МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Технічний сервіс та системи в АПК

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ

Методичні вказівки до
самостійної роботи

на тему: ***ОБГРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ***

Для здобувачів ступеня вищої освіти магістр
механіко-технологічного факультету,
спеціальність 208 «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»

Мелітополь, 2020

Аналіз технологічних систем та обґрунтування рішень. методичні вказівки до самостійної роботи на тему: ***обґрунтування інженерних рішень*** для здобувачів ступеня вищої освіти магістр механіко-технологічного факультету **спеціальності 208 «агроінженерія»** - мелітополь: таврійський державний агротехнологічний університет, 2017. – 52 с.

Розробив доц. ШОКАРЕВ О.М.

Рецензент доц. СОРВАНІДІ Ю.Г.

Розглянуто і схвалено до перезатвердження на засіданні кафедри «ТСС в АПК», протокол № _ 1 _ від _ 31 _ _ серпня _ 2020 р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № _1_ від _ 29 _ _ вересня _ 2020 р.

Завідувач кафедри «ТСС в АПК»,
Доцент А.О. Смелов

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.

1.3.2 Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / под ред. Н.Э. Фере. Изд. 2 – е – М.: Колос, 1978. - 261 с.

1.3.3 Мушик, Е.Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

2.1.1 Скласти математичну модель оптимального розподілу техніки за обсягом робіт методом лінійного програмування.

2.1.2 Розв’язати задачу графічним методом.

2.2 Теоретичні відомості

Оптимальний розподіл техніки за видами робіт може здійснюватись, як при річному, так і при оперативному плануванні виробництва. Тобто, цю задачу доводиться вирішувати протягом року багаторазово. Цільовими функціями можуть бути мінімум приведених витрат, затрати праці, палива або інших ресурсів.

Цю задачу важливо вирішити методом багатомірної оптимізації з обмеженнями. В свою чергу серед методів багатомірної оптимізації з обмеженнями особливе місце займає лінійне програмування. Це пояснюється широким колом задач, що можуть бути зведені до лінійних моделей, а також розвинутим математичним і програмним забезпеченням методу лінійного програмування.

Задача лінійного програмування у стандартній формі має вигляд

$$\mathbf{Z = C_1x_1 + C_2x_2 + \ldots + C_nx_n \rightarrow min} \qquad (1.1)$$

при

$$\begin{cases} \mathbf{a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1} \\ \mathbf{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots} \\ \mathbf{a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m} \\ \mathbf{x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ \ldots\ x_n \geq 0} \\ \mathbf{b_1 \geq 0,\ b_2 \geq 0,\ \ldots\ x_m \geq 0} \end{cases} \qquad (1.2)$$

де **n** – число незалежних змінних величин;

m – число обмежень;

$\mathbf{a_j}$, $\mathbf{c_j}$ – числові коефіцієнти при змінних величинах.

2.3 Вихідні данні 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 культивацію та сівбу кукурудзи. Культивацію 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

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

при наступних умовах

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

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

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

$\mathbf{n_1}$, $\mathbf{n_2}$ – 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 культивації складає – 9 га/год, на сівбі кукурудзи – 4 га/год.

Годинна продуктивність трактора МТЗ-80 на культивації 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 культивації Т-150 дорівнюють

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

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

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

$\mathbf{Ц_{дт}}$ – 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	
		Т-150	МТЗ-80	Т-150	МТЗ-80	Т-150	МТЗ-80
Культивація	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

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

при наступних умовах

$$\begin{cases} \mathbf{x_{11} + x_{12} = 700;} \\ \mathbf{x_{21} + x_{22} = 300;} \\ \mathbf{0{,}11 \cdot x_{11} + 0{,}25 \cdot x_{21} \leq 70;} \\ \mathbf{0{,}25 \cdot x_{12} + 0{,}4 \cdot x_{22} \leq 35;} \end{cases} \qquad (1.7)$$

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

Де залежність під номером

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

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

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

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

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

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

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 культивації вона має вигляд

$$\mathbf{Z_к = 12{,}31 \cdot x_{11} + 12 \cdot x_{12} \rightarrow min} \qquad (1.8)$$

Для сівби кукурудзи

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

Приймаємо початкове значення

$\mathbf{Z_к = 5000}$ **грн.**

$\mathbf{Z_с = 1000}$ **грн**.

Будуємо прямі $\mathbf{Z_к}$ і $\mathbf{Z_с}$. 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: $\mathbf{O_1}$ та $\mathbf{O_2}$**.**

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

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

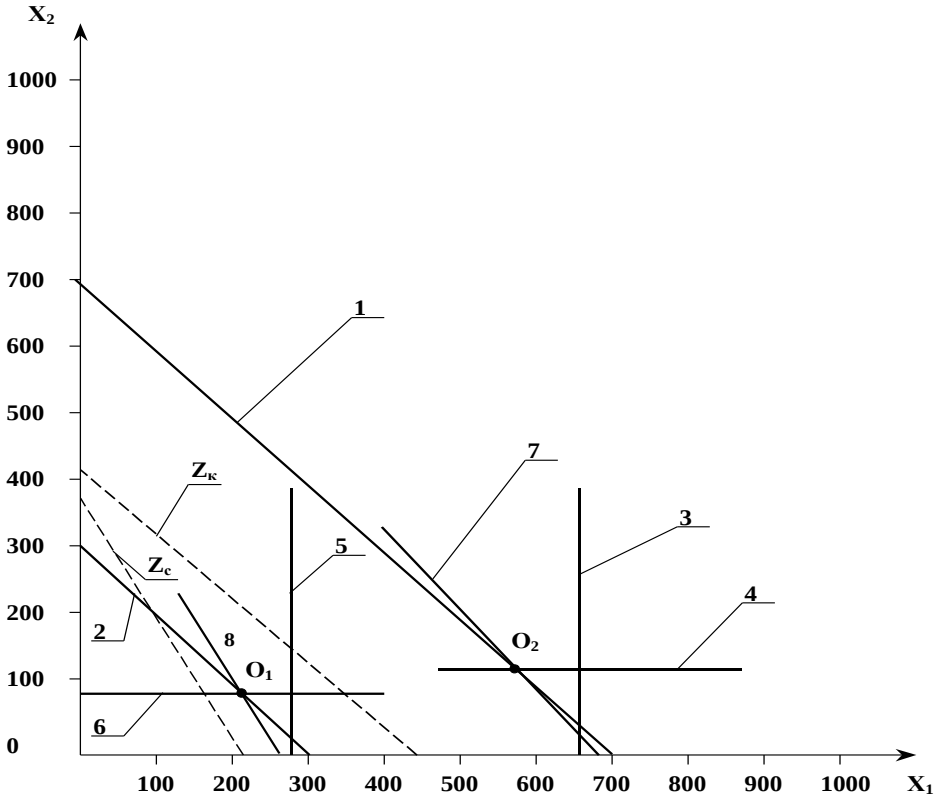

Рисунок 1.1 – Графічний метод розв’язання задачі оптимізації

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. $\mathbf{ax + b = 0}$; 2. $\mathbf{a_1x_1 + a_2x_2 = 0}$;

3. $\mathbf{a_1 / x_1 + a_2 / x_2 = 0}$; 4. $\mathbf{a_1x_1 + a_2x_2 + a_{12}x_1x_2 = 0}$.