

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Кафедра агроінженерії

**02-07-09М**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до практичних робіт з дисципліни  
*«Модельовання та оптимізація процесів в АПК»*  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»  
спеціальності  
208 «Агроінженерія»  
всіх форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННМІ  
Протокол №1 від 27.08.2024 р.

Рівне-2024

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Моделювання та оптимізація процесів в АПК» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Бундза О.З. – Рівне: НУВГП, 2024. – 36 с.

Укладач: Бундза О.З., к.т.н., доцент, доцент кафедри агроінженерії.

Відповідальний за випуск: Налобіна О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінженерії.

Керівник групи забезпечення спеціальності 208 «Агроінженерія»: Налобіна Олена Олександрівна, д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінженерії

Перевидання

Попередня версія методичних вказівок: 02-01-533М

© Бундза О.З., 2024  
© НУВГП, 2024

## Зміст

Вступ	4
Практична робота 1. Задачі про управління запасами (ресурсами)	4
Практична робота 2. Транспортна задача з закритою моделлю	7
Практична робота 3. Транспортна задача з відкритою моделлю	16
Практична робота 4. Транспортна задача з відкритою моделлю (випадок 2)	19
Практична робота 5. Оптимізація структури та річного обороту стада великої рогатої худоби	22
Практична робота 6. Оптимізація структури посівних площ	29
Практична робота 7. Оптимізація розподілу мінеральних добрив	33
Список рекомендованої літератури	36

## **Вступ**

Практичні заняття з курсу «Моделювання та оптимізація процесів в АПК» надають можливість оволодіти навичками постановки й вирішення задач, що виникають у агропромисловому комплексі, використовуючи сучасні програмні засоби. В межах цих робіт аналізуються:

- задачі лінійного програмування з використанням Microsoft Excel;
- економіко-математичні задачі розподілу ресурсів у тваринництві;
- моделювання та оптимізація структури посівних площ;
- оптимізація використання мінеральних добрив.

### **Практична робота 1. Задачі про управління запасами (ресурсами)**

Мета роботи: оволодіння навичками вирішення задач управління запасами за допомогою Microsoft Excel.

#### **Теоретичні відомості**

Задачі про управління запасами часто виникають в процесі господарської діяльності агропідприємства і відносяться до задач лінійного програмування.

Задачі управління запасами є типовими для агропромислових підприємств і відносяться до задач лінійного програмування. Для їх вирішення можуть використовуватися різні програмні засоби, такі як Mathcad або табличні редактори, зокрема Microsoft Excel, що має функцію «Пошук рішень». Алгоритм вирішення таких задач включає введення вихідних даних, формулювання цільової функції та обмежень, а також запуск процесу оптимізації.

#### **Послідовність дій при розв'язанні задач на оптимізацію**

1. Ввести умови задачі, створивши нову таблицю:

а) створити форму під наступні умови задачі:

- змінні;
- цільову функцію (ЦФ);
- обмеження;
- граничні умови;

- б) ввести наступні дані у створену форму:
- коефіцієнти ЦФ;
  - коефіцієнти при змінних в обмеженнях;
  - праві частини обмежень;
- в) ввести наступні залежності:
- формулу для розрахунку ЦФ;
  - формули для розрахунку значень лівих частин обмежень;
- г) задати ЦФ (у вікні «Пошук розв'язання»):
- комірку, де прописана цільова функція;
  - напрям оптимізації ЦФ;
- д) У вікні «Пошук розв'язання» ввести обмеження і граничні умови.
2. Розв'язати задачу:
- а) встановити параметри розв'язання задачі (у вікні «Пошук розв'язання»);
- б) запустити задачу на розв'язання (у вікні «Пошук розв'язання»).
- «Пошук розв'язання» - це надбудова Microsoft Excel, що дає можливість розв'язувати задачі лінійного програмування. Якщо в меню «Дані» відсутня команда «Пошук розв'язання», її потрібно активувати. При використанні Microsoft Excel версії 2019 або вище, необхідно:
1. Натиснути значок «Файл», а потім натисніть «Параметри».
  2. Вибрати команду «Надбудови», а потім у вікні «Керування» вибрати пункт «Надбудови Excel».
  3. Натиснути кнопку «Перейти».
  4. У вікні «надбудови» встановити прапорець «Пошук розв'язання» і натиснути кнопку «Ок». Після цього «Аналіз» на вкладки «Дані» стає доступна команда «Пошук розв'язання».

### **Завдання для виконання роботи**

#### **Задача про управління запасами**

Переробне підприємство випускає пастеризоване молоко, кефір і сметану. На виробництво 1 т молока, кефіру й сметани потрібно потратити відповідно відому кількість сирого молока. Витрати робочого часу при розливі 1 т молока та кефіру відомі і наведені в таблиці 1. Витрати часу на розфасовку 1 т сметани на

спеціальному автоматі також відомі і наведені в таблиці 1. Відомі також добова кількість сирого молока, яке здатне переробити підприємство, та максимальна добова зайнятість обладнання і прибуток від реалізації однієї тони кожного виду продукції. Згідно з укладеними контрактами, підприємство зобов'язане виробляти щодня визначену кількість молока та кефіру на добу.

Скласти добовий план виробництва продукції, при якому прибуток від реалізації був би максимальним.

Таблиця 1

Вихідні дані за варіантами

Показник	Варіанти							
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	
Кількість сирого молока на виробництво 1 т, в тонах:								
пастер. молока	1,01	1,02	1,03	1,05	1,04	1,02	1,01	
кефіру	1,04	1,03	1,07	1,08	1,08	1,03	1,04	
сметани	9,22	9,35	9,37	9,43	9,45	9,47	9,53	
Витрати робочого часу при розливі 1 т:								
паст. молока, маш-год.:	0,16	0,19	0,18	0,19	0,21	0,23	0,24	
кефіру, маш-год.	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	
Розфасовка 1 т сметани, в машино-год.	3,17	3,19	3,22	3,25	3,28	3,31	3,34	
За добу переробляється сирого молока, т	145	148	152	155	159	163	167	
Зайнятість обладнання, машино-год: основного для розф. сметани	24 15	23 17	24 19	20 16	22 20	23 18	23 14	
Прибуток від реалізації 1т, гр.од.								
пастер. молока	31	33	35	38	43	45	47	
кефіру	36	38	40	43	46	48	51	
сметани	139	142	145	148	152	156	160	
Випуск продукції, в т								
пастер. молока	95	98	102	96	104	107	110	
кефіру	12	17	19	21	23	26	28	

### Послідовність вирішення

1. Створюємо в середовищі Excel файл з назвою *Лабораторні\_Прізвище\_Ім'я.xlsx*, та зберігаємо його. Після чого у першому аркуші створюємо робочу таблицю, приклад структури якої на рис. 1.1.

Назва обмеження	Продукція			Обмеження		
	Молока пастер.	Кефір	Сметана	Ліва частина	Знак	Права частина
	x1	x2	x3			
<b>Значення</b>						
1. Сире молоко, т						
2. Розлив молока та кефіру, машино-год.						
3. Розфасовка сметани, машино-год.						
4. Випуск молока min, т						
5. Випуск кефіру min, т						
Виручка, гр.од.						

Рис. 1.1

2. У створену таблицю вносимо відомі величини. Жовтим кольором виділено клітинки, в яких будуть підібрані оптимальні значення шуканих величин. Таблиця з внесеними відомими даними буде мати вигляд (див. рис. 1.2):

A	B	C	D	E	F	G
Назва обмеження	Продукція			Обмеження		
	Молока пастер.	Кефір	Сметана	Ліва частина	Знак	Права частина
	x1	x2	x3			
<b>Значення</b>						
1. Сире молоко, т	1,02	1,03	9,21		≤	145
2. Розлив молока та кефіру, машино-год.	0,16	0,19			≤	24
3. Розфасовка сметани, машино-год.			3,17		≤	15
4. Випуск молока min, т	1				≥	95
5. Випуск кефіру min, т		1			≥	12
Виручка, гр.од.						

Рис. 1.2

3. Обчислюємо ліві частини накладених умовою задачі обмежень. Для цього найбільш зручно скористатись функцією SUMPRODUCT так, як це показано на рис. 1.3 для умови добової продуктивності заводу.

Буфер обміну		Шрифт			Вирівнювання		
E5 : X ✓ fx =SUMPRODUCT(\$B\$4:\$D\$4;B5:D5)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Назва обмеження	Продукція			Обмеження		
2		Молока пастер.	Кефір	Сметана	Ліва частина	Знак	Права частина
3		x1	x2	x3			
4	Значення						
5	1. Сире молоко, т	1,02	1,03	9,21	144,26	≤	145
6	2. Розлив молока та кефіру, машино-год.	0,16	0,19		23,88	≤	24
7	3. Розфасовка сметани, машино-год.			3,17	0	≤	15
8	4. Випуск молока min, т	1			97	≥	95
9	5. Випуск кефіру min, т		1		44	≥	12

Рис. 1.3

4. Вводимо цільову функцію, також використавши для цього функцію SUMPRODUCT, як показано на рис. 1.4.

G10 : X ✓ fx =SUMPRODUCT(\$B\$4:\$D\$4;B10:D10)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Назва обмеження	Продукція			Обмеження		
2		Молока пастер.	Кефір	Сметана	Ліва частина	Знак	Права частина
3		x1	x2	x3			
4	Значення						
5	1. Сире молоко, т	1,02	1,03	9,21	144,26	≤	145
6	2. Розлив молока та кефіру, машино-год.	0,16	0,19		23,88	≤	24
7	3. Розфасовка сметани, машино-год.			3,17	0	≤	15
8	4. Випуск молока min, т	1			97	≥	95
9	5. Випуск кефіру min, т		1		44	≥	12
10	Виручка, гр. од.	31	36	139		max	4591

Рис. 1.4

5. Запускаємо Розв'язувач, вказавши клітинку з цільовою



функцією, її екстремум, клітинки зі змінними (жовті) та ввівши обмеження так, як показано на рис. 1.5 і запустити розв'язання.

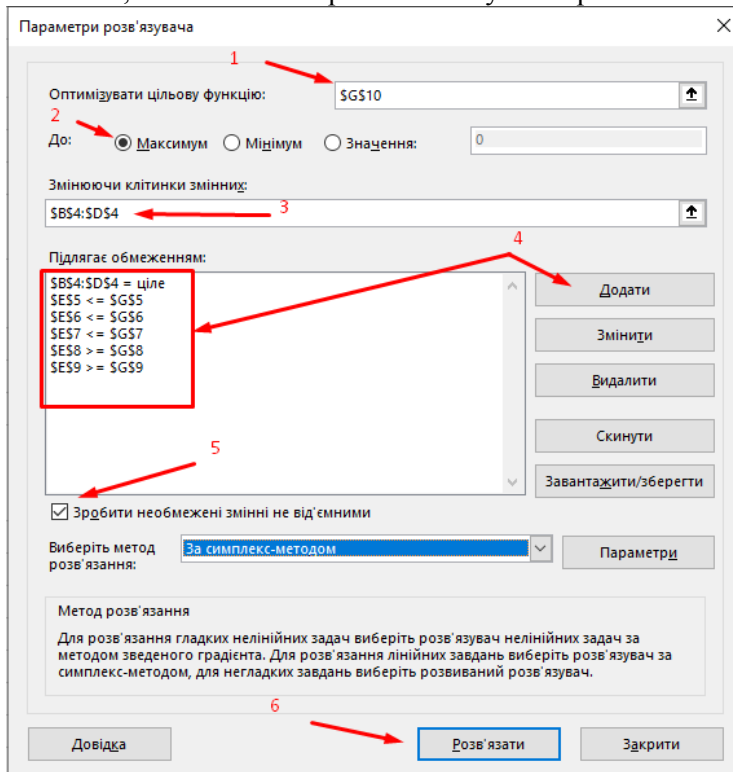


Рис. 1.5

6. На основі отриманих результатів сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці так, як наприклад, на рис. 1.6.

Висновок: Згідно одержаного результату, оптимальний добовий план							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Назва обмеження	Продукція			Обмеження		
2		Молока пастер.	Кефір	Сметана	Ліва частина	Знак	Права частина
3		x1	x2	x3			
4	Значення	97	44	0			
5	1. Сире молоко, т	1,02	1,03	9,21	144,26	≤	145
6	2. Розлив молока та кефіру, машино-год.	0,16	0,19		23,88	≤	24
7	3. Розфасовка сметани, машино-год.			3,17	0	≤	15
8	4. Випуск молока min, т	1			97	≥	95
9	5. Випуск кефіру min, т		1		44	≥	12
10	Виручка, гр.од.	31	36	139		max	4591
11	Висновок: Згідно одержаного результату, оптимальний добовий план передбачає виробництво 97 т молока, 44 т кефіру та 0 т сметани, що дасть можливість одержати максимальний прибуток у розмірі 4591 гр.од.						

Рис. 1.6

Після цього закріпити розглянутий матеріал, відповівши на контрольні запитання.

### Контрольні запитання

1. Яка різниця між стандартною та канонічною задачами ЛП?
2. Назвіть найбільш поширене програмне забезпечення для вирішення задач ЛП.
3. Назвіть три форми запису моделі та їх особливості.
4. Охарактеризуйте етапи розв'язку задачі лінійного програмування симплекс-методом.

### Практична робота 2. Транспортна задача з закритою моделлю

Мета роботи: оволодіння навичками розв'язання транспортних задач із використанням Excel.

#### Теоретичні відомості

Транспортна задача полягає у тому, щоб з мінімальними витратами доставити вантажі від постачальників до споживачів, коли сукупні запаси дорівнюють потребам. Основні етапи вирішення передбачають створення таблиць з вихідними даними,

формулювання цільової функції та запуск оптимізації.

### Завдання для виконання роботи

Транспортна задача з закритою моделлю (таблиці 2...6).

Скласти план доставки вантажів від постачальників споживачам за умови мінімальної сумарної вартості всіх перевезень. Вихідні дані за варіантами представлено в таблиці 2-6.

У кожному з перших трьох рядків таблиці вказані постачальник, тарифи на перевезення до кожного споживача і величина запасу. У транспортній задачі з закритою моделлю сума по рядку «Потреба» має бути рівна сумі за стовпцем «Запаси на складі».

Таблиця 2

Вихідні дані, варіант 1

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	4	7	7	5	40
Постачальник 2	6	4	7	8	45
Постачальник 3	1	2	4	7	15
Потреба, шт.	25	32	28	15	<b>100</b>

Таблиця 3

Вихідні дані, варіант 2

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	1	7	8	5	40
Постачальник 2	5	6	7	2	40
Постачальник 3	3	2	4	4	16
Потреба, шт.	25	25	30	16	<b>96</b>

Таблиця 4

## Вихідні дані, варіант 3

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	4	5	7	35
Постачальник 2	6	3	7	6	45
Постачальник 3	4	6	3	2	12
Потреба, шт.	25	27	25	15	<b>92</b>

Таблиця 5

## Вихідні дані, варіант 4

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	3	5	6	35
Постачальник 2	4	3	5	2	36
Постачальник 3	6	1	7	4	10
Потреба, шт.	25	20	20	16	<b>81</b>

Таблиця 6

## Вихідні дані, варіант 5

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	3	2	8	30
Постачальник 2	5	5	7	6	40
Постачальник 3	9	5	8	2	7
Потреба, шт.	20	20	27	10	<b>77</b>

## Послідовність вирішення

При застосуванні функції SUMPRODUCT послідовність вирішення матиме ті ж етапи, що і у попередній задачі.

## Послідовність вирішення

1. Створюємо в середовищі Excel файл з назвою *Лабораторні\_Прізвище\_Ім'я.xlsx*, та зберігаємо його. Після чого у першому аркуші створюємо робочу таблицю, приклад структури якої на рис. 2.1.

L27							
A	B	C	D	E	F	G	
1	Споживачі	Тарифи, гр. од.					
2					Запаси на складі, шт.		
3	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4		
4	Постачальник 1	3	6	8	5	40	
5	Постачальник 2	5	5	6	7	45	
6	Постачальник 3	2	1	6	4	15	
7	Потреба, шт.	25	30	30	15	100	
8							
9	Споживачі	План поставки					
10					Використано, шт	Запаси на складі, шт.	
11	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4		
12	Постачальник 1					40	
13	Постачальник 2					45	
14	Постачальник 3					15	
15	Обсяг поставки					загальні суми	
16	Потреба, шт.	25	30	30	15	100 співпадає	
17	ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ГРОШОВИХ ОДИНИЦЬ						

Рис. 2.1

2. У створену таблицю вносимо відомі величини. Жовтим кольором виділено клітинки, в яких будуть підібрані оптимальні значення шуканих величин. Заповнюємо необхідні комірки формулами згідно рис.2.2:

F24							
A	B	C	D	E	F	G	
1 Споживачі	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.		
2							
3	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3		Споживач 4	
4	Постачальник 1	3	6	8	5	40	
5	Постачальник 2	5	5	6	7	45	
6	Постачальник 3	2	1	6	4	15	
7	Потреба, шт.	25	30	30	15	100	
9 Споживачі	План поставки				Використано, шт.	Запаси на складі, шт.	
10							
11	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3			Споживач 4
12	Постачальник 1					=F4	
13	Постачальник 2					=F5	
14	Постачальник 3					=F6	
15	Обсяг поставки	=SUM(B12:B14)	=SUM(C12:C14)	=SUM(D12:D14)	=SUM(E12:E14)	загальні суми	=SUM(G12:G14)
16	Потреба, шт.	=B7	=C7	=D7	=E7	=SUM(B16:E16)	=IF(F16=G15;"співпадає";"не співпадає")
17	ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ГРОШОВИХ ОДИНИЦЬ						

Рис. 2.2

3. У клітинку G17 вводимо цільову функцію, скориставшись функцією SUMPRODUCT так, як це показано на рис. 2.3. Цільова функція являє собою сумарну вартість перевезень.

G17							
A	B	C	D	E	F	G	
1 Споживачі	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.		
2							
3	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3		Споживач 4	
4	Постачальник 1	3	6	8	5	40	
5	Постачальник 2	5	5	6	7	45	
6	Постачальник 3	2	1	6	4	15	
7	Потреба, шт.	25	30	30	15	100	
9 Споживачі	План поставки				Використано, шт.	Запаси на складі, шт.	
10							
11	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3			Споживач 4
12	Постачальник 1					=F4	
13	Постачальник 2					=F5	
14	Постачальник 3					=F6	
15	Обсяг поставки	=SUM(B12:B14)	=SUM(C12:C14)	=SUM(D12:D14)	=SUM(E12:E14)	загальні суми	=SUM(G12:G14)
16	Потреба, шт.	=B7	=C7	=D7	=E7	=SUM(B16:E16)	=IF(F16=G15;"співпадає";"не співпадає")
17	ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ГРОШОВИХ ОДИНИЦЬ						=SUMPRODUCT(B4:E6;B12:E14)

Рис. 2.3

4. Запускаємо Розв'язувач, вказавши клітинку з цільовою функцією, її екстремум, клітинки зі змінними (жовті) та ввівши обмеження так, як показано на рис. 2.4 і запустити розв'язання.

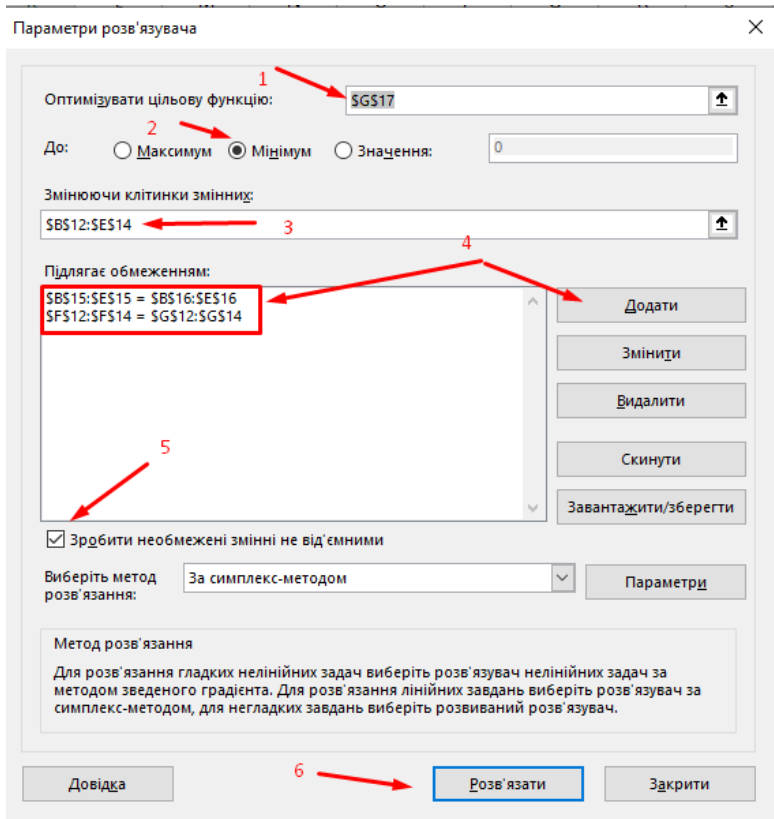


Рис. 2.4

5. На основі отриманих результатів сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці так, як наприклад, на рис. 2.5.

	A	B	C	D	E	F	G	
1	Споживачі	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.		
2								
3	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4			
4	Постачальник 1	3	6	8	5	40		
5	Постачальник 2	5	5	6	7	45		
6	Постачальник 3	2	1	6	4	15		
7	Потреба, шт.	25	30	30	15	100		
8								
9	Споживачі	План поставки				Використано, шт	Запаси на складі, шт.	
10								
11	Постачальники	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4			
12	Постачальник 1	25	0	0	15	40	40	
13	Постачальник 2	0	15	30	0	45	45	
14	Постачальник 3	0	15	0	0	15	15	
15	Обсяг поставки	25	30	30	15	загальні суми	100	
16	Потреба, шт.	25	30	30	15	100	співпадає	
17	<b>ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ГРОШОВИХ ОДИНИЦЬ</b>						<b>420</b>	
18								
19	Висновок: в результаті реалізації оптимального плану перевезень							
20	весь товар буде доставлено споживачам. Загальна вартість перевезень складе 420 гр. од.							

Рис. 2.5

Після цього потрібно закріпити розглянутий матеріал, відповівши на контрольні запитання.

### Контрольні запитання

1. Яка різниця між стандартною та канонічною задачами ЛПТ?
2. Яка особливість транспортної задачі з закритою моделлю?
3. Назвіть три форми запису моделі та їх особливості.
4. Охарактеризуйте етапи розв'язку задачі лінійного програмування симплекс-методом.

### Практична робота 3. Транспортна задача з відкритою моделлю

Мета роботи: набуття практичних навичок вирішувати задачі транспортного типу за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

#### Теоретичні відомості

Транспортна задача з відкритою моделлю відрізняється тим, що запаси постачальників не співпадають із потребами споживачів. У цьому випадку важливо досягти мінімальних витрат на доставку з урахуванням нерівномірності розподілу ресурсів.

У цьому прикладі розглянуто випадок, коли запаси



постачальників більші за потреби споживачів.

### Завдання для виконання роботи

Відкрита модель (випадок 1): запаси постачальників більше потреб споживачів. (таблиці 7...9).

Визначити план доставки вантажів від постачальників споживачам за умови мінімальної сумарної вартості всіх перевезень. Вихідні дані за варіантами представлено в таблицях 7-9.

Таблиця 7

Вихідні дані, варіант 1

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	3	5	6	45
Постачальник 2	4	3	5	2	45
Постачальник 3	6	1	7	4	20
Потреба, шт.	25	30	30	15	<b>Не співпадає</b>

Таблиця 8

Вихідні дані, варіант 2

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	4	5	7	45
Постачальник 2	6	3	7	6	45
Постачальник 3	4	6	3	2	15
Потреба, шт.	25	25	30	15	<b>Не співпадає</b>

## Вихідні дані, варіант 3

	Тарифи, гр. од.				Запаси на складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	1	7	8	5	40
Постачальник 2	5	6	7	2	45
Постачальник 3	3	2	4	4	15
Потреба, шт.	25	25	25	15	Не співпадає

Застосуємо послідовність розв'язку задачі та структуру таблиць аналогічну попередній транспортній задачі з закритою моделлю, скоригувавши лише одне обмеження так, як показано на рис. 3.1:

Оптимізувати цільову функцію:

До:  Максимум  Мінімум  Значення:

Змінюючи клітинки змінні:

Підлягає обмеженням:

Зробити необмежені змінні не від'ємними

Виберіть метод розв'язання:

Метод розв'язання  
 Для розв'язання гладких нелінійних задач виберіть розв'язувач нелінійних задач за методом зведеного градієнта. Для розв'язання лінійних завдань виберіть розв'язувач за симплекс-методом, для негладких завдань виберіть розвиваний розв'язувач.

Рис. 3.1

Після розв'язку задачі потрібно сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці по аналогії з попередньою задачею.

### **Контрольні запитання**

1. Назвіть властивості основної задачі лінійного програмування.
2. Сформулюйте теореми задач лінійного програмування.
3. Особливість рішення задач про управління запасами (ресурсами).
4. Назвіть основні етапи рішення задач ЛП за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

### **Практична робота 4. Транспортна задача з відкритою моделлю (випадок 2)**

Мета роботи: набуття практичних навичок вирішувати задачі транспортного типу за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

#### **Теоретичні відомості**

Транспортні задачі є досить поширеними в реальних умовах, і їх вирішення стає необхідним у багатьох галузях економіки. Зокрема, транспортна задача з відкритою моделлю є однією з найпоширеніших. Суть такої задачі полягає в тому, щоб здійснити перевезення вантажів від постачальників до споживачів із мінімально можливими витратами. Це передбачає оптимізацію процесу доставки, де потрібно врахувати витрати на транспортування і зробити так, щоб загальна сума витрат була найменшою.

Однією з особливостей задач з відкритою моделлю є те, що запаси вантажів на складах у постачальників не дорівнюють попиту, який пред'являють споживачі. Це означає, що кількість товарів, доступних у постачальників, може або перевищувати, або бути меншою за те, що потрібно доставити споживачам. У цьому конкретному прикладі розглядається ситуація, коли на складах постачальників є менша кількість вантажів, ніж того вимагають споживачі, і необхідно знайти рішення, яке б дозволило максимально ефективно розподілити наявні ресурси з найменшими фінансовими витратами.

### Завдання для виконання роботи

Відкрита модель (випадок 2): запаси постачальників менші за потреби споживачів. (таблиці 10...12). Розробити план доставки вантажів від постачальників споживачам за умови мінімальної сумарної вартості всіх перевезень. Вихідні дані за варіантами наведено в таблицях 10-12.

Таблиця 10

#### Вихідні дані, варіант 1

	Тарифи, гр. од.				Запасина складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	4	5	7	35
Постачальник 2	6	3	7	6	35
Постачальник 3	4	6	3	2	10
Потреба, шт.	30	25	20	15	<b>не співпадає</b>

Таблиця 11

#### Вихідні дані, варіант 2

	Тарифи, гр. од.				Запасина складі, шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	2	3	5	6	30
Постачальник 2	4	3	5	2	40
Постачальник 3	6	1	7	4	5
Потреба, шт.	25	25	30	15	<b>не співпадає</b>

Таблиця 12

#### Вихідні дані, варіант 3

	Тарифи, гр. од.				Запасина складі,шт.
	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4	
Постачальник 1	1	7	8	5	30
Постачальник 2	5	6	7	2	40

Постачальник 3	3	2	4	4	5
Потреба, шт.	25	30	30	10	не співпадає

Застосуємо послідовність розв'язку задачі та структуру таблиць аналогічну транспортній задачі з закритою моделлю, скоригувавши лише одне обмеження так, як показано на рис. 4.1:

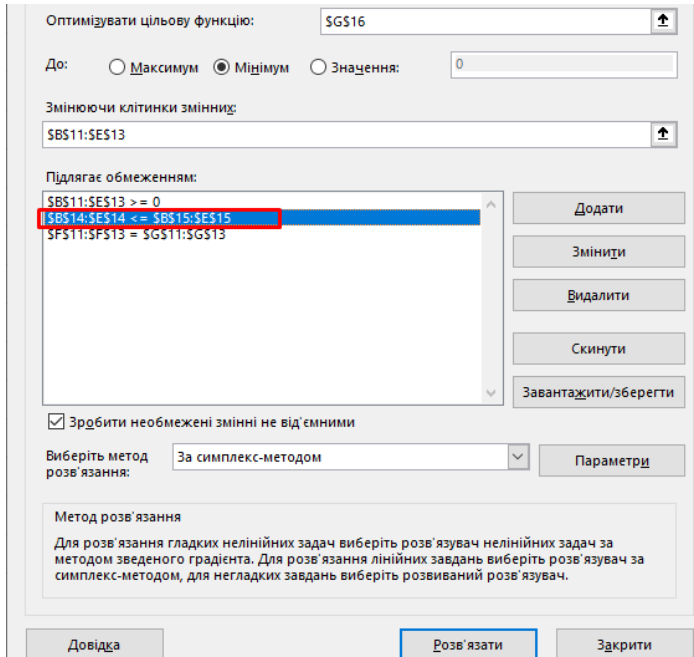


Рис. 4.1

Після розв'язку задачі потрібно сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці.

### Контрольні запитання

1. Назвіть властивості основної задачі лінійного програмування.
2. Сформулюйте теореми задач лінійного програмування.

3. Особливість рішення задач про управління запасами (ресурсами).

4. Назвіть основні етапи рішення задач ЛПІ за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

### **Практична робота 5. Оптимізація структури та річного обороту стада великої рогатої худоби**

Мета роботи: розглянути прийоми побудови економіко-математичної моделі структури та річного обороту стада у матричній формі за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

#### **Теоретичні відомості**

Структура стада кожного конкретного господарства є ключовим фактором, що впливає на його кормову базу, кількість необхідних тваринницьких приміщень і чисельність робітників, які будуть залучені до догляду за тваринами. Від того, як побудована структура стада, залежить, який відсоток загальної кількості худоби припадатиме на корів у порівнянні з іншими категоріями тварин. У сучасних агропромислових господарствах структура стада повинна бути організована таким чином, щоб не лише виконувати заплановані показники виробництва продукції, але й підтримувати необхідний рівень поголів'я для стабільного відтворення стада.

Однією з найбільших складностей, що виникає при вирішенні завдань оптимізації структури стада, є встановлення правильних умов для зв'язків між різними статеві-віковими групами худоби (або птиці). Ці групи можуть мати різні потреби та показники продуктивності. Тому під час проведення розрахунків важливо враховувати коефіцієнти вибраківування тварин, а також темпи, з якими буде здійснюватися розширення стада. Розрахунок таких показників часто проводиться за допомогою матриць, де відображаються основні обмеження та зв'язки між групами тварин.

На початковому етапі створюється спрощена матриця, яка відображає тільки найважливіші обмеження. У подальшому, за необхідності, її можна ускладнювати, додаючи нові параметри. Перед тим як заповнювати матрицю коефіцієнтами, рекомендується,

якщо це можливо, скоротити кількість статеві-вікових груп шляхом об'єднання подібних категорій або ігнорування незначних відмінностей. Завдання моделювання структури стада базується на прикладі великої рогатої худоби, яка розподіляється на такі статеві-вікові групи: корови, нетелі, телиці старше року, телиці до року, телиці-приплід, бички старше року, бички до року та бички-приплід.

### **Послідовність дій**

1. Ввести умови задачі, створивши нову таблицю:

а) створити форму під наступні умови задачі:

- змінні;
- цільову функцію (ЦФ);
- обмеження;
- граничні умови;

б) ввести наступні дані у створену форму:

- коефіцієнти ЦФ;
- коефіцієнти при змінних в обмеженнях;
- праві частини обмежень;

в) ввести наступні залежності:

- формулу для розрахунку ЦФ;
- формули для розрахунку значень лівих частин обмежень;

г) задати ЦФ (у вікні «Пошук розв'язання»):

- комірку, де прописана цільова функція;
- напрям оптимізації ЦФ;

д) У вікні «Пошук розв'язання» ввести обмеження і граничні умови.

2. Розв'язати задачу:

а) встановити параметри розв'язання задачі (у вікні «Пошук розв'язання»);

б) запустити задачу на розв'язання (у вікні «Пошук розв'язання»).

### **Завдання для виконання роботи**

Задача визначення оптимального обороту стада великої рогатої худоби, якщо відоме поголів'я на початок року (таблиця 1).

На основі наявної кількості худоби на початок року, кількості новонародженого приплоду, а також необхідності забезпечити на кінець року відповідний рівень поголів'я, що сприятиме подальшому

відтворенню стада та зростанню виробництва тваринницької продукції, слід визначити, скільки голів потрібно вибракувати, відправити на відгодівлю, а також скільки перевести в наступні вікові групи. Ці рішення повинні бути прийняті таким чином, щоб досягти максимального ефекту від тваринництва. Ефективність діяльності виражається через критерій оптимальності, який зазвичай полягає у максимізації отримання продукції, такої як молоко або м'ясо.

Невідомими в задачі є чотири групи величин:

- 1) кількість (або відсоток) вибракуваних тварин по кожній статеві-віковій групі;
- 2) кількість тварин переведених в старшу групу;
- 3) кількість тварин переведених з молодшої групи;
- 4) кількість тварин залишених на кінець року.

Кожна група невідомих містить стільки параметрів, скільки існує статеві-вікових груп тварин, за винятком тих величин, які є неприйнятними для конкретної групи через об'єктивні обмеження. Наприклад, приплід не може бути переведений безпосередньо з молодшої вікової групи до старшої, оскільки це суперечить природним процесам росту і розвитку тварин. Таким чином, під час моделювання потрібно враховувати лише ті переходи між групами, які є можливими та логічними для кожної категорії тварин.

Розробку числової моделі починаємо з визначення невідомих величин і параметрів (відомих величин) задачі. Кількість приплоду розраховуємо виходячи з поголів'я корів і нетелей з врахуванням коефіцієнту виходу телят від 100 корів і нетелей. Вважатимемо, що з вірогідністю  $\frac{1}{2}$  народжуються бички і телички, тому їх кількість плануємо приблизно однаково.

Вихідні дані за варіантами наведено нижче.



## Варіант 1.

Необхідно визначити оптимальний оборот стада великої рогатої худоби, якщо відоме поголів'я на початок року: корови – 1010; нетелі – 144; телиці старші за рік – 240; телиці до року – 378; бички старше року – 236; бички до року – 376; усієї великої рогатої худоби – 2384.

Середньорічний надій на 1 голову складає 45 ц. Планується виробництво молока за рік – 40 тис. ц, м'яса (у живій масі) – 2 тис. ц.

У поточному році працівники галузі скотарства зможуть отримати 1040 голів приплоду (в рівній кількості теличок та бичків). Зоотехнічна служба визначила наступний відсоток вибраковування тварин: корови – 8-25%; нетелі – не більше 2%; телиці до року – не більше 35%; телички-приплід – не більше

20%; бички старше року – не більше 35%; бички-приплід – не більше 20%. Намічається падіж молодняка до року 0,5%, приплоду – 2%.

Відповідно до намічених темпів відтворення стада зоотехнічна служба рекомендує на кожну нетель вирощувати 1,6 телиці старші року, а на кожну телицю старше року – не менше 1,4 телички до року, а кількість нетелів складає не менше 17% поголів'я корів. Жива вага однієї голови наступна: корови – 500 кг; нетелі – 350 кг; телиці старше року – 300 кг; телиці до року – 180 кг; телички-приплід – 60 кг; бички старше року – 320 кг; бички до року – 180 кг; бички-приплід – 60 кг; худоба на відгодівлі – 400 кг. Поголів'я ВРХ має бути на кінець року не менше 2300 голів, бичків старше за рік не менше 200 голів, корів – не менше 1010.

Критерій оптимальності – максимум виробництва м'яса в живій вазі.

## Варіант 2

Поголів'я тварин по статевовікових групах на початок року та вихід продукції від 1 голови в кожній групі наведені в табл. 13.

Середньорічний надій на 1 голову складає 57,7 ц. Планується виробництво молока за рік – 40 тис. ц, м'яса (у живій масі) – 2 тис. ц.

Поголів'я корів планується залишити незмінним. Планується одержати приплід бичків та теличок по 339 голів. Передбачений падіж в групі молодняка до року – 0,5%, приплоду – 1,5%.

Таблиця 13

Поголів'я тварин початок року та їх продуктивність

Статевікові групи	Поголів'я на початок року	Середня реалізаційна маса 1 голови, ц
Корови	753	450
Нетелі	260	416
Телиці старше року	406	335
Бички старше року	115	364
Телиці до року	205	142
Бички до року	179	178
Телички-приплід	–	35
Бички-приплід	–	35

Норми вибраковки корів – не менше 20%, нетелей – не більше 5%, телиць старше року – не менше 5%, телиць та бичків до року – не менше 15%, приплоду – 5-40%.

На кінець року необхідно мати наступне співвідношення між статевіковими групами тварин в стаді: поголів'я нетелей по відношенню до корів – 15-20%; на 1 нетель має бути не менш 1,5 телиці старше року; на 1 телицю старше року – не менш 1,3 телиці до року.

Вартість продукції тваринництва наступна: молоко – 248,66 гр. од. за 1 ц; м'ясо ВРХ – 1164,16 гр.од. за 1 ц.

Критерій оптимальності – максимум валової продукції тваринництва.

### Варіант 3

Поголів'я тварин по статевовікових групах на початок року та вихід продукції від 1 голови в кожній групі наведені в табл. 14.

Таблиця 14

Поголів'я тварин початок року та їх продуктивність

Статевовікові групи	Поголів'я на початок року	Середня реалізаційна маса 1 голови, кг
Корови	341	482
Нетелі	82	415
Телиці старше року	110	360
Бички старше року	137	390
Телиці до року	108	170
Бички до року	109	175
Телички-приплід	–	86
Бички-приплід	–	81

Середньорічний надій на 1 голову складає 5380 кг. Планується виробництво молока за рік – 17,4 тис. ц, м'яса (у живій масі) – 1000 ц.

Загальне поголів'я на кінець року повинно скласти 850 голів, при цьому корів повинно зменшитися не менше, ніж на 3%. Планується одержати приплід бичків та теличок по 280 голів. Передбачений падіж в групі молодняка до року

– 0,5%, приплоду – 1,3%.

Норми вибраковки корів –15-20%, телиць та бичків до року – не менше 17%, приплоду – 10-40%.

На кінець року необхідно мати наступне співвідношення між статевовіковими групами тварин в стаді: поголів'я нетелів по відношенню до корів – 20-25%; на 1 нетель має бути не менш 1,3 телиці старше року; на 1 телицю старше року – не менш 1,1 телиці до року.

Вартість продукції тваринництва наступна: молоко – 248,66 гр.од. за 1 ц; м'ясо ВРХ – 1164,16 гр.од. за 1 ц.

Критерій оптимальності – максимум валової продукції тваринництва

Для розв'язку задачі застосовується послідовність аналогічна прикладу із застосуванням функції SUMPRODUCT для обчислення як обмежень, так і цільової функції.

Після розв'язку задачі потрібно сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці.

### **Контрольні запитання**

1. Сформулювати постановку задачі з оптимізації обороту стада великої рогатої худоби.
2. Перерахувати основні обмеження обороту стада великої рогатої худоби.
3. Визначити сенс критерію задачі з оптимізації обороту стада.
4. Перерахувати групи невідомих величин при моделюванні обороту стада.

## **Практична робота 6. Оптимізація структури посівних площ**

Мета роботи: набуття практичних навичок вирішувати задачі оптимізації структури посівних площ у матричній формі за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

### **Теоретичні відомості**

Основними завданнями, що постають перед сучасними сільськогосподарськими підприємствами, є підвищення ефективності використання сільськогосподарських угідь та збільшення обсягів виробництва продукції у відповідних галузях. Слід зазначити, що між рослинництвом і тваринництвом існує тісний взаємозв'язок. Зокрема, площі, відведені під посіви кормових культур, залежать від ряду факторів: особливостей сівозмін, типу ґрунтів, їхнього стану, а також виду і кількості продукції, яку планується виробляти в галузі тваринництва.

Основне завдання при плануванні структури посівних площ кормових культур полягає у формуванні надійної бази для забезпечення тварин кормами. Рішення даної задачі в рамках запропонованої моделі включає розрахунок структури посівних площ із врахуванням вимог сівозмін. Це дозволить не лише забезпечити тваринництво кормами належної якості, але й зберегти природну родючість ґрунтів, а також уникнути порушення екосистеми в цілому.

Як критерії оптимальності можна розглядати такі показники, як мінімізація матеріальних і грошових витрат на виробництво кормів, мінімізація площі ріллі, що відводиться під кормові культури, максимізація валової продукції тваринництва або максимізація чистого прибутку підприємства.

### **Завдання для виконання роботи**

Задача про оптимізацію структури посівних площ (таблиця 14).

Агрофірма орендує три земельні ділянки, і перед нею стоїть завдання оптимально використати кожен гектар орендованої землі

для посіву культур з метою максимізації прибутку. Для досягнення цієї мети необхідно правильно розподілити посівні площі між різними сільськогосподарськими культурами. При цьому слід врахувати показники ефективності вирощування кожної культури, які представлені в таблиці 14. Важливо вибрати ті культури і площі під них, які дозволять отримати найбільший дохід при найменших затратах.

Таблиця 14

Показники ефективності виробництва сільськогосподарських культур

С.г. культури	В.праці, люд.-год./га	Виробничі витрати, гр.од./га	Урожайність, ц/га	Прибуток, гр.од./га
I ділянка				
Пшениця озима	37,7	2277,3	35,5	897,5
Ячмінь ярий	31,6	1862,8	28,9	810,5
Соняшник	30,2	2669,8	17,8	1235,7
II ділянка				
Пшениця озима	38,9	2236,6	36,1	875,8
Ячмінь ярий	32,0	1853,1	27,2	826,8
III ділянка				
Пшениця озима	36,9	2239,0	35,2	898,4
Ячмінь ярий	28,8	1826,3	27,8	832,6
Соняшник	29,9	2709,6	19,7	1376,8

Послідовність розв'язання аналогічна практичним 1 або 2-4.

Робоча таблиця з внесеними вихідними даними може бути оформлена наприклад, так, як на рис. 6.1:

	A	B	C	D	E	F
1	С.г. культури	Площа ділянок, га	Витрати праці, люд.-год./га	Виробничі витрати, гр.од./га	Урожайність, ц/га	Прибуток, гр.од./га
2						
3	I ділянка	150,00				
4	Пшениця озима	144,20	37,80	2287,30	34,50	890,50
5	Ячмінь ярий	0,00	31,50	1852,80	25,90	810,20
6	Соняшник	5,80	30,30	2659,80	17,80	1235,50
7	II ділянка	200,00				
8	Пшениця озима	3,62	38,70	2226,60	31,10	875,70
9	Ячмінь ярий	196,38	31,90	1843,10	27,20	826,50
10	III ділянка	450,00				
11	Пшениця озима	366,83	37,90	2238,00	35,20	898,30
12	Ячмінь ярий	0,00	28,60	1825,30	27,70	832,40
13	Соняшник	83,17	29,70	2708,60	19,20	1346,80

Рис. 6.1

Внісши вихідні дані, обчислимо відомі величини, доповнивши робочу таблицю. Приклад робочої таблиці з заповненими формулами та цільовою функцією наведено на рис. 6.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	С.г. культури	Площа ділянок, га	Витрати праці, люд.-год./га	Виробничі витрати, гр.од./га	Урожайність, ц/га	Прибуток, гр.од./га	Витрачено праці, люд.-год.	Виробничі витрати, гр.од.	Урожайність, ц	Прибуток, гр.од.
2										
3	I ділянка	150								
4	Пшениця озима	144,201728076194	37,8	2287,3	34,5	890,5	=B4*C4	=B4*D4	=B4*E4	=B4*F4
5	Ячмінь ярий	0	31,5	1852,8	25,9	810,2	=B5*C5	=B5*D5	=B5*E5	=B5*F5
6	Соняшник	5,79827192380607	30,3	2659,8	17,8	1235,5	=B6*C6	=B6*D6	=B6*E6	=B6*F6
7	II ділянка	200								
8	Пшениця озима	3,61704526016416	38,7	2226,6	31,1	875,7	=B8*C8	=B8*D8	=B8*E8	=B8*F8
9	Ячмінь ярий	196,382954739836	31,9	1843,1	27,2	826,5	=B9*C9	=B9*D9	=B9*E9	=B9*F9
10	III ділянка	450								
11	Пшениця озима	366,833814596029	37,9	2238	35,2	898,3	=B11*C11	=B11*D11	=B11*E11	=B11*F11
12	Ячмінь ярий	0	28,6	1825,3	27,7	832,4	=B12*C12	=B12*D12	=B12*E12	=B12*F12
13	Соняшник	83,1661854039715	29,7	2708,6	19,2	1346,8	=B13*C13	=B13*D13	=B13*E13	=B13*F13
14	Загальна площа ділянок, га	=SUM(B11:B13)					=SUM(G11:G13)	=SUM(H11:H13)		=SUM(I11:I13)
15	Площа допустима під соняшником, га	=B14*0,12						урожайність по культурах		
16	Реальна площа під соняшником, га	=B5+B15						Пшениця озима	=B16*B11	
17	площа посівів ділянки 1	=SUM(B4:B6)						Ячмінь ярий	=B17*B5	
18	площа посівів ділянки 2	=SUM(B8:B9)						Соняшник	=B18*B6	
19	площа посівів ділянки 3	=SUM(B11:B13)								

Рис. 6.2

Запускаємо Розв'язувач, вказавши клітинку з цільовою

функцією, її екстремум, клітинки зі змінними (жовті) та ввівши обмеження так, як показано на рис. 6.3 і запустити розв'язання.

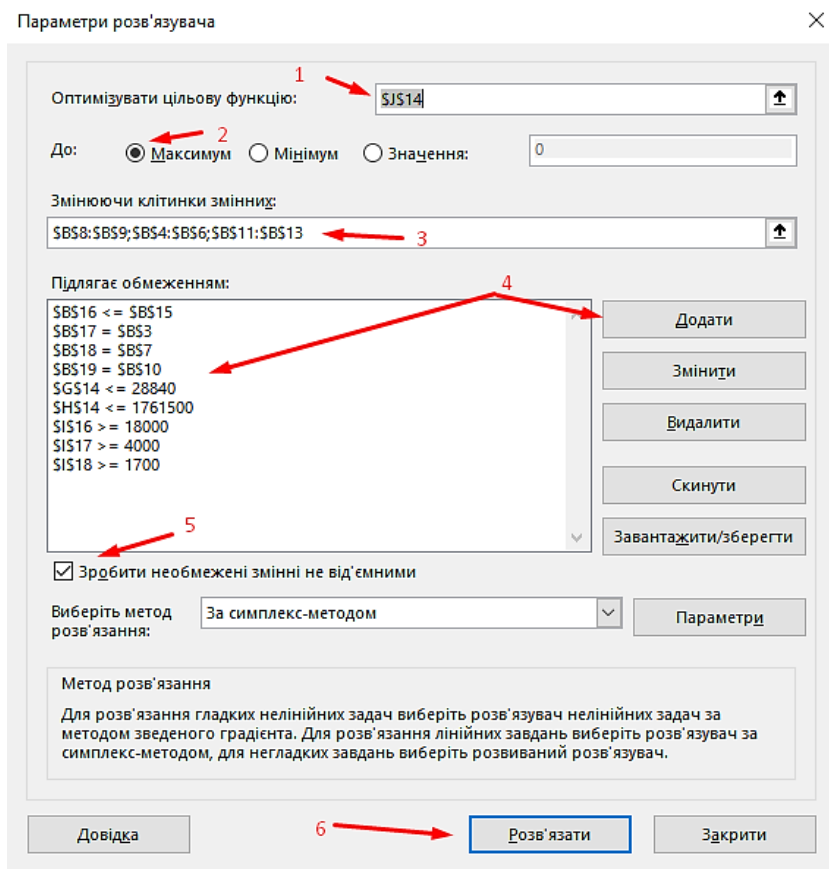


Рис. 6.3

6. На основі отриманих результатів сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці.

Після розв'язку задачі потрібно сформулювати висновок, розмістивши його внизу таблиці.



### **Контрольні запитання**

1. Сформувати постановку задачі з оптимізації структури посівних площ.
2. Перерахувати основні обмеження при оптимізації структури посівних площ.
3. Визначити сенс критерію задачі з оптимізації структури посівних площ.
4. Перерахувати групи невідомих величин.

### **Практична робота 7. Оптимізація розподілу мінеральних добрив**

Мета роботи: набуття практичних навичок вирішувати задачі оптимізації розподілу мінеральних добрив за допомогою табличного редактора Microsoft Excel.

### **Теоретичні відомості**

Одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур, а також підтримка і підвищення родючості ґрунтів досягається, як правило, за умови дотримання позитивного балансу гумусу та поживних елементів, що є критично важливим для здоров'я ґрунту. При цьому, забезпечення всіх вимог сучасних технологій, впровадження прогресивних прийомів організації праці, а також раціональне регулювання водного режиму можуть суттєво сприяти аграрним сільськогосподарським підприємствам у досягненні збільшення виходу продукції з одиниці площі, що є ключовим показником ефективності. Застосування органічних добрив створить сприятливі умови для відновлення гумусу, який є головним показником родючості ґрунту і його здатності забезпечувати рослини необхідними елементами.

Мінеральні добрива, в свою чергу, використовуються для коригування мінерального живлення рослин, що дозволяє оптимізувати їх ріст і розвиток. Оптимальний розподіл мінеральних добрив здатен призвести до підвищення урожайності сільськогосподарських культур, що, в свою чергу, покращує продуктивність праці та зменшує собівартість виробленої продукції.

Ефект від застосування добрив може бути як агрономічним, так і економічним, і обидва ці аспекти є надзвичайно важливими для успішного ведення сільського господарства. Задача полягає у складанні такого детального плану використання доступних для підприємства органічних та мінеральних добрив, який би забезпечив найповніше відновлення гумусу та мінеральних поживних компонентів у ґрунтах господарства, а також отримання на цій основі високих урожаїв сільськогосподарських культур. Для ефективного вирішення поставленої задачі необхідно побудувати економіко-математичну модель оптимізації використання фондів добрив і реалізувати її на персональних електронних обчислювальних машинах, що дозволить більш точно планувати агрономічні заходи.

### **Послідовність дій**

1. Ввести умови задачі, створивши нову таблицю:
  - а) створити форму під наступні умови задачі:
    - змінні;
    - цільову функцію (ЦФ);
    - обмеження;
    - граничні умови;
  - б) ввести наступні дані у створену форму:
    - коефіцієнти ЦФ;
    - коефіцієнти при змінних в обмеженнях;
    - праві частини обмежень;
  - в) ввести наступні залежності:
    - формулу для розрахунку ЦФ;
    - формули для розрахунку значень лівих частин обмежень;
  - г) задати ЦФ (у вікні «Пошук розв'язання»):
    - комірку, де прописана цільова функція;
    - напрям оптимізації ЦФ;
  - д) У вікні «Пошук розв'язання» ввести обмеження і граничні умови.
2. Розв'язати задачу:
  - а) встановити параметри розв'язання задачі (у вікні «Пошук розв'язання»);
  - б) запустити задачу на розв'язання (у вікні «Пошук розв'язання»).

### Завдання для виконання роботи

Задача оптимізації розподілу мінеральних добрив (таблиця 15).

Розрахувати оптимальний план розподілу мінеральних добрив, при якому загальна вартість приросту врожаю була б максимальною. Вихідні дані наведено в табл. 15.

Таблиця 15

Вихідні дані про культури по ділянках

Культури	№ ділянки	Площа посіву, га	Урожайність без внесення добрив, ц/га	Дози внесення добрив на 1 га, ц д.			Приріст урожайності за рахунок внесення добрив	
				азотних	Фосфорних	Калійних	ц/га	гр.од./га
Озима пшениця	1	109	13,5	0,6	0,8	0,4	7,5	106
	2	58	17	0,6	0,9	0,5	8	115
	3	95	18	0,7	1	0,4	8	115
	4	75	19,5	0,8	1	0,6	9,3	130,5
Озимий ячмінь	1	88	15	0,5	0,7	0,4	6,9	120,7
	2	53	15,9	0,6	0,7	0,4	7,2	127
	3	24	17,9	0,6	0,8	0,5	7,4	129,8
Картопля	1	55	135	0,3	0,7	0,5	34,2	445,6
	2	42	138	0,3	0,7	0,5	38	495
	3	29	147	0,3	0,8	0,6	39	509
	4	43	154	0,4	0,9	0,7	41,5	540,5
	5	75	156	0,4	1	0,7	45,6	594,8

Під культури виділяється наступна кількість мінеральних добрив: азотних – 268 ц д. р., фосфорних - 483 ц д. р, калійних –

321 ц д. р. Крім того за планом необхідно виробити 9750 ц зерна та 40 000 ц картоплі.

Після розв'язку задачі потрібно оформити звіт. Звіт повинен містити: титульний лист; тему, мету роботи; порядок виконання; висновки.

### **Контрольні запитання**

1. Сформувати постановку задачі з оптимізації розподілу мінеральних добрив.
2. Перерахувати основні обмеження при оптимізації розподілу мінеральних добрив.
3. Визначити сенс критерію задачі з оптимізації розподілу мінеральних добрив.
4. Перерахувати групи невідомих величин.

### **Список рекомендованої літератури**

1. Скляр Р.В. Моделювання технологічних процесів в агропромисловому комплексі: Навч. посібник для здобувачів вищої освіти зі спеціальності 208 «Агроінженерія» у закладах вищої освіти III-IV рівнів акредитації/ Р.В. Скляр та інш., ТДАТУ- Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. – 200 с.
2. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: навч. посібник /В. В. Вітлінський – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.
3. Толбатов Ю.А., Толбатов Є.Ю. Математичне програмування: підручник для студентів економічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Ю.А. Толбатов, Є.Ю. Толбатов – Тернопіль: Підручники і посібники, 2008. – 432 с.
4. Трибрат Р.О. Моделювання технологічних процесів у тваринництві: метод. рекомендації до самостійного вивчення дисципліни/ Р.О. Трибрат. – Миколаїв: МНАУ, 2016. - 47 с.
5. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / Л.В. Забуранна та ін. – К., 2014. – 372 с.