19	-107,88	-217,68
Рентабельність активів, %	-24,48	2,11	-2,19	26,59	-4,30	-108,63	-203,42
Рентабельність оборотних активів, %	-44,03	3,44	-3,46	47,47	-6,90	-107,81	-200,55
Рентабельність необоротних активів, %	-55,13	5,48	-5,94	60,61	-11,42	-109,94	-208,35
Рентабельність продажу, %	-29,42	2,87	-2,61	32,29	-5,48	-109,76	-191,06
Рентабельність продукції, %	-41,25	3,99	-3,81	45,24	-7,80	-109,68	-195,33
Економічна рентабельність, %	-10,33	8,70	2,84	19,03	-5,86	-184,27	-67,31

Джерело: розроблено автором

У досліджуваному періоді підприємство ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» не було рентабельним. Власний капітал має від'ємне значення це дає підстави свідчити, що на підприємстві відсутній власний капітал через непокритий збиток (накопичену суму чистого збитку, в результаті отримання негативного фінансового результату за звітний період).

Рентабельність активів мала таку тенденцію: від -24,48% у 2015р. до 2,11% у 2016 р. і -2,19% у 2017 році. Кожна гривня оборотних активів у 2015 році приносила 44,03 грн збитку, у 2016 році 3,44 грн прибутку, а у 2017 році 3,46 грн збитку. Рентабельність необоротних активів у 2015 році -55,13%, у 2016 р. 5,48%, у 2017р. -5,94%.

Рентабельність продажу зросла від -29,42% у 2015 р. до 2,87% у 2016 р. і знизилася у 2017р. до -2,61%. Рентабельність продукції у 2015 р. складала -41,25%, у 2016 р. 3,99%, у 2017р. -3,81%. У 2016 році в порівнянні з 2015 роком всі показники рентабельності покращилися.

У 2017 році економічна рентабельність ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» в порівнянні з 2016 роком погіршилася на 67,31%, а інші показники рентабельності погіршилися на більше ніж 190%.

Проаналізуємо фінансові результати діяльності підприємства: динаміку обсягу та складу (табл. 2.6), динаміку структури (додаток Г) фінансових результатів діяльності підприємства.

Протягом досліджуваного періоду спостерігається зростання фінансового результату від операційної діяльності на 41486 тис.грн. (56,80%). Відбулося зменшення фінансових результатів від фінансово-інвестиційної діяльності на 47443 тис.грн. (58,20%), від звичайної діяльності до оподаткування на 5965 тис.грн. (70,52%), від звичайної діяльності на 21993 тис.грн. (-218,16%). Чистий збиток теж зменшився на на 21993 тис.грн. (-218,16%).

Частка фінансового результату від основної діяльності зросла на 12,85%, а питома вага фінансового результату від іншої операційної діяльності зросла на 56,64%.

Таблиця 2.6

Динаміка обсягу та складу фінансових результатів діяльності підприємства

№ п/п	Показник	Обсяг, тис. грн.		Абсолютна зміна, тис. грн.	Темп приросту, %
		2016рік	2017рік		
1	Фінансовий результат від операційної діяльності	73045	114531	41486	56,80
1.1	Фінансовий результат від основної діяльності	53088	88671	35583	67,03
1.2	Фінансовий результат від іншої операційної діяльності	19957	25860	5903	29,58
2	Фінансовий результат від фінансово-інвестиційної діяльності	-81512	-128955	-47443	58,20
3	Фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування	-8459	-14424	-5965	70,52
4	Фінансовий результат від звичайної діяльності	10081	-11912	-21993	-218,16
5	Чистий прибуток (збиток)	10081	-11912	-21993	-218,16

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Динаміка результатів діяльності ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» представлена у табл.2.7.

У 2017 році в порівнянні з 2016 роком показники рентабельності підприємства підвищилися. Операційна рентабельність реалізації зросла на 4,33%,

чиста на 5,6%, чиста рентабельність продукції з -4,72% до 3,22%. Валова рентабельність реалізації знизилася на 0,76%.

Таблиця 2.7

Динаміка результатів діяльності підприємства¹

№ п/п	Показник	2016 рік	2017 рік	Абсолютна зміна	Темп приросту, %
1	Операційна рентабельність реалізації, %	20,80	25,13	4,33	20,83
2	Валова рентабельність реалізації, %	-2,41	-3,16	-0,76	31,41
3	Чиста рентабельність реалізації, %	-3,39	2,21	5,60	-165,22
4	Чиста рентабельність продукції, %	-4,72	3,22	7,94	-168,28

Під час проведення аналізу витрат підприємства варто враховувати обсяги та структуру випуску продукції, ефективність використання персоналу підприємства та основних фондів, а також рівень собівартості продукції, що дозволить чітко встановити джерела покриття та ефективність використання грошових коштів підприємства і визначити основні заходи для їх оптимізації [44].

Проведемо аналіз поточних витрат підприємства та собівартості продукції (табл. 2.8, табл. 2.9).

¹ Розраховано на основі: «Звіт про виробництво та реалізацію промислової продукції за 2016 рік», «Звіт про виробництво та реалізацію промислової продукції за 2017 рік»

Динаміка обсягу та складу поточних витрат підприємства

№ п/п	Показник	Обсяг, тис. грн.		Абсолютна зміна, тис. грн.	Темп приросту, %
		2016 рік	2017 рік		
1	Собівартість реалізованої продукції	252402	312841	60439	23,95
2	Витрати від операційної діяльності	45734	54244	8510	18,61
2.1	Адміністративні витрати	8557	9802	1245	14,55
2.2	Витрати на збут	15863	21854	5991	37,77
2.3	Інші операційні витрати	21314	22588	1274	5,98
3	Витрати від фінансово-інвестиційної діяльності	170058	136957	-33101	-19,46
3.1	Фінансові витрати	49979	29932	-20047	-40,11
3.2	Витрати від участі в капіталі	0	0	0	-
3.3	Інші витрати	120079	107025	-13054	-10,87
4	Всього витрати від звичайної діяльності	468194	504042	35848	7,66
5	Надзвичайні витрати	0	0	0	-
6	Всього поточні витрати	468194	504042	35848	7,66

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Поточні витрати у 2017 році порівняно з 2016 зросли на 35848 тис.грн., або на 7,66%, не зважаючи на зменшення витрат від фінансово-інвестиційної діяльності на 33101 тис.грн (19,46%). Адже спостерігалось збільшення собівартості реалізованої продукції на 23,95% та витрат від операційної діяльності 18,61% в основному за рахунок збільшення витрат на збут на 5991 тис. грн. або 37,77%. Надзвичайних витрат у 2016-2017 роках не було.

Динаміка структури поточних витрат підприємства

№ п/п	Показник	Питома вага, %		Абсолютна зміна, в.п.
		2016 рік	2017 рік	
1	Собівартість реалізованої продукції	53,910	62,066	8,157
2	Витрати від операційної діяльності	9,8	10,762	0,994
2.1	Адміністративні витрати	1,828	1,945	0,117
2.2	Витрати на збут	3,388	4,34	0,947
2.3	Інші операційні витрати	4,55	4,48	-0,07
3	Витрати від фінансово-інвестиційної діяльності	36,32	27,17	-9,15
3.1	Фінансові витрати	10,67	5,94	-4,74
3.2	Втрати від участі в капіталі	0,00	0,00	0,00
3.3	Інші витрати	25,65	21,23	-4,41
4	Всього витрати від звичайної діяльності	100	100	0
5	Надзвичайні витрати	0	0	0
6	Всього поточні витрати	100	100	0

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Найбільша частка – 53,91% у 2016 р. і 62,07% у 2017р. у складі поточних витрат у собівартості реалізованої продукції. Протягом досліджуваного періоду на 0,99% зросла питома вага витрат від операційної діяльності. Частка витрат від фінансово-інвестиційної діяльності у свою чергу зменшилися на 9,15%.

Проведемо факторний аналіз змін рентабельності власного капіталу, рентабельності активів, рентабельності діяльності (табл. 2.10, табл. 2.11, табл. 2.12).

Факторний аналіз зміни рентабельності власного капіталу

Показник	Обсяг, тис. грн.		Абсолютне відхилення	Темп приросту, %
	2016	2017		
Власний капітал	-191049	-202772	-11723	6,14
Середньорічна сума активів	477482,5	545558,5	68076	14,26
Чистий дохід	351224	455756	104532	29,76
Сума операційних витрат	367085	298136	-68949	-18,78
Чистий прибуток/збиток	10081	-11912	-21993	-218,16
Рентабельність власного капіталу				
Рентабельність продажу	0,03	-0,03	-0,05	-191,06
Коефіцієнт оборотності активів	0,74	0,84	0,10	13,57
Мультиплікатор власного капіталу	-2,50	-2,69	-0,19	7,65
Рентабельність власного капіталу	-0,05	0,06	0,11	-211,33

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Зміна рентабельності власного капіталу за рахунок зміни:

- Рентабельності продажу 0,101;
- Коефіцієнта оборотності активів 0,007;
- Мультиплікатора власного капіталу 0,004;

Рентабельність власного капіталу загалом зросла на 0,112.

За рахунок зменшення рентабельності продажу на 0,055 зміна рентабельності власного капіталу зросла на 0,101. Зі зростанням коефіцієнта оборотності активів на 0,1 відбулося збільшення рентабельності власного капіталу

на 0,007. Зменшення мультиплікатора власного капіталу на 0,191 призвело до зростання на 0,004 рентабельності власного капіталу.

Таблиця 2.11

Факторний аналіз зміни рентабельності активів

Показник	2016	2017	Абсолютне відхилення	Темп приросту, %
Рентабельність активів	0,02	-0,02	-0,04	-203,42

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Зміна рентабельності активів за рахунок зміни:

- Рентабельності продажу -0,040;
- Коефіцієнта оборотності активів -0,003;

Рентабельність активів загалом зменшилася на 0,043.

Зменшення рентабельності продажу на 0,055 спричинило зменшення рентабельності активів на 0,040. Зростання коефіцієнта оборотності активів на 0,1 спричинило погіршення рентабельності активів на 0,003.

Таблиця 2.12

Факторний аналіз рентабельності діяльності

Показник	2016	2017	Абсолютне відхилення	Темп приросту, %
Рентабельність витрат	0,03	-0,04	-0,07	-245,49
Витратомісткість	1,05	0,65	-0,39	-37,41
Рентабельність діяльності	0,03	-0,03	-0,05	-191,06

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Зміна рентабельності діяльності за рахунок зміни:

- Рентабельності витрат -0,07;
- Витратомісткості 0,02.

Рентабельність діяльності загалом знизилася на 0,05.

Зменшення рентабельності витрат на 0,07 спричинило зменшення рентабельності діяльності на 0,07. За рахунок зменшення витратомісткості на 0,39 рентабельність діяльності підприємства зросла на 0,02.

За підсумками роботи у 2017 році, підприємство мало збитки від фінансово-господарської діяльності загальною сумою 11 912 тис. грн., основною причиною чого стало отримання збитків від курсових різниць по існуючим валютним зобов'язанням. Під вплив зазначеного ризику підпали операції з реалізації та придбання підприємства, деноміновані в іноземних валютах. Зміни курсів валют викликали подорожчання сировини для виробництва, вартості енергоносіїв та кредитних ресурсів. Низька платоспроможність споживачів та порушення узгоджених термінів оплати за склопродукцію також відіграють вагому роль у здійсненні фінансово-економічної політики підприємства [43].

Для забезпечення стабільності виробництва, керівництву підприємства варто приділити максимум зусиль для зменшення внутрішніх ризиків та зниження витрат, пов'язаних з забезпеченням функціонування виробництва.

Одним з головних завдань є планування стратегії розвитку підприємства, яке включає в себе [43]:

- вибір оптимальної лінії поведінки на ринку готової продукції виходячи з потреб внутрішнього та зовнішнього ринку склотари, існуючого та можливого асортименту виготовляємої заводом продукції, існуючого та потрібного заводу технічного рівня виробництва;
- вибір засобів конкурентної боротьби: цінова політика, конкуренція якості виготовляємої склопродукції, конкурентна боротьба в сфері традиційної або принципово нової продукції;
- формування та підтримання оптимальної структури потенціалу підприємства на основі оптимізації співвідношення існуючого та задіяного потенціалу з потенціалом розвитку, згідно відповідної фінансової стратегії;
- розробка відповідних організаційно-технічних заходів розвитку (технічне переоснащення, реконструкція, розширення, нове будівництво, зміна системи управління).
- визначення джерел та засобів формування фінансових ресурсів для фінансування діяльності підприємства, згідно обраної фінансової стратегії.

2.2. Використання методів зведення багатокритеріальної оптимізації до однокритеріальної задачі

Метод головного часткового критерію (метод задоволених вимог) простий, наглядний, але вільний вибір головного критерію може призвести до малоефективних результатів. Метод полягає в тому, що критерій якості, наприклад, $f_i(X)$ пов'язується з одним із показників, вибраних у ролі головного [45]. Всі інші часткові критерії переводяться у розряд обмежень за наступним правилом. Відповідно до вимог ОПР на всі інші часткові критерії накладаються певні обмеження – призначаються мінімальні допустимі значення \tilde{f}_i для кожного критерію [20]:

$$f_i(X) \geq \tilde{f}_i, i = \overline{1, m}, i \neq j. \quad (2.1)$$

Після цього розв'язується задача однокритеріальної оптимізації

$$f_j(X) \rightarrow \max, j \in \overline{1, m} \quad (2.2)$$

при умовах

$$\begin{cases} f_i(X) \geq \tilde{f}_i, i = \overline{1, m}, i \neq j \\ X \in D. \end{cases} \quad (2.3)$$

Як результат розв'язування задачі (2.2), (2.3) визначається ефективна альтернатива X^* і її оцінка $y^* = (f_1(X^*), \dots, f_m(X^*))$. Особа, що приймає рішення, аналізує отримане значення y_j^* головного часткового критерію f_j . Якщо це значення не задовольняє її, то ОПР намагається збільшити значення головного критерію за рахунок змін мінімально допустимих рівнів інших критеріїв. Якщо значення головного критерію задовольняє ОПР, то вона розмірковує – можливо чи ні деяке погіршення значення головного критерію з метою покращення значень інших. Якщо ні, то процедура закінчується. У протилежному випадку можна зробити спробу призначити інший головний критерій [20].

Методом головного часткового критерію розв'яжемо задачу багатокритеріальної оптимізації виробничої програми. У табл. 2.13 наведено оптові ціни за тону продукції.

Таблиця 2.13

Оптова ціна за тону продукції

№ п/п	1	2	3	4	5	6
Назва товару	NRW 330	Bordo 750	Perfetta 700	ALE 500	Longneck 330	Akva polana 500
Ціна, грн	6160,4	6358,05	6310,0	6284,4	6184,4	6328,0

Джерело: узагальнено автором на основі даних наданими підприємством

У табл. 2.14 вказано запаси кожного виду ресурсів та норми витрат сировини для виготовлення продукції на ПрАТ «Рокитнівський скляний завод», а у табл. 2.15 – ціни за тону сировини.

Таблиця 2.14

Норми витрат сировини та її запаси

Назва сировини	Види продукції						Запас сировини
	NRW 330, т	Bordo 750, т	Perfetta 700, т	ALE 500, т	Longneck 330, т	Akva polana 500, т	
Сода кальцинована, т	0,231581	0,231563	0,231578	0,231581	0,232	0,2315	43000
Доломіт, т	0,18286	0,18286	0,18265	0,1813	0,18286	0,18286	15000
Глинозем, т	0,06518	0,064	0,064	0,06518	0,06518	0,06518	4800
Сульфат натрію, т	0,02968	0,0302	0,0301	0,02968	0,02968	0,02968	1300
Селітра натрієва, т	0,1894	0,1894	0,1894	0,190	0,1898	0,1893	810
Пісок, т	0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	96000
Склобій, т	0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,038	41000
Ціна продукції, грн	6160,4	6 358,05	6310,0	6284,4	6184,4	6 328,0	-

Джерело: узагальнено автором на основі даних наданими підприємством

Ціна за тону сировини

№ п/п	Назва сировини	Ціна, грн
1	Сода кальцинована	6400
2	Доломіт	1210
3	Глинозем	8780
4	Сульфат натрію	4400
5	Селітра натрієва	8842
6	Пісок	1160
7	Склобій	1040

Джерело: узагальнено автором на основі даних наданими підприємством

Укладені договори зі своїми споживачами ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» виконує повністю і у встановлені терміни, то ж було пролонговано договір на поставку склопляшок ALE 500, Longneck 330 для ПрАТ «ОБОЛОНЬ» на суму 5,7 млн. грн.

Із замовником ТДВ «Свалявські мінеральні води» продовжено договір на поставку ALE 500, NRW 330 на суму 3 млн. грн., з ТОВ «Аква-Поляна» на поставку NRW 330, Akva polana 500 на суму 2,3 млн. грн., а з ПрАТ «Ізмаїльський виноробний завод» – Bordo 750, Perfetta 700 на суму 4 млн.грн.

Необхідно визначити, скільки виробляти кожного виду продукції, щоб отримати максимальний прибуток від реалізації при мінімальних витратах та максимальному доході.

Сформуємо математичну модель задачі. Позначимо через x_1 – NRW 330, через x_2 – Bordo 750, x_3 – Perfetta 70, x_4 – ALE 500, x_5 – Longneck 330, x_6 – Akva polana 500.

Маємо обмеження на сировину:

$$0,231581x_1 + 0,231563x_2 + 0,231578x_3 + 0,231581x_4 + 0,232x_5 + 0,2315x_6 \leq 43000$$

$$0,18286x_1 + 0,18286x_2 + 0,18265x_3 + 0,1813x_4 + 0,18286x_5 + 0,18286x_6 \leq 15000$$

$$0,06518x_1 + 0,064x_2 + 0,064x_3 + 0,06518x_4 + 0,06518x_5 + 0,06518x_6 \leq 4800$$

$$0,02968x_1 + 0,0302x_2 + 0,0301x_3 + 0,02968x_4 + 0,02968x_5 + 0,02968x_6 \leq 1300$$

$$0,1894x_1 + 0,1894x_2 + 0,1894x_3 + 0,190x_4 + 0,1898x_5 + 0,1893x_6 \leq 810$$

$$0,68621x_1 + 0,68621x_2 + 0,68621x_3 + 0,68621x_4 + 0,68621x_5 + 0,68621x_6 \leq 96000$$

$$0,035x_1 + 0,036x_2 + 0,034x_3 + 0,034x_4 + 0,035x_5 + 0,038x_6 \leq 41000$$

Обмеження на замовлення:

$$6284,4x_4 + 6184,4x_5 \geq 5700000,$$

$$6184,4x_1 + 6284,4x_4 \geq 3000000,$$

$$6184,4x_1 + 6328x_6 \geq 2300000,$$

$$6358,05x_2 + 6310x_3 \geq 4000000.$$

Цільові функції:

1. Максимізація прибутку:

Віднявши від виручки витрати на сировину, отримуємо цільову функцію максимізації прибутку:

$$f_1(X) = 1247x_1 + 1452x_2 + 1406x_3 + 1369x_4 + 1265x_5 + 1413x_6 \rightarrow \max$$

2. Цільова функція максимізації доходу від реалізації матиме вигляд:

$$f_2(X) = 6160,4x_1 + 6358,05x_2 + 6310x_3 + 6284,4x_4 + 6184,4x_5 + 6328x_6 \rightarrow \max$$

3. Мінімізація витрат на придбання ресурсів:

Щоб знайти витрати на ресурси необхідно перемножити ціни на сировину на норми витрат для кожного виду продукції. У результаті розрахунків отримано таку цільову функцію:

$$f_3(X) = 4913x_1 + 4906x_2 + 4904x_3 + 4916x_4 + 4920x_5 + 4915x_6 \rightarrow \min$$

Головним критерієм є перша цільова функція

$$f_1(X) = 1247x_1 + 1452x_2 + 1406x_3 + 1369x_4 + 1265x_5 + 1413x_6 \rightarrow \max.$$

Перший частковий критерій f_1 обраний у якості головного. Призначимо мінімальне допустиме значення критерію f_2 на рівні $\tilde{f}_2 = 11995600$ грн. Максимальне допустиме значення критерію f_3 на рівні $\tilde{f}_3 = 9401033$ грн. Тоді отримаємо таку однокритеріальну задачу:

$$f_1(X) = 1247x_1 + 1452x_2 + 1406x_3 + 1369x_4 + 1265x_5 + 1413x_6 \rightarrow \max$$

при умовах:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,231581x_1 + 0,231563x_2 + 0,231578x_3 + 0,231581x_4 + 0,232x_5 + \\ \quad + 0,2315x_6 \leq 43000; \\ 0,18286x_1 + 0,18286x_2 + 0,18265x_3 + 0,1813x_4 + 0,18286x_5 + \\ \quad + 0,18286x_6 \leq 15000; \\ 0,06518x_1 + 0,064x_2 + 0,064x_3 + 0,06518x_4 + 0,06518x_5 + \\ \quad + 0,06518x_6 \leq 4800; \\ 0,02968x_1 + 0,0302x_2 + 0,0301x_3 + 0,02968x_4 + 0,02968x_5 + \\ \quad + 0,02968x_6 \leq 1300; \\ 0,1894x_1 + 0,1894x_2 + 0,1894x_3 + 0,190x_4 + 0,1898x_5 + 0,1893x_6 \leq 810; \\ 0,68621x_1 + 0,68621x_2 + 0,68621x_3 + 0,68621x_4 + 0,68621x_5 + \\ \quad + 0,68621x_6 \leq 96000; \\ 0,035x_1 + 0,036x_2 + 0,034x_3 + 0,034x_4 + 0,035x_5 + 0,038x_6 \leq 41000; \\ 6284,4x_4 + 6184,4x_5 \geq 5700000; \\ 6184,4x_1 + 6284,4x_4 \geq 3000000; \\ 6184,4x_1 + 6328x_6 \geq 2300000; \\ 6358,05x_2 + 6310x_3 \geq 4000000; \\ 6160,4x_1 + 6358,05x_2 + 6310x_3 + 6284,4x_4 + 6184,4x_5 + \\ \quad + 6328x_6 \geq 11995600; \\ 4913x_1 + 4906x_2 + 4904x_3 + 4916x_4 + 4920x_5 + 4915x_6 \leq 9401033; \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.4)$$

Розв'яжемо цю задачу в інтегрованому середовищі Mathcad (рис. 2.3).

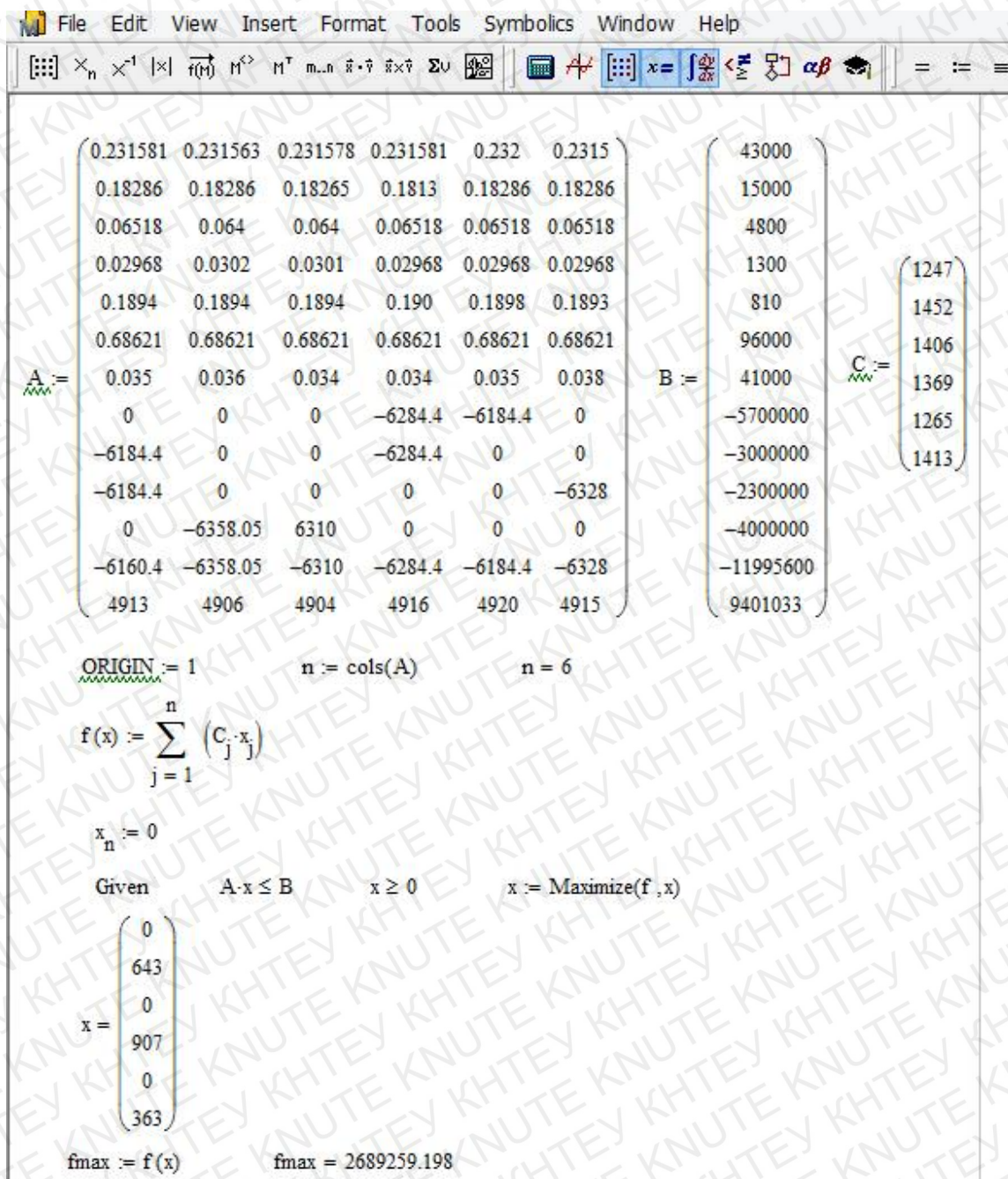


Рис. 2.3 Розв'язування задачі максимізації прибутку з урахуванням мінімізації витрат та максимізації доходу в середовищі MathCAD

Джерело: розроблено автором

Отримано оптимальний план виробництва: Bordo 750 виробити 643 т, ALE 500 – 907 т і Akva polana 500 – 363 т. Не випускати продукцію: NRW 330, Perfetta 700, Longneck 330. При цьому максимальний прибуток складе 26892598 грн.

Розв'яжемо цю задачу методом послідовних поступок. Часткові критерії нумеруються у порядку спадання їх важливості для ОІР. Нехай критерії

f_1, f_2, \dots, f_m , вже записані у порядку зменшення їх пріоритету, тобто $f_1 > f_2 > \dots > f_m$.

Крок 1. Розв'язується задача оптимізації за першим частковим критерієм

$$f_1(X) \rightarrow_{X \in G_1}^{max}, \quad (2.5)$$

де множина $G_1 = D \subset R^n$. Нехай X^1 – оптимальний розв'язок задачі (2.5).

Позначимо через

$$y^1 = (f_1(X^1), \dots, f_m(X^1)) = (y_1^1, \dots, y_m^1) \quad (2.6)$$

відповідну оцінку значень часткових критеріїв.

Крок 2. ОПР аналізує отриману оцінку. У випадку, коли вона не задовольняє ОПР, призначається величина поступки Δf_1 за першим критерієм, на яку ОПР може погодитися з метою покращення значень інших, менш важливих критеріїв. Далі будується «уточнена» множина альтернатив $G_2 \subset G_1$:

$$G_2 = \{X \in G_1: f_1(X) \geq y_1^1 - \Delta f_1\}, \quad (2.7)$$

на якій розв'язується задача оптимізації за другим частковим критерієм:

$$f_2(X) \rightarrow_{X \in G_2}^{max}. \quad (2.8)$$

Нехай X^2 – оптимальний розв'язок задачі (23), а $y^2 = (f_1(X^2), \dots, f_m(X^2)) = (y_1^2, \dots, y_m^2)$ – відповідна оцінка.

Крок 3. ОПР аналізує отриману оцінку і призначає величину поступки Δf_2 за другим критерієм. Будується «уточнена» множина альтернатив

$$G_3 = \{X \in G_2: f_2(X) \geq y_2^2 - \Delta f_2\} \quad (2.9)$$

і розв'язується задача оптимізації за третім критерієм:

$$f_3(X) \rightarrow \max_{X \in G_3} \quad (2.10)$$

і т. д.

Крок m . Призначається поступка Δf_{m-1} за $(m - 1)$ - м критерієм, будується множина

$$G_m = \{X \in G_{m-1} : f_{m-1}(X) \geq y_{m-1}^{m-1} - \Delta f_{m-1}\} \quad (2.11)$$

і розв'язується задача

$$f_m(X) \rightarrow \max_{X \in G_m} \quad (2.12)$$

розв'язок якої позначимо X^m .

ОПР або погоджується з отриманою альтернативою X^m , або повторно виконує процедуру, замінивши величини поступок Δf_i , Δf_i , $i = 1, m - 1$. У цьому випадку ОПР збагачується знанням про взаємозв'язок величин поступок за критеріями та значень менш важливих критеріїв.

Запишемо критерії у порядку зменшення їх пріоритету, тобто $f_1 > f_2 > f_3$. Спочатку знайдемо розв'язок однокритеріальної оптимізаційної задачі за першим частковим критерієм f_1 .

Проведемо розрахунки за допомогою табличного процесора Microsoft Excel, зокрема, надбудови «Поиск решения». Для цього підготуємо форму для вводу умов та вводимо дані (рис. 2.4).

Оптимальні значення після розв'язку задачі будуть розміщені в клітинках B3:G3, оптимальне значення цільової функції – в клітині I5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1		Змінні									
2		x1	x2	x3	x4	x5	x6				
3		0	0	0	0	0	0				
4											
5	Цільова функція	1247	1452	1406	1369	1265	1413	max	=СУММПРОИЗВ(B3:G3;B5:G5)		
6											
7											
8	Обмеження										
9	На ресурси	0,231581	0,231563	0,231578	0,231581	0,232	0,2315		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B9:G9)	43000	
10		0,18286	0,18286	0,18265	0,1813	0,18286	0,18286		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B10:G10)	15000	
11		0,06518	0,064	0,064	0,06518	0,06518	0,06518		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B11:G11)	4800	
12		0,02968	0,0302	0,0301	0,02968	0,02968	0,02968		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B12:G12)	1300	
13		0,1894	0,1894	0,1894	0,19	0,1898	0,1893		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B13:G13)	810	
14		0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,68621		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B14:G14)	96000	
15		0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,038		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B15:G15)	41000	
16	На замовлення	0	0	0	6284,4	6184,4	0		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B16:G16)	5700000	
17		6184,4	0	0	6284,4	0	0		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B17:G17)	3000000	
18		6184,4	0	0	0	0	6328		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B18:G18)	2300000	
19		0	6358,05	6310	0	0	0		=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B19:G19)	4000000	
20											

Рис. 2.4. Дані введено у форму

Джерело: розроблено автором

Початок розв'язання здійснюється виконанням команди «Поиск решения» на вкладці «Данные». Після ініціалізації процедури відкривається діалогове вікно «Поиск решения». Заповнюємо поля «Установить целевую ячейку», «Изменяя ячейки» і додаємо «Ограничения» (рис. 2.5), натискаємо на кнопку «Выполнить» і отримуємо оптимальний розв'язок (рис. 2.6).

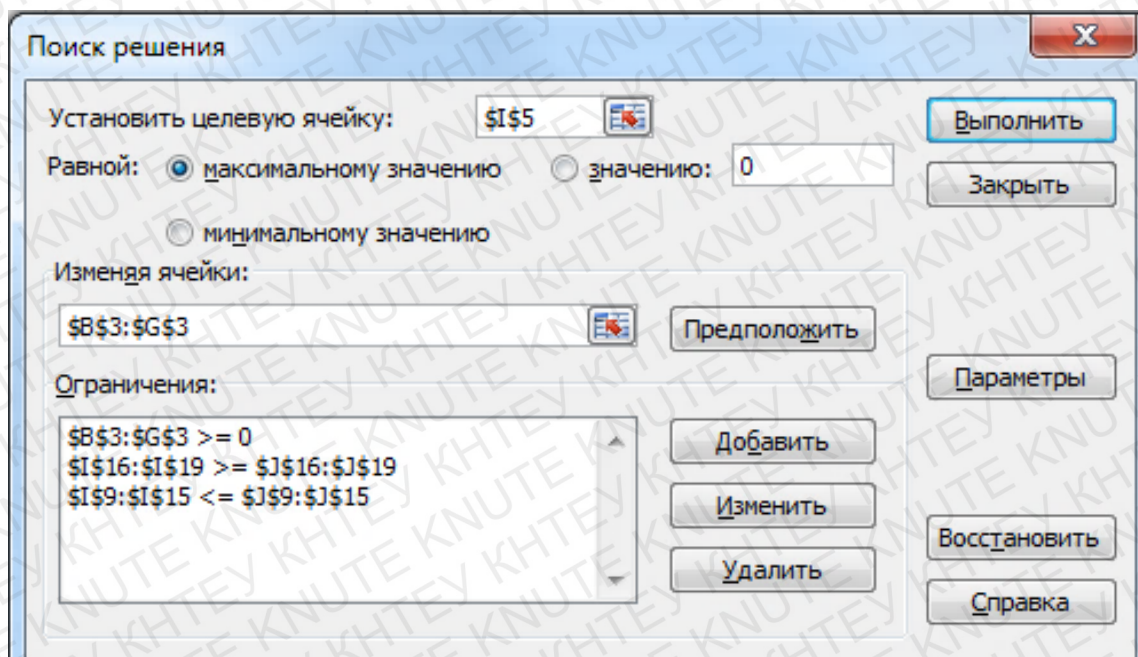


Рис. 2.5 Сформовані та введені всі умови для розв'язку задачі

Джерело: розроблено автором

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1		Змінні									
2		x1	x2	x3	x4	x5	x6				
3		0	3003,510	0	907,008	0	363,464				
4											
5	Цільова функція	1247	1452	1406	1369	1265	1413	max	6116364,738		
6											
7											
8	Обмеження										
9	На ресурси	0,23158	0,23156	0,23158	0,23158	0,232	0,2315		989,689461	43000	
10		0,18286	0,18286	0,18265	0,1813	0,1829	0,1829		780,1253683	15000	
11		0,06518	0,064	0,064	0,06518	0,0652	0,0652		275,0339879	4800	
12		0,02968	0,0302	0,0301	0,02968	0,0297	0,0297		128,4136031	1300	
13		0,1894	0,1894	0,1894	0,19	0,1898	0,1893		809,9999994	810	
14		0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,6862	0,6862		2932,849008	96000	
15		0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,038		152,7762548	41000	
16	На замовлення	0	0	0	6284,4	6184,4	0		5700000	5700000	
17		6184,4	0	0	6284,4	0	0		5700000	3000000	
18		6184,4	0	0	0	0	6328		2300000	2300000	
19		0	6358,05	6310	0	0	0		19096466,37	4000000	
20											

Рис. 2.6 Оптимальний розв'язок знайдено

Джерело: розроблено автором

Розв'язуємо задачу оптимізації за другим частковим критерієм, призначаємо величину поступки $\Delta f_1 = 100000$ за першим критерієм. Отриманий розв'язок зображений на рис. 2.7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1		Змінні									
2		x1	x2	x3	x4	x5	x6				
3		0	3003,510	0	907,008	0	363,464				
4											
5	Цільова функція	1247	1452	1406	1369	1265	1413	max	6116364,738		
6		6160,4	6358,5	6310	6284,4	6184,4	6328	max	27097817,95		
7											
8	Обмеження										
9	На ресурси	0,23158	0,23156	0,23158	0,23158	0,232	0,2315		989,689461	43000	
10		0,18286	0,18286	0,18265	0,1813	0,1829	0,1829		780,1253683	15000	
11		0,06518	0,064	0,064	0,06518	0,0652	0,0652		275,0339879	4800	
12		0,02968	0,0302	0,0301	0,02968	0,0297	0,0297		128,4136031	1300	
13		0,1894	0,1894	0,1894	0,19	0,1898	0,1893		809,9999994	810	
14		0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,6862	0,6862		2932,849008	96000	
15		0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,038		152,7762548	41000	
16	На замовлення	0	0	0	6284,4	6184,4	0		5700000	5700000	
17		6184,4	0	0	6284,4	0	0		5700000	3000000	
18		6184,4	0	0	0	0	6328		2300000	2300000	
19		0	6358,05	6310	0	0	0		19096466,37	4000000	
20											
21	Поступка	100000									
22	$f_1 \geq$	6016365									
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

Поиск решения

Установить целевую ячейку: \$I\$6

Равной: максимальному значению значению: 0

минимальному значению

Изменить ячейки: \$B\$3:\$G\$3

Ограничения:

\$B\$3:\$G\$3 >= 0
 \$I\$6:\$I\$19 >= \$J\$16:\$J\$19
 \$I\$5 >= \$B\$22
 \$I\$9:\$I\$15 <= \$J\$9:\$J\$15

Добавить Изменить Удалить

Выполнить Закреть Параметры Восстановить Справка

Рис. 2.7 Розв'язок задачі за другим частковим критерієм

Джерело: розроблено автором

Розв'язуємо задачу оптимізації за третім частковим критерієм, призначаємо величину поступки $\Delta f_2 = 500000$ за другим критерієм (рис. 2.8).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Змінні								
2		x1	x2	x3	x4	x5	x6			
3		0	2934,639	0	907,008	0	363,464			
4										
5	Цільова функція	1247	1452	1406	1369	1265	1413	max	6016364,738	
6		6160,4	6358,5	6310	6284,4	6184,4	6328	max	26659904,72	
7		4913	4906	4904	4916	4920	4915	min	20642616,87	
8	Обмеження									
9	На ресурси	0,231581	0,23156	0,231578	0,231581	0,232	0,2315		973,742	43000
10		0,18286	0,18286	0,18265	0,1813	0,1829	0,1829		767,532	15000
11		0,06518	0,064	0,064	0,06518	0,0652	0,0652		270,626	4800
12		0,02968	0,0302	0,0301	0,02968	0,0297	0,0297		126,334	1300
13		0,1894	0,1894	0,1894	0,19	0,1898	0,1893		796,956	810
14		0,68621	0,68621	0,68621	0,68621	0,6862	0,6862		2885,589	96000
15		0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,038		150,297	41000
16	На замовлення	0	0	0	6284,4	6184,4	0		5700000	5700000
17		6184,4	0	0	6284,4	0	0		5700000	3000000
18		6184,4	0	0	0	0	6328		2300000	2300000
19		0	6358,05	6310	0	0	0		18658584,135	4000000
20										
21	Поступка	100000								
22	$f_1 \geq$	6016364,738								
23										
24	Поступка	500000								
25	$f_2 \geq$	26597817,95								
26										
27										
28										
29										
30										
31										

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: максимальному значению значению:

минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Рис. 2.8 Розв'язок задачі за третім частковим критерієм

Джерело: розроблено автором

Згідно методу послідовних поступок, оптимальний план виробництва: Bordo 750 – 2934,639 т, ALE 500 – 907,008 т, Akva polana 500 – 363,464 т. Продукцію видів NRW 330, Perfetta 700, Longneck 330 не виробляти. Максимальний прибуток складе 6016364 грн, дохід від реалізації продукції – 26659904 грн, мінімальні витрати – 20642616.

Варто зазначити: якщо на перших кроках методу призначити занадто великі значення поступок, то ефективна альтернатива, отримана в кінці процедури, може мати вищі показники за менш важливими критеріями. І навпаки, якщо ОПР

намагається отримати високі показники за більш важливими критеріями, то вона може отримати ефективну альтернативу із неприпустимо малими показниками за менш важливими критеріями.

Звідси можна зробити висновок, що дуже важливо вірно впорядкувати часткові критерії. Тоді ОПР може обмежитись аналізом попарного зв'язку критеріїв [27].

Одним із серйозних недоліків методу є зростання обчислювальної складності однокритеріальних задач оптимізації з кількістю зроблених кроків, оскільки на кожному кроці додається нове обмеження.

Але основний недолік методу полягає у суб'єктивності вибору прийнятних значень часткових критеріїв та величин поступок. При невдалому виборі величин поступок розв'язок задачі вже з другого кроку може стати не ефективним. Варто також пам'ятати, що поступки можуть бути непорівнянні між собою, тому треба попередньо нормалізувати часткові критерії [20].

2.3. Застосування інтерактивних методів вирішення задач багатокритеріальної оптимальності

Навіть у задачах, де добре працюють методи зведення багатокритеріальної оптимізації до однокритеріальної, можна досягти поліпшення результату шляхом поєднання їх з генетичними алгоритмами.

На відміну від традиційних методів оптимізації, генетичні алгоритми:

- обробляють не значення параметрів самої задачі, а їх закодовану форму;
- здійснюють пошук рішення, виходячи не з єдиної точки, а з їх певної підмножини;
- використовують тільки цільову функцію, а не її похідні або іншу додаткову інформацію;
- застосовують ймовірнісні, а не детерміновані правила вибору [46, с.191].

На рис. 2.9 зображена схема реалізації генетичного алгоритму.

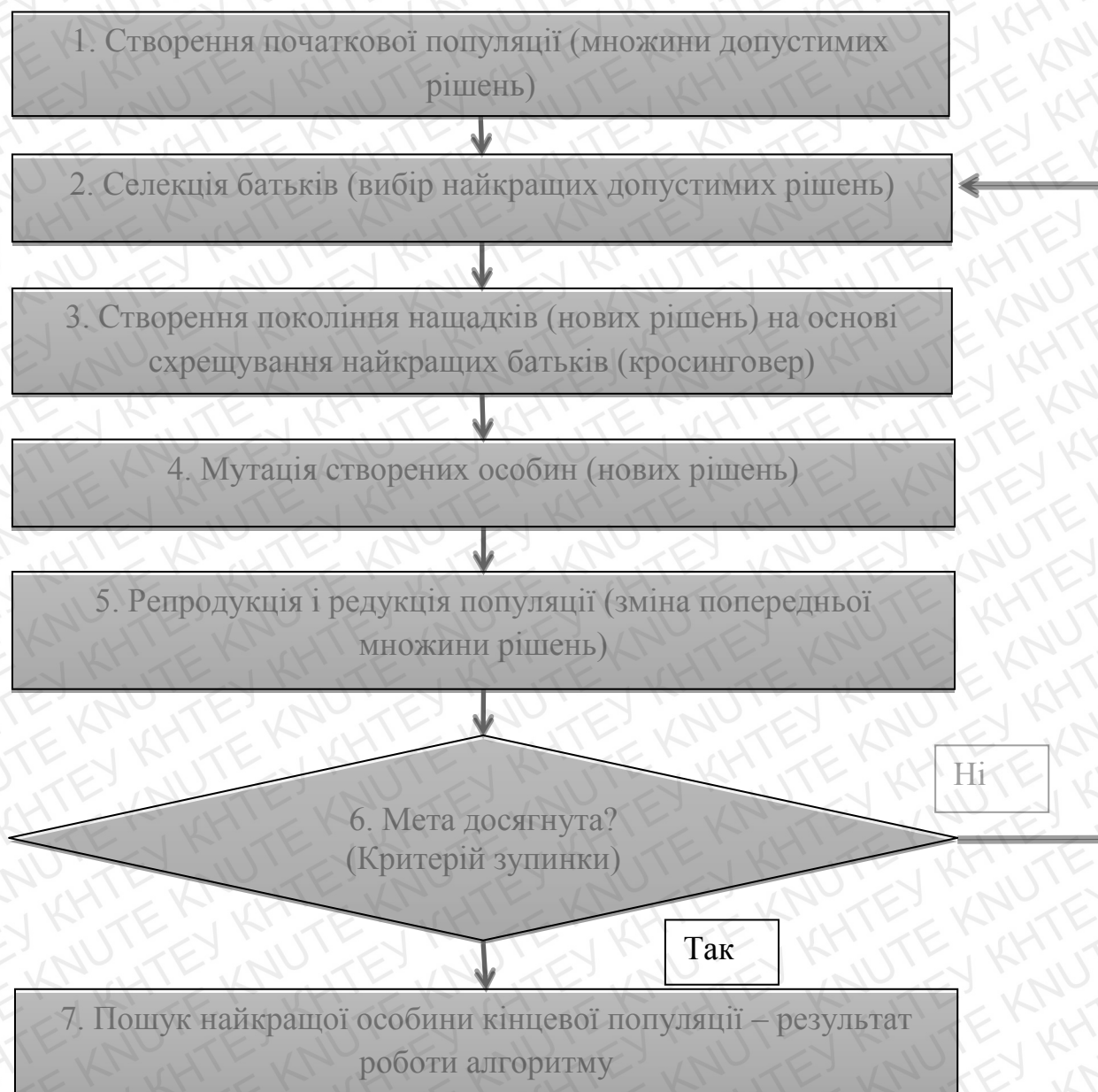


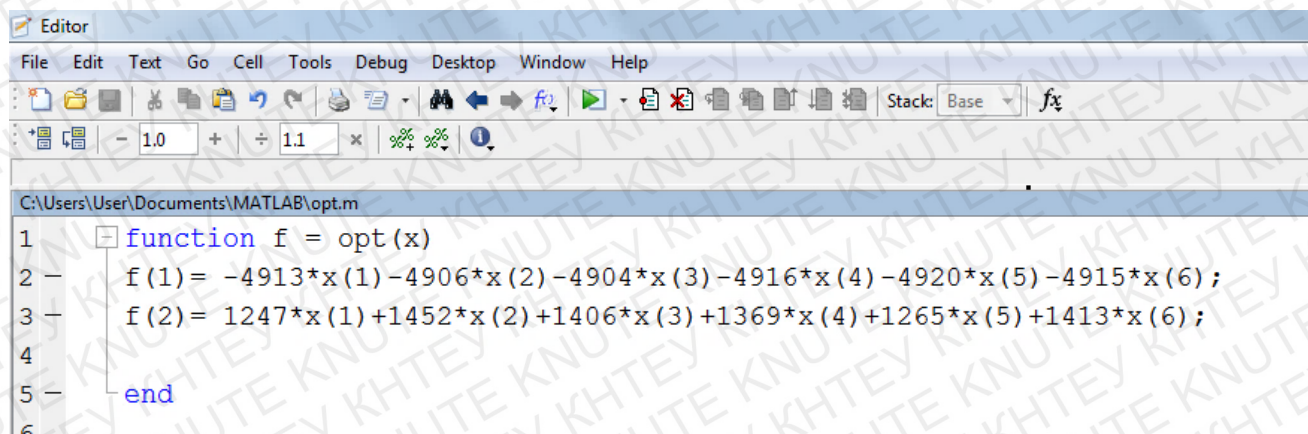
Рис.

2.9 Узагальнена схема реалізації генетичного алгоритму [47]

Для розв'язання задачі розрахунку оптимальної виробничої програми досліджуваного підприємства за допомогою генетичних алгоритмів було використано пакет прикладних програм для числового аналізу MATLAB. Зокрема один з його багатофункціональних пакетів – Multiobjective optimization using Genetic Algorithm або скорочено gamultiobj [48, 49].

Для визначення, скільки виробляти кожного виду продукції, щоб отримати максимальний прибуток від реалізації при мінімальних витратах спочатку потрібно вибрати вкладку «File» → «New» → «Function». Функцію витрат множимо на (-1) і змінюємо на протилежні знаки.

Функція буде мати вигляд (рис. 2.10):



```

Editor
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
- 1.0 + ÷ 1.1 × % % % % !
C:\Users\User\Documents\MATLAB\opt.m
1 function f = opt(x)
2     f(1) = -4913*x(1) - 4906*x(2) - 4904*x(3) - 4916*x(4) - 4920*x(5) - 4915*x(6);
3     f(2) = 1247*x(1) + 1452*x(2) + 1406*x(3) + 1369*x(4) + 1265*x(5) + 1413*x(6);
4
5 end
6

```

Рис. 2.10 Цільові функції в середовищі MATLAB

Джерело: розроблено автором

Відкриваємо вкладку Optimization Tool і обираємо «gamultiobj – Multiobjective optimization using Genetic Algorithm». Прописуємо цільову функцію у «Fitness function» – @opt, в «Number of variables» записуємо кількість змінних – 6.

У панелі Constraints (обмеження) можна задати обмеження або нелінійну функцію, що обмежує. Далі заповнюємо поля Linear inequalities значеннями лінійних обмежень:

$$A = [0.231581 \ 0.231563 \ 0.231578 \ 0.231581 \ 0.232 \ 0.2315; \ 0.18286 \ 0.18286 \ 0.18265 \ 0.1813 \ 0.18286 \ 0.18286; \ 0.06518 \ 0.064 \ 0.064 \ 0.06518 \ 0.06518 \ 0.06518; \ 0.02968 \ 0.0302 \ 0.0301 \ 0.02968 \ 0.02968 \ 0.02968; \ 0.1894 \ 0.1894 \ 0.1894 \ 0.190 \ 0.1898 \ 0.1893; \ 0.68621 \ 0.68621 \ 0.68621 \ 0.68621 \ 0.68621 \ 0.68621; \ 0.035 \ 0.036 \ 0.034 \ 0.034 \ 0.035 \ 0.038; \ 0 \ 0 \ 0 \ -6284.4 \ -6184.4 \ 0; \ -6184.4 \ 0 \ 0 \ -6284.4 \ 0 \ 0; \ -6184.4 \ 0 \ 0 \ 0 \ -6328; \ 0 \ -6358.05 \ -6310 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$b = [43000; \ 15000; \ 4800; \ 1300; \ 810; \ 96000; \ 41000; \ -5700000; \ -3000000; \ -2300000; \ -4000000]$$

У полі Bounds (межі) у векторному вигляді задаються нижні і верхні обмеження змінних.

Нижні межі «Bounds: Lower» = [0; 0; 0; 0; 0], призначимо розмір популяції: 1 (рис. 2.11).

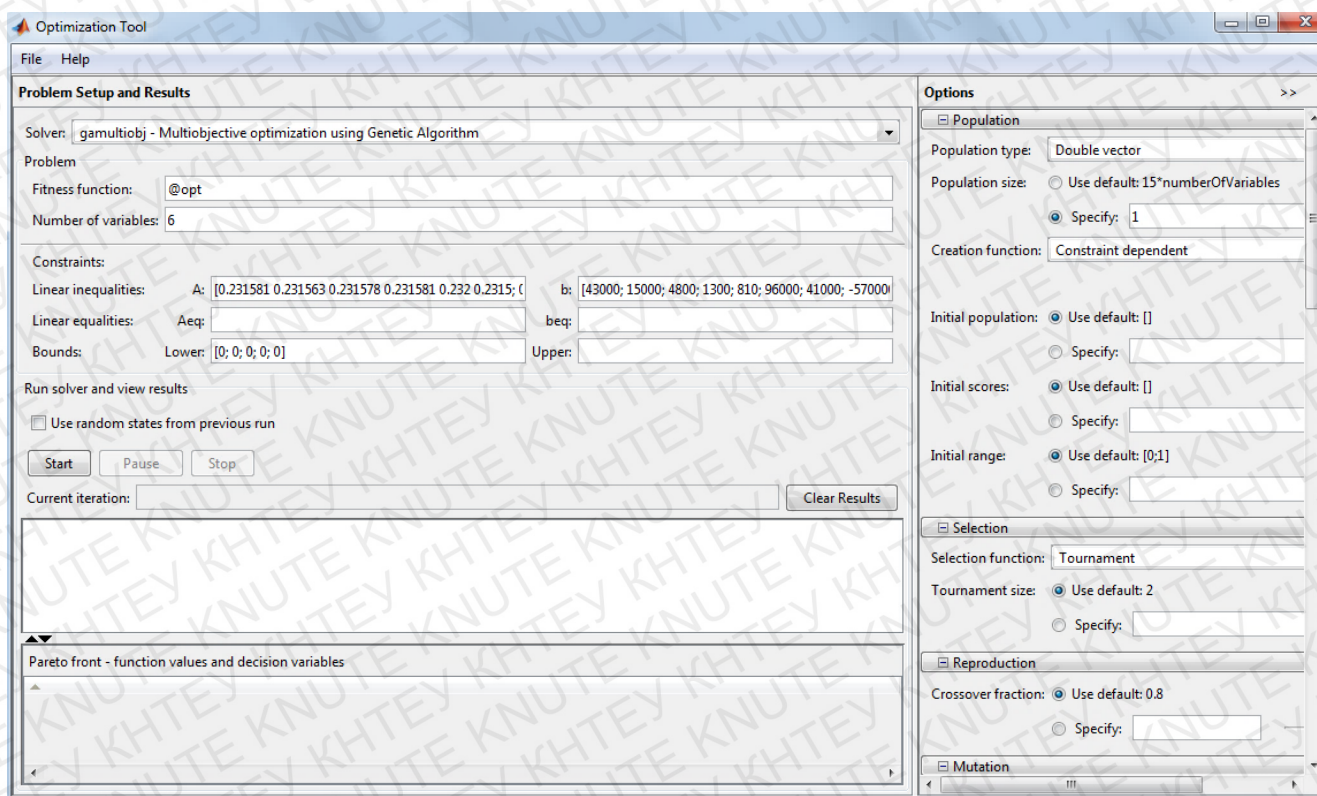


Рис. 2.11 Вкладка Optimization Tool

Джерело: розроблено автором

Після виконаних кроків, вибираємо «Start» і отримаємо наступні результати (рис. 2.12):

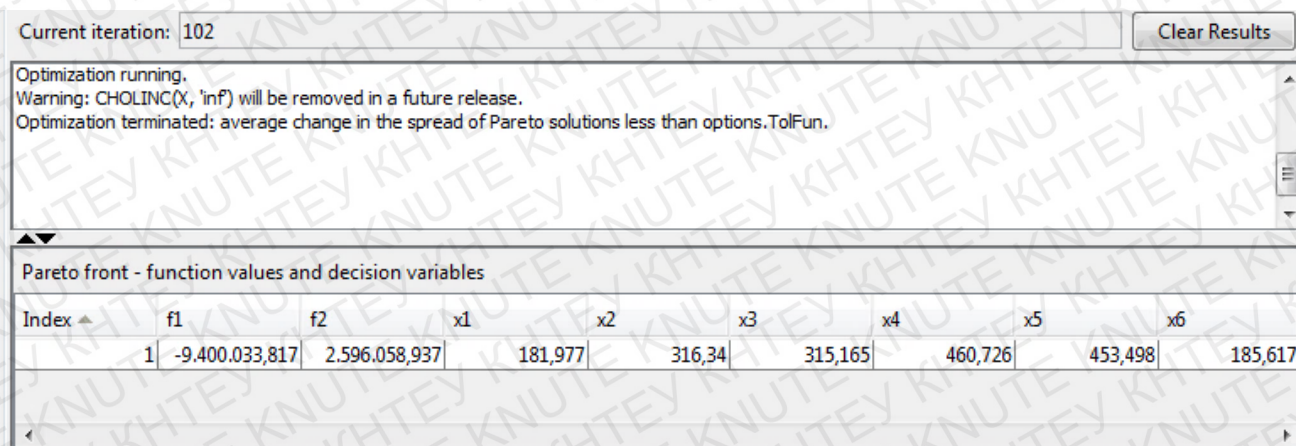


Рис. 2.12 Остаточний результат розв'язання в середовищі MATLAB

Джерело: розроблено автором

Задача розв'язана за 102 ітерації. Багатокритерійна оптимізація за допомогою генетичного алгоритму дає такі результати: NRW 330 потрібно виробити в обсязі 181,977 т, Bordo 750 в обсязі 316,34 т, Perfetta 700 – 315,165 т, ALE 500 – 460,726 т, Longneck 330 – 453,498 т, Akva polana 500– 185,617 т. При

цьому забезпечується максимальний прибуток в розмірі 2596058,937 грн і мінімальні витрати в розмірі 9400033,817 грн.

Висновки до розділу 2

Проаналізувавши діяльність ПрАТ «Рокитнівський скляний завод», можна підсумувати, що на кінець 2017 року більшість показників його діяльності знизилися. Зокрема, погіршилися такі показники, як рентабельність та ліквідність. До того ж власний капітал має від'ємне значення через непокритий збиток. За результатами 2017 р. підприємство є збитковим.

Результати досліджень сучасного стану підприємства свідчать про те, що організація виробничої діяльності є неефективною й потребує оптимізації.

Передусім підприємству варто оптимізувати свою виробничу програму. У процесі виробничої діяльності правильно складена виробнича програма є запорукою успіху підприємства на ринку. Тому задля складання оптимального виробничого плану доцільно провести декілька моделювань різними способами. Це дозволить порівняти результати діяльності за різними параметрами та спланувати виробництво так, як це є необхідним для реалізації поставлених завдань. Задача оптимізації виробничої програми для ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» була розв'язана методом головного критерію та методом послідовних поступок.

У результаті було отримано оптимальний план виробництва: Bordo 750 виробити 643 т, ALE 500 – 907 т і Akva polana 500 – 363 т. Не випускати продукцію: NRW 330, Perfetta 700, Longneck 330. При цьому максимальний прибуток складе 2689259,198 грн.

Також дану задачу розв'язано інтерактивним методом. Для розв'язання задачі розрахунку оптимальної виробничої програми був використаний метод генетичних алгоритмів. Задача була розв'язана за 102 ітерації. Багатокритеріальна оптимізація за допомогою генетичного алгоритму дає такі результати: NRW 330 потрібно виробити в обсязі 181,977 т, Bordo 750 в обсязі 316,34 т, Perfetta 700 – 315,165 т, ALE 500 – 460,726 т, Longneck 330 – 453,498 т, Akva polana 500–

185,617 т. При цьому забезпечується максимальний прибуток в розмірі 2596058,937 грн і мінімальні витрати у розмірі 9400033,817 грн.

Отже, задача розв'язана за допомогою різних методів багатокритеріальної оптимізації із застосуванням сучасних програмних засобів, може мати розв'язки, що відрізняються один від одного. Особі, яка приймає рішення, слід порівняти отримані результати, та обрати той, що є більш прийнятним та відповідає стратегії розвитку підприємства.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ КОМПРОМІСНИХ РІШЕНЬ В МОДЕЛЯХ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Інструменти, методи та технології розробки автоматизованої системи

В основі розробки системи пошуку компромісних рішень використаємо метод аналізу ієрархій для інтерактивного режиму оптимізації.

Методичною основою аналізу ієрархій є процедура попарних порівнянь елементів кожного рівня з отриманням результатів у кількісному вигляді за вибраною шкалою.

На цій основі будується квадратна матриця порівнянь, рядки і стовпці якої утворюють альтернативи між порівнюваними елементами. Елемент матриці a_{ij} означає, що порівнюються A_i з A_j . Розміщені на головній діагоналі квадратної матриці елементи $a_{11}, a_{22}, \dots, a_{ij}, a_{jj}, \dots, a_{nn}$ дорівнюють одиниці, оскільки вони означають результат порівняння об'єкта з самим собою. Між елементами верхньої та нижньої частин матриці існує співвідношення $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$. Отже, матриця порівнянь набуває вигляду [50]:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1i} & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2i} & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1i}} & \frac{1}{a_{2i}} & \dots & 1 & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \frac{1}{a_{1j}} & \frac{1}{a_{2j}} & \dots & \frac{1}{a_{ij}} & 1 & \dots & a_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & \frac{1}{a_{in}} & \frac{1}{a_{jn}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Нормалізований власний вектор матриці:

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ q_i \\ q_j \\ \dots \\ q_n \end{bmatrix}, \quad (3.2)$$

Він утворює вектор пріоритетів, який розставляє порівнювані об'єкти в ряд за їх вагомістю (важливістю, перевагою) згідно з відповідною складовою q_j .

Для отримання цього вектора обчислюється власний вектор матриці порівнянь \bar{W} , наприклад, знаходженням середнього арифметичного або середнього геометричного значення елементів кожного рядка матриці:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n} \quad (3.3)$$

або

$$w_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (3.4)$$

який нормалізується, поділивши кожне з чисел w_j на суму всіх чисел в стовпці вектора \bar{W} :

$$q_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}. \quad (3.5)$$

Сума всіх елементів вектора пріоритетів \bar{Q} дорівнює одиниці.

Експертна оцінка здійснюється на основі шкали відносної важливості, табл. 3.1.

Шкала відносної важливості методу аналізу ієрархій Т. Сааті [51, с.53]

Бал	Визначення	Характеристика
1	Рівна важливість	Рівний вклад двох елементів у загальну оцінку
3	Помірна перевага	Легка перевага одного елемента над іншим
5	Суттєва перевага	Відчутна перевага одного елемента над іншим
7	Значна перевага	Практично значна перевага одного елемента над іншим
9	Дуже велика перевага	Очевидна перевага – домінування одного елемента над іншим
2, 4, 6, 8	Проміжні значення	Застосовуються в перехідних випадках
1/k	Значення симетричних елементів	k = 0, 1, ..., 9

Після проведення всіх попарних порівнянь і отримання даних за власним значенням і власним вектором можна визначити узгодженість. Для цього, використовуючи відхилення максимального власного числа від розмірності матриці, будемо величину, що називається індексом узгодженості,

$$I_y = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \quad (3.6)$$

де $\lambda_{max} \geq n$.

Потім порівнюємо її з відповідним індексом, отриманим для матриці, побудованої випадковим чином, і отримуємо відношення узгодженості:

$$U_B = \frac{I_y}{U_{ВП}}. \quad (3.7)$$

Прийнятним є U_B не більше 10%. Інакше необхідно зробити переоцінку відповідної матриці. В табл. 3.2 наведені середні значення індексу $U_{ВП}$ для випадкових матриць різного порядку [52].

Випадкові узгодженості для матриць різних порядків [52]

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Глобальні пріоритети за всіма критеріями можна отримати адитивним згортанням векторів пріоритетів критеріїв за формулою (1.9).

Проаналізувавши діяльність ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» було встановлено, що склоформуючі машини мають високий коефіцієнт використання, при цьому коефіцієнт зносу посійно зростає. Існуюче обладнання уже морально застаріле. Тому підприємству варто провести заміну технологічних ліній. Щоб визначити найкращий варіант переоснащення варто застосувати метод аналізу ієрархій.

Програмна реалізація методу аналізу ієрархій була розроблена в середовищі і мовою програмування Embarcadero RAD Studio Delphi XE7 – результатом розробки є автоматизована система підтримки прийняття рішень.

3.2. Розробка бази знань автоматизованої системи

Оновити технологічний парк підприємства вирішено склоформуючими машинами, що були вироблені Shandong Sanjin Glass Machinery Co. Ltd.

Особі, що приймає рішення необхідно визначити, яке саме обладнання необхідно закупувати. Потрібно обрати найкращий з чотирьох видів обладнання: HD6-8 I.S., HD8-127 I.S., BLH 6- 140 D I. S., BLH 10- 140 D I. S..

Машини HD6-8 I.S.² – це однокропельні машини, які працюють за допомогою стиснутого повітря. Можуть виробляти склотару з широкою та вузькою горловиною.

² <http://промкаталог.рф/PublicDocuments/0710854.pdf>

Машины HD8-127 I.S.³, BLH 6- 140 D I.S., BLH 10- 140 D I.S.⁴ – це двохкрапельні машини, які працюють за допомогою сили стиснутого повітря. Також можуть виробляти склотару з широкою та вузькою горловиною.

На перший погляд здається, що дане обладнання дуже схоже між собою, проте незважаючи на однакове функціональне призначення, технічні особливості значно різняться між собою. Критерії порівняння склоформуєчих машин узагальнені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Характеристики склоформуєчих машин

Критерій	Одиниці виміру	Машина			
		HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S.	BLH 6-140 D I. S.	BLH 10-140 D I. S.
Продуктивність	шт/хв	25-42	64-112	50-90	50-90
Витрата вакууму	м ³ /хв	4,7	5,6	6,4	10,6
Витрата охолоджуючих вод	л/хв	10	10	15	15
Витрата охолоджуючого повітря	м ³ /хв	380	600	612	1020
Витрата мастильних матеріалів	л/день	7,5	10	7,5	12,5

Джерело: узагальнено автором

Побудуємо ієрархічну структуру, яка включає мету, критерії та альтернативи (рис.3.1)

³ <http://промкаталог.pdf/PublicDocuments/0710856.pdf>

⁴ <http://промкаталог.pdf/PublicDocuments/0710864.pdf>

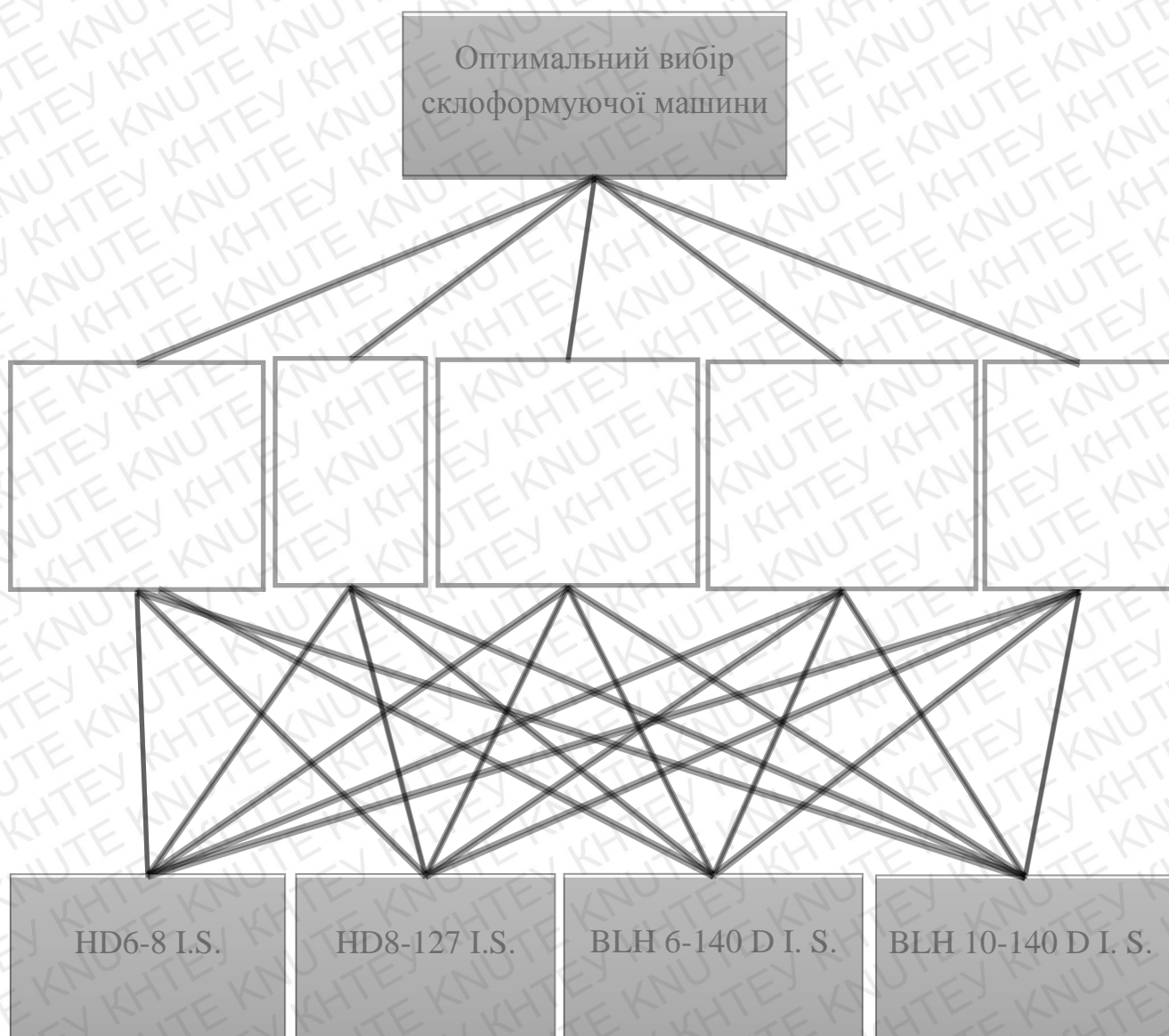


Рис. 3.1 Ієрархічна структура задачі оптимального вибору склоформуючої машини

Джерело: розроблено автором

Характеристики, за якими здійснюється порівняння за своєю суттю є неоднорідними. Тому для визначення пріоритетних критеріїв варто використати експертну оцінку (додаток Д).

Окрім загального порівняння критеріїв, необхідно здійснити порівняння альтернатив за кожним із критеріїв.

Першою характеристикою є продуктивність, що вимірюється в шт./хв. Продуктивність не є сталою величиною і може коливатися в заданих межах, в залежності від часових інтервалів виробництва, табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Порівняння обладнання за продуктивністю

Машина	HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S	BLH 6-140 D I.S.	BLH 10-140D I.S.
HD6-8 I.S.	-	HD8-127 I.S має значну перевагу над HD6-8 I.S.	BLH 6-140 D I.S має помірну перевагу над HD6-8 I.S.	BLH 10-140D I.S. має помірну перевагу над HD6-8 I.S.
HD8-127 I.S	HD8-127 I.S має значну перевагу над HD6-8 I.S.	-	BLH 6-140 D I. S. має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	BLH 10-140 D I. S.має суттєву перевагу над HD8-127 I.S
BLH 6-140 D I. S.	BLH 6-140 D I.S має помірну перевагу над HD6-8 I.S.	BLH 6- 140 D I. S. має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	-	BLH 6-140 D I. S. та BLH 10-140 D I.S. рівноважливі
BLH 10- 140 D I. S.	BLH 10-140D I.S. має помірну перевагу над HD6-8 I.S.	BLH 10-140 D I. S.має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	BLH 6- 140 D I. S. та BLH 10-140 D I.S. рівноважливі	-

Джерело: розроблено автором

Наступний критерій стосується безпосередньо виробничого процесу та умовних матеріальних витрат. Експертна оцінка витрат вакууму для кожного обладнання наведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Порівняння обладнання за витратами вакууму

Критерій	HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S	BLH 6- 140 D I. S.	BLH 10- 140 D I. S.
HD6-8 I.S.	-	HD6-8 I.S. має помірну перевагу над HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має дуже велику перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. має помірну перевагу над HD8-127 I.S	-	HD8-127 I.S має помірну перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має помірну перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	-	BLH 6- 140 D I. S. має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
BLH 10- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має дуже велику перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	BLH 6- 140 D I. S. має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	-

Джерело: розроблено автором

Також в процесі роботи склоформуючої машини відбувається охолодження. Задля цього обладнання використовує охолоджуючі води та охолоджуюче повітря. Порівняння даних критеріїв наведене в табл. 3.6. та табл. 3.7.

Таблиця 3.6

Порівняння машин за витратами охолоджуючих вод

Машина	HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S	BLH 6- 140 D I. S.	BLH 10- 140 D I. S.
HD6-8 I.S.	-	HD6-8 I.S. та HD8-127 I.S рівноважливі	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. та HD8-127 I.S рівноважливі	-	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	-	BLH 6- 140 D I. S. та BLH 10- 140 D I. S.рівноважливі
BLH 10- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	BLH 6- 140 D I. S. та BLH 10- 140 D I. S.рівноважливі	-

Джерело: розроблено автором

Таблиця 3.7

Порівняння за витратами охолоджуючого повітря

Машина	HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S	BLH 6- 140 D I. S.	BLH 10- 140 D I. S.
HD6-8 I.S.	-	HD6-8 I.S. має значну перевагу над HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. має значну перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має дуже велику перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. має значну перевагу над HD8-127 I.S	-	HD8-127 I.S має невелику помірну перевагу над BLH 6- 140 D I. S. (проміжне значення)	HD8-127 I.S. має значну перевагу над BLH 10-140 D I. S.
BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має значну перевагу над BLH 6- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має невелику помірну перевагу над BLH 6- 140 D I. S. (проміжне значення)	-	BLH 6- 140 D I. S. має значну перевагу над BLH 10-140 D I. S.
BLH 10- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має дуже велику перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	HD8-127 I.S. має значну перевагу над BLH 10-140 D I. S.	BLH 6- 140 D I. S. має значну перевагу над BLH 10-140 D I. S.	-

Джерело: розроблено автором

Окрім витрат на виробництво необхідно врахувати і затрати на технічне обслуговування. Зокрема, витрату мастильних матеріалів. На відміну від попередніх показників, розрахунок обсягу використаного мастила відбувається не

на хвилину, а на день. Експертне порівняння витрат мастильних матеріалів наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Порівняння машин за витратою мастильних матеріалів

Машина	HD6-8 I.S.	HD8-127 I.S	BLH 6- 140 D I. S.	BLH 10- 140 D I. S.
HD6-8 I.S.	-	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	HD6-8 I.S та BLH 6- 140 D I. S. рівновіжливі	HD6-8 I.S. має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
HD8-127 I.S	HD6-8 I.S. має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	-	BLH 6- 140 D I. S.має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
BLH 6- 140 D I. S.	HD6-8 I.S та BLH 6- 140 D I. S. рівновіжливі	BLH 6- 140 D I. S.має суттєву перевагу над HD8-127 I.S	-	BLH 6- 140 D I. S. має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.
BLH 10- 140 D I. S.	HD6-8 I.S. має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	HD8-127 I.S має суттєву перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	BLH 6- 140 D I. S. має значну перевагу над BLH 10- 140 D I. S.	-

Джерело: розроблено автором

У межах методу аналізу ієрархії на основі даних експертних порівнянь здійснюється подальша оцінка обладнання.

3.3. Програмна реалізація пошуку компромісних рішень

Розроблена програма дозволяє отримати рекомендації щодо прийняття оптимального рішення, може стати помічником для ОПР, всіх, хто бажає або змушений приймати обґрунтовані раціональні рішення. Діалоговий інтерфейс дозволяє отримати повну інформацію при проведенні попарних порівнянь, перевіряти узгодженість в матрицях попарних порівнянь.

Після запуску одразу доступне введення назв основних рівнів ієрархічної структури: мети, критеріїв та альтернатив (рис. 3.2).

Введення мети, альтернатив та критеріїв оптимізації

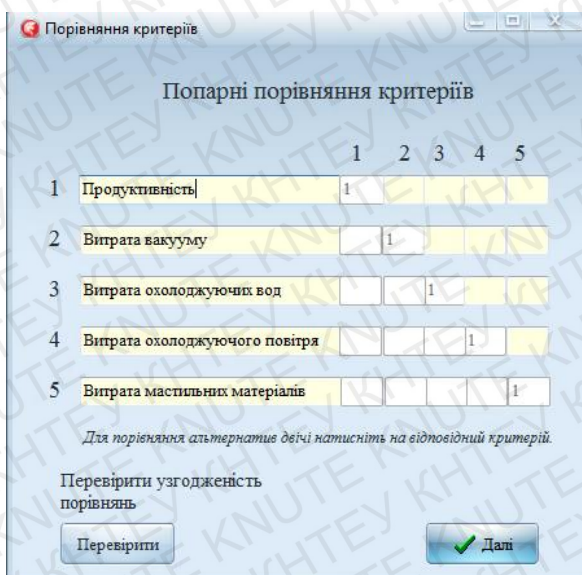
Мета:

Назви альтернатив	Назви критеріїв
HD6-8 I.S.	Продуктивність
HD8-127 I.S.	Витрата вакууму
BLH 6- 140 D I. S.	Витрата охолоджуючих вод
BLH 10- 140 D I. S.	Витрата охолоджуючого повітря
	Витрата мастильних матеріалів

Рис. 3.2 Форма «Введення мети, альтернатив та критеріїв оптимізації»

Джерело: розроблено автором

Наступним кроком виконуємо попарні порівняння критеріїв (рис. 3.3). Для цього двічі натискаємо на полі-перетині двох критеріїв (кольором виділені поля, над якими можливі дії).



Порівняння критеріїв

Попарні порівняння критеріїв

	1	2	3	4	5	
1	Продуктивність	1				
2	Витрата вакууму		1			
3	Витрата охолоджуючих вод			1		
4	Витрата охолоджуючого повітря				1	
5	Витрата мастильних матеріалів					1

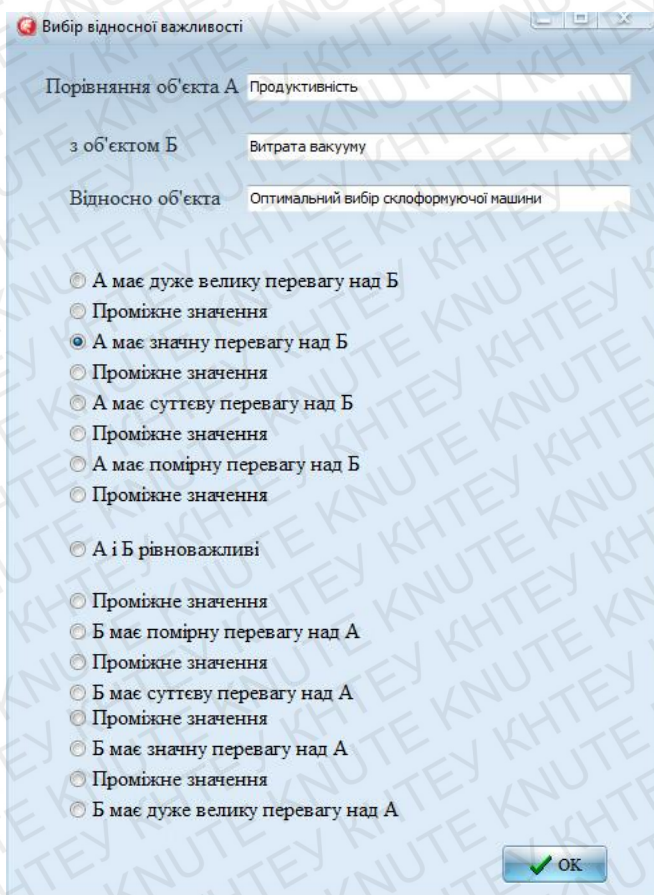
Для порівняння альтернатив двічі натисніть на відповідний критерій.

Перевірити узгодженість порівнянь

Рис. 3.3 Форма «Порівняння критеріїв» до заповнення відносної важливості критеріїв

Джерело: розроблено автором

Наприклад, порівнюємо вагомість продуктивності і витрати вакууму відносно мети (рис. 3.4).



Вибір відносної важливості

Порівняння об'єкта А: Продуктивність

з об'єктом Б: Витрата вакууму

Відносно об'єкта: Оптимальний вибір склоформуючої машини

А має дуже велику перевагу над Б
 Проміжне значення
 А має значну перевагу над Б
 Проміжне значення
 А має суттєву перевагу над Б
 Проміжне значення
 А має помірну перевагу над Б
 Проміжне значення
 А і Б рівноважливі
 Проміжне значення
 Б має помірну перевагу над А
 Проміжне значення
 Б має суттєву перевагу над А
 Проміжне значення
 Б має значну перевагу над А
 Проміжне значення
 Б має дуже велику перевагу над А

Рис. 3.4 Форма «Вибір відносної важливості»

Джерело: розроблено автором

Продуктивність має значну перевагу над витратою вакууму, обираємо відповідний варіант, натискаємо «ОК».

Програма за табл. 3.1 записує бал переваги (у даному випадку 7) та бал відповідного елемента нижньої частини матриці (для 7 це 0,1429) – рис. 3.5.

Порівняння критеріїв

Попарні порівняння критеріїв

	1	2	3	4	5
1 Продуктивність	1	7	9	5	3
2 Витрата вакууму	0,142	1	5	0,2	0,142
3 Витрата охолоджуючих вод	0,111	0,2	1	0,142	0,111
4 Витрата охолоджуючого повітря	0,2	5	7	1	0,142
5 Витрата мастильних матеріалів	0,333	7	9	7	1

Для порівняння альтернатив обічі натисніть на відповідний критерій.

Перевірити узгодженість порівнянь

Перевірити Далі

Рис. 3.5 Форма «Порівняння критеріїв» після заповнення відносної важливості критеріїв

Джерело: розроблено автором

Коли виконано всі попарні порівняння, рекомендується виконати перевірку узгодженості порівнянь, натиснувши «Перевірити». При відсутності результату хоча б одного порівняння і спробі здійснити перевірку чи перейти до наступного кроку, з'явиться повідомлення (рис. 3.6) з проханням довести дані.

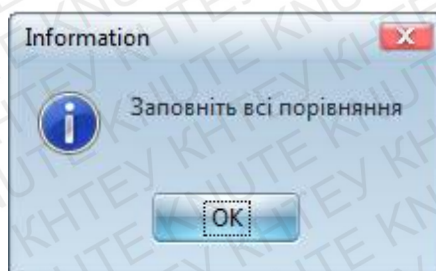


Рис. 3.6 Повідомлення про необхідність здійснення усіх порівнянь

Джерело: розроблено автором

Якщо порівняння неузгоджені, то необхідно перевірити міркування стосовно попарних порівнянь об'єктів і знову визначити пріоритети з повторною перевіркою узгодженості матриці (рис. 3.7).

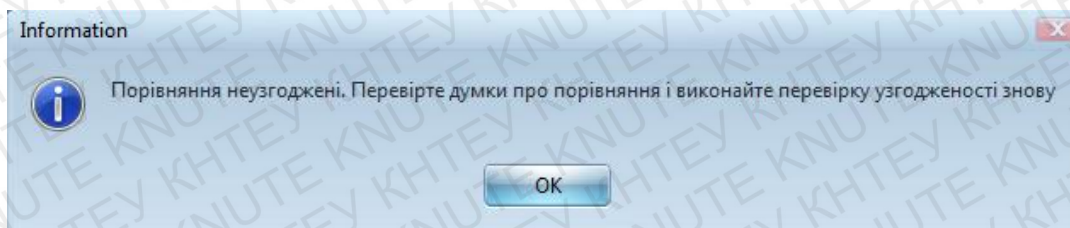


Рис. 3.7 Повідомлення про неузгодженість порівнянь

Джерело: розроблено автором

Якщо перевірка показала узгодженість порівнянь (рис. 3.8), переходимо до порівняння альтернатив за критеріями, для чого на формі «Порівняння критеріїв» двічі натискаємо по назві критерію.

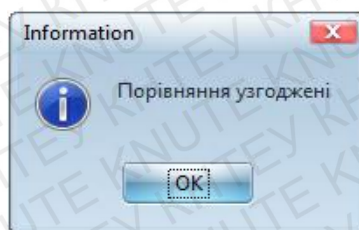


Рис. 3.8 Повідомлення про узгодженість порівнянь

Джерело: розроблено автором

Процес запису результатів порівняння альтернатив аналогічний порівнянню критеріїв (рис. 3.9, рис. 3.10).

	1	2	3	4
1 HD6-8 I.S.	1			
2 HD8-127 I.S.		1		
3 BLH 6- 140 D I. S.			1	
4 BLH 10- 140 D I. S.				1

Рис. 3.9 Форма «Порівняння альтернатив»

Джерело: розроблено автором

Порівняння альтернатив

Порівняння альтернатив за критерієм

Витрата вакууму

	1	2	3	4
1 HD6-8 I.S.	1	3	5	9
2 HD8-127 I.S.	0,333	1	3	7
3 BLH 6- 140 D I. S.	0,2	0,333	1	5
4 BLH 10- 140 D I. S.	0,111	0,142	0,2	1

Перевірити узгодженість порівнянь

Перевірити

Рис. 3.10 Заповнена форма «Порівняння альтернатив» за критерієм витрата вакууму

Джерело: розроблено автором

Для порівняння альтернатив теж виконуємо перевірку узгодженості порівнянь. Після здійснення всіх попарних порівнянь на формі «Порівняння критеріїв» натискаємо кнопку «Далі» і переходимо на форму «Результати» (рис. 3.11).

Результати

Локальні пріоритети альтернатив за критеріями

Альтернативи	Критерії				
	Продуктивність	Витрата вакууму	Витрата охолоджуючих вод	Витрата охолоджуючого повітря	Витрата мастильних матеріалів
HD 6-8 I. S.	0,0758	0,4823	0,4167	0,5432	0,3901
HD 8-127 I. S.	0,1667	0,3037	0,4167	0,2296	0,1783
BLH 6-140 D I. S.	0,3788	0,1751	0,0833	0,1956	0,3901
BLH 10-140 D I. S.	0,3788	0,039	0,0833	0,0316	0,0414
Пріоритети критеріїв	0,5389	0,1398	0,0337	0,2876	0,5245

Глобальні пріоритети альтернатив за всіма критеріями

HD6-8 I.S.	0,4831
HD8-127 I.S.	0,3059
BLH 6-140 D I. S.	0,4923
BLH 10-140 D I. S.	0,2432

Рис. 3.11 «Результати»

Джерело: розроблено автором

На формі «Результати» відбувається розрахунок за формулами (3.3), (3.5) локальних пріоритетів альтернатив та критеріїв, та за формулою (1.9) глобальних пріоритетів альтернатив за всіма критеріями. Крім того, виділяється кольором найкраща альтернатива, що має найбільший глобальний критерій.

Таким чином, за результатами роботи в автоматизованій системі пошуку компромісних рішень методом аналізу ієрархій, склоформуєча машина BLH 6-140 D I. S. має найвищий глобальний пріоритет, то ж саме вона є компромісним вибором.

Висновки до розділу 3

Розроблена в середовищі і мовою програмування Embarcadero RAD Studio Delphi XE7 система пошуку компромісних рішень дозволяє провести аналіз альтернатив за заданими критеріями та визначає оптимальне рішення.

Метод аналізу ієрархій, на основі якого створювалась система, при використанні значної кількості критеріїв, може бути використаний як альтернатива традиційній експертній оцінці. Головною особливістю методу є те, що критерії оцінки можуть стосуватись принципово різних аспектів розв'язаної задачі, тобто порівнювати можна як матеріальні, так і нематеріальні чинники, якісні та кількісні характеристики. У створеній системі розв'язано задачу з вибору нового обладнання. Проте спектр можливостей даної розробки дозволяє здійснювати розв'язання й інших задач багатокритеріальної оптимізації методом аналізу ієрархій. Дана система є універсальним засобом, який можна застосовувати для пошуку компромісних рішень стосовно будь-якої діяльності.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи проведені дослідження, можна зробити такі висновки:

1. За результатами аналізу особливостей діяльності виробничих підприємств визначено, що майже будь-яка діяльність виробничих підприємств пов'язана з прийняттям рішень. Виробництво – складний, багатокomпонентний процес, і для його оптимізації необхідно враховувати багато критеріїв. Враховуючи те, що ринок розвивається динамічно, достовірно спрогнозувати майбутні зміни неможливо. Тому виробничі підприємства в процесі своєї діяльності часто стикаються з невизначеністю, а проблема багатокритеріальності спричинена складністю виробничих процесів.

2. Під час дослідження сутності багатокритеріальної оптимізації встановлено, що багатокритеріальна оптимізація в умовах невизначеності це інструмент, який допомагає особі, що приймає рішення визначити найкращу з можливих альтернатив за декількома критеріями. Оптимізація може стосуватися різних аспектів діяльності підприємства.

3. Для визначення напрямів оптимізації діяльності підприємства проведено аналіз його стану. Проаналізовані структурні, динамічні і відносні показники ефективності діяльності підприємства ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» за 2015-2017 роки. За результатами аналізу визначено, що першочерговим завданням ОПР є оптимізація основних економічних показників внаслідок змін у виробничій програмі та оновлення обладнання.

4. При аналізі методів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, встановлено, що вони дозволяють спростити процес прийняття рішення для ОПР та врахувати вплив невизначеності. Задача розв'язана за допомогою різних методів багатокритеріальної оптимізації із застосуванням сучасних програмних засобів, може мати розв'язки, що відрізняються один від одного. Особі, яка приймає рішення, слід порівняти отримані результати, та обрати той, що є більш прийнятним та відповідає стратегії розвитку підприємства. Для ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» оптимізовано виробничу програму. Задача була розв'язана методом головного критерію, методом послідовних поступок та

методом генетичних алгоритмів. За результатами розв'язання задачі був сформований оптимальний план виробництва, визначений плановий максимальний прибуток і встановлені мінімальні витрати.

5. Розроблено систему пошуку компромісних рішень, яка ґрунтується на методі аналізу ієрархій, в середовищі і мовою програмування Embarcadero RAD Studio Delphi XE7. Створена програмна розробка дозволяє здійснити порівняння всіх альтернатив за відповідними критеріями. Система розраховує пріоритети критеріїв та локальні пріоритети альтернатив за критеріями, визначає найкращий варіант за глобальними пріоритетами альтернатив за всіма критеріями. Застосування розробленої автоматизованої системи для вибору оптимальної склоформуючої машини для ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» дозволило знайти найкраще рішення із представлених альтернатив, що призведе до збільшення ефективності функціонування підприємства. Проте, автоматизована система придатна для розв'язання й інших задач багатокритеріальної оптимізації методом аналізу ієрархій.

Таким чином, завдання вирішені в повному обсязі, мета досягнута – здійснено розробку автоматизованої системи пошуку компромісних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добіжа Н. В. Відтворення матеріально-технічної бази – основа зростання сільськогосподарського виробництва / Н. В. Добіжа // Економіка АПК. – 2008. – №4. – С. 78-83. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/18312>.
2. Ходова Я. О. Теоретичні підґрунтя управління фінансовим забезпеченням операційної діяльності промислових підприємств у складі вертикально інтегрованих холдингів / Я. О. Ходова // Вісник Маріупольського державного університету. Серія : Економіка. – 2014. – Вип. 8. – С. 7-13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vmdu_ek_2014_8_3.
3. Учебно-методический комплекс дисциплины «Управление персоналом» разработан профессором Сахиповым Н.И. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aesa.kz:8073/books/%7B82FF06A4-84A2-448B-A6D7-46AB2F76D8BB%7D/Razrabotka%20upravlencheskikh%20reshenii_rus.pdf.
4. Виганяйло С. М. Особливості планування діяльності підприємств в умовах невизначеності / С. М. Виганяйло // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Економіка і менеджмент. – 2014. – Вип. 5. – С. 74-77. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_ekon_2014_5_18.
5. Бутко М.П., Бутко І.М., Мащенко В.П. та ін. Теорія прийняття рішень. Навч. посіб. За заг. ред. Бутка М. П. – К. : Центр учбової літератури, 2015. – 360 с.
6. Герасимчук Н. А. Економічні і фінансові ризики [Текст] : навчальний посібник / Н. А. Герасимчук, Т. В. Мірзоєва, О. А. Томашевська ; НУБіП України. – Київ : Компринт, 2015. – 288 с.
7. Клименко С.М., Дубова О.С. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків. – К.: КНЕУ, 2005. – 252 с.
8. Ковальчук В. М. Особливості розв'язання багатокритеріальних задач прийняття рішень у нечіткому середовищі / В. М. Ковальчук // Наукові записки [Національного університету "Острозька академія"]. Сер. : Економіка.

- 2010. – Вип. 14. – С. 447-456. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nznuoa_2010_14_53.
9. Гончаренко Т.П. Сучасний погляд на прийняття стратегічних управлінських рішень із координації науково-технічної діяльності промислового підприємства/Т.П. Гончаренко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.uabs.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2560/1/5.pdf>.
10. Малярець Л. М. Вирішення проблем багатокритеріальності в оцінці діяльності підприємства на основі методів багатокритеріальної оптимізації / Л. М. Малярець, О. В. Мінєнкова // Проблеми економіки. – 2017. – № 1. – С. 421-427. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PeKon_2017_1_59.
11. Шлапак О. А. Модель багатокритеріальної оптимізації комунікаційного середовища підприємств / О. А. Шлапак, О. О. Коваленко // Інвестиції: практика та досвід. – 2017. – № 11. – С. 43-48. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.investplan.com.ua/pdf/11_2017/10.pdf.
12. Гридчук І. А. Прийняття інвестиційних рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності: теоретичний аспект / І. А. Гридчук. // Ефективна економіка. – 2011. – № 5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2011_5_22.
13. Коцюба О. С. Оптимізація інвестиційного рішення в умовах невизначеності та ризику як багатокритеріальна задача / О. С. Коцюба // Бізнес Інформ. – 2017. – № 10. – С. 178-182. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2017_10_29.
14. Камінський О. Є. Багатокритеріальна оптимізація вибору провайдерів хмарних сервісів / О. Є. Камінський // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія : Економічні науки. – 2018. – № 1. – С. 88-94. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnjie_2018_1_15.
15. Скіцько В. І. Концептуальні аспекти багатоцільової багатокритеріальної оптимізації та прийняття рішень з урахуванням ризику у сфері логістики / В. І.

- Скіцько // Бізнес Інформ. – 2016. – № 10. – С. 353-359. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2016_10_54.
16. Росоловська О. М. Використання інформаційно – комунікаційних технологій в процесі вивчення спеціальних задач математичного програмування в школі. Актуальні питання сучасної інформатики 2017 р. с.207-209. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eprints.zu.edu.ua/25760/1/Росоловська%20О.М..pdf>.
17. Малярець Л. М. Розв'язування багатокритеріальної оптимізаційної задачі ефективності діяльності підприємства на основі генетичного алгоритму / Л. М. Малярець, О. В. Міненкова // Бізнес Інформ. – 2017. – № 4. – С. 119-125. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2017_4_19.
18. Чибісов Ю. В. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації для вирішення задачі розподілу вагонів по вантажним фронтам / Ю. В. Чибісов, Ю. С. Шульга // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – Вип. 7. – С. 65-72. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpdnu_tstp_2014_7_14.
19. Щепотьєв О. І. Методи рішення багатокритеріальних задач оптимізації / О. І. Щепотьєв, А. В. Жильцов, В. В. Васюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 174(2). – С. 209-217. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2012_174\(2\)_36](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2012_174(2)_36).
20. Васильєв О. Б., Васильєва Н. С., Кічмаренко О. Д. Методи розв'язування задач багатокритеріальної оптимізації: методичні вказівки та завдання до самостійної роботи для студентів IV курсу денної форми навчання напрямів підготовки 6.040301 Прикладна математика та 6.040201 Математика / О. Б. Васильєв, Н. С. Васильєва, О. Д. Кічмаренко. – Одеса: Одеський національний

- університет імені І. І. Мечникова, 2017. – 48 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://liber.onu.edu.ua/metodichki/imem/VecOpt.pdf>.
21. Чернецька Ю. А. Методи багатокритеріальної оптимізації структури капіталу підприємства / Ю. А. Чернецька // Науковий вісник. Одеський національний економічний університет. Всеукраїнська асоціація молодих науковців. – Науки: економіка, політологія, історія. – 2012. – № 10(162). – С. 100-110. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/2035>.
22. Колечкіна Л.М. Властивості задач багатокритеріальної оптимізації на комбінаторних множинах та методи їх розв'язання: Монографія. – Полтава: РВВ ПУСКУ, 2008. – 162 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/559/1/Колечкіна%20216_50_2_last.pdf.
23. Наконечний С. І. Багатокритеріальна оптимізація [Електронний ресурс]/С. І. Наконечний. – Режим доступу: <http://fingal.com.ua/content/view/207/76/1/5/#29307>.
24. Присяжнюк Л. Г. Оптимізація витрат підприємств машинобудівної галузі / Л. Г. Присяжнюк // Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2017. – № 14. – С. 189-196. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2017_14_31.
25. Куперман В. В. Методи багатокритеріальної оптимізації виробничої програми підприємства / В. В. Куперман // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Економічні науки. – 2011. – №3 (57). – С.302-307. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ven.ztu.edu.ua/article/view/62554/59335>.
26. Гащук М. П. Обґрунтування вибору методу цільового програмування для багатокритеріальної оптимізації складу парку спеціальних транспортних засобів / М. П. Гащук, А. Д. Бердочник, В. Б. Семенов // Системи озброєння і

- військова техніка. – 2012. – № 4. – С. 86-90. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2012_4_21.
27. Вибрані розділи багатокритеріальної оптимізації: методичні рекомендації до виконання контрольних та лабораторних робіт для студентів математичного факультету / Розробник: Н.Е. Кондрук – Ужгород: УжНУ, 2015. – 56 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/8961>.
28. Громко Л. С. Метод знаходження парето-оптимальних розв'язків багатокритеріальних оптимізаційних задач / Л. С. Громко, С. І. Пустюльга, Ю. В. Клак // Наукові нотатки. – 2015. – Вип. 48. – С. 72-77. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_48_16.
29. Потьомкін М. М. Багатокритерійне прийняття рішень на основі використання множини оптимізаційних методів [Електронний ресурс] / М. М. Потьомкін, І. Ю. Свида // Кибернетика и системный анализ. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 91-97. – Режим доступу: <http://www.kibernetika.org/volumes/2018/numbers/04/articles/08/8.pdf>.
30. Оспіщев В.І. Дослідження операцій, Навч. посіб./В.І.Оспіщев, Д.Л.Бурко – Харків.: ХНАМГ, 2008.-117с.
31. Теслюк Т. В. Система розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації з використанням побудови множини оптимальних рішень – Парето / Т. В. Теслюк, А. Я. Зелінський, Л. Є. Угрин, В. Я. Коваль // Моделювання та інформаційні технології. – 2018. – Вип. 82. – С. 148-153. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2018_82_23.
32. Глущенко М. М. Методи розв'язку багатокритеріальної задачі оптимізації механізмів фінансової підтримки суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності / М. М. Глущенко // Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України : зб. наук. пр. / ДУ "Інститут регіональних досліджень ім. М. І. Долишнього НАН України" ; відп. ред. В. С. Кравців. – Львів, 2015. – Вип. 2(112). – С. 23-27. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ird.gov.ua/sep/sep20152\(112\)/sep20152\(112\)_023_HlushchenkoMM.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20152(112)/sep20152(112)_023_HlushchenkoMM.pdf).

33. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 336 с.
34. Гожий О. П. Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірно-статистичних методів : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.13.06 – інформаційні технології / Гожий Олександр Петрович; Міністерство освіти і науки України, Чорноморський державний університет імені Петра Могили. – Миколаїв, 2016. – 375 с. – Бібліографія: с. 307–337 (323 назви).
35. Гащук М. П. Застосування методики багатокритеріального вибору для оптимізації складу парку транспортних засобів / М. П. Гащук // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер. : Військові та технічні науки. – 2015. – № 1. – С. 197-211. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnapv_vtn_2015_1_18.
36. Бідюк П.І., Коршевніук Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: Навч. пос. – Київ: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2010. – 340 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mmsa.kpi.ua/sites/default/files/publications/Бідюк%20Петро%20Іванович/bidyuk-p-i-korshevnyuk-l-o-proektuvannya-kompyuternih-informaciih-sistem-pidtrimki-priinyattya-rishen-navchalnii-posibnik.pdf>.
37. Зінзура В. В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах / В. В. Зінзура // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2012. – Вип. 25(1). – С. 350-360. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2012_25\(1\)_58](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2012_25(1)_58).
38. Прийняття рішень в умовах багатокритеріальності [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0060&T=13&lng=1&st=0.

39. Павловська М. О. Прийняття інвестиційних рішень в умовах багатокритеріальної невизначеності: теоретичний аспект / М. О. Павловська // Інвестиції: практика та досвід. – 2009. – № 7. – С. 2-5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2009_7_2.
40. Грудзевич Ю. Оптимізація діяльності підприємства щодо вибору ефективного способу запровадження інновацій за допомогою побудови багатокритеріальної задачі / Ю. Грудзевич // Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2017. – № 1. – С. 65-71. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/echcenu_2017_1_10.
41. Малярець Л. М. Сучасні оптимізаційні методи в середовищі MatLab [Текст]: навчальний посібник. Ч.1 / Малярець Л.М., Резнік Є.В., Сінкевич Б.В. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2011. – 360 с.
42. Рокитнівський скляний завод. Історія розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rsz.com.ua/istoriya-rozvytku/>.
43. Приватне акціонерне товариство «Рокитнівський скляний завод». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://smida.gov.ua/db/participant/00293462>.
44. Напрями та методи оптимізації витрат підприємства у ринкових умовах / Ю.Є. Гоцелюк, М.О. Янюк, О. І. Мельник // Глобальні та національні проблеми економіки (Електронне наукове видання). – 2015. – Вип. 8. – С. 1129–1132 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/8-2015/232.pdf>.
45. Шульга Н. Г. Аспекти багатокритеріальної оптимізації при плануванні діяльності підприємства. / Н. Г. Шульга, А. В. Поратуй // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Економіка, аграрний менеджмент, бізнес. – 2013. – Вип. 181(2). – С. 339-342. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_econ_2013_181\(2\)_65](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_econ_2013_181(2)_65).

46. Вітлінський В. В. Еволюційне моделювання в процесах прийняття рішень / В. В. Вітлінський, В. І. Скіцько // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – № 1. – С. 187-201. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2013_1_24.
47. Калініна І. В. Використання генетичних алгоритмів в задачах оптимізації / І. В. Калініна, О. І. Лісовиченко // Адаптивні системи автоматичного управління. – 2015. – № 1. – С. 48-61. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/asau_2015_1_10.
48. MathWorks – MATLAB / The Language of Technical Computing [Електронний ресурс] – USA: The MathWorks, Inc. – Режим доступу: <http://mathworks.com/help/matlab/index.html>.
49. MathWorks – Global Optimization Toolbox / Multiobjective Optimization [Електронний ресурс] – USA: The MathWorks, Inc. – Режим доступу: <http://mathworks.com/help/gads/gamultiobj.html>.
50. Янгурський К. І. Оптимальний вибір автоматизованого технологічного обладнання для поверхневого монтажу електрорадіокомпонентів / К. І. Янгурський, І. В. Атаманова, В. М. Фаст // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2011. – № 705 : Радіоелектроніка та телекомунікації. – С. 75-79. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/11570>.
51. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер.с англ. Р. Г. Вачнадзе. М.: «Радио и связь», 1993. 278 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pqm-online.com/assets/files/lib/books/saaty.pdf>.
52. Жигаревич О. К. Метод аналізу ієрархій / О. К. Жигаревич // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 13. – С. 14-20. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kitonv_2013_13_5.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Порівняльна характеристика методів оптимізації [32]

Назви методів	Недоліки	Переваги
Формування багатокритеріального компромісу на основі отримання оптимальних за Паретто розв'язків	Важко встановити рівень важливості досліджуваних параметрів. Для цього використовують опитування експертів, тому результат використання цього методу може залежати від їх суб'єктивних переконань	Застосування методу на практиці є найбільш простим у порівнянні з іншими методами багатокритеріальної оптимізації
Об'єднання декількох критеріїв в один скалярний параметр із одночасним зменшенням ваги всіх інших критеріїв	Пошук оптимального розв'язку ускладнюється тим, що невідомо, які критерії яким чином впливають на досягнення оптимального компромісу. Важко встановити способи зважування критеріїв у скалярному параметрі. Важко встановити рівень зменшення ваги інших критеріїв	Може застосовуватись для розв'язку задач, у яких необхідно дослідити вплив окремої групи критеріїв на результуючий параметр
Метод зважених сум (об'єднання кількох досліджуваних критеріїв без зменшення ваги інших)	Результат застосування методу не обов'язково буде оптимальним. Крім того, важко встановити зважені коефіцієнти, на основі яких об'єднуюватимуться всі критерії	Цей метод може використовуватись для вирішення задач, у яких кілька критеріїв наділені однаковою важливістю
Синтезований метод «точок Паретто» і методу зважених сум	Використовується метод експертних оцінок, що вносить суб'єктивний аспект у розв'язок багатокритеріальної задачі	Результатом методу завжди буде «точка Паретто», найбільш оптимальна за певних умов
Заборона абсолютно неприйнятних варіантів	Може застосовуватись тільки за умови граничної невідповідності одного з критеріїв необхідним вимогам	Дає можливість максимізувати результат з головним критерієм

Продовження таблиці А.1

Назви методів	Недоліки	Переваги
Метод послідовних поступок	Існує проблема при ранжируванні важливості кожного критерію, а також визначення рівня поступки для них	Дає можливість проаналізувати залежність між значеннями поступок і рівня наблизеності отриманого результату до оптимального. Це значно спрощує розв'язок задачі
Системна оптимізація	Метод реалізується через експертне опитування, результати якого перевіряються комп'ютером. Це вносить суб'єктивний аспект у розв'язок багатокритеріальних задач. Мало того, розв'язок так можна і не знайти, якщо експерти не зможуть обрати значення параметрів, що відповідатимуть необхідній області оптимальних значень	Орієнтується на пошук не максимальних значень, а оптимальних, що значно збільшує ймовірність успішного вирішення задачі
Метод, що ґрунтується на функції відстані досліджуваного параметра від ідеального значення	Може використовуватись тільки тоді, коли відомим є ідеальний варіант результату оптимізації. Важкість при визначенні зважених коефіцієнтів для відхилень фактичних значень критеріїв від їх ідеальних значень	Дозволяє за максимально наблизити значення критеріїв до їхніх ідеальних значень

Аналіз методів розв'язання багатокритеріальних оптимізаційних задач для оцінки діяльності підприємства [10]

Назва	Недоліки	Переваги	Задача, для якої рекомендується метод
Методи без участі ОПР	Не враховуються переваги, вподобання ОПР	Строге математичне підґрунття	Оптимізація значень показників діяльності підприємства
Методи, які ґрунтуються на скалярній згортці критеріїв в один	Експертне встановлення вагових коефіцієнтів	Визначення ключових, пріоритетних критеріїв	Визначення максимального рівня оцінки діяльності підприємства з урахуванням важливості частинних показників
Методи, які використовують обмеження на критерії	Необхідність обґрунтування обмежень на критерії	Можливість розгляду допустимих інтервалів змін значень критеріїв	Визначення оптимальних значень показників із урахуванням виробничо-господарських можливостей підприємства
Метод головного критерію	Встановлення пріоритету лише одному критерію	Акцентування уваги ключовому критерію і можливість управління	Оптимізація значень показників діяльності підприємства зі встановленням головної цілі
Метод послідовних поступок	Розв'язок слід перевіряти на предмет належності до області компромісів	Реалізація концепції обмежень, які накладають на значення критеріїв	Оптимізація значень показників діяльності підприємства з визначенням стійкості діяльності
Методи цільового програмування	Невеликі зміни параметрів задачі можуть призвести до істотної зміни розв'язку	Врахування переваг ОПР	Визначення оптимальних значень показників для досягнення стійкості функціонування підприємства

Продовження таблиці Б.1

Назва	Недоліки	Переваги	Задача, для якої рекомендується метод
Метод, де застосовується принцип гарантованого результату	Встановлення нижніх меж змін показників	Розв'язок є ефективним	Оптимізація значень показників діяльності підприємства з гарантованою ефективністю
На основі концепції функції корисності	Необхідність надання інформації ОПР для побудови функції корисності	Врахування вподобань ОПР	Визначення оптимальних значень показників діяльності з урахуванням переваг ОПР в управлінні
Метод ELECTRE	Необхідність обґрунтування ОПР вагових коефіцієнтів для частинних критеріїв, визначення ціни переходу із класу в клас для побудови індексів узгодженості	Критерії можуть бути як кількісні, так і якісні показники.	Визначення оптимальних значень показників діяльності на основі цілеспрямованого управління з урахуванням переваг напрямів діяльності
Метод аналізу ієрархій	Необхідність надання інформації ОПР в порівнянні критеріїв	Врахування переваг ОПР	Визначення оптимальних значень показників діяльності на основі аналізу їх доцільності
Метод Джоффірона-Дайера-Файнберга (GDF)	Багатократне попарне порівняння критеріальних поступок	Швидка збіжність методу	Оптимізація значень показників діяльності із забезпеченням стійкості

Продовження таблиці Б.1

Назва	Недоліки	Переваги	Задача, для якої рекомендується метод
Метод Зайонца-Валеніуса	Багатократне порівняння двох багатовимірних альтернатив	Достатньо швидка збіжність методу	Оптимізація значень показників діяльності із урахуванням доцільності альтернатив
Метод Штойера	Метод є складним, оскільки ОПР потрібно вибирати з $3m$ багатокритеріальних альтернатив	Необов'язковість умови лінійності функції корисності	Максимізація ефективності діяльності з урахуванням переваг в управлінні
Метод FFANN	Необхідність програмної реалізації у спеціальних програмних середовищах	Використання інформації ОПР та діалогова процедура пошуку розв'язку	Максимізація ефективності діяльності підприємства з відшуканням оптимальних значень показників із урахуванням пріоритетних напрямів функціонування
Методи, які використовують генетичні алгоритми на імітаційні моделі	Складність обчислень, необхідність програмної реалізації у спеціальних програмних середовищах	Використання апроксимації, універсальних процедур пошуку	Максимізація ефективності діяльності підприємства з урахуванням тенденцій змін значень показників
Метод STEM	Евристичний вибір змін значень критеріїв	Розв'язок оптимальний за Парето	Максимізація ефективності діяльності з урахуванням переваг у змінах значень показників

Закінчення таблиці Б.1

Назва	Недоліки	Переваги	Задача, для якої рекомендується метод
Метод Штойера-Чу	Складність реалізації обчислювального алгоритму	Можливість розв'язування нелінійних задач	Максимізація ефективності діяльності з урахуванням реальних нелінійних тенденцій змін значень показників та їх взаємозв'язку
Методи з використанням нечіткої логіки	Втрата чітких границь змін критеріїв	Можливість використання неметричних величин та в умовах повної або часткової визначеності	Максимізація ефективності діяльності з урахуванням умов невизначеності функціонування

Розрахунок середніх значень за рік показників активів та пасивів, тис.грн [43]

Показник	2015			2016			2017		
	На початок	На кінець	Середнє значення	На початок	На кінець	Середнє значення	На початок	На кінець	Середнє значення
Активи									
Усього необоротних активів	181179	178005	179592	178005	189879	183942	189879	211328	200603,5
Запаси	60675	104707	82691	104707	127304	116005,5	127304	101257	114280,5
Дебіторська заборгованість за продукцію, товари, роботи, послуги	82273	109471	95872	109471	99262	104366,5	99262	166979	133120,5
Дебіторська заборгованість за розрахунками: за виданими авансами	29333	52198	40765,5	52198	79246	65722	79246	73488	76367
з бюджетом	0	59	29,5	59	3836	1947,5	3836	3650	3743
Інша поточна дебіторська заборгованість	2761	2439	2600	2439	2783	2611	2783	24112	13447,5
Поточні фінансові інвестиції	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Гроші та їх еквіваленти	2896	799	1847,5	799	2179	1489	2179	3421	2800
Інші оборотні активи	1062	1028	1045	1028	1011	1019,5	1011	475	743
Усього оборотних активів	179327	271079	224850,5	271079	316002	293161	316002	373908	344501,5
Активи всього	360506	449084	404442,5	449084	505881	477103	505881	585236	545105

Продовження таблиці В.1

Показник	2015			2016			2017		
	На початок	На кінець	Середнє значення	На початок	На кінець	Середнє значення	На початок	На кінець	Середнє значення
Пасив									
Власний капітал	-102233	-201168	-151700,5	-201168	-191049	-196108,5	-191049	-202772	-196910,5
Довгострокові зобов'язання	597	542558	271577,5	542558	471151	506854,5	471151	587872	529511,5
Короткострокові кредити банків	86313	0	43156,5	0	0	0	0	0	0
Поточна кредиторська заборгованість: за довгостроковими зобов'язаннями	318088	23486	170787	23486	106839	65162,5	106839	65914	86376,5
за товари, роботи, послуги	16274	10210	13242	10210	22262	16236	22262	11964	17113
за розрахунками з бюджетом	304	257	280,5	257	402	329,5	402	538	470
за розрахунками зі страхування	606	390	498	390	363	376,5	363	490	426,5
за розрахунками з оплати праці	1317	1275	1296	1275	1478	1376,5	1478	1822	1650
за одержаними авансами	4831	5815	5323	5815	5131	5473	5131	1763	3447
Поточні забезпечення	0	139	69,5	139	1082	610,5	1082	1598	1340
Інші поточні зобов'язання	34409	66122	50265,5	66122	88222	77172	88222	116047	102134,5
Поточні зобов'язання	462142	107694	284918	107694	225779	166736,5	225779	200136	212957,5
Позиковий капітал	462739	650252	556495,5	650252	696930	673591	696930	788008	742469
Разом капітал	360506	449084	404795	449084	505881	477482,5	505881	585236	545558,5

Динаміка структури фінансових результатів діяльності підприємства

№ п/п	Показник	Питома вага, %		Абсолютна зміна, в.п.
		2016рік	2017рік	
1	Фінансовий результат від операційної діяльності	-863,52	-794,03	69,49
1.1	Фінансовий результат від основної (торговельної) діяльності	-627,59	-614,75	12,85
1.2	Фінансовий результат від іншої операційної діяльності	-235,93	-179,28	56,64
2	Фінансовий результат від фінансово-інвестиційної діяльності	963,61	894,03	-69,58
3	Фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування	100	100	-
4	Фінансовий результат від звичайної діяльності	-	-	-
5	Чистий прибуток (збиток)	-	-	-

Джерело: розроблено автором за даними [43]

Додаток Д
Таблиця Д.1

Визначення відносної важливості критеріїв

Критерій	21. Продуктивність	22. Витрата вакууму	23. Витрата охолоджуючих вод	24. Витрата охолоджуючого повітря	25. Витрата мастильних матеріалів
11. Продуктивність	-	11 має значну перевагу над 22	11 має дуже велику перевагу над 23	11 має суттєву перевагу над 24	11 має помірну перевагу над 25
12. Витрата вакууму	21 має значну перевагу над 12	-	12 має суттєву перевагу над 23	24 має суттєву перевагу над 12	25 має значну перевагу над 12
13. Витрата охолоджуючих вод	21 має дуже велику перевагу над 13	22 має суттєву перевагу над 13	-	24 має значну перевагу над 13	25 має дуже велику перевагу над 13
14. Витрата охолоджуючого повітря	21 має суттєву перевагу над 14	14 має суттєву перевагу над 22	14 має значну перевагу над 23	-	25 має значну перевагу над 14
15. Витрата мастильних матеріалів	21 має помірну перевагу 15	15 має значну перевагу над 22	15 має дуже велику перевагу над 23	15 має значну перевагу над 24	-

Джерело: розроблено автором