



Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх та меліоративних
машин



02-01-597М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни
«Ресурсо- і енергозбереження в машинобудуванні»
для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Створення та експлуатація машин і обладнання»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 4 від 31.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Ресурсо- і енергозбереження в машинобудуванні» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Тхорук Є. І., Голотюк М. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 28 с.

Укладачі: Тхорук Є. І. – к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин;
Голотюк М. В. – к.т.н., доцент кафедри агроінженерії.

Відповідальний за випуск: Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Керівник групи забезпечення,
гарант ОПП

Тхорук Є. І.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин
Протокол № 9 від 31 грудня 2024 року

Попередня версія МВ: 02-01-405

© Є. І. Тхорук,
М. В. Голотюк, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Методика розв'язування оптимізаційних виробничих задач за допомогою надбудови “Excel” “Пошук рішення”	5
2. Приклади математичних моделей виробничих задач лінійного програмування	9
Методичні вказівки до виконання практичних занять	11
Практична робота № 1. Ресурсозбереження в технологічних процесах оптимального розподілу сировину для виготовлення сплаву	11
Практична робота № 2. Ресурсозбереження в технологічних процесах перегонки нафти для виробництва палива	13
Практична робота № 3. Ресурсозбереження в технологічних процесах використання техніки під час виконання робіт	14
Практична робота № 4. Ресурсозбереження в технологічних процесах виготовлення конструкцій	16
Практична робота № 5. Ресурсозбереження в технологічних процесах виробництва продукції	17
Практична робота № 6. Визначення ресурсних показників надійності машин	18
Практична робота № 7. Визначення управління запасами підприємства	25
Рекомендована література	28

Вступ

Метою вивчення навчальної дисципліни “Ресурсо- і енергозбереження в машинобудуванні” є формування у майбутніх фахівців правильного підходу до постановки і вирішенню проблеми ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів на основі світового досвіду і державної політики; основ з управління ресурсо- і енергозбереженням при проектуванні, експлуатації та обслуговуванні технічних об’єктів і підприємств галузі.

У результаті вивчення даної дисципліни студенти повинні знати основні засади розвитку машинобудування з погляду ресурсо- і енергозбереження; загальні положення ресурсозбереження, енергозбереження; шляхи покращення ресурсно-екологічного стану технічних об’єктів; оцінку ролі підприємств галузі у створенні екологічно чистих, безвідходних виробництв, ресурсо- і енергозберігаючих технологій, як в теоретичному, так і практичному відношенні; сучасні прийоми і засоби управління енергоефективністю і енергозбереженням; організацію контролю і обліку ресурсів. Вони повинні вміти визначати ресурсні показники надійності машин; прогнозувати залишковий ресурс машин і обладнання; здійснювати оцінку ефективності ресурсозберігаючих технологій в технологічних процесах виготовлення і ремонту деталей; планувати виробничо-технічний комплекс підприємства з покращення ресурсно-енергетичних показників; визначати норми витрат матеріальних ресурсів для технічного обслуговування і ремонту, відходів і витрат виробництва, витрат матеріалів для відновлювальних робіт; використовувати основні прийоми здійснення енергетичного аналізу технологічних процесів і обладнання; оцінювати їх функціонально-економічну ефективність, а також ефективність енергозберігаючих заходів.

Мета методичних вказівок – допомогти студентам закріпити теоретичний матеріал з дисципліни “Ресурсо- і енергозбереження в машинобудуванні” на основі самостійного вирішення практичних завдань.

У методичних вказівках викладено послідовність виконання завдань. Роботу студенти виконують відповідно до варіантів, індивідуально з допоміжними розрахунками. Студенти передають викладачеві виконані завдання для перевірки з подальшим їх захистом.

1. Методика розв'язку оптимізаційних виробничих задач за допомогою надбудови “Excel” “Пошук рішення”.

Структура надбудови “Пошук рішення”

“Пошук рішення” – це надбудова “Excel”, яка дозволяє вирішувати задачі з декількома незалежними змінними, тобто такі задачі, в яких змінні взаємодіють одна з одною за допомогою різних формул. Надбудова “Пошук рішення” може знайти оптимальне рішення задачі.

Найбільш зручно знайомитись із “Пошуком рішення”, застосовуючи його для вирішення конкретних виробничих задач. В пакет програм “Microsoft Office” входить робоча книга “Excel” з прикладами задач.

Для більшості із задач, які наведені в прикладах, спочатку необхідно відповідним чином налаштувати засіб “Пошук рішення”. Наприклад, щоб запустити “Пошук рішення” для задачі про графік зайнятості необхідно виконати наступні дії:

1. Відкриваємо робочий лист *Графік зайнятості*.
2. Вибираємо команду *Сервіс* ⇒ *Пошук рішення*.

З'явиться діалогове вікно “Пошук рішення” (рис.1.1).

Якщо в меню *Сервіс* відсутня команда *Пошук рішення*, тоді необхідно завантажити цю надбудову Excel. Виберіть команду *Сервіс* ⇒ *Надбудови* і активізуйте надбудову *Пошук рішення*. Якщо цієї надбудови немає в діалоговому вікні *Надбудови*, то необхідно за допомогою панелі управління *Windows* встановити цю надбудову із інсталяційного пакету Microsoft Office.

В діалоговому вікні “Пошук рішення” є три основних параметри:

- *Встановити цільову комірку*
- *Змінюючи комірки*
- *Обмеження*

Спочатку необхідно заповнити поле *Встановити цільову комірку*. В усіх задачах для засобу “Пошук рішення” оптимізується результат в одній із комірок робочого листа. Цільова комірка пов'язана з іншими комірками цього робочого листа за допомогою формул. Засіб “Пошук рішення” використовує формули, які дають результат в цільовій комірці, для перевірки можливих значень. В

даному випадку використовують групу перемикачів параметра **Рівню**, щоб вказати, яким чином необхідно оптимізувати результат в цій цільовій комірці. Можна вибрати пошук найменшого або найбільшого значення для цільової комірки або встановити конкретне значення.

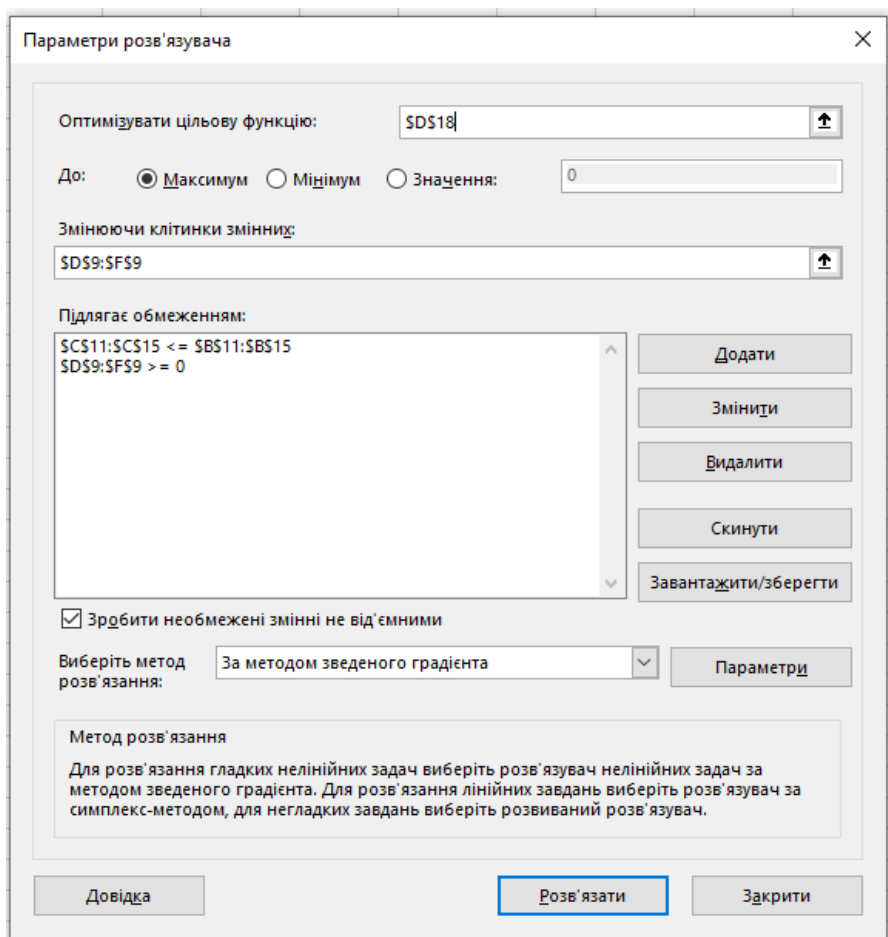


Рис. 1.1. Діалогове вікно для налаштування параметрів надбудови Excel “Пошук рішення”

Другий важливий параметр “Пошуку рішення” – це параметр **Змінюючи комірки**. Комірки, які змінюються – це ті комірки,

значення в яких будуть змінюватись для того, щоб оптимізувати результат в цільовій комірці. Для пошуку рішення можна вказати до **200** комірок, які змінюються. До комірок, які змінюються існує дві основні вимоги:

1. комірки не повинні включати формул;
2. зміна їх значень повинна відображатись на зміні результату в цільовій комірці (цільова комірка залежна від комірок, які змінюються).

Третій, основний параметр, який необхідно вводити для пошуку рішення, - це список обмежень. **Обмеження** – це правила, які “Пошук рішення” буде використовувати при знаходженні правильної відповіді. Якщо обмеження вибрані некоректно, то “Пошук рішення” може видати рішення, які не будуть мати змісту, наприклад скласти графік для від’ємного значення робочого часу або запропонувати, щоб підприємство випускало нереальну кількість продукції.

Після натискання на кнопку **Виконати** “Пошук рішення” починає шукати відповідь. Коли відповідь буде знайдена, з’являється діалогове вікно **Результати пошуку рішення** (рис.1.2).

Перед тим, як приймати рішення, яке запропоноване “Пошуком рішення”, необхідно перевірити результат, який був запропонований. Якщо рішення має зміст і є прийнятним, то можна підтвердити результати, після чого зміни будуть внесені в робочий лист.

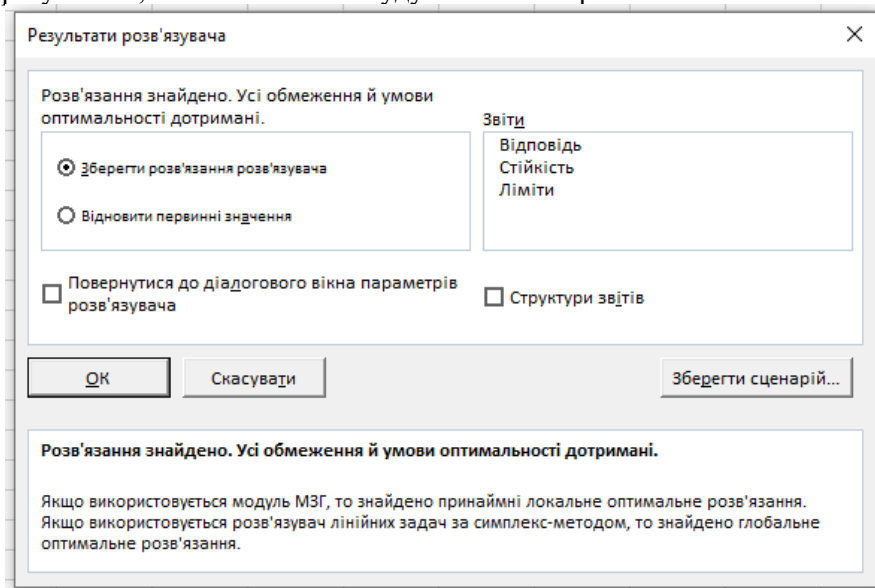


Рис.1.2. Діалогове вікно *Результати пошуку рішення*.

Звіт про результати пошуку рішення

Існує три типи звітів, які можна проглянути після того, як “Пошук рішення” закінчить свою роботу: *Результати*, *Стійкість* і *Межі*. В діалоговому вікні *Результати пошуку рішення* можна вибрати потрібний звіт, перш ніж клацнути по кнопці **ОК**. Кожен звіт створюється на окремому листу робочої книги.

В звіті про результати представлені результати, які отримані за допомогою “Пошук рішення”. В цей звіт включені вихідні і кінцеві значення цільової комірки, перевірки всіх комірок, які змінюються і поправка на обмеження, які були визначені для даної задачі.

В звіті про стійкість приводяться відомості про відносну стійкість кожної комірки, що змінюється, на цільову комірку.

В звіті по межах показаний вплив обмежень на пошук рішення.

2. Приклади математичних моделей виробничих задач лінійного програмування.

Лінійне програмування – це розділ математики, в якому вивчаються методи знаходження мінімуму, або максимуму лінійної функції скінченного числа змінних при умові, що змінні задовільняють скінченному числу додаткових умов (обмежень), які мають вигляд лінійних рівнянь або лінійних нерівностей.

Тобто, в загальному випадку, задача лінійного програмування може бути сформульована наступним чином.

Необхідно знайти такі значення дійсних змінних x_1, x_2, \dots, x_n , для яких цільова функція

$$Q(x) = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n$$

прийме мінімальне (максимальне) значення на множині точок, координати яких задовільняють умови:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 ,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 ,$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m ,$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \dots, \quad x_n \geq 0.$$

Коефіцієнти a_{ij}, b_j, p_j ($i=1,2, \dots, m; j=1,2, \dots, n$) – дійсні числа, причому $b_1 \geq 0, \quad b_2 \geq 0, \dots, \quad b_m \geq 0$.

На початковому етапі вирішення оптимізаційних задач необхідно скласти математичну модель задачі, враховуючи фактори, від яких залежить кінцевий результат. Приклади складання математичних моделей виробничих задач наведені нижче.

2.1. Задача про планування випуску продукції

Необхідно виготовити чотири види деталей A_i в кількостях від a_i до b_i ($i=1, 2, 3, 4$). Прибуток від реалізації однієї деталі складає p_i . На виготовлення кожної деталі A_i витрачається a_{ij} хвилин робочого часу на кожному із верстатів M_j ($j=1, 2, 3$), ресурс використання яких повинен бути в межах від n_j до m_j хвилин. Необхідно скласти такий план виробництва, щоб прибуток від реалізації деталей був максимальний.

Модель задачі

Вводимо змінну x_i – кількість деталей виду A_i , які необхідно виготовити.

Тоді:

$$a_{1j}x_1 + a_{2j}x_2 + a_{3j}x_3 + a_{4j}x_4 \leq m_j \text{ для } j=1, 2, 3;$$

$$a_{1j}x_1 + a_{2j}x_2 + a_{3j}x_3 + a_{4j}x_4 \geq n_j \text{ для } j=1, 2, 3;$$

$$x_i \leq b_i, \quad x_i \geq a_i, \quad x_i \geq 0 \text{ для } i=1, 2, 3, 4.$$

Прибуток від реалізації деталей (цільова функція):

$$P_{\max}(x) = p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4.$$

2.2. Задача про оптимальний розкрій матеріалів

Для заготовок у вигляді стержнів довжиною l кожний є варіанти розкрою Z_i ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$). Необхідно отримати a_j частин T_j довжиною l_j ($j=1, 2, 3, 4$). При кожному варіанті розкрою отримуємо k_{ij} частин T_j . Яким чином слід проводити розкрій, щоб отримати необхідну кількість частин з мінімальної кількості стержнів?

Модель задачі

Вводимо змінну x_i – кількість стержнів, розрізаних згідно варіанту розкрою Z_i .

Тоді:

$$k_{1j}x_1 + k_{2j}x_2 + k_{3j}x_3 + k_{4j}x_4 + k_{5j}x_5 + k_{6j}x_6 \geq a_j \text{ для } j=1, 2, 3, 4;$$

$$x_i \geq 0 \text{ для } i=1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

Мінімальна кількість стержнів (цільова функція):

$$Q_{\min}(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6.$$

Примітка: умова $k_{i1}l_1 + k_{i2}l_2 + k_{i3}l_3 + k_{i4}l_4 \leq l$, накладена на коефіцієнти, міститься у визначенні “варіант розкрою” і не належить до умов оптимізації.

2.3. Оптимізація графіка зайнятості працівників

Для забезпечення безперервного випуску продукції на підприємстві, де необхідна кількість працівників a_j ($j=1, 2, \dots, n$) у визначений день T_j розподілена нерівномірно по днях тижня, запроваджено позмінне виконання робіт із Z_i – можливими на протязі тижня робочими змінами ($i=1, 2, \dots, 7$). Необхідно визначити мінімальну кількість робітників у кожній робочій зміні Z_i , за умови виконання запланованого об'єму робіт у повному обсязі.

Модель задачі.

Вводимо змінну x_i – кількість робітників, які працюють у робочій зміні Z_i .

Умовно приймаємо, що зміна Z_i працює ($k_{ij}=1$), а у випадку $k_{ij}=0$ – дана зміна не виходить на роботу.

Тоді:

$$k_{1j}x_1 + k_{2j}x_2 + k_{3j}x_3 + k_{4j}x_4 + k_{5j}x_5 + k_{6j}x_6 + k_{7j}x_7 \geq a_j \text{ для } j=1, 2, \dots, n;$$

$$x_i \geq 0 \text{ для } i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.$$

Мінімальна кількість працівників (цільова функція):

$$R_{\min}(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7.$$

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практична робота № 1

Тема: Ресурсозбереження в технологічних процесах оптимального розподілу сировини для виготовлення сплаву

Завдання

Металургійний цех в якості сировини закуповує латунь типів I, II та III – різні за складом сплави міді та цинку (з деякими добавками) – та переплавляє цю сировину в співвідношенні 1:1:3, для того щоб отримати сплав, який містить 57 % міді та 34 % цинку.

З'явилась можливість закуповувати сировину нових типів IV, V та VI. Характеристики сировини кожного типу наведені в табл. 1. Яку сировину необхідно закуповувати тепер цеху, і в яких пропорціях переплавляти, щоб випускати той же сплав, витрачаючи на сировину якомога менше коштів?

Таблиця 1

Тип сировини	Вміст міді, %	Вміст цинку, %	Вартість, у.о./кг
I	75	20	5
II	60	30	3
III	50	40	2
IV	<i>a</i>	$95 - a$	<i>c</i>
V	<i>b</i>	$90 - b$	2
VI	45	40	1

Вихідні дані згідно варіанту приведені в табл. 2.

Таблиця 2

№ вар.	Вихідні дані		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1.	72	58	4,2
2.	72	60	4
3.	72	62	4,2
4.	72	62	4
5.	72	65	4,2
6.	72	70	4,2
7.	68	58	3,4
8.	68	60	3,2
9.	68	62	3,4
10.	68	64	3,2
11.	68	65	3,4
12.	68	70	3,4
13.	72	60	4,2
14.	68	58	3,2
15.	74	58	4,6
16.	74	60	4,4
17.	74	62	4,6
18.	74	64	4,4
19.	74	65	4,6
20.	74	70	4,6

Практична робота № 2

Тема: Ресурсозбереження в технологічних процесах перегонки нафти для виробництва палива

Завдання

Нафтопереробний завод може використовувати дві різні технології перегонки нафти для виробництва бензину, гасу, солярового масла. В табл. 3 наведені дані, які вказують вихід продукції, відходи, виробничі витрати (вартість нафти, заробітна плата, амортизація та ін.) та завантаження обладнання в розрахунку на 1 т переробленої нафти. Крім того, вказані вартість 1 т готової продукції та добовий об'єм замовлення, який необхідно задовольнити.

Ресурс обладнання складає 75 маш-год на добу. Всі відходи повинні пройти через очисні споруди, продуктивність яких складає c т/добу. Надходження нафти та попит на всю продукцію заводу необмежені. Скласти такий план випуску продукції за добу, при якому прибуток буде максимальним.

Таблиця 3

Назва продукції	Вихід продукції, т		Вартість 1 т готового продукту, у.о.	Добовий об'єм замовлення, т
	Технологія №1	Технологія №2		
Бензин	0,6	0,3	100	117
Гас	0,1	0,3	50	54
Солярове масло	-	0,3	20	-
Відходи	0,3	0,1	-	-
Виробничі витрати, у.о.	a	b		
Завантаження обладнання, маш.-год.	0,2	0,05		

Вихідні дані згідно варіанту приведені в табл. 4.

Таблиця 4

№ вар.	Вихідні дані		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1.	13	37	130
2.	15	37	135
3.	17	37	140
4.	19	37	145
5.	21	37	130
6.	21	39	135
7.	23	39	140
8.	25	39	145
9.	29	41	130
10.	31	41	135
11.	37	43	140
12.	39	45	145
13.	37	45	130
14.	35	45	135
15.	33	45	140
16.	39	45	145
17.	31	45	130
18.	37	45	135
19.	35	45	140
20.	33	45	145

Практична робота № 3

Тема: Ресурсозбереження в технологічних процесах використання техніки під час виконання робіт

Завдання

Для копання котловану об'ємом a м³ будівельники отримали три екскаватори. Екскаватор ЕО-4121 продуктивністю $\Pi_1 = 22,5$ м³/год. витрачає за годину $Q_1 = 10$ літрів/годину дизельного палива. Характеристики екскаваторів ЕО-3323 та ЕО-2621 складають відповідно: $\Pi_2 = 10$ м³/год., $Q_2 = b$ л/год.; $\Pi_3 = 5$ м³/год., $Q_3 = 2$ л/год. Екскаватори можуть працювати одночасно, не заважаючи один одному. Запас палива у будівельників обмежений і рівний c літрів.

Відомо, якщо копати котлован лише екскаватором ЕО-2621, то дизельного палива вистачить, але це займе дуже багато часу.

Визначити, як необхідно використовувати дану техніку, для того щоб час на будівництво котлована був мінімальним.

Вихідні дані згідно варіанту приведені в табл. 5.

Таблиця 5

№ вар.	Вихідні дані		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1.	1350	10/3	548
2.	1080	4	460
3.	1080	11/3	444
4.	1440	10/3	580
5.	1140	4	480
6.	1350	11/3	552
7.	1620	10/3	656
8.	2160	11/3	888
9.	1200	4	500
10.	1320	4	550
11.	1890	11/3	777
12.	1200	4	510
13.	1800	10/3	728
14.	1380	4	580
15.	1620	11/3	666
16.	1500	4	630
17.	1980	10/3	800
18.	1890	11/3	780
19.	1860	4	780
20.	1140	4	470
21.	1520	10/3	600
22.	1680	11/3	715
23.	1200	11/3	768
24.	1320	10/3	512
25.	1460	11/3	758
26.	1970	4	650

Практична робота № 4

Тема: Ресурсозбереження в технологічних процесах виготовлення конструкцій

Завдання

Для серійного виробництва рам зварної конструкції необхідні комплекти заготовок профільного прокату.

Кожний комплект складається із a заготовок довжиною 1800 мм та b заготовок довжиною 700 мм. Яким чином необхідно розрізати c полос прокату стандартної довжини 6000 мм, щоб отримати максимальну кількість вказаних комплектів?

Вихідні дані згідно варіанту приведені в табл. 6.

Таблиця 6

№ вар.	Вихідні дані		
	a	b	c
1.	1	3	660
2.	1	3	720
3.	1	3	780
4.	1	3	840
5.	2	5	660
6.	2	5	770
7.	2	5	880
8.	2	5	990
9.	3	7	640
10.	3	7	800
11.	3	7	960
12.	3	8	510
13.	3	8	680
14.	3	8	850
15.	4	9	600
16.	4	9	630
17.	4	9	660
18.	4	9	690
19.	4	9	720
20.	4	9	750

Практична робота № 5

Тема: Ресурсозбереження в технологічних процесах виробництва продукції

Завдання

Для виробництва трьох видів виробів (А, В, С) використовується сировина типів I, II та III, причому закупівля сировини типу I та III обмежена можливостями постачальників. В табл. 7 приведені норми витрат сировини, ціни на сировину та на вироби, а також обмеження по закупівлі сировини.

Необхідно скласти план виробництва продукції з метою отримання максимального прибутку.

Таблиця 7

Тип сировини	Вартість 1 кг сировини, у.о.	Норми витрат сировини на один виріб, кг			Обмеження по закупівлі сировини, кг
		A	B	C	
I	2	1	3	<i>a</i>	3000
II	1	4	1	3	-
III	<i>b</i>	6	5	2	3320
	Вартість одного виробу, у.о.	$6b+12$	$5b+22$	<i>c</i>	

Вихідні дані згідно варіанту приведені в табл. 8.

Таблиця 8

№ вар.	Вихідні дані		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1.	2	1	17
2.	2	2	19
3.	2	3	21
4.	2	4	23
5.	3	1	21
6.	3	1	22
7.	3	2	23

8.	3	2	24
9.	3	2	25
10.	3	3	25
11.	3	3	26
12.	3	4	26
13.	4	1	25
14.	4	1	27
15.	4	2	26
16.	4	2	27
17.	4	3	28
18.	4	3	30
19.	4	4	30
20.	4	4	32

Практична робота № 6

Тема: Визначення ресурсних показників надійності машин

Основними ресурсними показниками є: гама-відсотковий ресурс T_γ ; середній ресурс T_p (до списання; до першого капітального ремонту; міжремонтний); календарний термін служби T_c ; планове напрацювання на функціональну відмову $T_{відм}$.

Розрахункові формули для визначення гамма-відсоткового ресурсу T_γ мають наступний вигляд:

- для нормального розподілу (НР)

$$T_\gamma = \bar{t} - U_\gamma \cdot \sigma_t \quad (1)$$

де \bar{t} і σ_t – параметри НР; U_γ – квантиль НР;

- для розподілу Вейбула (РВ)

$$T_\gamma = t_0 \cdot (-\ln \gamma)^{\frac{1}{m}} + t_{3m} = t_0 \cdot H_{(1-\gamma)}^B + t_{3m} \quad (2)$$

де λ – параметр ЕР.

Для визначення гама-відсоткового доремонтного ресурсу машин $T_{pd\gamma}$ використовується наступна залежність

$$T_{pd\gamma} = \frac{T_{pd}}{K_\gamma} \quad (4)$$

де T_{pd} – доремонтний ресурс; K_γ – коефіцієнт, що залежить від рівня регламентованої імовірності γ , коефіцієнта варіації ресурсу V і закону розподілу ресурсу. Наприклад, при $\gamma = 0,8$, $V = 0,4$ і РВ $K_\gamma = 1,5$.

Розрахунок T_γ при РВ можна робити за допомогою номограми Ю В. Булгакова (рис 1).

Номограма базується на залежності (2) при $t_{3m} = 0$:

$$T_\gamma = t_0 \cdot (-\ln \gamma)^{\frac{1}{m}} \quad (5)$$

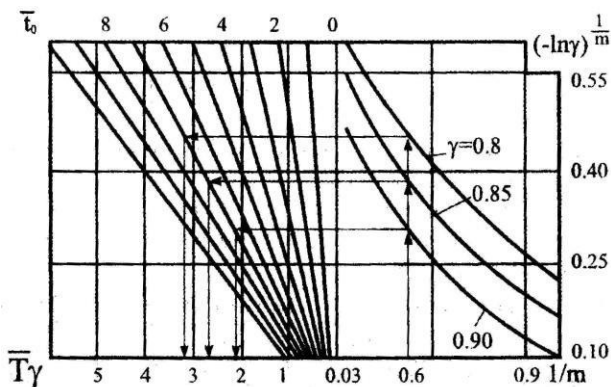


Рис. 1. Номограма для визначення гама-відсоткового ресурсу при РВ.

Для одержання значень t_0 потрібно помножити \bar{t}_0 на 10^n , де n – ціле число, обиране в залежності від порядку величини \bar{t}_0 . Аналогічно одержують значення T_γ . У правому квадранті номограми побудовані функції $(-\ln \gamma)^{\frac{1}{m}}$ для $\gamma = 0,80; 0,85; 0,9$ і $m = 1 \dots 3$. У

лівому квадранті виконується множення \bar{t}_0 на $(-\ln \gamma)_m \frac{1}{m}$. Вхідна величина – відношення $1/m$.

Номограма придатна також для ЕР ($m=1,0$) і НР ($m=3,3$).

Для визначення середнього ресурсу машин до першого капітального ремонту T_{pd} використовуються дві залежності:

а) формула ВНДІбуддормаша

$$T_{pd} = \frac{t_a}{1 + C_d} = \frac{T_c \cdot T_p \cdot K_c}{1 + C_d} \quad (6)$$

де t_a – рекомендоване напрацювання машини до списання (м.-год.); T_c – нормативний термін служби машини (у роках); T_p – середня тривалість експлуатації машини протягом календарного року (м.-год); C_d – коефіцієнт, що враховує зниження довговічності машини до списання; K_c – коефіцієнт переходу від напрацювання машини до напрацювання двигуна.

б) формула НАТИ:

$$T_{pd} = T_c \cdot T_p \cdot \left(1 + \sum_1^{n_{кр}} K_{bi} \right)^{-1} \quad (7)$$

де K_{bi} – коефіцієнт відновлення ресурсу після i -го капітального ремонту; $n_{кр}$ – число планових капітальних ремонтів.

На підставі залежності (7) М.А. Халфін розробив номограму (див. рис. 2) для визначення T_{pd} і T_{pdy} базових машин за умови, що ресурс описується РВ, а $K_{bi} = 0,8$.

Номограма дозволяє визначення T_{pd} та T_{80} при середньорічній зайнятості машин $T_p = 50 \dots 2000$ м.-год.; $T_c = 7, 8$ і 9 рокам; $n_{кр} = 1, 2, 3$.

Для великої групи будівельних і меліоративних машин поточні експлуатаційні витрати апроксимуються залежностями:

- у доремонтний період

$$C_e^D(t) = C_0 \cdot t^\delta \quad (8)$$

- у міжремонтний період

$$C_e^M(t) = q \cdot C_0 \cdot t^\delta \quad (9)$$

де C_0 – коефіцієнт, що визначає вихідну норму прогресуючих витрат, δ – показник зростання витрат, $q > 1$ – коефіцієнт, що

враховує збільшення числа відмов після капітального ремонту (у середньому на 20% після кожного КР); t - напрацювання.

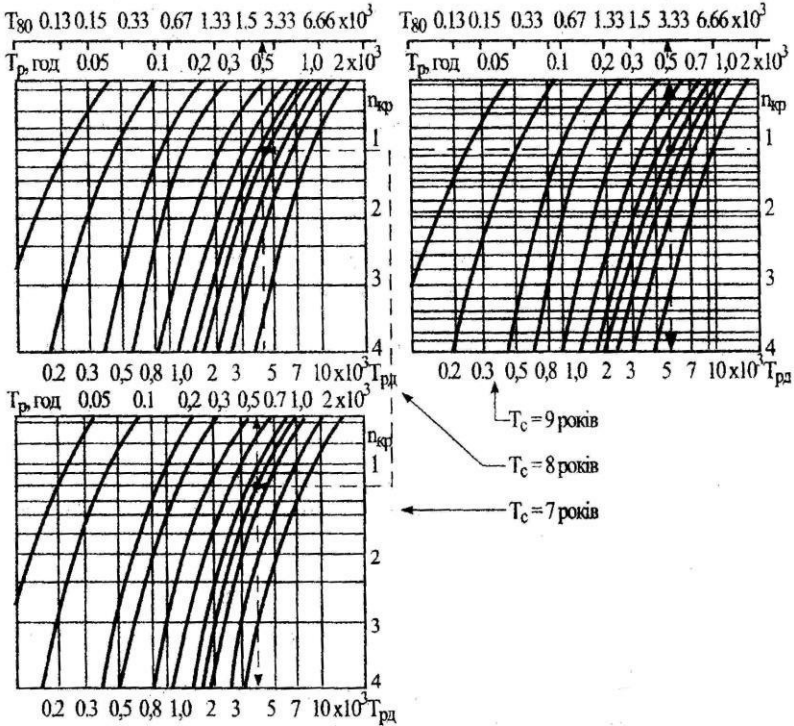


Рис. 2. Номограма М.А. Халфіна для визначення T_{pd} та 80 % T_{80} .

У цьому випадку оптимальні значення доремонтного ресурсу T_{pd}^{onm} і міжремонтних ресурсів T_{pm}^{onm} визначаються за формулами М. А. Халфіна:

$$T_{pd}^{onm} = T_c \cdot \left(1 + n_{кр} \cdot q \frac{1}{\delta - 1} \right)^{-1} \quad (10)$$

$$T_{pm}^{onm} = T_c \cdot \left(n_{кр} + q \frac{1}{\delta - 1} \right)^{-1} \quad (11)$$

де $T_c = \text{const}$ – нормативний термін служби машини; $n_{кр}$ – число

планових капітальних ремонтів.

У багатьох випадках швидкість зношування можна прийняти постійною і рівною

$$\alpha_u = k \cdot p^m \cdot V^n \quad (12)$$

де p – тиск на поверхні тертя; V – швидкість відносного ковзання; k – коефіцієнт зносу, що залежить від матеріалу пар тертя й умов зношування; $m=0,5\dots 3,0$; $n=1$ для більшості пар тертя.

Для абразивного зношування (при $b_u=0$)

$$\alpha_u = k \cdot p \cdot V \quad (13)$$

$$I(t) = k \cdot p \cdot V \cdot t = \alpha_u \cdot t \quad (14)$$

Швидкість зношування й інтенсивність зношування зв'язані між собою співвідношенням

$$\alpha_u = j \cdot V \quad (15)$$

Зміна ресурсу деталі (чи сполучення) при зношуванні описується НР із параметрами \bar{t}_R і σ_R .

Тоді імовірність безвідмовної роботи з критерію зношування буде:

$$P_{3H}(t_R) = 0,5 \cdot \left[1 - \Phi \cdot \left(\frac{t_R - \bar{t}_R}{\sigma_R} \right) \right] \quad (16)$$

де $\Phi(\cdot)$ – подвоєна функція Лапласа.

Якщо прийняти, що α_u , p і V мають НР із параметрами $(\bar{\alpha}_u; \sigma_{\alpha_u})$; $(\bar{p}; \sigma_{p0})$; $(\bar{V}; \sigma_V)$, то одержимо:

$$\sigma_{\alpha_u} = k \cdot \sqrt{\sigma_{p0}^2 \cdot \sigma_V^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_V^2 + \bar{V}^2 \cdot \sigma_{p0}^2} \quad (17)$$

Знайдемо границі довірчого інтервалу I_β для швидкості зношування через квантілі НР U_β за співвідношенням (1):

$$I_\beta = \left(\bar{\alpha}_u - U_\beta \cdot \sigma_{\alpha_u}; \bar{\alpha}_u + U_\beta \cdot \sigma_{\alpha_u} \right) \quad (18)$$

Для визначення ресурсу деталей машин за критерієм зношування використовуємо залежність (14). Прийmemo в ній, що

$$I(t) = I_{np} \quad \alpha_u = \left(\bar{\alpha}_u + U_\beta \cdot \sigma_{\alpha_u} \right)$$

Тоді ресурс деталі при заданій імовірності безвідмовної роботи

$p_{3H} = (t_R) = \beta$ буде дорівнювати:

$$T_p^{3H}(\beta) = \frac{I_{np}}{\bar{\alpha}_u + U \beta \cdot \sigma_{\alpha_u}} \quad (19)$$

Середній ресурс деталі T_p^{3H} за критерієм абразивного зношування визначиться в такий спосіб

$$T_p^{3H} = \frac{I_{np}}{\alpha_u} \quad (20)$$

Для загального випадку зношування маємо:

$$T_p^{3H} = \alpha \sqrt{\frac{I_{np}}{\alpha_u}} \quad (21)$$

Середнє напрацювання машини на відмову при фіксованому рівні надійності $p(t)$ називається плановим напрацюванням на функціональну відмову

Для базової машини

$$T_{відM}^M = -\frac{t_M}{\ln P_M(t_M)} \quad (22)$$

де t_M – напрацювання машини;

Для будівельного або меліоративного агрегату, що включає n робочих машин:

$$T_{відM}^A = -\frac{-n \cdot t_A}{\ln P_A(t_A) + \frac{t_A}{T_{відM}^M}} \quad (23)$$

де t_A – напрацювання агрегату.

Розрахунок норм запасу для невідновлюваних складових частин машин може проводитись за різними критеріями.

Завдання

Задача 1. Оцінити 80% -вий ресурс гусениці трактора якщо відомо, що її довговічність обмежена за зносом: ресурс описується НР із параметрами $t = 10^4$ м.-год.; $\sigma = 6 \cdot 10^3$ м.-год.

Задача 2. Визначити 80% -вий ресурс двигуна трактора ДТ-75 за умови, що він описується РВ із параметрами $m=1,2$; $t_0=1820$ м.-год, при $t_{3M}=1300$ м.-год.

Задача 3. Визначити середній ресурс T_{p0} та 80% ресурс T_{80} трактора К-701 до першого капітального ремонту при наступних вихідних даних: планове напрацювання на рік $T_p = 1000$ м.-год; термін служби машини до списання $T_c = 9$ років; $n_{кр} = 1$; ресурс описується РВ, коефіцієнт відновлення ресурсу після капітального ремонту $K_{в1} = 0,8$. Для рішення скористатись номограмою М.А. Халфіна (рис. 2).

Задача 4. За формулами ВНДіБуддормаша і НАТІ визначити середній ресурс базового трактора Т-150 до першого капітального ремонту при наступних вихідних даних: $T_p = 1350$ м.-год; $T_c = 8$ років; коефіцієнт переходу від напрацювання машини до напрацювання двигуна $K_c = 0,92$; коефіцієнт зниження довговічності до списання $C_d = 0,82$; $n_{кр} = 1$; $K_{в1} = 0,8$. Співставити отримані результати.

Задача 5. Вважаючи, що експлуатаційні витрати на гусеничний тягач класу 25 кН описуються залежностями: у доремонтний період

$$C_e^D(t) = C_0 \cdot t^\delta, \text{ у міжремонтний період } C_e^M(t) = qC_0 \cdot t^\delta,$$

визначити оптимальні значення до- і міжремонтних ресурсів за умови, що нормативний термін служби $T_c = 12$ років, кількість капітальних ремонтів до списання $n_{кр} = 2$; показник зростання витрат $\delta = 1,5$; зростання витрат після проведення капітального ремонту на 20 % враховується коефіцієнтом $q = 1,2$.

Задача 6. За критерієм абразивного зношування визначити середній ресурс деталі машини і її ресурс при заданій імовірності безвідмовної роботи $P_3(t_R) = 0,8$. Прийняти, що швидкість зношування описується НР із параметром $\bar{a}_u = 2 \cdot 10^{-2}$ мкм/год. (параметр σ_{au} не відомий); максимальний припустимий = 10 мкм.

При розрахунках врахувати, що тиск p на поверхні тертя і швидкість відносного зношування V також описується НР із параметрами $\bar{p} = 1,57$ МН/м²; $\sigma_p = 0,147$ МН/м²; $\bar{V} = 1,57$ м/с; $\sigma_v = 0,2$ м/с.

Практична робота № 7

Тема: Визначення управління запасами підприємства

Рівняння загальних витрат для ситуації, коли враховуються витрати на закупівлю продукції, має вигляд

$$L = K \frac{v}{Q} + s \frac{Q}{2} + c \cdot v \quad (1)$$

де c – ціна продукції;

cv – витрати на закупівлю продукції в одиницю часу.

Якщо ціна закупівлі складованого товару постійна і не залежить від Q , то її включення в рівняння загальних витрат приводить до переміщення графіка цього рівняння паралельно осі

Q і не змінює його форми (рис. 1). Тобто, у випадку постійної ціни

продукції її облік не змінює оптимального рішення Q_w .

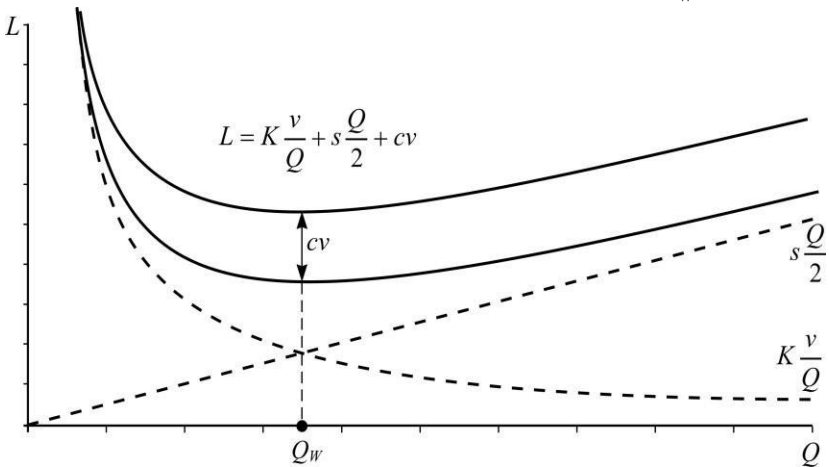


Рис. 1. Графік витрат на уз з врахуванням витрат на покупку

Якщо на замовлення великого обсягу надаються знижки, то замовлення на більш великі партії спричинять за собою збільшення витрат на збереження, але це збільшення може бути компенсовано зниженням закупівельної ціни. Таким чином, оптимальний розмір замовлення може змінюватися в порівнянні із ситуацією відсутності знижок. Тому витрати на придбання продукції необхідно враховувати в моделі закупівлі зі знижками.

Вхідні параметри моделі, що враховує знижки

1) Q_{p1} , Q_{p2} – точки розриву цін, тобто розміри покупок, при

яких починають діяти відповідно перша і друга знижки;

2) c , c_1 , c_2 – відповідно вихідна ціна, ціна з першою знижкою, ціна з другою знижкою.

Вплив однієї знижки на загальні витрати на УЗ показаний на рис.

2. Щоб визначити оптимальний розмір замовлення Q^* , необхідно проаналізувати, у яку з трьох областей попадає точка розриву ціни Q_{p1} (рис. 2). Правило вибору Q^* для випадку з однією знижкою має вигляд

$$Q^* = \begin{cases} Q_w, & \text{якщо } 0 \leq Q_{p1} < Q_w \quad (\text{область I}) \\ Q_{p1}, & \text{якщо } Q_w \leq Q_{p1} < Q_1 \quad (\text{область II}) \\ Q_w, & \text{якщо } Q_{p1} \geq Q_1 \quad (\text{область III}) \end{cases} \quad (2)$$

Правильність рішення задач УЗ зі знижками у значній мірі визначається якісно побудованим графіком загальних витрат із вказанням на графіку всіх параметрів, використовуваних при рішенні. Тому в першу чергу необхідно аналізувати ситуацію графічно і тільки після цього проводити чисельні обчислення. Наочно легко визначити більш „вигідний” обсяг замовлення, знайшовши точку, координата якої по осі L лежить нижче інших варіантів замовлень.

Задача 1.

Нехай витрати на замовлення рівні $10 \times (m+n)$ грн, витрати на збереження продукції $1+0,5m$ грн. за добу, інтенсивність товару $5n$ шт. на день, ціна товару – $2+0,4n$ грн. за штуку, а при обсязі замовлення 15 шт. і більше – 1грн.

Визначити оптимальний розмір замовлення, ціну покупки і витрати на моделлю управління запасами.

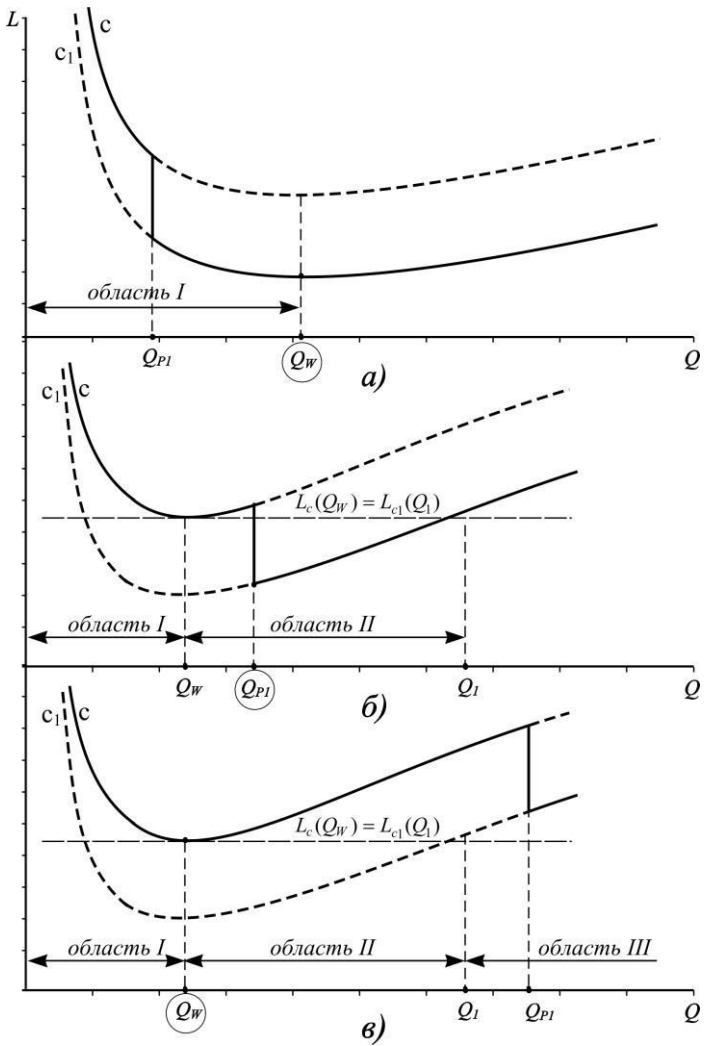


Рис. 2. Графік витрат з врахуванням знижок:

а) $Q^* = Q_w$; б) $Q^* = Q_{p1}$; в) $Q^* = Q_w$

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Хітров І. О., Гавриш В. С., Кристопчук М. Є., Корнієнко В. Я. Ресурсо- та енергозбереження : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2014. 108 с.
2. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. 984 с.
3. Боблях С. Р., Мельнійчук М. М., Мельник В. С., Ігнатюк Р. М. Відновлювальні джерела енергії : монографія. Луцьк : Волинський національний університет ім. Лесі Українки, 2012. 227 с.
4. Анікевич Л. В., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М., Адамчук Н. І., Пономаренко С. О. Основи застосування високоточних технологій рослинництва : монографія. К. : НУБіП України, 2020. 405 с.
5. Анікевич Л. В., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М., Пономаренко С. О. Система точного землеробства : підручник. К. : НУБіП України, 2018. 66 с.
6. Романюк В. І., Гавриш В. С., Хітров І. О., Кононов Ю. А., Голоцюк М. В. Виробнича експлуатація і ремонт машин та обладнання : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2016. 290 с.
7. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т: Т 2. / за ред. А. В. Рудя. К. : Агроосвіта, 2012. 434 с.