

**Центральноукраїнський національний технічний університет  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**



**Кафедра сільськогосподарського машинобудування**

Методичні рекомендації до виконання самостійних  
робіт з дисципліни

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Для здобувачів ступеня вищої освіти магістр  
спеціальностей 208 "Агроінженерія" та 133 "Галузеве  
машинобудування"

Кропивницький, 2020

Методичні рекомендації до виконання самостійних робіт з курсу “Аналіз технологічних систем” для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Укл. Д.В. Богатирьов, І.О. Скриннік, О.В. Юрченко, В.А. Мажара. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 24 с.

Укладачі:

Д.В. Богатирьов

І.О. Скриннік

О.В. Юрченко

В.А. Мажара

Рецензент: Петренко М.М. – канд. техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри  
сільськогосподарського машинобудування  
Протокол № 16 від 30 червня 2020 р.

## **Задача №1**

### **ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕХНІКИ ЗА ВИДАМИ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ**

**МЕТА РОБОТИ:** Засвоїти методику вирішення задачі оптимізації розподілу техніки на виконання заданого обсягу робіт.

#### **1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ**

##### **1.1 Завдання до самостійної підготовки до роботи**

1.1.1 З'ясувати поняття “технологічна система”.

1.1.2 Повторити основні техніко-економічні показники машинно-тракторного агрегату.

1.1.3 З'ясувати поняття “детерміновані розрахункові моделі”.

##### **1.2 Питання для самопідготовки**

1.2.1 Назвіть характерні ознаки детермінованих задач.

1.2.2 Назвіть структуру оптимізаційної моделі.

1.2.3 Які інженерні задачі вирішуються методом лінійного програмування.

##### **1.3 Рекомендована література**

1.3.1 Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень. – К.: Урожай, 1994. – 216 с.



**2.3 Вихідні дані для виконання роботи** необхідно задати студенту індивідуально згідно даних таблиць 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Орієнтовані годинні норми виробітку на сільськогосподарські механізовані роботи, га

Найменування операції	Марка трактора					
	ДТ-75М	ЮМЗ-6	МТЗ-80	Т-150К	Т-150	МТЗ-100
Оранка на 25...27 см	0,94	0,43	0,57	1,29	1,47	0,71
Лущення стерні на 6...9 см	5,29	3	3,43	8,14	9,14	3,71
Культивація суцільна на 10...14 см	6,29	3,86	4	7,85	9	4,86
Культивація суцільна з боронуванням на 10...14 см	5	2,14	2,43	6,14	6,42	3,29
Боронування зябу в 1 слід	11,43	8,29	8,57	11,71	15,71	9,29
Внесення та загорнення гербіцидів	4,71	1,71	2,14	5,57	5,71	3,29
Посів озимих	6,42	4	4,43	8,57	7,13	5
Посів кукурудзи	4,57	2,40	2,5	4,57	4	3,57
Міжрядний обробіток просапних	6,43	3,29	3,86	6,43	7,14	4,57
Прикочування посівів (гладкими катками)	6,86	4,43	5	9,29	8,57	5,43

Таблиця 1.2 - Номінальні витрати палива, кг/год

№	Марка трактора	Номінальні витрати палива
1	ДТ-75М	16,7
2	ЮМЗ-6	11,2
3	МТЗ-80	12,2
4	Т-150К	30,5
5	Т-150	27,7
6	МТЗ-100	15,4

#### 2.4 Рекомендації щодо виконання й оформлення роботи

Розрахункова частина задачі виконується на аркушах формату А4, а графічна на міліметровому папері формату А3.

Розглянемо побудову математичної моделі задачі лінійного програмування на прикладі.

Приклад: у господарстві за 5 днів планується провести культивуацію та сівбу кукурудзи. Культивуацію на площі 700 га, а сівбу – на 300 га. На ці роботи може бути виділено 2 трактори Т-150 та 1 трактор МТЗ-80. Потрібно знайти варіант оптимального розподілу обсягу робіт між двома видами агрегатів, забезпечити мінімум експлуатаційних витрат.

Математична модель питомої задачі в загальному вигляді

$$Z = C_{11}x_{11} + C_{12}x_{12} + C_{21}x_{21} + C_{22}x_{22} \rightarrow \min \quad (1.3)$$

при наступних умовах

$$\left\{ \begin{array}{l} 1. x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \quad j = 1,2; \\ 2. x_{11} + x_{12} = S_1; \\ 3. x_{21} + x_{22} = S_2; \\ 4. \frac{1}{W_{11}} \cdot x_{11} + \frac{1}{W_{21}} \cdot x_{21} \leq n_1 \cdot Д \cdot T_{зм} \cdot k_{зм}; \\ 5. \\ \frac{1}{W_{12}} \cdot x_{12} + \frac{1}{W_{22}} \cdot x_{22} \leq n_2 \cdot Д \cdot T_{зм} \cdot k_{зм}; \end{array} \right. \quad (1.4)$$

де  $T_{зм}$  – час нормативної зміни, год;  $T_{зм} = 7$  год;

$k_{зм}$  – коефіцієнт змінності, приймається 1, 1,5 або 2 в залежності від пори року проведення робіт;

$n_1, n_2$  – кількість тракторів відповідної марки.

$Д$  – кількість днів проведення робіт, дні.

Для вирішення задачі необхідно задати годинну продуктивність кожного агрегату на кожній операції, а також відповідні експлуатаційні витрати.

Годинна продуктивність трактора Т-150 на культивуації складає – 9 га/год, на сівбі кукурудзи – 4 га/год.

Годинна продуктивність трактора МТЗ-80 на культивуації становить – 4 га/год, на сівбі кукурудзи – 2,5 га/год.

Експлуатаційні витрати можливо приблизно виразити крізь витрати палива. На підставі досліджень встановлено, що доля вартості палива в експлуатаційних витратах становить приблизно 25%.

Годинна витрата палива трактора Т-150 складає – 27,7 кг/год;  
а трактора МТЗ-80 – 12 кг/год.

Тоді експлуатаційні витрати, наприклад, на культивуації Т-150 дорівнюють

$$C = \frac{g_{150} \cdot \Pi_{дт} \cdot 100}{W_{11} \cdot 25} \quad (1.5)$$

де  $g_{150}$  – годинна витрата палива,  $g_{150} = 27,7$  кг/год;

$W_{11}$  – годинна продуктивність,  $W_{11} = 9$  га/год;

$\Pi_{дт}$  – ціна палива, грн.

Для складання рівнянь розрахункові дані занесемо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розрахунків

Технологічна операція	Обсяг робіт, га	Годинна продуктивність, га/год		Експлуатаційні витрати, грн/га		Площа обробітку тракторами, га	
		T-150	MTЗ-80	T-150	MTЗ-80	T-150	MTЗ-80
Культивация	700	9	4	12,31	12	$x_{11}$	$x_{12}$
Сівба кукурудзи	300	4	2,5	27,7	19,2	$x_{21}$	$x_{22}$

Тоді цільову функцію можна записати у вигляді виразу

$$Z = 12,31 \cdot x_{11} + 12 \cdot x_{12} + 27,7 \cdot x_{21} + 19,2 \cdot x_{22} \rightarrow \min \quad (1.6)$$

при наступних умовах

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} = 700; \\ x_{21} + x_{22} = 300; \\ 0,11 \cdot x_{11} + 0,25 \cdot x_{21} \leq 70; \\ 0,25 \cdot x_{12} + 0,4 \cdot x_{22} \leq 35; \end{array} \right. \quad (1.7)$$

Розглянемо графічне розв'язання цієї задачі. Спочатку необхідно визначити область допустимих рішень (ОДР). Для цього в усіх обмеженнях по чергово припускаються до нуля змінні і знаходять відповідне числове значення іншої змінної. Ці значення будуть відповідати точкам перетину графічної прямої обмежень з осями координат  $x_1$  та  $x_2$  (рисунок 1.1). Відкладаємо значення  $x_{11}$  та  $x_{21}$  на осі  $x_1$ , а значення  $x_{12}$  та  $x_{22}$  на осі  $x_2$ .



Де залежність під номером

1 – рівняння  $x_{11} + x_{12} = 700$ ;

2 – рівняння  $x_{21} + x_{22} = 300$ ;

3 – нерівність  $0,11 \cdot x_{11} + 0,25 \cdot x_{21} \leq 70$ , при умові, що трактор Т-150 робив би тільки культивуацію,  $x_{21} = 0$ ;

4 – нерівність  $0,25 \cdot x_{12} + 0,4 \cdot x_{22} \leq 35$ , при умові, що трактор МТЗ-80 робив би тільки культивуацію,  $x_{22} = 0$ ;

5 – нерівність  $0,11 \cdot x_{11} + 0,25 \cdot x_{21} \leq 70$ , при умові, що трактор МТЗ-80 робив би тільки посів кукурудзи,  $x_{11} = 0$ ;

6 – нерівність  $0,25 \cdot x_{12} + 0,4 \cdot x_{22} \leq 35$ , при умові, що трактор МТЗ-80 робив би тільки посів кукурудзи,  $x_{12} = 0$ .

Положення прямої цільової функції  $Z$  знаходять відповідним завданням її значення, при якому пряма перетинається в межах рисунку, хоча б з однією координатою віссю. Для нашого прикладу розділяємо цільову функцію на дві. Для культивуації вона має вигляд

$$Z_k = 12,31 \cdot x_{11} + 12 \cdot x_{12} \rightarrow \min \quad (1.8)$$

Для сівби кукурудзи

$$Z_c = 27,7 \cdot x_{21} + 19,2 \cdot x_{22} \rightarrow \min \quad (1.9)$$

Приймаємо початкове значення

$$Z_k = 5000 \text{ грн.}$$

$$Z_c = 1000 \text{ грн.}$$

Будуємо прямі  $Z_k$  і  $Z_c$ . Проводячи плоско-паралельне переміщення прямої цільової функції 7 та 8 в напрямку ОДР, знаходять точку або лінію на її межі, що відповідає оптимальному рішенню. Приймаємо:  $O_1$  та  $O_2$ .

Трактори Т-150 виконують 575 га культивуацій та 225 га сівби кукурудзи, а трактор МТЗ-80 – 125 га культивуації та 75 га сівби кукурудзи, при цьому експлуатаційні витрати

$$Z = 13,31 \cdot 575 + 12 \cdot 125 + 27,7 \cdot 225 + 19,2 \cdot 75 = 16825,75 \text{ грн.}$$

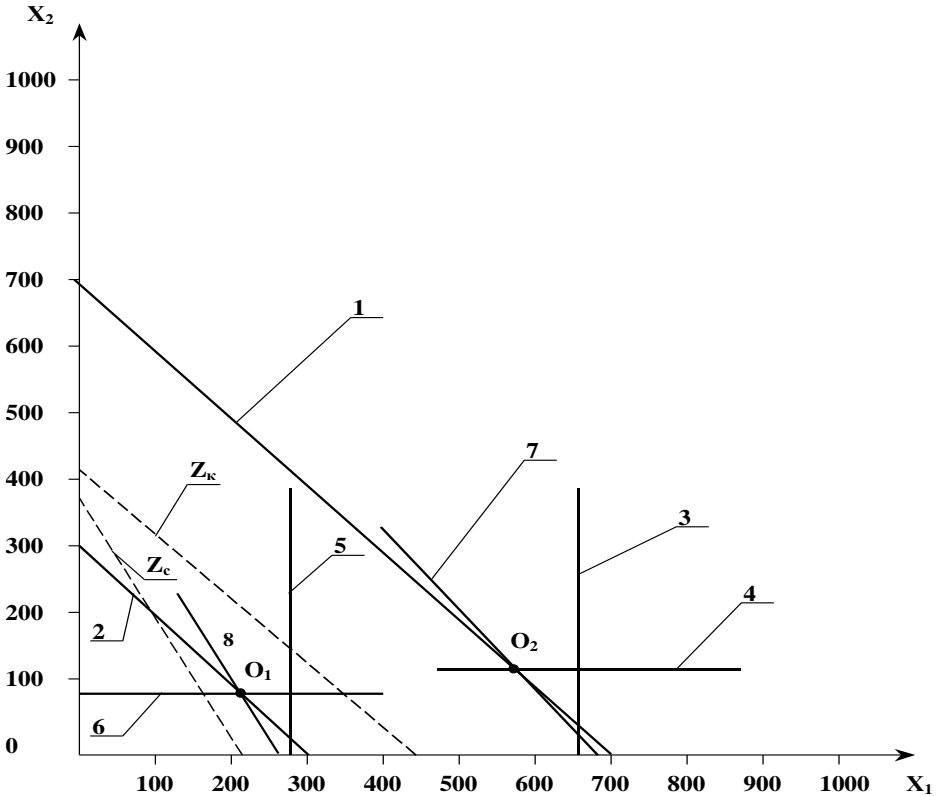


Рисунок 1.1 – Графічний метод розв'язання задачі оптимізації

## 2.5 Питання для самоконтролю

2.5.1 Які з названих нижче ознак відносяться до методу лінійного програмування? (1 – одномірна оптимізація; 2 – багатомірна оптимізація; 3 – умовна оптимізація; 4 – безумовна оптимізація).

2.5.2 Область допустимих рішень (ОДР) утворюється сукупністю – (1-обмежень; 2-обмежень, цільовою функцією; 3-незалежних змінних).

2.5.3 Які з наведених рівнянь є лінійними?

1.  $ax + b = 0$  ;
2.  $a_1x_1 + a_2x_2 = 0$  ;
3.  $a_1/x_1 + a_2/x_2 = 0$  ;
4.  $a_1x_1 + a_2x_2 + a_{12}x_1x_2 = 0$  .

## Задача №2

# ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕЗЕРНОВОЇ ЧАСТИНИ ВРОЖАЮ

**МЕТА РОБОТИ** – Засвоїти значення оптимальної кількості транспортних засобів графоаналітичним методом

## 1. ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

### 1.1 Завдання до самостійної підготовки до роботи

1.1.1 Повторити методи збирання незернаної частини врожаю.

1.2.1 Повторити графоаналітичні методи вирішення задач.

1.3.1 Знати методи побудови номограм з двома та трьома змінними.

### 1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Що таке номограма?

1.2.2 Які шкали можуть використовуватись для побудови номограм?

1.2.3 Що таке спряжені квадранти?

### 1.3 Рекомендована література

1. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень – К. Урожай, 1994. – 216 с.

2. Ефективність технічних систем / ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1991. – 227 с.

## 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

### 2.1 Програма роботи

2.1.1 Навчитись будувати номограму чотирьох змінних для визначення кількості транспортних засобів.

2.1.2 Побудувати математичну модель оптимізації кількості транспортних засобів для перевезення незернової частини врожаю (НЧВ)

2.1.3 Освоїти прийняття рішень за допомогою номограм.

### 2.2 Теоретичні відомості

В інженерній практиці прості задачі з однієї, або двома незалежними змінними зустрічаються рідко. У більшості випадків число змінних є більшим від двох, у розрахункових формулах для різних умов можуть також змінюватись значення коефіцієнтів та констант. Тому широкого застосування набули методи обчислень за допомогою номограм.

Номограма – це графічне зображення функціональних зв'язків між фізичними величинами. Їх переваги є наочність, простота у використанні, можливість вирішення задач, у яких при зафіксованому значенні залежної змінної (функції) знаходяться відповідні значення незалежних змінних (факторів). При цьому забезпечується достатня для інженерних розрахунків точність, яка залежить від обраних масштабів і якості побудови номограм.

Розберемо як будуються номограми для кількості змінних більше трьох, тобто рівняння можна записати у вигляді добутку функціональних залежностей окремих змінних

$$y = f(x) \cdot \varphi(z) \cdot \psi(u) \cdot \eta(v) \quad (2.1)$$

де  $x, z, u, v$  – незалежні змінні.

Такі номограми будуються у спряжених квадрантах із введенням допоміжних змінних, наприклад  $t, S, P$  у рівняннях

$$\begin{cases} y = f(x) \\ S = t\varphi(z) \\ P = S\varphi(u) \\ y = P\eta(v) \end{cases} \quad (2.2)$$

Побудована монограма є по суті моделлю системи, за допомогою якої легко вирішувати будь-які інженерні задачі. Перекладена на мову ЕОМ вона являє собою програму для обчислення оптимізаційної моделі визначення кількості транспортних засобів.

### 2.3 Вихідні данні до виконання роботи

Необхідно задати студенту індивідуальне завдання згідно нижче наведених варіантів для двох умов проведення робіт.

1. Відстань перевезення НЧВ:

$$L_1 = 4 \text{ км}; L_2 = 8 \text{ км}; L_3 = 10 \text{ км}; L_4 = 12 \text{ км}; L_5 = 15 \text{ км}.$$

2. Швидкість транспортного засобу

$$V_{\text{ср}} = 1 \dots 30 \text{ км/год}.$$

3. Годинний виробіток комбайну по НЧВ:

$$W_1 = 2 \text{ т/год}; W_2 = 4 \text{ т/год}; W_3 = 6 \text{ т/год}; W_4 = 8 \text{ т/год}; W_5 = 10 \text{ т/год}.$$

4. Об'єм кузова транспортного засобу

$$Q_{\text{тр1}} = 45 \text{ м}^3; Q_{\text{тр2}} = 60 \text{ м}^3; Q_{\text{тр3}} = 80 \text{ м}^3; Q_{\text{тр4}} = 100 \text{ м}^3.$$

5. Щільність НЧВ: в залежності від культури та вологості соломи:

$$\rho_1 = 0,03 \text{ т/м}^3; \rho_2 = 0,04 \text{ т/м}^3; \rho_3 = 0,05 \text{ т/м}^3; \rho_4 = 0,06 \text{ т/м}^3.$$

6. Час перечеплення та розвантаження постійний у всіх випадках і становить:

$$t_{\text{пр}} + t_{\text{в}} = 0,13 \text{ год} \quad (2.3)$$

### 2.4 Рекомендації щодо виконання й оформлення роботи

Розрахункова частина задачі виконується на аркушах формату А4, а графічна на міліметровому папері формату А3.

Для вирішення потреби у тракторних причепах для транспортування незернової частини врожаю (подрібненої соломи) встановлюємо незалежні зміни

$U_{\text{ср}}$  – швидкість транспортування;

$L$  – відстань транспортування;

$W_{\text{тр}}$  – годинний виробіток по транспортуванню НЧВ;

$Q_{\text{тр}}$  – об'єм кузова причепа;

$\rho$  – щільність НЧВ.

У першому квадранті будуюмо залежність від циклу. Функція  $t = f(x)$  буде мати вигляд

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{мп}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{в}} \quad (2.4)$$

де  $t_{\text{мп}}$  – час транспортного засобу в дорозі;

$t_{\text{пр}}, t_{\text{в}}$  – час перечеплення транспортного засобу до комбайну та розвантаження.

$$t_{\text{мп}} = \frac{2L}{V_{\text{ср}}} \quad (2.5)$$

$$t_{\text{пр}} + t_{\text{в}} = \text{const} \quad (2.6)$$

Тоді

$$T_{\text{ц}} = \frac{2L}{V_{\text{ср}}} + A \quad (2.7)$$

Будуються кілька кривих в залежності від відстані транспортування НЧВ. У другому квадранті будуюмо залежність кількості НЧВ, котру необхідно транспортувати за час до циклу  $T_{\text{ц}}$ .  $S = t\varphi(Z)$  від виробітку комбайну.

Приймаємо

$$W_{\text{ком}} = W_{\text{тр}} \quad (2.8)$$

де  $W_{\text{ком}}$  – годинний виробіток комбайна по НЧВ;

$W_{\text{ком}}$  – годинний виробіток транспортного засобу.

$$И = W_{\text{тр}} \cdot T_{\text{ц}} \quad (2.9)$$

У третьому квадранті будується залежність, яка визначає умовні транспортні засоби, тобто при умові, якщо щільність НЧВ дорівнює  $(\rho_1) 1 \text{ т/м}^3$   $P = S \cdot \varphi(И)$

$$\Pi_{\text{ум}} = \frac{И}{\rho_1 \cdot Q_{\text{тр}}} \quad (2.10)$$

де  $Q_{\text{тр}}$  – об'єм кузова причепа.

У четвертому квадранті будуються залежності, які визначають кількість причепів в залежності від щільності транспортуючого матеріалу  $y = P \cdot \eta (v)$

$$\Pi_{\text{тел}} = \frac{\Pi_{\text{ум}}}{\rho'} \quad (2.11)$$

На підставі вищезгаданих функціональних залежностей треба будувати математичну модель оптимізації визначення кількості транспортних засобів.

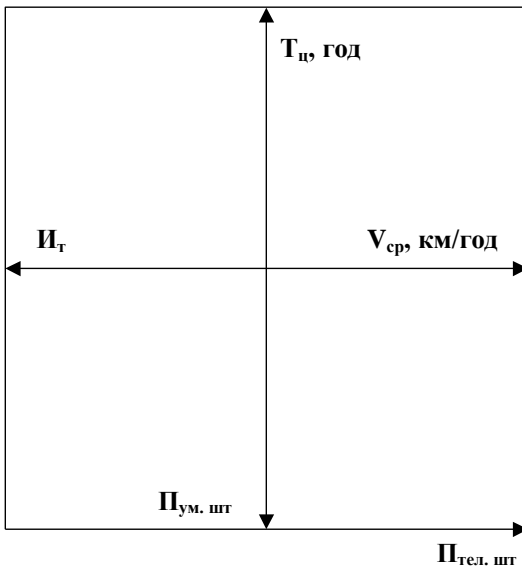


Рисунок 2.1 – Координатна сітка для побудови номограми

## 2.5 Питання для самоконтролю

1. Які з ознак можна віднести до переваг застосування номограм для прийняття рішень?
2. Сформууйте індивідуальний набір номограм для вирішення інженерних задач?
3. Наведіть необхідні та достатні елементи оптимізаційної моделі прийняття рішень.

## Задача №3

# ОПТИМІЗАЦІЯ СІТЬОВОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

**МЕТА РОБОТИ:** Засвоїти методику аналізу технологічних процесів з використанням сітьової моделі.

## 1. ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

### 1.1 Завдання до самостійної підготовки

1.1.1 Вивчити терміни, які використовуються при сітьовому моделюванні.

1.1.2 З'ясувати сутність технологічного процесу:

- ремонту сільськогосподарської техніки;
- виробництва сільськогосподарської культури;
- зберігання та переробки сільськогосподарсько продукції.

### 1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Що таке структурне планування?

1.2.2 Що таке календарне планування?

1.2.3 Які роботи відносять до базових операцій?

1.2.4 Розкрийте поняття невизначеності та ризику у прийнятті інженерних рішень.

### 1.3 Рекомендована література

2. Технологічні карти.

2. Сердюк М.Є. Методичний посібник до виконання лабораторно-практичних робіт – Мелітополь, ТДАТА. 2003 – с.24...25.

3. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень. – К.: Урожай, 1994. – 216 с.



## 2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

### 2.1 Програма роботи

2.1.1 У зошит для практичних занять занести вихідні дані згідно варіанту запропонованого викладачем.

2.1.2 Побудувати сітьову модель технологічного процесу.

2.1.3 Визначити критичний шлях.

2.1.4 Обґрунтувати можливі варіанти скорочення критичного шляху і побудувати оптимізовану сітьову модель.

2.1.5 Визначити ранній і пізній терміни надходження подій, які не знаходяться на критичному шляху.

### 2.2 Теоретичні відомості

Використання сітьового моделювання при аналізі дає можливість сконцентрувати дії виконавця на найбільш важливих моментах технологічного процесу.

При розробці сітьової моделі використовуються такі основні поняття:

**Сіть** – графічне відображення (операцій) робіт в технологічному і логічному зв'язку.

**Подія** – визначає початок або закінчення операції (роботи), подія не потребує витрат часу і ресурсів. Позначається – колом (рисунок 3.1).

**Початкова подія** – визначає початок виконання операцій (робіт).

**Операція** (робота) – реальна дія при якій витрачається час, робоча сила, використовується обладнання або інші ресурси. Позначається стрілкою, яка з'єднує дві події (рисунок 3.1).

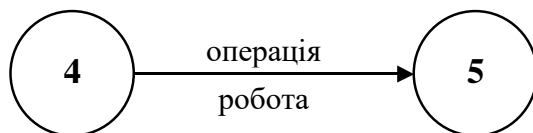


Рисунок 3.1 - Схема позначення події і реальної роботи

**Фіктивна робота** (операція) – логічне відображення залежності події в технологічному процесі ( не потребує витрат часу та ресурсів)

На рисунку 3.2 фіктивна робота означена пунктирною лінією. У цьому випадку логічний зв'язок вказує: “подія 8 повинна завершитися до моменту завершення події 9”.

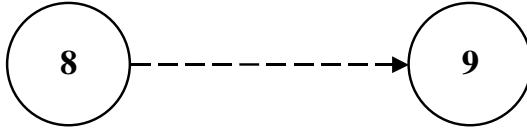


Рисунок 3.2 – Схема позначення фіктивної роботи

**Кінцева подія** – визначає закінчення окремої роботи (операції).

**Наступна подія** – визначає завершення окремої операції (роботи) і початок наступної операції (роботи) в технологічному процесі.

**Попередня подія** – визначає початок окремої операції (роботи).

**Шлях** у сітьовому графіку – це будь яка послідовність операцій (робіт) від нульової події до кінцевої.

**Критичний шлях** ( $t_{кр}$ ) – безперервна послідовність операцій (робіт) від нульової події до кінцевої, яка потребує максимального часу.

$$t_{кр} = \sum_{i=0}^K \cdot t_i \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

де  $t_i$  – тривалість виконання  $i$  операції (роботи), хв., год.;

$K$  – кінцева подія;

$i(0...k)$  – номер події.

Ранній термін настання  $i$ -ої події, ( $t_{pi}$ ), хв, год.

$$t_{pi} = t_{\max(0...1)}, \quad (3.2)$$

де  $t_{\max(0...1)}$  – максимальний час настання  $i$ -ої події, хв., год.

Пізній термін настання **i-ої** події, хв., год. ( $t_{ni}$ )

$$t_{ni} = t_{кр} - t_{\max(i..к)} \quad (3.3)$$

де  $t_{\max(i..к)}$  – максимальний час від **i-ої** до кінцевої події, хв., год.

Резерв часу ( $R_i$ )

$$R_i = t_{ni} - t_{pi} \quad (3.4)$$

## 2.3 Вихідні дані для виконання роботи

2.3.1 Технологічні процеси:

- а) ремонту сільськогосподарської техніки (таблиця 3.1);
- б) виробництва сільськогосподарської культури (таблиця 3.2);
- в) зберігання та переробки сільськогосподарської продукції (таблиця 3.3).

Завдання для кожного студента видається індивідуальне, згідно до його спеціалізації.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для виконання роботи  
(технологічний процес ремонт трактора)

Операція (робота)	Подія		Час виконання операції згідно варіанту, год.														
	поч	кінц.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очистка трактора і демонтаж вузлів			12	10	9	12	9	7	8	9	11	10	12	8	7	9	12
Очищення вузлів			2	3	2	3	4	3	4	3	3	2	1	4	6	2	1
Ремонт по кооперації гідроагрегатів			12	12	14	15	12	14	10	15	10	20	12	10	15	14	12
Ремонт генератора, стартера			12	12	14	15	12	14	10	15	10	20	12	10	15	14	12
Розбирання муфти зчеплення і рульового керування			4	3	4	2	5	6	7	4	3	4	5	4	5	3	4
Розбирання коробки передач			3	4	5	3	4	3	4	5	6	4	3	4	2	3	4
Розбирання ходової частини			3	5	4	5	4	3	5	4	4	6	4	3	3	2	3
Очищення деталей			5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Дефектація, комплектація			6	6	5	4	3	5	6	5	4	5	5	6	5	4	6

Продовження таблиці 3.1

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Складання зчеплення і рульового керування			7	6	7	6	7	7	6	5	7	6	7	7	6	5	7
Складання КП			8	7	8	7	8	6	7	8	8	7	6	6	6	7	8
Складання ходової частини			9	8	7	6	7	8	9	8	7	6	7	8	9	7	6
Складання двигуна			10	9	8	7	8	9	10	11	10	9	8	9	10	11	10
Обкатування і випробування двигуна			5	5	6	5	6	6	5	5	6	5	6	5	5	6	5
Складання трактора з вузлів			8	7	8	9	8	7	6	7	6	9	8	7	6	7	8

## 2.4 Рекомендації щодо виконання й оформлення роботи

Розрахункова частина задачі виконується на аркушах формату А4, а графічна на аркушах формату А3.

При розв'язанні задачі використовувати теоретичні відомості, які вказані в пункті 2.2 даної задачі, а також формули 3.1; 3.2; 3.3.

Звіт повинен мати такі складові:

- номер та найменування роботи;
- мета роботи;
- вихідні дані для виконання роботи;
- оптимізована модель технологічного процесу;
- розрахунок резерву часу;
- висновок.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для виконання роботи  
(технологічний процес вирощування гороху)

Робота (операція)	Подія		Тривалість операції (роботи) згідно варіанту, хв.													
	поч.	кінц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
Дискування			15	14	13	12	13	14	15	16	14	13	12	13	14	15
Луціння			10	9	8	7	8	10	9	7	8	9	10	11	9	10
Транспортування та внесення мін. добрив			20	22	21	20	19	18	19	20	19	21	22	23	24	25
Оранка зябу, вирівнювання			30	25	28	27	30	25	26	27	28	29	30	28	30	25
Весняне боронування			6	5	4	5	4	5	6	5	4	3	4	5	4	6
Транспорт, та внес. мін. добрив			10	9	10	8	9	10	11	12	10	10	12	9	10	11
Передпосівна культивация			10	10	9	10	10	9	12	11	10	12	9	10	11	10
Транспортування насіння і мін. добрив			10	9	8	7	8	9	10	11	12	11	12	11	12	10
Сівба з внесенням мін.добрів			10	8	7	7	8	7	8	9	9	10	9	11	9	10
Прикатування посіву до всходу			13	11	12	13	14	13	12	11	10	11	12	13	14	12
Боронування посіву до всходу			13	12	11	14	13	12	11	10	11	12	13	14	12	13
Боронування посіву після всходу			12	10	12	13	12	11	10	11	12	13	10	9	10	11

Продовження таблиці 3.2

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
Транспорт, приготування, внесення розчину інсектицидів			10	8	7	7	8	7	8	9	10	11	10	9	10	11
Скошування у валки			14	13	12	13	14	15	14	13	12	11	13	14	15	14
Підбір та обмолот валків			15	14	13	12	11	12	13	14	15	14	13	12	11	12
Транспортування зерна на тік			15	14	13	12	11	12	13	14	15	14	13	12	11	12
Транспортування подрібненої соломи			15	14	13	12	11	12	13	14	15	14	13	12	11	12
Скирдування подрібненої соломи			20	21	22	20	20	21	22	19	18	19	20	19	20	20

## 2.5 Питання для самоконтролю

2.5.1 Що слід розуміти під раннім і пізнім терміном настання події?

2.5.2 Як визначити ранній і пізній термін настання події?

2.5.3 Як визначити резерв часу для і-ої події?

2.5.4 Який вплив має резерв часу на організацію виробництва?

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для виконання роботи (технологічний процес виробництва варених ковбас)

Операція (робота)	Подія		Тривалість операції (роботи) згідно варіанту, хв															
	поч.	кінц.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Приймання, зачищення та розбирання півгуси			10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	8
Обваллення м'яса			10	12	10	12	1	10	12	11	10	10	9	11	12	10	9	9
Підготовка шпикку			20	15	20	17	18	19	20	15	16	17	18	19	20	19	20	20
Жилування м'яса			10	9	8	9	10	11	12	11	10	9	10	11	12	9	10	10
Соління			10	9	8	9	10	11	12	11	10	9	10	12	11	10	9	9
Вторинне подрібнення			20	20	19	18	20	18	19	20	21	22	18	19	20	25	20	20
Приготування фаршу			10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	10
Приготування води, спеці, білкових речовин			15	14	12	10	14	15	17	18	19	17	16	15	16	17	15	15
Наповнення оболонки			5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	6	5	4	5	5
В'язання батонів			10	10	9	12	14	11	10	9	10	11	12	14	13	10	12	12
Осадка			120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	230	220	220
Обсмаження			60	70	80	90	100	110	120	130	140	130	120	110	100	90	80	80
Варка			40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	180
Охолодження			10	10	10	10	12	15	16	20	22	22	25	26	28	29	30	30
Контроль якості			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Пакування			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Зберігання			48	50	55	60	65	70	72	70	65	60	55	50	48	50	55	55