

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і  
технічного сервісу

**Основи електроенергетичного аудиту і менеджменту в АПК:**  
методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів  
вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 141 «Електро-  
енергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм  
навчання

Миколаїв 2021

УДК 005:620.9

О-75

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 22.04.2021, протокол № 8.

Укладачі:

- Гавриш В.І. д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
- Куценко К.О. заступником директора з економічних питань ОКП «Миколаївоблтеплоенерго».

Рецензенти:

- Чередніченко О.К. д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри експлуатації судових енергетичних установок та теплоенергетики, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова.
- Садовий О.С. канд. техн. наук, ст. викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

**ЗМІСТ**

Зміст.....	3
Вступ.....	4
Модуль 1. Виробництво та транспортування енергетичних ресурсів .....	5
Модуль 2. Ефективність використання енергетичних ресурсів	14
Модуль 3. Впровадження енергозаощаджуючих технологій та альтернативних паливно-енергетичних ресурсів .....	27
Приклади розв’язання задач.....	30
Питання.....	66
Список літератури.....	68
Рейтингова система балів.....	69
Додатки.....	72

## Вступ

При вивченні дисципліни «Основи електроенергетичного аудиту і менеджменту в АПК», згідно учбовому плану по спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» здобувачі вищої освіти виконують 21 задача.

Для успішного засвоєння програмного матеріалу курсу «Основи енергетичного аудиту та менеджменту в АПК» його вивчення повинно супроводжуватись вирішенням ряду задач. Це забезпечить не тільки краще запам'ятовування матеріалу який вивчається, а й чітке уявлення про кількісні характеристики розглянутих явищ, але й більш глибоке розуміння їх фізичної сутності. Тому при вивченні кожного розділу курсу не слід обмежуватись рішенням тільки одного питання, вказаного в завданні. З метою самоперевірки матеріалу розділу, який вивчається слід вирішувати й інші, відносні до нього питання, з приведеного нижче перелічення питань для завдань на контрольні роботи.

При складанні відповідей на вказані в завданні питання, необхідно написати прийняті методи їх вирішення, привести формули та результати визначення по ним шуканих параметрів, а також виконати схеми.

Програмний матеріал, ступінь самостійного вивчення котрого повинна відображувати ця контрольна робота, розподіляється на наступні розділи:

1. Виробництво та транспортування енергетичних ресурсів.
2. Ефективність використання енергетичних ресурсів.
3. Впровадження енергозаощаджуючих технологій та альтернативних паливно-енергетичних ресурсів.

Задача виконується по індивідуальному завданню. В завданні вказується варіанти на які саме повинен відповісти студент.

Розв'язання задач треба виконувати після опрацювання відповідних їм розділів курсу по навчальних посібниках та лекційного матеріалу.

Після вивчення кожної теми і проведення практичних робіт, студенти повинні відзвітуватися в письмовій формі та в усному захисті роботи з отриманням відповідної кількості балів кредитно-модульної системи.

За підсумками захисту всіх практичних робіт виводиться загальна рейтингова оцінка по модулю.

## Модуль 1. Виробництво та транспортування енергетичних ресурсів

### Задача №1

**Тема:** Виконати прогнозування енергетичних ресурсів.

**Мета:** навчитися використовувати прогнозуючу функцію Венга.

Річне видобування енергетичного ресурсу описується рівнянням:

$$q = a \cdot t^b \cdot \exp(c \cdot t), \text{ тис. т/рік. Визначити:}$$

1. Показники піку Хаберта (час та обсяг річного видобування);
2. Час, коли видобування зменшиться до 50% від максимального рівня;
3. Загальний обсяг видобування ресурсів до піку Хаберта;
4. Загальне видобування до часу, коли річний обсяг видобування зменшиться до 50% від максимального.

Таблиця 1

Вихідні данні

Варіант	a	b	c
1	300	2	-0,2
2	290	2,1	-0,23
3	284	2,1	-0,26
4	270	2,3	-0,29
5	260	2,4	-0,32
6	250	2,5	-0,35
7	240	2,6	-0,38
8	230	2,7	-0,41
9	220	2,8	-0,44
10	210	2,9	-0,47
11	200	3	-0,5
12	190	3,1	-0,53
13	180	3,2	-0,56
14	170	3,3	-0,59
15	160	3,4	-0,62
16	150	3,5	-0,65
17	140	3,6	-0,68
18	130	3,7	-0,71
19	120	3,8	-0,74

<b>20</b>	110	3,9	-0,77
<b>21</b>	310	2,6	-0,19
<b>22</b>	295	2,2	-0,23
<b>23</b>	285	2,3	-0,26
<b>24</b>	275	2,4	-0,29
<b>25</b>	265	2,5	-0,32
<b>26</b>	255	2,7	-0,35

### Задача №2

**Тема:** Визначити заощадження електроенергії в лінії електропередачі та її вартість.

**Мета:** навчитися визначати заощадження електроенергії в лінії електропередачі та її вартість від зміни напруги.

Визначити заощадження електроенергії в лінії електропередачі та її вартість від заміни двигуна і мережі з напругою 380 В двигуном на 6000 В. Довжина повітряної лінії електропередачі від підстанції до двигуна складає  $L = 1255$  м., переріз дротів,  $q_1 = 120$  мм<sup>2</sup>,  $q_2 = 25$  мм<sup>2</sup>, дроти з алюмінію. Струм навантаження  $I_1 = 210$  А;  $I_2 = 15$  А та тривалість роботи  $t = 3555$  год.

Таблиця 2

#### Вихідні данні

Варіант	Довжина повітряної лінії $L, \text{м}$	Сила струму, А		Тривалість роботи $t, \text{год}$	Ціна електроенергії, $\text{Ц}, (\text{грн}/(\text{кВт}\cdot\text{год}))$
		$I_1$	$I_2$		
1	800	210	15	6000	0,40
2	1000	200	18	7000	0,53
3	900	250	20	5000	0,48
4	700	200	17	4000	0,53
5	600	210	15	3000	0,53
6	850	220	21	3500	0,49
7	550	190	22	6550	0,51
8	820	185	19	4500	0,47
9	1450	195	15	6500	0,42
10	1350	205	16	3550	0,43
11	850	208	18	6500	0,45
12	1350	240	21	4550	0,51
13	950	190	14	7000	0,52
14	850	230	15	4000	0,49
15	1300	180	22	3000	0,50
16	1250	245	17	5550	0,48
17	500	198	23	7000	0,41

18	570	180	21	3500	0,53
19	1350	210	14	4550	0,47
20	1250	200	19	4500	0,51

### Задача №3

**Тема:** Визначити заощадження електроенергії в лінії електропередачі.

**Мета:** навчитися визначати заощадження електроенергії в лінії електропередачі від зміни напруги.

Визначте заощадження електроенергії від переведення мережі з напруги 6 кВ на 10 кВ. Основні параметри лінії:  $\rho = 0,032 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ; переріз дроту  $S_n$  ( $\text{мм}^2$ ), потужність  $S$  ( $\text{кВ}\cdot\text{А}$ ), тривалість роботи  $T$  (год) та довжина лінії  $l$  (м).

Таблиця 3

#### Вихідні данні

Варіант	Довжина лінії $l$ , км	Переріз дроту $S_n$ , $\text{мм}^2$	Потужність $S$ , $\text{кВ}\cdot\text{А}$	Річна тривалість роботи $T$ , год.
1	5	35	1000	8000
2	4	35	1200	6000
3	3	35	900	5000
4	2,5	40	800	6000
5	2	50	1000	7000
6	1,8	45	1250	6600
7	3,4	55	1150	4890
8	4,5	60	1100	6900
9	6,0	48	1350	4750
10	5,8	38	1450	6850
11	1,6	42	1500	5550
12	1,78	58	950	4350
13	4,2	52	850	5500
14	5,5	30	1300	4000
15	4,8	37	1400	4550
16	5,0	43	1250	3500
17	2,8	54	1350	7550
18	3,7	33	1100	7500
19	1,65	44	1450	3600
20	5,2	56	950	3550

### Задача №4

**Тема:** Компенсація реактивної потужності.

**Мета:** навчитися параметри конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності.

Апаратний цех електротехнічного заводу споживає активну потужність  $P_2$  при коефіцієнті потужності  $\cos\varphi_2$ . Для живлення споживачів цеху на підстанції встановили трифазні трансформатори з первинною напругою  $U_{номf}$ . Проте енергосистема, обмежує реактивну потужності до  $Q_6$ , яка називається оптимальною, зажадала встановити на нижчій напрузі підстанції 380 В конденсатори. Визначити:

1) необхідну потужність конденсаторної батареї  $Q_6$  і вибрати її тип, користуючись табл. 3;

2) номінальну потужність трансформатора на підстанції в двох випадках а) до установки батареї, б) після установки батареї. На підставі табл. 2 вибрати тип трансформатора;

3) у обох випадках визначити коефіцієнт корисної дії трансформатора з врахуванням фактичного навантаження. Зробити висновок про доцільність компенсації реактивної потужності споживачів цеху. Дані для свого варіанту узяти з табл.1.

*Вказівки.* 1. На підстанції можлива установка одного трансформатора або двох однакової потужності. 2. При виборі трансформаторів необхідно забезпечити їх коефіцієнт навантаження  $k_n$ , рівним 0,9-1,0. 3. Первинну напругу  $U_{номf}$  задано для вибору типу трансформатора.

Таблиця 5

### Характеристика конденсаторних установок потужністю 380 В

Тип установ- ки	$Q_6$ , квар	Тип установки	$Q_6$ , квар	Тип установки	$Q_6$ , квар
УК-0,38-75	75	УК-0,38-220Н	220	УК-0,38-330Н	330
УК-0,38-78	78	УК-0,38-225	225	УК-0,38-430Н	430
УК-0,38-110Н	110	УК-0,38-300Н	300	УК-0,38-450Н	450
УК-0,38-150Н	150	УК-0,38-320Н	320	УК-0,38-540Н	540



## Технічні дані трансформаторів

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ , кВ·А	Напруга обмоток, кВ		Втрати потужності, кВт		$U_{\text{к}},\%$	$I_{\text{к}},\%$
		$U_{\text{ном1}}$	$U_{\text{ном2}}$	$P_{\text{ст}}$	$P_{\text{о, ном}}$		
ТМ-25/6; 10	25	6, 10	0,23;0,4	0,13	0,69	4,7	3,2
ТМ-40/6; 10	40		0,23;0,4	0,175	1,0	4,7	3,0
ТМ-63/6; 10	63		0,23;0,4	0,24	1,47	4,7	2,8
ТМ-100/6; 10	100		0,23;0,4	0,33	2,27	6,8	2,6
ТМ-160/6; 10	160		0,23;0,4;0,69	0,51	3,1	4,7	2,4
ТМ-250/6; 10	250		0,23;0,4;0,69	0,74	4,2	4,7	2,3
ТМ-400/6; 10	400		0,23;0,4;0,69	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ-530/6; 10	630		0,23;0,4;0,69	1,31	7,6	5,5	2,0
ТМ-1000/6; 10	1000		0,23;0,4;0,69	2,45	12,2	5,5	2,8
ТМ-1600/6; 10	1600		0,23;0,4;0,69	3,3	18,0	5,5	2,6
ТМ-2500/6; 10	2500	10	0,23;0,4;10,5	4,3	24,0	5,5	1,0

*Примітка:* Трансформатор ТМ-630/10 – з масляним охолодженням, трьохфазний, номінальна потужність 630 кВ·А, номінальна первинна напруга 10 кВ, вторинна напруга 0,23; 0,4 и 0,69 кВ; 2.  $P_{\text{ст}}$  – втрати в металі;  $P_{\text{о, ном}}$  – втрати в обмотках;  $U_{\text{к}}, \%$  - напруга короткого замикання;  $I_{\text{к}}, \%$  - струм холостого ходу.

Таблиця 7

## Вихідні данні

Номер варіанту	$P_2$ , кВт	$\cos \varphi_2$	$Q_{\text{в}}$ , квар	$U_{\text{ном1}}$ , кВ
1	1400	0,75	350	10
2	370	0,8	110	6
3	600	0,85	150	10
4	1000	0,8	220	10
5	220	0,75	80	6
6	2300	0,8	700	10
7	1700	0,7	350	10
8	750	0,8	225	6
9	160	0,65	50	6
10	1150	0,75	350	10
11	1500	0,77	330	10
12	700	0,75	200	6
13	2000	0,65	1100	10
14	900	0,75	200	10
15	290	0,8	110	6

16	550	0,88	150	6
17	180	0,75	50	6
18	800	0,7	280	10
19	1500	0,8	400	10
20	300	0,75	110	10

### Задача №5

**Тема:** Визначення оптимального діаметру трубопроводу.

**Мета:** навчитися визначати оптимальний діаметр трубопроводу для мінімізації витрат на транспортування рідини.

Визначити оптимальний діаметр трубопроводу. Врахувати капітальні вкладення та вартість електричної енергії.

Проаналізувати вплив завантаження (максимальний річний наробіток 7900 годин, мінімальний – половина від заданого значення), строку існування трубопроводу (від 50 до 200%) від заданого на шукане значення діаметру трубопроводу.

Таблиця 8

### Вихідні данні

Варіант	Рідина	Довжина трубопроводу, м	Перепад висот, м	Продуктивність трубопроводу, м <sup>3</sup> /год	Річний обсяг перекачування, тис. м <sup>3</sup>	Строк існування проекту, роки
1	Вода	3000	10	10	45000	10
2		4000	15	20	90000	15
3		4500	-5	30	85000	20
4		5000	-10	40	150000	25
5		5500	-15	50	260000	30
6		6000	20	60	365000	25
7		6500	25	70	400000	20
8	Дизельне паливо	1000	5	5	36000	10
9		1500	7	12	40000	15
10		2000	10	19	44000	20
11		2500	12	26	49000	25
12		3000	-4	34	70000	30
13		3500	-10	41	65000	25
14	Ріпаква олія	400	-2	10	65000	20
15		900	6	12	55000	18
16		700	-8	15	80000	15

17		1300	15	9	52000	12
18		1700	10	8	43000	10
19		1000	7	14	73000	14
20		750	5	16	64000	19

У розрахунках прийняти:

- ККД насосу  $\eta = 0,75$ ;
- ціну електричної енергії  $C_e = 1,05 \text{ грн}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$ ;
- кінематичну в'язкість рідин,  $\text{м}^2/\text{с}$ : вода –  $0,7 \cdot 10^{-6}$ ; дизельне паливо –  $3,5 \cdot 10^{-6}$ ; ріпакова олія –  $75 \cdot 10^{-6}$ ;
- густина рідин,  $\text{кг}/\text{м}^3$ : вода –  $980 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; дизельне паливо –  $830 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; ріпакова олія –  $916 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- шорсткість труб -  $\Delta = 0,2 \text{ мм}$ ;
- ціну труб – згідно додатку.

Основні параметри труб (геометричні розміри та ціни) наведено в табл. 3.

Таблиця 9

## Параметри труб

Назва	Розмір	Вага 1 м	Ціна грн/м
Труба ВГП ГОСТ 3262	Ду25×2,8	2,24	10,75
	Ду32×2,8	2,95	14,46
	Ду40×3,5	3,97	19,08
	Ду50×3,0	4,22	27,43
Труба зварювальна ГОСТ 10704	Ø 57х3,5	4,85	21,83
	Ø 100х3,5	8,51	60,42
	Ø 114х3,5	9,54	71,55
	Ø 159х4,5	18,60	139,50
Труба безшовна ГОСТ 8732	Ø 57х3,5	4,62	36,96
	Ø 76х3,5	6,77	58,90
	Ø 89х3,5	7,50	65,25
	Ø 108х4,0	10,26	89,26
	Ø 108х5,0	12,70	69,85
	Ø 127х5,0	15,04	111,30
	Ø 133х5,0	15,78	137,29

	Ø 194x8,0	36,70	201,85
	Ø 219x7,0	36,60	340,38
	Ø 273x7,0	45,92	371,95
	Ø 273x8,0	50,62	364,46
	Ø 325x8,0	62,54	537,84
	Ø 325x9,0	70,14	399,80

### Задача №6

**Тема:** Визначення параметрів трубопроводу для подачі теплоносія.

**Мета:** навчитися визначати оптимальний діаметр трубопроводу втрати теплоти та її вартість протягом опалювального сезону.

Визначити діаметр трубопроводу, втрати теплоти та її вартість протягом опалювального сезону. Розрахунки виконати для трубопроводу без теплової ізоляції та з тепловою ізоляцією товщиною 60 мм. Порівняти втрати теплоти для двох температурних графіків: 150-70 та 90-70 °С.

Таблиця 10

### Вихідні дані

Варіант	Теплова потужність, Гкал/год	Довжина трубопроводу, м	Середня температура навколишнього середовища, °С	Матеріал теплової ізоляції
1	1,75	180	0	Азбест
2	2,00	190	-5	Волок
3	2,50	200	5	Мінеральна вовна
4	3,00	210	-2	Скловата
5	3,25	220	0	Пінополіуретан
6	3,50	230	-5	Шлакова вата
7	3,75	250	5	Азбест
8	4,00	300	-2	Волок
9	4,25	350	0	Мінеральна вовна
10	4,50	400	-5	Скловата
11	4,75	450	5	Пінополіуретан
12	5,00	500	-2	Шлакова вата
13	5,25	550	0	Азбест
14	5,50	600	-5	Волок
15	5,75	650	5	Мінеральна вовна
16	6,00	700	-2	Скловата

17	6,25	750	0	Пінополіуретан
18	6,50	800	-5	Шлакова вата
19	6,75	850	5	Пінополіуретан
20	7,00	900	-2	Шлакова вата

У розрахунках прийняти:

- Ціна теплової енергії – 1582 грн/Гкал;
- Тривалість опалювального сезону – 180 діб;
- Коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки труби – 98 Вт/(м<sup>2</sup>·К);
- Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні труби до повітря – 9 Вт/(м<sup>2</sup>·К);
- Коефіцієнт теплопровідності сталі – 43 Вт/(м·К);
- Коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційних матеріалів, Вт/(м·К): азбест – 0,11; волок – 0,0524; мінеральна вовна – 0,0465; скловата – 0,0372; пінополіуретан – 0,02; шлакова вата – 0,47;
- Густина води – 980 кг/м<sup>3</sup>;
- Швидкість води у трубопроводі – не більше 1,5 м/с.

У розрахунках використати температурний графік подавання теплоносія (рис. 1).

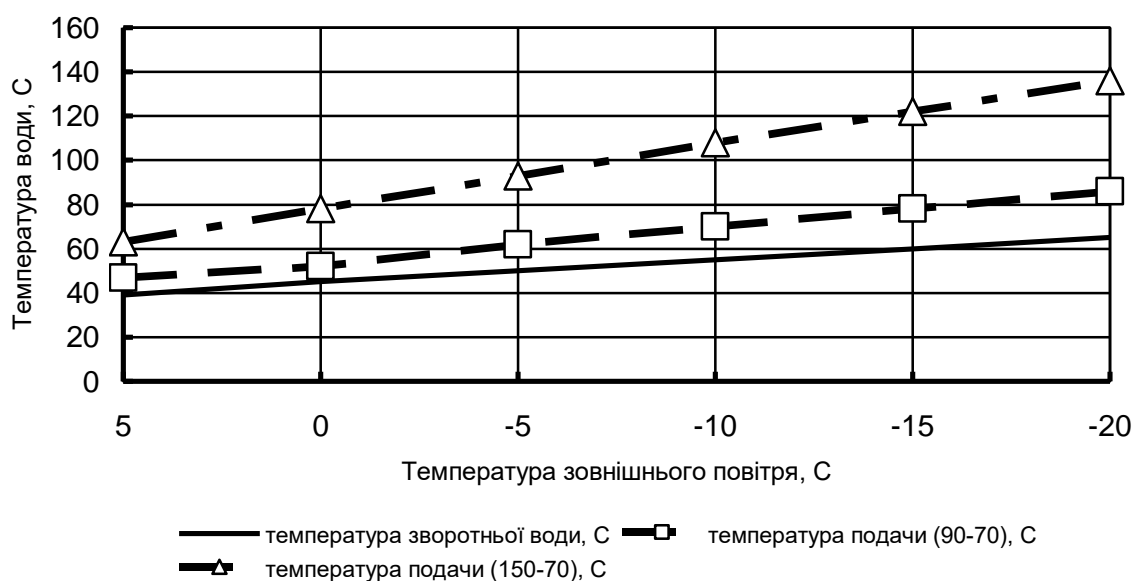


Рис. 1. Температурний графік

## Модуль 2. Ефективність використання енергетичних ресурсів

### Задача №7

**Тема:** Визначення електричної енергії дробаркою.

**Мета:** навчитися визначати річне використання електричної енергії дробаркою.

Визначити річне використання електричної енергії дробаркою кормів КДМ.

Таблиця 11

#### Вихідні дані

Варіант	Продуктивність дробарки, т/ГОД	Річний обсяг переробленого зерна, т	Потужність електроприводу, кВт	Коефіцієнт завантаження дробарки	Коефіцієнт корисної дії
1	1,9	300	28	0,70	0,81
2	2,0	400	30	0,75	0,85
3	2,3	500	35	0,80	0,88
4	2,4	600	38	0,85	0,83
5	2,0	700	30	0,90	0,92
6	2,3	800	35	0,70	0,87
7	1,9	900	28	0,85	0,82
8	2,0	1000	30	0,80	0,86
9	2,3	1100	35	0,75	0,84
10	2,4	1200	38	0,70	0,89
11	2,3	1300	35	0,90	0,91
12	2,4	1400	38	0,70	0,81
13	1,9	1500	28	0,75	0,85
14	2,0	1600	30	0,80	0,88
15	2,4	1700	38	0,85	0,83
16	2,3	1800	35	0,90	0,92
17	1,9	1900	28	0,70	0,87
18	2,0	2000	30	0,85	0,82
19	2,3	1400	35	0,80	0,86
20	2,4	1600	38	0,75	0,90

### Задача №8

**Тема:** Структура енергоспоживання.

**Мета:** Навчитися визначати структуру енергоспоживання.

З'ясуйте і проаналізуйте структуру електроспоживання у сільсько-господарському підприємстві.

Таблиця 12

Вихідні дані

Варіант	Виробничі витрати електроенергії, кВт·год		Витрати електроенергії у підсобних галузях, кВт·год	Побутові витрати електроенергії, кВт·год
	у тваринництві	у рослинництві		
1	444000	248000	148000	25000
2	400000	300000	180000	30000
3	538450	465780	153450	40600
4	383000	278000	165000	40950
5	601450	400100	140700	33800
6	515780	342970	171000	26700
7	600000	444000	145000	43200
8	470900	220000	167800	21040
9	355000	325000	178900	21000
10	387920	267500	150500	37500
11	421550	476500	161050	27600
12	327000	324780	183600	39450
13	622320	443000	167800	32200
14	524000	467000	149740	34500
15	310000	274090	175000	25800
16	615550	456800	149300	33300
17	432000	315900	179820	41500
18	595890	213480	155000	35000
19	378630	400000	149400	23450
20	476540	423000	174000	41200

**Задача №9**

**Тема:** Енергетичні показники підприємства.

**Мета:** навчитися визначати номінальну, потенційну та фактичну енергоозброєність і енергозабезпеченість аграрного підприємства.

Визначити номінальну, потенційну та фактичну енергоозброєність і енергозабезпеченість аграрного підприємства.

## Вихідні дані

Варіант	Кількість працівників, осіб	Чисельність адміністративно-допоміжного персоналу	Коефіцієнт завантаження техніки	Площа земельних угідь, га	Кількість техніки, одиниць						
					ГАЗ-53	КамАЗ-5320	МТЗ-80	Т-40М	К-701М	Т-150	ХТЗ-17221
1	20	10	0,5	1700	1	2	2	1	0	2	1
2	22	8	0,6	2000	1	2	3	3	1	1	2
3	24	7	0,7	1500	1	3	2	2	0	2	2
4	26	6	0,8	2300	2	3	2	3	1	2	2
5	28	10	0,9	3000	3	3	3	2	0	3	2
6	30	12	0,9	1900	2	4	3	3	1	2	2
7	31	13	0,8	3800	2	5	4	1	1	3	2
8	32	15	0,7	4000	3	5	4	2	2	3	3
9	33	17	0,6	3100	4	5	5	2	2	4	4
10	34	18	0,5	1800	5	5	6	2	3	4	4
11	40	20	0,5	3400	2	3	4	0	1	2	4
12	39	19	0,6	2450	2	0	1	5	4	2	3
13	37	16	0,7	2700	4	1	1	5	5	6	0
14	35	15	0,7	2100	3	2	6	0	3	2	1
15	38	17	0,8	1900	3	4	5	2	2	1	4
16	36	18	0,9	3700	2	2	3	4	2	4	1
17	25	12	0,8	3200	3	2	4	5	2	2	0
18	29	16	0,6	3500	4	4	2	3	4	2	2
19	27	13	0,5	2200	1	1	3	4	5	2	1
20	39	20	0,8	3250	0	2	4	6	2	3	4

## Задача №10

**Тема:** Енергоємність виробництва.

**Мета:** Навчитися визначати енергоємність виробництва продукції.

Використовуючи дані таблиці, визначте енергоємність виробництва молока.



## Вихідні дані

Варіант	Виробництво продукції, ц	Витрати енергетичних ресурсів на виробництво продукції			
		Дизельне паливо, т	Бензин, т	Газ природний тис. м <sup>3</sup>	Електроенергія, тис. кВт·год
1	4680	6,5	2,1	13,4	13,1
2	4920	6,8	2,4	15,6	12,4
3	5240	6,4	2,8	14,2	12,6
4	5000	6,7	2,2	16,1	11,8
5	5360	6,9	2,7	15,8	14,2
6	5210	6,8	2,9	14,3	15,2
7	5400	6,9	3,2	14,7	14,6
8	5540	7,1	2,6	15,2	15,8
9	5620	7,3	3,3	17,0	12,3
10	5800	7,2	2,9	16,4	14,3
11	6000	7,7	3,8	13,1	15,0
12	5890	8,0	2,5	16,8	14,7
13	4750	7,4	4,0	17,0	13,8
14	5150	7,8	3,7	15,5	12,9
15	5250	6,7	2,3	14,1	15,7
16	5870	7,6	3,4	15,7	12,5
17	5500	7,3	3,6	16,9	13,5
18	4890	7,9	3,9	13,8	15,6
19	5780	6,8	3,5	13,2	14,8
20	5650	7,5	2,1	14,5	15,9

**Задача №11**

**Тема:** Аналіз динамічних рядів.

**Мета:** Навчитися визначати значення базових та ланцюгових індексів споживання електроенергії.

Підрахуйте значення базових та ланцюгових індексів споживання електроенергії підприємством згідно даних, наведених в таблиці, зробіть висновок. Вихідні дані для розрахунку базових та ланцюгових індексів споживання електроенергії, (кВт · год) наведені у таблиці. Виконати прогнозування витрат електричної енергії на шостий рік.

## Вихідні дані

Варіант	Роки				
	Перший	Другий	Третій	Четвертий	П'ятий
1	763000	754000	1241000	1068000	1153000
2	867000	725000	1103000	742000	801000
3	977000	687000	984000	872000	865000
4	954000	984000	942000	894000	956000
5	870000	787000	793000	793000	1038000
6	793000	695000	995000	995000	899000
7	955000	987000	938000	938000	967000
8	864000	965000	1063000	1063000	837000
9	765000	837000	1055000	1055000	943000
10	915000	750000	787000	787000	1015000
11	850000	990000	834000	834000	905000
12	787000	843000	999000	999000	973000
13	840000	889000	901000	901000	825000
14	999000	693000	847000	847000	1047000
15	847000	815000	1059000	1059000	955000
16	925000	975000	983000	983000	1135000
17	915000	715000	948000	1010000	1044000
18	863000	985000	957000	753000	958000
19	726000	866000	1185000	998000	1098000
20	967000	680000	977000	925000	976000

## Задача №12

**Тема:** Біоенергетична оцінка технології.

**Мета:** Навчитися визначати значення коефіцієнта енергетичної ефективності.

Здійснити біоенергетичну оцінку виробництва озимої пшениці.

Таблиця 16

## Вихідні дані

Варіант	Сукупні витрати енергії на виробництво озимої пшениці, МДж/кг	Вихід енергії основної частини продукції, МДж/кг	Вихід енергії побічної частини продукції, МДж/кг
1	2	3	4
1	55000	35000	48000
2	63000	36000	47000
3	59000	41000	43000

4	78000	42000	40000
5	60000	46000	37000
6	86000	35000	46000
7	71000	39000	44000
8	80000	37000	38000
9	57000	38000	42000
10	79000	43000	45000
11	84000	44000	39000
12	70000	35000	41000
13	63000	42000	48000
14	56000	48000	47000
15	74000	36000	43000
16	67000	42000	40000
17	85000	47000	37000
18	65000	39000	44000
19	58000	40000	38000
20	90000	45000	42000

### Задача №13

**Тема:** Енергетична цінність продукції.

**Мета:** Навчитися визначати енергетичну цінність виробництва сільськогосподарської культури.

Визначити енергетичну цінність виробництва сільськогосподарської культури. Використати дані додатку В.

Таблиця 17

#### Вихідні дані

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Культура	Пшениця	Жито	Ячмінь	Овес	Просо	Гречка	Рис	Горох	Соя	Кукурудза
Урожайність, ц/га	30	25	40	35	20	25	80	15	30	70
Урожайність, ц/га	300	250	15	100	35	28	45	37	24	22
Засміченість, %	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Коефіцієнт соломистості, %	1,55	1,5	1,45	1,4	1,45	1,5	1,4	1,45	1,5	1,6
Усушка зерна, %	1,4	1,45	1,55	1,56	2	1,8	1,9	1,85	1,7	1,75

Продовження таблиці

Показники	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Культура	Буряки	Коренеплоди кормові	Соняшник	Картопля	Пшениця	Жито	Ячмінь	Овес	Просо	Гречка
Урожайність, ц/га	300	250	15	100	35	28	45	37	24	22
Засміченість, %	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коефіцієнт солонистості, %	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4	1,45
Усушка зерна, %	1	1,5	2	2,5	2	1,5	1	1,5	2	1,6

### Задача №14

**Тема:** Енергетична цінність продукції.

**Мета:** Навчитися визначати енергетичну цінність виробництва сільськогосподарської культури.

Розрахуйте енергетичну цінність зібраного врожаю ярого ячменю.

Таблиця 18

### Вихідні дані

Варіант	Площа, га	Урожайність, ц/га	Коефіцієнт солонистості	Енергетичний еквівалент сухої маси МДж/кг	Енергетичний еквівалент сухої маси, МДж/кг	Коефіцієнт перемелу в суху речовину зерна	Коефіцієнт перемелу в суху речовину соломи
1	100	25	1,4	19,1	17,0	0,82	0,80
2	150	28	1,45	19,6	17,2	0,86	0,86
3	200	26	1,5	19,4	17,3	0,84	0,84
4	250	29	1,55	19,1	17,5	0,88	0,81
5	300	20	1,6	19,3	17,4	0,85	0,85
6	350	24	1,55	19,5	17,6	0,83	0,83
7	400	32	1,5	19,4	17,4	0,86	0,86
8	190	35	1,4	19,1	17,2	0,88	0,82
9	240	28	1,45	19,6	17,6	0,83	0,83
10	160	26	1,5	19,0	17,1	0,85	0,85
11	220	34	1,4	19,2	17,6	0,87	0,80
12	380	21	1,55	19,3	17,4	0,82	0,82
13	120	33	1,6	19,5	17,1	0,84	0,84

14	370	30	1,55	19,4	17,3	0,86	0,86
15	260	27	1,5	19,6	17,5	0,83	0,83
16	180	31	1,4	19,4	17,4	0,87	0,85
17	310	22	1,45	19,2	17,1	0,85	0,81
18	230	25	1,5	19,6	17,6	0,82	0,82
19	340	23	1,6	19,3	17,5	0,85	0,85
20	110	29	1,55	19,5	17,3	0,88	0,88

### Задача №15

**Тема:** Порівняння моторних палив.

**Мета:** навчитися порівнювати моторні палива за енергетичними, економічними та екологічними показниками.

#### Порядок виконання роботи.

1. Розрахувати щільність енергії.
2. Визначити вартість енергії палив.
3. Зробити оцінку викидів вуглекислого газу та оксидів сірки.

У розрахункам прийняти:

- Поточні ціни на палива;
- Для палив, які не виробляються та не використовуються в Україні використати данні США (E85 Prices. Access mode: <https://e85prices.com/>; [https://afdc.energy.gov/files/u/publication/alternative\\_fuel\\_price\\_report\\_oct\\_2019.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/alternative_fuel_price_report_oct_2019.pdf) ).

Таблиця 19

#### Вихідні дані

Варіант	Традиційне паливо	Альтернативне паливо	Примітка
1.	Дизельне паливо	Компримований природний газ	Запальна доза 30%
2.	Дизельне паливо	Скrapлений нафтовий газ	Запальна доза ДП – 30%
3.	Дизельне паливо	Ріпакова олія	Об'ємний вміст ріпакової олії – 25 %
4.	Дизельне паливо	МЕРО	В100
5.	Дизельне паливо	Етанол	Запальна доза ДП – 30%
6.	Дизельне паливо	Електроенергія	Акумулятор

7.	Дизельне паливо	Електроенергія	Водень в балоні (P = 30 МПа)
8.	Дизельне паливо	Електроенергія	Водень у гідридному акумуляторі
9.	Бензин	Компримований природний газ	-
10.	Бензин	Скrapлений нафтовий газ	-
11.	Бензин	E10	
12.	Бензин	E15	
13.	Бензин	E20	
14.	Бензин	E30	
15.	Бензин	E50	
16.	Бензин	E85	
17.	Бензин	Електроенергія	Акумулятор
18.	Бензин	Електроенергія	Водень в балоні (P = 30 МПа)
19.	E50	Електроенергія	Акумулятор
20.	Дизельне паливо	Компримований природний газ	Запальна доза 10%
21.	Дизельне паливо	Скrapлений нафтовий газ	Запальна доза ДП – 10%
22.	Дизельне паливо	MEPO	B30
23.	Дизельне паливо	Етанол	Запальна доза ДП – 10%
24.	Бензин	Компримований природний газ	Частка бензину – 15 %
25.	Бензин	Скrapлений нафтовий газ	Частка бензину – 15 %
26.	Дизельне паливо	Ріпакова олія	Об'ємний вміст ріпакової олії – 15 %

### Задача №16

**Тема:** Паливна економічність автомобіля.

**Мета:** Визначити витрату палива автомобілем-самоскидом за зміну.

Визначити витрату палива автомобілем-самоскидом за зміну на одну тонну перевезеного вантажу, на тонно-кілометр транспортних робіт за вихідними даними таблиці.

Таблиця 20

## Вихідні дані

Варіант	Лінійна витрата палива, л/100 км	Вантажопідйомність, т	Коефіцієнт використання вантажопідйомності	Відстань транспортування вантажу, км	Відстань від гаражу до місця роботи, км	Кількість виконаних рейсів за зміну
1	2	3	4	5	6	7
1	21,5	5,5	0,6	15	8	4
2	24,5	6,5	0,7	20	3	5
3	19	5	0,65	12	4	6
4	31,5	12	0,8	16	5	4
5	36,4	12	0,7	22	3	4
6	22,3	5,5	0,8	18	5	3
7	26,2	6,5	0,9	19	4	4
8	30,9	12	0,6	19	6	4
9	35,7	12	0,7	22	3	5
10	22,1	5,5	0,9	17	5	3
11	29,7	8,5	0,6	18	4	6
12	30,5	5,8	0,8	16	6	7
13	25,8	6,5	0,75	19	7	3
14	22,5	8	0,85	22	3	4
15	28,4	11	0,7	20	5	5
16	23,4	7,5	0,9	21	3	4
17	29,2	5,5	0,65	17	7	6
18	22,3	10	0,6	20	6	3
19	32,6	7	0,8	22	4	7
20	34,7	12	0,9	18	8	5

## Задача №17

**Тема:** Питома витрата електричної енергії.

**Мета:** Навчитися визначати питомі витрати електроенергії та будувати лінійні залежності.

У таблиці наведено первину інформацію витрат електричної енергії на вироблення концентрату. Визначити питомі витрати та побудувати лінійну(номінальну) залежність питомих витрат електричної енергії від обсягів виробництва. Визначити коефіцієнт лінійної кореляції.

Таблиця 21

## Вихідні дані

Ва- рі- ант	Показник	Роки						
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Обсяг виробництва, тис. тонн	5619	4641	4822	3521	3393	2409	3830
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	737,78	685,11	592,88	509,84	514,72	410,74	541,23
2	Обсяг виробництва, тис. тонн	2000	3345	4732	5234	5785	5983	6000
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	400,12	435,09	476,45	521,45	678,84	734,76	799,23
3	Обсяг виробництва, тис. тонн	2155	2467	3462	4678	5341	5543	5821
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	411,41	423,67	487,43	523,67	587,34	675,09	745,86
4	Обсяг виробництва, тис. тонн	3012	3234	3456	4760	5231	5764	5943
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	402,43	434,67	456,73	483,32	546,89	586,43	698,97
5	Обсяг виробництва, тис. тонн	2571	2988	3128	3574	4256	5349	5567
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	454,20	489,49	543,87	598,23	642,12	710,67	788,74
6	Обсяг виробництва, тис. тонн	2436	3457	3897	4732	5232	5573	599,97
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	432,25	479,02	567,23	598,28	654,34	697,78	756,90
7	Обсяг виробництва, тис. тонн	5734	4984	4231	3675	3100	2762	2223
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	763,34	712,75	654,98	632,69	565,39	521,65	479,31
8	Обсяг виробництва, тис. тонн	5890	5432	4786	4232	3458	2998	2324
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	756,98	711,32	685,88	623,41	578,22	510,03	432,90
9	Обсяг виробництва, тис. тонн	2143	2578	3256	4243	4732	5348	5890
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	421,64	453,76	543,89	643,98	764,09	798,54	800
10	Обсяг виробництва, тис. тонн	5764	5432	4898	4321	3875	3244	2894
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	781,34	716,15	697,04	634,65	575,42	513,77	487,89



## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Обсяг виробництва, тис. тонн	3008	3207	3674	4381	3967	4984	5978
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	456,98	488,98	533,22	577,87	589,43	599,09	600
12	Обсяг виробництва, тис. тонн	2765	3009	3765	4231	4876	5473	6123
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	452,75	489,95	543,76	567,83	648,93	694,84	749,99
13	Обсяг виробництва, тис. тонн	2437	2647	3298	3768	4389	4789	5210
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	412,3	435,98	456,86	489,09	521,89	543,67	589,87
14	Обсяг виробництва, тис. тонн	2571	2988	3128	3574	4256	5349	5567
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	450,12	425,09	416,45	551,45	698,83	724,75	789,23
15	Обсяг виробництва, тис. тонн	2345	3100	3489	3987	4328	4789	5678
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	435,89	489,76	543,96	598,54	678,43	754,90	789,98
16	Обсяг виробництва, тис. тонн	2456	2678	2984	3444	3890	4123	4898
	Витрати електричної енергії, млн ·годкВт	444,86	476,76	543,12	587,32	676,44	742,97	789,77
17	Обсяг виробництва, тис. тонн	2365	3109	3865	4131	4676	5343	6063
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	425,83	479,76	523,96	568,54	688,43	754,90	789,98
18	Обсяг виробництва, тис. тонн	2235	2337	3452	4788	5451	5583	5931
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	727,78	645,14	572,88	507,84	513,70	409,74	531,22
19	Обсяг виробництва, тис. тонн	2456	2768	3421	3876	4239	4798	5478
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	401,67	476,97	534,65	643,76	698,49	745,10	789,43
20	Обсяг виробництва, тис. тонн	2315	2764	3420	4847	5109	5546	5987
	Витрати електричної енергії, млн кВт·год	433,65	477,87	523,76	589,76	643,45	746,09	800

**Задача №18**

**Тема:** Коефіцієнт економії енергетичних ресурсів.

**Мета:** Навчитися визначити коефіцієнт економії енергетичних ресурсів та коефіцієнту значності резерву економії кожної складової.

Визначити коефіцієнт економії енергетичних ресурсів та коефіцієнту значності резерву економії кожної складової, якщо задані площа зер-

нових  $F$ , урожайність за технологічними картами  $U_n$ , та фактична  $U_f$ , фактична витрата дизельного пального  $B_f$ , частка трактористів-машиністів з недостатньою кваліфікацією  $f$ . В розрахунках прийняти нормативну витрату пального –  $b = 88$  кг/га та втрату пального в наслідок недостатньої кваліфікації  $\delta b = 0,1$ .

Таблиця 22

## Вихідні дані

Варіант	Площа $F$ , га	Фактична врожайність, $U_f$ , ц/га	Фактична витрата пального $B_f$ , т	Частка трактористів-машиністів з недостатньою кваліфікацією, $f$
1	100	20	8,5	0,5
2	125	22	12	0,3
3	150	24	14	0,2
4	175	26	18	0,4
5	200	28	20	0,5
6	225	30	22	0,3
7	250	32	26	0,2
8	275	34	28	0,4
9	300	20	30	0,5
10	325	22	31	0,3
11	350	24	35	0,2
12	375	26	37	0,4
13	400	28	40	0,5
14	425	30	42	0,3
15	450	32	46	0,2
16	475	34	48	0,4
17	500	20	49	0,5
18	525	22	50	0,3
19	550	28	37	0,5
20	575	24	42	0,4

### Модуль 3. Впровадження енергозаощаджуючих технологій та альтернативних паливно-енергетичних ресурсів

#### Задача №19

**Тема:** Доцільність виробництва біопалив.

**Мета:** Навчитися визначити доцільність виробництва біопалив з рослинної сировини за укрупненими показниками.

Визначити за укрупненими показниками доцільність виробництва біопалив (метилового ефіру ріпакової олії та етилового спирту) з рослинної сировини.

Таблиця 23

#### Вихідні дані

Варіант	Ціна дизельного палива, грн/л	Ціна бензину, грн/л	Ріпак			Цукровий буряк		
			Урожайність, ц/га.	Ціна, грн/т	Вихід олії, %	Урожайність, ц/га.	Ціна, грн/т	Вихід спирту, %
1	5,3	5,2	16	1800	40	200	235	10
2	5,3	5,2	18	1900	35	200	220	11
3	5,4	5,1	20	1850	37	230	240	10
4	5,4	5,1	22	2000	38	240	220	10
5	5,5	5,3	24	1900	40	250	210	10
6	5,6	5,2	26	2100	40	260	220	11
7	5,7	5,3	28	2200	35	270	230	9
8	5,8	5,4	30	2000	36	280	240	12
9	5,9	5,5	32	2300	37	290	250	11
10	4,9	5,48	18	2150	39	255	400	9
11	5,0	5,59	19	2250	40	265	390	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	5,1	5,45	35	3450	41	475	380	11
13	6,3	6,1	40	3300	43	495	370	12
14	6,8	6,25	38	2500	38	500	360	9
15	5,2	7,35	23	3500	42	295	245	11
16	7,0	8,0	31	2350	36	345	310	9
17	6,4	5,8	33	2550	45	470	375	10
18	6,2	5,1	28	3500	39	410	425	12
19	6,7	6,5	37	2450	35	380	350	11
20	5,1	7,85	29	2650	42	350	270	9

#### Задача №20

**Тема:** Доцільність застосування альтернативних палив.

**Мета:** Навчитися визначити доцільність застосування альтернативних моторних палив мобільними енергетичними засобами.

Визначити доцільність застосування альтернативних моторних палив сільськогосподарською технікою.

Таблиця 23

## Вихідні дані

Варіант	Ціна нафтових палив, грн/л		Газоподібне		Автомобіль	Трактор
	А-80	Дизельне паливо	СПГ, грн/м <sup>3</sup>	СНГ, грн/л		
1	5,1	5,2	3,8	2,82	ГАЗ-53А	ХТЗ-17221
2	5,1	5,3	3,7	2,75	КамАЗ 5320	Т-150
3	5,0	5,4	3,6	2,71	ЗІЛ-130	Т-30
4	5,0	5,3	3,8	2,63	ЗІЛ-4331	Т-40М
5	5,1	5,40	3,8	2,55	УРАЛ-5557	Т-151
6	5,0	5,2	3,4	3,00	КамАЗ 5320	Т-150К
7	4,9	4,89	2,9	2,92	МАЗ-5551	МТЗ-80
8	4,8	5,0	3,0	2,54	КрАЗ-25651	МТЗ-100
9	4,7	5,1	3,1	2,47	КрАЗ-613004	К-701М
10	4,9	5,3	3,5	2,75	ГАЗ-52-04	ХТЗ -121
11	6,0	5,95	4,1	2,98	ГАЗ-33-07	К-701
12	5,9	5,1	4,6	3,00	МАЗ-5551	Т-30
13	5,8	5,9	4,4	3,25	КРАЗ-613004	МТЗ-102
14	5,5	5,7	4,8	3,91	ЗІЛ-130	Т-150К
15	4,85	6,3	4,2	4,54	ГАЗ-53А	Т-70С
16	5,1	6,5	5,0	4,25	КамАЗ 5320	ХТЗ-17221
17	7,5	7,5	4,5	5,00	МАЗ-5551	ХТЗ -121
18	7,3	8,1	4,7	6,11	ЗІЛ-130	МТЗ-100
19	5,3	5,15	4,9	2,8	МАЗ-500	ДТ-75Д
20	5,95	5,95	4,3	3,1	ГАЗ-52-04	Т-40АМ

## Задача №21

**Тема:** Основні фінансово-економічні показники інвестиційних проєктів.

**Мета:** Навчитися визначити основні економічні показники (чистий приведений дохід, індекс прибутковості, внутрішня норма рентабельності та строк окупності інвестиції).

Визначити основні економічні показники (чистий приведений дохід, індекс прибутковості, внутрішня норма рентабельності та строк оку-

пності інвестиції) інвестиційного проекту в енергозаощаджуючі технології.

Таблиця 24

## Вихідні дані

Варіант	Величина інвестицій, тис. грн.	Річний економічний ефект, тис. грн	Термін існування проекту, роки	Ставка дисконтування, %
1	200	50	8	10
2	300	80	7	9
3	400	105	7	8
4	500	165	8	8
5	600	170	10	9
6	700	160	9	10
7	800	180	8	11
8	900	210	7	10
9	1000	240	8	9
10	1100	200	9	8
11	1200	250	5	7
12	1300	210	6	12
13	1400	240	7	11
14	1500	350	8	8
15	1600	450	8	10
16	1700	500	5	7
17	1800	390	6	9
18	1900	410	7	8
19	2000	245	8	7
20	2100	265	6	10

## ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

### Модуль 1. Виробництво та транспортування енергетичних ресурсів

#### Задача №1

Річне видобування енергетичного ресурсу задане рівнянням:

$$y = at^b e^{ct},$$

при  $a = 280$ ;  $b = 2,2$ ;  $c = -0,26$ .

Визначити:

1. Показники піку Хаберта;
2. Час, коли видобування зменшиться до 50% від максимального рівня;
3. Загальний обсяг видобування ресурсів до піку Хаберта;
4. Загальне видобування до часу, коли річний обсяг видобування зменшиться до 50% від максимального.

Розв'язання:

Знайдемо час за який видобування досягне значення піку Хаберта:

$$t_H = -b/c = -2.2/-0.26 = 8.46 \text{ років.}$$

Знайдемо річне видобування енергетичного ресурсу:

$$y_H = at^b e^{ct} = 280 \cdot 8.46^{2.2} \cdot e^{8.46 \cdot -0.26} = 3404.856 \text{ тис. т/рік.}$$

Знайдемо загальне видобування до часу, коли обсяг видобування зменшиться до 50% від максимального:

$$y_{50} = 0.5 \cdot y_H = 0.5 \cdot 3404.856 = 1702.428 \text{ тис. т/рік.}$$

Графічну інтерпретацію представлено на рис. 2.

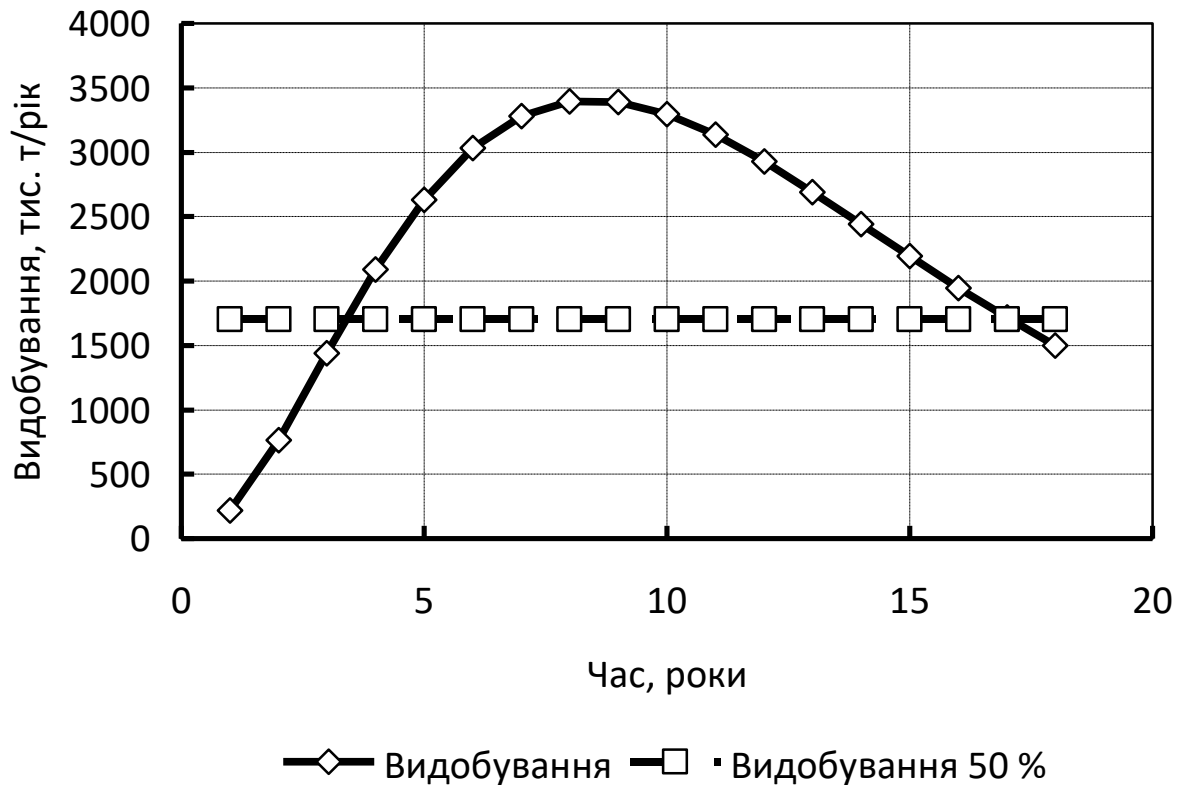


Рис. 2. Графік визначення піку Хаберта

### Задача №2

Визначити заощадження електроенергії в лінії електропередачі та її вартість від заміни двигуна і мережі з напругою 380 В двигуном на 6000 В. Вихідні дані: довжина повітряної лінії електропередачі від підстанції до двигуна складає  $L = 1255$  м., переріз дротів,  $q_1 = 120$  мм<sup>2</sup>,  $q_2 = 25$  мм<sup>2</sup>, дроти з алюмінію. Струм навантаження  $I_1 = 210$  А;  $I_2 = 15$  А, тривалість роботи  $t = 3555$  год, ціна електричної енергії –  $C = 0,42$  грн/(кВт·год).

Розв'язання

Втрати потужності в лінії електропередачі:

$$P = I^2 \cdot R, \text{ Вт,}$$

де  $R$  – опір лінії електропередач, Ом.

Опір лінії електропередачі:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{q}, \text{ Ом,}$$

де  $\rho$  – питомий опір лінії,  $\rho = 0,032$  Ом · мм<sup>2</sup>/м

Різниця втрат потужності:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = I_1^2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{q_1} - I_2^2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{q_2}, \text{ Вт.}$$

Після підстановки отримаємо:

$$\Delta P = 210^2 \cdot 0,032 \cdot \frac{1255}{120} - 15^2 \cdot 0,032 \cdot \frac{1255}{25} = 14367,96 \text{ Вт}$$

або 14,358 кВт.

Зменшення вартості електроенергії:

$$\Delta B = \Delta P \cdot T \cdot C.$$

Після підстановки отримаємо:

$$\Delta B = 14,368 \cdot 3555 \cdot 0,42 = 21452,801 \text{ грн.}$$

### Задача 3

Визначте заощадження електроенергії від переведення мережі з напруги 6 кВ на 10 кВ. Вихідні дані: довжина лінії  $l = 10,3$  км; потужність  $S = 1135$  кВ·А; переріз дроту  $S_n = 35$  мм<sup>2</sup>; річна тривалість роботи  $T = 6900$  год; питомий опір дроту  $\rho = 0,032$  Ом·мм<sup>2</sup>/м, ціна електричної енергії  $C = 0,5$  грн/(кВт · год).

Розв'язання:

Знаходимо опір ЛЕП за формулою:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S_n};$$

Після підстановки отримаємо

$$R = 0,032 \cdot \frac{10,3 \cdot 10^3}{35} = 9,42 \text{ Ом.}$$

Втрати потужності визначаємо за формулою:

$$S_1 = 0,001 \cdot R \cdot I_1^2 = R \cdot \left( \frac{S}{U_1} \right)^2, \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Після підстановки отримаємо:

$$S_1 = 0,001 \cdot 9,42 \cdot \left( \frac{1135}{6} \right)^2 = 337,09 \text{ кВ} \cdot \text{А,}$$

та

$$S_2 = 0,001 \cdot R \cdot I_2^2 = R \cdot \left( \frac{S}{U_2} \right)^2;$$

$$S_2 = 0,001 \cdot 9,42 \cdot \left( \frac{1135}{10} \right)^2 = 121,35 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Річна економія електроенергії:



$$E = (S_1 - S_2) \cdot T \cdot Ц,$$

Після підстановки отримаємо:

$$E = (337,09 - 121,35) \cdot 6900 \cdot 0,5 = 744,3 \cdot 10^3 \text{ грн.}$$

#### Задача 4

Підприємство споживає активну потужність  $P_2 = 1550$  кВт при коефіцієнті потужності  $\cos \varphi_2 = 0,72$ . Енергосистема вимагає обмежити реактивну потужність рівнем не більше 450 квар. Визначити:

- 1) необхідну потужність конденсаторної батареї і вибрати її тип;
- 2) необхідну трансформаторну потужність та коефіцієнт навантаження в двох випадках: а) до установки батареї; б) після установки батареї. Вибрати типа трансформатора. Номінальна напруга мережі 10 кВ.

#### Розв'язання

Необхідна трансформаторна потужність до установки конденсаторів.

$$S_{mp} = P_2 / \cos \varphi_2 = 1550 / 0,72 = 2153 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

По табл. 2 вибираємо трансформатор типу ТМ-2500/10 з номінальною потужністю 2500 кВ·А. Коефіцієнт навантаження:

$$k_n = 2153 / 2500 = 0,86.$$

2. Необхідна підприємству реактивна потужність

$$Q = S_{mp} \sin \varphi_2,$$

де  $\sin \varphi_2 = 0,693$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення

$$Q = 2153 \cdot 0,693 = 1492 \text{ квар.}$$

4. Потрібна потужність конденсаторної батареї:

$$Q_{\sigma} = Q - Q_{\epsilon} = 1492 - 450 = 1042 \text{ квар.}$$

По табл. 3 вибираємо комплектні конденсаторні установки типу УК-0,38-540Н потужністю 540 квар в кількості 2 шт. Загальна реактивна

потужність складає  $Q'_g = 2 \cdot 540 = 1080$  квар, що близько необхідної потужності 1042 квар.

4. Реактивна потужність, що не компенсується:

$$Q_{иск} = Q - Q'_g = 1492 - 1089 = 412 \text{ квар.}$$

5. Необхідна трансформаторна потужність:

$$S'_{тр} = \sqrt{P_2^2 + Q_{иск}^2} = \sqrt{1550^2 + 412^2} = 1604 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Приймаємо до установки один трансформатор ТМ-1600/10 потужністю 1600 кВ·А. Його коефіцієнт навантаження складе:  $k_n = 1604 / 1600 \approx 1.0$

Таким чином, компенсація реактивної потужності дозволила значно зменшити встановлену трансформаторну потужність.

### Задача 5

Визначити оптимальний діаметр трубопроводу. Врахувати капітальні вкладення та вартість електричної енергії. У розрахунках прийняти ціну електричної енергії – 1,05 грн/(кВт·год); ККД насосу – 0,75.

Проаналізувати вплив завантаження (максимальний річний наробіток 7900 годин, мінімальний – половина від заданого значення), строку існування трубопроводу (від 50 до 200%) від заданого на шукане значення діаметру трубопроводу.

#### Вихідні данні

Варіант	Рідина	Довжина трубопроводу, м	Перепад висот, м	Продуктивність трубопроводу, м <sup>3</sup> /год	Річний обсяг перекачування, тис. м <sup>3</sup>	Строк існування проекту, роки
20	дизельне паливо	2500	10	10	60000	19

#### Розв'язання

Річний наробіток трубопроводу становить 6000 годин. Розрахунки виконаємо у табличній формі. Результати наведено в табл.

Таблиця

## Визначення оптимального перерізу трубопроводу

Труба	Діаметр труби внутрішній, мм	Приведені витрати, тис. грн	Швидкість рідини, м/с	Число Re	Коефіцієнт о пору	Гідрравлічний опір, кПа	Електрична потужність, що споживається, кВт	Річна вартість електричної енергії, тис. грн	Ціна труби, грн/м	Приведена вартість труб, тис. грн/рік
Ду32x3,2	32	304,79	3,46	31594,38	0,033	12976,95	48,06	302,80	15,14	1,99
57x3,5	50	36,06	1,42	20220,40	0,032	1422,52	5,27	33,19	21,83	2,87
76x3,0	70	11,09	0,72	14443,14	0,032	333,76	1,24	7,79	25,10	3,30
89x3,5	81	10,22	0,54	12481,73	0,033	205,25	0,76	4,79	41,25	5,43
102x3,5	95	11,19	0,39	10642,32	0,033	139,07	0,52	3,24	60,42	7,95
114x3,5	107	12,08	0,31	9448,79	0,034	114,44	0,42	2,67	71,55	9,41
127x5,0	117	17,06	0,26	8641,20	0,034	103,39	0,38	2,41	111,30	14,64

Як бачимо з розрахунків, оптимальний варіант для виготовлення трубопроводу є труба 89x3,5 (внутрішній діаметр – 81 мм).

Збільшення річного завантаження трубопроводу до 7900 годин, не призведе до зміни оптимального перерізу трубопроводу (табл. 34).

Таблиця

## Визначення оптимального перерізу трубопроводу (річне завантаження 7900 годин)

Труба	Діаметр труби внутрішній, мм	Приведені витрати, тис. грн	Швидкість рідини, м/с	Число Re	Коефіцієнт опору	Гідрравлічний опір, кПа	Електрична потужність, що споживається, кВт	Річна вартість електричної енергії, тис. грн	Ціна труби, грн/м	Приведена вартість труб, тис. грн/рік
Ду32x3,2	32	400,67	3,46	31594,38	0,033	12976,95	48,06	398,68	15,14	1,99
57x3,5	50	46,58	1,42	20220,40	0,032	1422,52	5,27	43,70	21,83	2,87
76x3,0	70	13,56	0,72	14443,14	0,032	333,76	1,24	10,25	25,10	3,30
89x3,5	81	11,73	0,54	12481,73	0,033	205,25	0,76	6,31	41,25	5,43
102x3,5	95	12,22	0,39	10642,32	0,033	139,07	0,52	4,27	60,42	7,95
114x3,5	107	12,93	0,31	9448,79	0,034	114,44	0,42	3,52	71,55	9,41
127x5,0	117	17,82	0,26	8641,20	0,034	103,39	0,38	3,18	111,30	14,64

Зменшення строку існування проекту до 9,5 років (50% від початкового значення), призведе до зменшення оптимального перерізу трубопроводу до значення труби 76x3,0 та збільшення приведених витрат на транспортування рідини майже на 30% (табл. ).

Збільшення строку існування проекту до 38 років (200% від початкового значення), призведе до збільшення оптимального перерізу трубопроводу до значення труби 102x3,5 та зменшення приведених витрат на транспортування рідини майже на 30% (табл. ).

Таблиця

Визначення оптимального перерізу трубопроводу (строк існування зменшено вдвічі)

Труба	Діаметр труби внутрішній, мм	Приведені витрати, тис. грн	Швидкість рідини, м/с	Число Re	Коефіцієнт опору	Гідрравлічний опір, кПа	Електрична потужність, що споживається, кВт	Річна вартість електричної енергії, тис. грн	Ціна труби, грн/м	Приведена вартість труб, тис. грн/рік
Ду32x3,2	32	306,78	3,46	31594,38	0,033	12976,95	48,06	302,80	15,14	3,98
57x3,5	50	38,94	1,42	20220,40	0,032	1422,52	5,27	33,19	21,83	5,74
76x3,0	70	14,39	0,72	14443,14	0,032	333,76	1,24	7,79	25,10	6,61
89x3,5	81	15,64	0,54	12481,73	0,033	205,25	0,76	4,79	41,25	10,86
102x3,5	95	19,14	0,39	10642,32	0,033	139,07	0,52	3,24	60,42	15,90
114x3,5	107	21,50	0,31	9448,79	0,034	114,44	0,42	2,67	71,55	18,83
127x5,0	117	31,70	0,26	8641,20	0,034	103,39	0,38	2,41	111,30	29,29

Таблиця

Визначення оптимального перерізу трубопроводу (строк існування збільшено вдвічі)

Труба	Діаметр труби внутрішній, мм	Приведені витрати, тис. грн	Швидкість рідини, м/с	Число Re	Коефіцієнт опору	Гідрравлічний опір, кПа	Електрична потужність, що споживається, кВт	Річна вартість електричної енергії, тис. грн	Ціна труби, грн/м	Приведена вартість труб, тис. грн/рік
Ду32x3,2	32	303,79	3,46	31594,38	0,033	12976,95	48,06	302,80	15,14	1,00
57x3,5	50	34,63	1,42	20220,40	0,032	1422,52	5,27	33,19	21,83	1,44
76x3,0	70	9,44	0,72	14443,14	0,032	333,76	1,24	7,79	25,10	1,65
89x3,5	81	7,50	0,54	12481,73	0,033	205,25	0,76	4,79	41,25	2,71
102x3,5	95	7,22	0,39	10642,32	0,033	139,07	0,52	3,24	60,42	3,98
114x3,5	107	7,38	0,31	9448,79	0,034	114,44	0,42	2,67	71,55	4,71
127x5,0	117	9,73	0,26	8641,20	0,034	103,39	0,38	2,41	111,30	7,32

### Задача 6

Визначити діаметр трубопроводу, втрати теплоти та її вартість протягом опалювального сезону. Розрахунки виконати для трубопроводу без теплової ізоляції та з тепловою ізоляцією товщиною 60 мм. Порівняти втрати теплоти для двох температурних графіків: 150-70 та 90-70 °С.

Варіант	Теплова потужність, Гкал/год	Довжина трубопроводу, м	Середня температура навколишнього середовища, °С	Матеріал теплової ізоляції
20	7,5	900	-2	скловата

#### Розв'язання

I. Виконаємо розрахунки для температурного графіку 150-70.

Витрата теплоносія

$$G = 1000 \cdot \frac{Q}{\Delta T}, \text{ т/год,}$$

де  $\Delta T$  – перепад температури,  $\Delta T = 80 \text{ С}$ ;

$Q$  – теплова потужність,  $Q = 7,5 \text{ Гкал/год}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення

$$G = 1000 \cdot \frac{7,5}{80} = 93,75 \text{ т/год} = 93750 \text{ кг/год.}$$

Об'ємна витрата теплоносія

$$V = \frac{G}{\rho},$$

де  $\rho$  - густина води,  $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення об'ємної витрати

$$V = \frac{93,75}{0,980} = 95,66 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначимо діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{V}{900 \cdot \pi \cdot w}},$$

де  $w$  – швидкість води,  $w = 1,5 \text{ м/с}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення діаметру трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{95,66}{900 \cdot \pi \cdot 1,5}} = 0,15 \text{ м.}$$

Приймаємо, що трубопровід вироблено з труби 194×8,0 по ГОСТ 8732.

Визначимо втрати теплоти скрізь стінку труби без теплової ізоляції. Лінійний коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \pi \cdot d_2} \right)}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}),$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку відповідно теплоносія та повітря,  $\alpha_1 = 98 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $\alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$d_1, d_2$  – діаметр труби відповідно внутрішній та зовнішній,  $d_1 = 0,178 \text{ м}$ ,  $d_2 = 0,194 \text{ м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби,  $\lambda = 43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення лінійного коефіцієнта теплопередачі

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{98 \cdot \pi \cdot 0,178} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 43} \cdot \ln \frac{0,194}{0,178} + \frac{1}{9 \cdot \pi \cdot 0,194} \right)} = 4,97 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Тоді втрати теплоти трубопроводу, що подає протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_n = k_l \cdot \Delta t \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t$  – середній перепад температур повітря і трубопроводу, що подає теплоносій,  $\Delta t = 92 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону трубопроводом, що подає тепло

$$Q_n = 4,97 \cdot 92 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 6407,3 \text{ ГДж}.$$

Втрати теплоти зворотного трубопроводу протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_3 = k_l \cdot \Delta t_3 \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t_3$  – середній перепад температур,  $\Delta t_3 = 52 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону зворотнім трубопроводом

$$Q_3 = 4,97 \cdot 52 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 3621,5 \text{ ГДж}.$$

Сумарні втрати теплоти становитимуть

$$Q_c = Q_n + Q_3.$$

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти

$$Q_c = 6407,3 + 3621,5 = 10028,8 \text{ ГДж} = 2399,2 \text{ Гкал}.$$

Вартість теплоти, що втрачається протягом опалювального сезону становитиме

$$Ввт = Q_c \cdot Ц_m.$$

Після підстановки числових значень отримаємо шукане значення вартості тепла, що втрачається

$$Ввт = 2399,2 \cdot 582 = 1396334,4 \text{ грн.} = 1396,33 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо вплив використання теплової ізоляції на втрати тепла.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі у випадку використання теплової ізоляції визначається за формулою

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \pi \cdot d_3} \right)}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)},$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку відповідно теплоносія та повітря,  $\alpha_1 = 98 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ,  $\alpha_2 = 9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$d_1, d_2$  – діаметр труби відповідно внутрішній та зовнішній,  $d_1 = 0,178 \text{ м}$ ,  $d_2 = 0,194 \text{ м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби,  $\lambda = 43 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

$d_3$  – зовнішній діаметр трубопроводу по тепловій ізоляції  $d_3 = 0,314 \text{ м}$ ;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції (скловата),  $\lambda_i = 0,0372 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

Після підстановки отримаємо шукане значення лінійного коефіцієнта теплопередачі

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{98 \cdot \pi \cdot 0,178} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 43} \cdot \ln \frac{0,194}{0,178} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,0372} \cdot \ln \frac{0,314}{0,194} + \frac{1}{9 \cdot \pi \cdot 0,314} \right)} = 0,456 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Тоді втрати теплоти ізольованого трубопроводу, що подає протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_n = k_l \cdot \Delta t \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж,}$$

де  $\Delta t$  – середній перепад температур повітря і трубопроводу, що подає теплоносій,  $\Delta t = 92 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону трубопроводом, що подає тепло



$$Q_n = 0,456 \cdot 92 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 587,3 \text{ ГДж.}$$

Втрати теплоти ізолюваного зворотного трубопроводу протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_3 = k_l \cdot \Delta t_3 \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж,}$$

де  $\Delta t_3$  – середній перепад температур,  $\Delta t_3 = 52 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону зворотнім трубопроводом

$$Q_3 = 0,456 \cdot 52 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 332,0 \text{ ГДж.}$$

Сумарні втрати теплоти становитимуть

$$Q_c = Q_n + Q_3.$$

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти

$$Q_c = 587,3 + 332,0 = 919,3 \text{ ГДж} = 219,9 \text{ Гкал.}$$

Вартість теплоти, що втрачається протягом опалювального сезону становитиме

$$Ввт = Q_c \cdot Ц_m.$$

Після підстановки числових значень отримаємо шукане значення вартості тепла, що втрачається

$$Ввт = 219,9 \cdot 582 = 127981,8 \text{ грн.} = 127,98 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином втрати тепла зменшуються на 90,8 %.

II. Виконаємо розрахунки для температурного графіку 90-70.

Витрата теплоносія

$$G = 1000 \cdot \frac{Q}{\Delta T},$$

де  $\Delta T$  – перепад температури,  $\Delta T = 20 \text{ С}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення

$$G = 1000 \cdot \frac{7,5}{20} = 375 \text{ т/год} = 375000 \text{ кг/год.}$$

Об'ємна витрата теплоносія

$$V = \frac{G}{\rho},$$

де  $\rho$  - густина води,  $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення об'ємної витрати

$$V = \frac{375}{0,980} = 382,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначимо діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{V}{900 \cdot \pi \cdot w}},$$

де  $w$  – швидкість води,  $w = 1,5 \text{ м/с}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення діаметру трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{382,7}{900 \cdot \pi \cdot 1,5}} = 0,3 \text{ м.}$$

Для теплопроводу приймаємо трубу 325×8,0 по ГОСТ 8732.

Визначимо втрати теплоти скрізь стінку труби без теплової ізоляції.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \pi \cdot d_2} \right)}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}),$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку відповідно теплоносія та повітря,  $\alpha_1 = 98 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $\alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$d_1, d_2$  – діаметр труби відповідно внутрішній та зовнішній,  $d_1 = 0,309 \text{ м}$ ,  $d_2 = 0,325 \text{ м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби,  $\lambda = 43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення лінійного коефіцієнта теплопередачі

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{98 \cdot \pi \cdot 0,309} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 43} \cdot \ln \frac{0,325}{0,309} + \frac{1}{9 \cdot \pi \cdot 0,325} \right)} = 8,36 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Тоді втрати теплоти трубопроводу, що подає протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_n = k_l \cdot \Delta t \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t$  – середній перепад температур повітря і трубопроводу, що подає теплоносій,  $\Delta t = 60 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону трубопроводом, що подає тепло

$$Q_n = 8,36 \cdot 60 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 7022,8 \text{ ГДж}.$$

Втрати теплоти зворотного трубопроводу протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_3 = k_l \cdot \Delta t_3 \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t_3$  – середній перепад температур,  $\Delta t_3 = 52 \text{ К}$ .

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону зворотнім трубопроводом

$$Q_3 = 8,36 \cdot 52 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 6086,4 \text{ ГДж}.$$

Сумарні втрати теплоти становитимуть

$$Q_c = Q_n + Q_3.$$

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти

$$Q_c = 7022,8 + 6086,4 = 13109,2 \text{ ГДж} = 3136,2 \text{ Гкал.}$$

Вартість теплоти, що втрачається протягом опалювального сезону становитиме

$$B_{вт} = Q_c \cdot C_m.$$

Після підстановки числових значень отримаємо шукане значення вартості тепла, що втрачається

$$B_{вт} = 3136,2 \cdot 582 = 1825268,4 \text{ грн.} = 1825,27 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо вплив використання теплової ізоляції на втрати тепла.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі у випадку використання теплової ізоляції визначається за формулою

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \pi \cdot d_3} \right)}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)},$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку відповідно теплоносія та повітря,  $\alpha_1 = 98 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ,  $\alpha_2 = 9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$d_1, d_2$  – діаметр труби відповідно внутрішній та зовнішній,  $d_1 = 0,309 \text{ м}$ ,  $d_2 = 0,325 \text{ м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби,  $\lambda = 43 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

$d_3$  – зовнішній діаметр трубопроводу по тепловій ізоляції  $d_3 = 0,445 \text{ м}$ ;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції (скловата),  $\lambda_i = 0,0372$  Вт/(м·К);

Після підстановки отримаємо шукане значення лінійного коефіцієнта теплопередачі

$$k_l = \frac{1}{\left( \frac{1}{98 \cdot \pi \cdot 0,309} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 43} \cdot \ln \frac{0,325}{0,309} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,0372} \cdot \ln \frac{0,445}{0,325} + \frac{1}{9 \cdot \pi \cdot 0,445} \right)} = 0,697 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Тоді втрати теплоти ізольованого трубопроводу, що подає протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_n = k_l \cdot \Delta t \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t$  – середній перепад температур повітря і трубопроводу, що подає теплоносій,  $\Delta t = 60$  К.

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону трубопроводом, що подає тепло

$$Q_n = 0,697 \cdot 60 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 585,1 \text{ ГДж}.$$

Втрати теплоти ізольованого зворотного трубопроводу протягом опалювального сезону становитимуть

$$Q_3 = k_l \cdot \Delta t_3 \cdot l \cdot 3600 \cdot 24 \cdot T \cdot 10^{-9}, \text{ ГДж},$$

де  $\Delta t_3$  – середній перепад температур,  $\Delta t_3 = 52$  К.

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти протягом опалювального сезону зворотнім трубопроводом

$$Q_3 = 0,697 \cdot 52 \cdot 900 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 10^{-9} = 507,1 \text{ ГДж.}$$

Сумарні втрати теплоти становитимуть

$$Q_c = Q_n + Q_3.$$

Після підстановки отримаємо шукане значення втрат теплоти

$$Q_c = 585,1 + 507,1 = 1092,2 \text{ ГДж} = 261,3 \text{ Гкал.}$$

Вартість теплоти, що втрачається протягом опалювального сезону становитиме

$$Ввт = Q_c \cdot Ц_m.$$

Після підстановки числових значень отримаємо шукане значення вартості тепла, що втрачається

$$Ввт = 261,3 \cdot 582 = 152076,6 \text{ грн.} = 152,08 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином втрати тепла зменшуються на 91,7 %.

Результати розрахунків зведемо в таблицю.

Таблиця

Результати розрахунків втрат теплової енергії

Показник	Температурний графік	
	150-70	90-70
Теплове навантаження, Гкал/год	7,5	7,5
Трубопровід	194×8,0	325×8,0
Втрати тепла за опалювальний сезон без ізоляції, Гкал	2399,2	3136,2
Вартість тепла, що втрачається, тис. грн	1396,3	1825,27

Частка теплоти, що втрачається, %	7,4	9,7
Показники з ізоляцією		
Втрати тепла за опалювальний сезон з ізоляцією, Гкал	219,9	261,3
Вартість тепла, що втрачається, тис. грн	127,98	152,08
Частка теплоти, що втрачається, %	0,68	0,81
Зменшення втрат тепла, Гкал	2179,3	2874,9
Зменшення витрат на втрати тепла, тис. грн	1268,3	1673,2
Зменшення витрат на втрати тепла, %	90,8	91,7

## Модуль 2. Ефективність використання енергетичних ресурсів

### Задача 7

Визначити річне використання електричної енергії дробаркою кормів КДМ. Вихідні дані: продуктивність дробарки – 1,9 т/год; річний обсяг переробленого зерна – 500 т; потужність електроприводу – 35 кВт; коефіцієнт завантаження дробарки – 0,75; коефіцієнт корисної дії – 0,9.

Розв'язання:

Тривалість роботи дробарки протягом року:

$$T = \frac{M}{Q \cdot \eta},$$

де  $M$  – річний обсяг переробки зерна;

$Q$  – продуктивність дробарки;

$\eta$  – коефіцієнт завантаження дробарки.

Річне використання електроенергії:

$$P = \frac{N_e}{\eta_e} \cdot T,$$

де  $N_e$  – потужність електроприводу;

$\eta_e$  – коефіцієнт корисної дії електроприводу.

$$P = \frac{N_e}{\eta_e} \cdot \frac{M}{Q \cdot \eta}$$

Після підстановки отримаємо:

$$P = \frac{35}{0,9} \cdot \frac{500}{1,9 \cdot 0,75} = 13642,1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### Задача 8

З'ясуйте і проаналізуйте структуру електроспоживання у сільсько-господарському підприємстві. Вихідні дані: виробничі витрати електроенергії: у тваринництві – 584000 кВт · год; у рослинництві – 128000 кВт · год; витрати електроенергії у підсобних галузях – 92000 кВт · год; побутові витрати електроенергії – 18000 кВт · год.

Розв'язання:

Структура енергоспоживання електричної енергії визначається за формулою:

$$q_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \cdot 100\%$$

де  $P_i$  – споживання електричної енергії  $i$  – м споживачем;  
 $n$  – кількість споживачів електричної енергії.

Результати розрахунків заносимо у таблицю.

Структура споживання електричної енергії

Споживач	Витрати електричної енергії, кВт · год	Частка споживача у загальному споживанні електричної енергії, %
Витрати у тваринництві	564000	68
Витрати у рослинництві	128000	16
Витрати у підсобній галузі	92000	12
Побутові споживання	18000	3
Разом	802000	100%

### Задача 8



Визначити енергоозброєність та енергозабезпеченість аграрного підприємства. Вихідні дані: площа земельних угідь,  $F = 900$  га; кількість тракторів Т-40АМ,  $n_1 = 2$ ; номінальна потужність двигуна  $N_{e1} = 40,4$  кВт; МТЗ-80,  $n_2 = 2$ , номінальна потужність двигуна  $N_{e2} = 77,2$  кВт; кількість автомобілів ЗІЛ-130,  $n_3 = 2$ , номінальна потужність двигуна  $N_{e3} = 110,4$  кВт; кількість працівників  $m = 12$  чоловік; чисельність адміністративно-допоміжного персоналу  $l = 4$ ; коефіцієнт завантаження техніки  $X_e = 0,8$ .

Розв'язання:

Номінальна енергоозброєність визначається за формулою:

$$EB = \frac{\sum_{i=1}^k (N_{ei} \cdot n_i)}{m},$$

де  $k$  – кількість видів техніки,  $k = 3$ .

Після підстановки отримаємо:

$$EB = \frac{2 \cdot 40,4 + 2 \cdot 77,2 + 2 \cdot 110,4}{12} = 38 \text{ кВт/чол.}$$

Потенційна енергоозброєність:

$$ПЕВ = \frac{\sum_{i=1}^k (N_{ei} \cdot n_i)}{m - l}.$$

Тоді після підстановки отримаємо шукане значення:

$$ПЕВ = \frac{2 \cdot 40,4 + 2 \cdot 77,2 + 2 \cdot 110,4}{12 - 4} = 57 \text{ кВт/чол.}$$

Фактичне енергоозброєність визначається за формулою:

$$\Phi EB = \frac{\sum_{i=1}^k (N_{ei} \cdot n_i)}{m - l} \cdot X_e.$$

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$\Phi_{EB} = \frac{2 \cdot 40,4 + 2 \cdot 77,2 + 2 \cdot 110,4}{12 - 4} \cdot 0,8 = 45,6 \text{ кВт/чол.}$$

Енергозабезпеченість визначається за формулою:

$$EO = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^n N_{ei}}{F}.$$

Після підстановки отримаємо:

$$EO = \frac{100 \cdot 456}{900} = 50,7 \text{ кВт/100га.}$$

### Задача 10

Використовуючи дані таблиці, визначте енергоємність виробництва молока. Вихідні дані: річне виробництво молока  $VM = 4860$  ц; річне використання дизельного палива  $M_d = 8,3$  т; річне використання бензину  $M_b = 6,6$  т; річне використання електроенергії  $W = 12,2$  кВт·год.

Розв'язання:

Визначаємо витрату умовного палива за формулою:

$$ВУП = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i \cdot M_i) + 0,1229 \cdot W,$$

де  $\varepsilon_i$  – паливний еквівалент.

Паливний еквівалент для моторних палив становлять:

- для дизельного пального  $\varepsilon_d = 1,45$ ;
- для бензину  $\varepsilon_b = 1,5$ .

Після підстановки отримаємо:

$$ВУП = (1,45 \cdot 8,3 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 6,6 \cdot 10^3) + 0,1229 \cdot 12,2 = 23,4343 \cdot 10^3 \text{ кг у.п.}$$

Визначаємо енергоємність виробництва молока за формулою:

$$EB = \frac{BYP}{BM}.$$

Після підстановки отримаємо:

$$E_1 = \frac{23,4343 \cdot 10^3}{4860} = 4,82 \text{ кг у.п./ц.}$$

### Задача 11

Підрахуйте значення базових та ланцюгових індексів споживання електроенергії підприємством згідно даних, наведених в таблиці, зробіть висновок. Вихідні дані: роки: перший – 763000; другий – 787000; третій – 901000; четвертий – 995000; п'ятий – 844000.

Розв'язання:

Значення ланцюгових індексів визначається за формулою:

$$I_{л} = \frac{S_{i+1}}{S_i},$$

де  $S_{i+1}$  – значення показника в  $i+1$  періоді;

$S_i$  – значення показника в  $i$  – том періоді.

Значення базових індексів визначається за формулою:

$$I_{л} = \frac{S_i}{S_o},$$

де  $S_o$  – значення показника на момент фіксації в  $o$  – му році.

Результати розрахунків заносимо в таблицю.

Таблиця

	Індекси				
	Роки				
	1	2	3	4	5
Значення	763000	787000	901000	995000	1044000
Ланцюговий індекс	-	1,031	1,145	1,144	1,049
Базовий індекс	1	1,031	1,180	1,304	1,368

Визначимо значення ланцюгового індексу для шостого року за виразом

$$I_{лс} = \sqrt[4]{\prod_{j=1}^4 I_{лj}} = \sqrt[4]{1,031 \cdot 1,145 \cdot 1,144 \cdot 1,049} = 1,091.$$

Тоді для шостого року визначимо використання електричної енергії

$$W_6 = W_5 \cdot I_{лс} = 1044000 \cdot 1,091 = 113904 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

### Задача 12

Здійснити біоенергетичну оцінку виробництва озимої пшениці. Вихідні дані: Сукупні витрати енергії на виробництва озимої пшениці – 51000 кДж/кг; вихід енергії основної частини продукції – 34000 кДж/кг; вихід енергії побічної продукції – 42000 кДж/кг.

Розв'язання:

Визначити енергетичну цінність виробництва озимої пшениці:

$$E_n = E_1 + E_2,$$

де  $E_1$  – вихід енергії основної частини продукції;

$E_2$  – вихід енергії побічної продукції.

Після підстановки отримаємо:

$$E_n = 34000 + 42000 = 66000 \text{ кДж/кг.}$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва озимої пшениці:

$$k = \frac{E_n}{E_c},$$

де  $E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво озимої пшениці.

Після підстановки отримаємо:

$$k = \frac{66000}{51000} = 1,294.$$

Так як  $k > 1$ , то виробництво озимої пшениці має позитивний енергетичний ефект.

### Задача 13

Визначити енергетичну цінність виробництва сільськогосподарської культури.

Розв'язання:

Біоенергетичну оцінку виробництва сільськогосподарської культури визначається за формулою:

$$E_n = U_o \cdot (1 - 0,01 \cdot (Y_{zo} - Y_{yo})) \cdot K_c \cdot Q_{no} + U_n \cdot K_c \cdot Q_{nn},$$

де  $U_o, U_n$  – урожай основної і не зернової продукції, кг/га;

$Y_{zo}, Y_{yo}$  – засміченість і усушка зерна,  $Y_{zo} = 3\%$ ,  $Y_{yo} = 2\%$ ;

$K_c$  – коефіцієнт вмісту сухої речовини (с.р.) в зерні чи не зерновій частині;

$Q_{no}, Q_{nn}$  – енергетичний еквівалент одержаної основної і не зернової частини врожаю, МДж/кг с.р.

Після підстановки отримаємо:

$$E_n = (30 - 9 - 6) \cdot 0,86 \cdot 19,13 + 15 \cdot 9,89 \cdot 0,65 = 343,2 \text{ МДж.}$$

### Задача 13

Розрахуйте енергетичну цінність зібраного врожаю ярого ячменю. Вихідні дані: площа – 370 га; урожайність – 24 ц/га; коефіцієнт солемистості – 1,45; енергетичний еквівалент сухої маси зерна – 19,4 МДж/кг; енергетичний еквівалент сухої маси соломи – 17,6 МДж/кг; коефіцієнт переводу в суху речовину зерна – 0,84; коефіцієнт переводу в суху речовину соломи – 0,86.

Розв'язання

Маса соломи:

$$M_c = U \cdot \varepsilon,$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт солемистості.

Маса основної та додаткової маси врожаю з одного гектара:

$$M = U + U \cdot \varepsilon = U \cdot (1 + \varepsilon).$$

Енергетична цінність врожаю:

$$Q = F \cdot [0,1 \cdot U \cdot Q_3 \cdot \lambda_3 + 0,1 \cdot U \cdot \varepsilon \cdot Q_c \cdot \lambda_c],$$

де  $F$  – площа, га;

$Q_3, Q_c$  – енергетичний еквівалент сухої маси відповідно зерна та соломи;  $Q_3 = 19,4$  МДж;  $Q_c = 17,6$  МДж;

$\lambda_3, \lambda_c$  – коефіцієнт переводу в суху речовину зерна та соломи.

Після підстановки отримаємо:

$$Q = 370 \cdot [0,1 \cdot 24 \cdot 19,4 \cdot 0,84 + 0,1 \cdot 24 \cdot 1,45 \cdot 17,6 \cdot 0,86] = 33959,8 \text{ МДж.}$$

### Задача 15

Порівняти паливо Е85 та використання електричної енергії автомобілем, якщо він обладнаний водневим паливним елементом. У розрахунках прийняти:

- Поточні ціни у США;
- ККД автомобіля на Е85 – 28 %;
- ККД автомобіля з водневим паливним елементом – 62%.

#### Розв'язання

Фізичні властивості моторних палив наведено у таблиці.

Таблиця

#### Основні властивості Е85

Паливо	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Вміст С, % (мас)	Вміст Н, % (мас)	Вміст О, % (мас)
Бензин	42,5	750	85	13	1
Е10	40,9	754	82	13	5
Е20	39,3	757	78	13	8
Е30	37,7	761	75	13	12
Е85	29,2	780	57	13	30
Водень	120	0,0898	-	100	-

Джерело: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2012/219703/tab2/>

Ціни палив:

- Ціна E85 – USD2,17/gallon [E85 prices. – Available at: <https://e85prices.com/>] або USD0,573/л;
- Ціна водню – USD13,79/кг [Cost to refill. – Available at: <https://cafcp.org/content/cost-refill/>].

Щільність енергії визначаємо за формулою

$$ED = LHV \cdot \rho, \text{ МДж/м}^3,$$

де  $LHV$  – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$\rho$  - густина палива, кг/м<sup>3</sup>.

Для палива E85 щільність енергії

$$ED = 29,2 \cdot 780 = 22776 \text{ МДж/ м}^3,$$

Для водню за нормальних умов

$$ED = 120 \cdot 0,0898 = 10,776 \text{ МДж/ м}^3,$$

Для водню за тиску 30 МПа

$$ED = 10 \cdot P \cdot LHV \cdot \rho \text{ МДж/ м}^3,$$

де  $P$  – тиск у балоні, МПа.

Після підстановки отримаємо значення

$$ED = 10 \cdot 30 \cdot 120 \cdot 0,0898 = 3232,8 \text{ МДж/ м}^3.$$

Таким чином, щільність енергії водню значно менша у порівнянні з паливом E85.

Вартості енергії палива визначається за формулою

$$BE = \frac{1000 \cdot \sum_{i=1}^n (ЦПo_i \cdot g_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot g_i) \cdot \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot g_i)}, \text{ USD/ГДж},$$

де  $ЦПo_i$  – ціна  $i$ -го компонента палива, USD/м<sup>3</sup>;

$Q_i$  – нижча теплота згоряння  $i$ -го компонента палива, МДж/кг;

$\rho_i$  – густина  $i$ -го компонента палива, т/м<sup>3</sup>;

$n$  - кількість компонентів;

$g_i$  - частка  $i$ -го компонента палива.

Для палива E85 вартість енергії становить

$$BE = \frac{1000 \cdot ЦПo}{LHV \cdot \rho} = \frac{1000 \cdot 0,573}{29,2 \cdot 0,78} = 25,158 \text{ USD/ГДж}.$$

Вартість енергії водню

$$BE_B = 1000 \cdot \frac{ЦП_B}{LHV}, \text{ USD/МДж},$$

де  $ЦП_B$  – ціна водню, USD/кг.

Після підстановки отримаємо

$$BE_B = 1000 \cdot \frac{13,79}{120} = 114,917 \text{ USD/ГДж},$$

Як бачимо з розрахунків, вартість енергії водню майже у п'ять разів перевищує аналогічний показник для палива E85.

Вартість енергії на одиницю корисної роботи ( $BE_k$ ) визначають за формулою

$$BE_k = \frac{BE}{\eta}, \text{ USD/ГДж},$$

де  $\eta$  – ККД під час експлуатації.

Вартість енергії на одиницю корисної роботи для автомобіля, якій використовує паливо E85

$$BE_k = \frac{25,158}{0,3} = 89,85 \text{ USD/ГДж},$$

Вартість енергії на одиницю корисної роботи для автомобіля, якій використовує водневий паливний елемент становить

$$BE_k = \frac{114,917}{0,62} = 185,35 \text{ USD/ГДж},$$

Розрахунки показують, що перевагу має паливо E85.

Розглянемо викиди вуглекислого газу. Для визначення викидів оксиду вуглецю при спалюванні палива, необхідно врахувати його вміст у паливі. При згорянні будь-якого палива отримується вуглекислий газ у кількості

$$M_{CO_2} = 0,01 \cdot m_C \cdot M \cdot x, \text{ кг/кг},$$

де  $m_C$  – вміст по масі вуглецю у паливі, %;

$M$  – маса палива, кг;

$x$  – маса вуглекислого газу, що отримується при згорянні одного кілограму вуглецю,  $x = 11/3$  кг.

На одиницю теплоти згорання палива отримується наступна кількість вуглекислого газу



$$M_{CO_2}^E = \frac{m_C \cdot x}{100 \cdot Q_H^P}, \text{ кг/МДж,}$$

де  $Q_H^P$  – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг.

Викиди вуглекислого газу на одиницю маси палива Е85 становлять

$$m_{CO_2} = 0,01 \cdot 57 \cdot 1 \cdot \frac{11}{3} = 2,09, \text{ кг/кг.}$$

Викиди вуглекислого газу на одиницю енергії палива Е85 дорівнюють

$$M_{CO_2}^E = \frac{57 \cdot \frac{11}{3}}{100 \cdot 29,2} = 0,071575, \text{ кг/МДж,}$$

При роботі водневого паливного елемента вуглекислий газ не виділяється.

### Задача 16

Визначити витрату палива автомобілем-самоскидом за зміну на одну тонну перевезеного вантажу, на тонно кілометр транспортних робіт.

Вихідні дані: вантажопідйомність автомобіля  $G = 12$  т; коефіцієнт використання вантажопідйомності  $\psi = 0,87$ ; відстань транспортування вантажу  $L = 19$  км; кількість рейсів  $n = 4$ ; лінійна витрата палива  $V_L = 35,6$  л/100км; відстань від гаражу до місця роботи  $L_p = 7$  км.

Розв'язання:

Фактична маса вантажу, що перевозиться автомобілем:

$$G_\phi = G \cdot \psi,$$

де  $G$  – вантажопідйомність автомобіля,  $G = 12$  т;

$\psi$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності,  $\psi = 0,87$ .

Після підстановки отримаємо:

$$G_\phi = 12 \cdot 0,87 = 10,44 \text{ т.}$$

Фактичне перевезення вантажу визначаємо за формулою:

$$ПВ = G_\phi \cdot L \cdot n,$$

де  $L$  – відстань транспортування вантажу,  $L = 19$  км;

$n$  – кількість виконаних рейсів,  $n = 4$ .

Тоді шукане значення:

$$ПВ = 10,44 \cdot 19 \cdot 4 = 793,4 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

Витрати палива визначаємо за формулою:

$$B = \frac{L \cdot n \cdot 2 \cdot B_n}{100} + \frac{2 \cdot L_r \cdot B_n}{100} = \frac{2 \cdot B_n}{100} \cdot (2 \cdot L \cdot n + L_r) =$$

$$= \frac{B_n}{50} \cdot (L \cdot n + L_r) = \frac{35,6}{50} \cdot (4 \cdot 19 + 7) = 59,1 \text{ л.}$$

де  $L_r$  – відстань від гаража до місця роботи,  $L_r = 7$  км.

Витрата пального на одну т·км:

$$B_n = \frac{B}{ПВ} = \frac{59,1}{793,4} = 0,0745 \frac{\text{л}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

### Задача 17

У таблиці 1 наведено первинну інформацію для розрахунку питомих витрат електроенергії на вироблення концентрату.

Таблиця 1

Первинна інформація для обчислення питомих витрат електроенергії на виробництво концентрату в 1990—1997 рр.

Роки	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Середнє значення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обсяги вироблення окатишів, тис. тонн	4159	3936	3920	3288	2395	2082	1506	2608	2986,75
Витрати електроенергії на вироблення окатишів, млн кВт·год	265,297	253,163	263,032	226,87	191,19	201,954	167,61	227,678	224,600

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Питомі витрати електроенергії на вироблення окатишів, (кВт·год)/т	63,89	64,32	67,1	69	79,81	97	111,3	87,3	75,2

Залежність питомих витрат електроенергії для концентрату у від обсягів виробництва  $x$ , обчислюють за допомогою формули:

$$y = a + b \cdot x.$$

Для випадку лінійної апроксимації залежностей питомих витрат електроенергії на виробництво від його обсягів (див. співвідношення (Д.1) і (Д.2)) величини  $a$  і  $b$  визначають за допомогою системи рівнянь:

$$\begin{cases} \sum y = n \cdot a + b \cdot \sum x \\ \sum x \cdot y = a \cdot \sum x + b \sum x^2 \end{cases}$$

де  $n$  — кількість фактично відомих питомих витрат енергоресурсів за конкретних обсягів виробництва,  $n = 8$  (див. таблицю 2);  $\Sigma x$ ,  $\Sigma y$ ,  $\Sigma x \cdot y$  — визначають за допомогою таблиці 2.

Таблиця 2

До розрахунку залежності питомих витрат електроенергії на вироблення концентрату від його обсягів

Роки	Обсяги вироблення концентрату, тис. т	Питомі витрати електроенергії, (кВт·год)/т	Результати обчислень	
			$X^2$	$x_2 y_2$
	$x_2$	$y_2$	$X^2$	$x_2 y_2$
1990	4159	63,89	17297281	265718,51
1991	3936	64,32	15492096	253163
1992	3920	67,1	15366400	263032
1993	3288	69	10810944	226872
1994	2395	79,81	5736025	191144,95
1995	2082	97	4334724	201954
1996	1506	111,3	2268036	167617,8
1997	2608	87,3	6801664	227678,4
	$\Sigma x_2 = 23894$	$\Sigma y_2 = 639,72$	$\Sigma X^2 = 78107170$	$\Sigma x_2 y_2 = 1797180,6$

У результаті отримуємо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} 639,72 = 8 \cdot a + 23894 \cdot b \\ 1797180,6 = 23894 \cdot a + 78107170 \cdot b \end{cases}$$

У результаті отримуємо:

$$a = 130,24936; b = -0,0168358.$$

Таким чином аналітична залежність питомого споживання електроенергії ( $y$ , (кВт·год)/т) від обсягів виробництва ( $x$ , тис. т) набуває вигляду:

$$y = 130,24936 - 0,0168358 \cdot x.$$

Коефіцієнт лінійної кореляції

$$r = \frac{n \cdot \sum (X_i \cdot Y_i) - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{\sqrt{\left[ n \cdot \sum X_i^2 - \left( \sum X_i \right)^2 \right] \cdot \left[ n \cdot \sum Y_i^2 - \left( \sum Y_i \right)^2 \right]}}$$

Після підстановки отримуємо

$$r = \frac{8 \cdot 1797180,6 - 23894 \cdot 639,72}{\sqrt{\left[ 8 \cdot 78107170 - 23894^2 \right] \cdot \left[ 8 \cdot 53270 - 639,72^2 \right]}} = -0,951.$$

На закінчення слід зазначити, що запропоновану лінійну модель можна застосовувати тільки за певних умов (якщо правильним є припущення, що закон розподілу випадкової величини (питомих витрат енергоресурсів) у генеральній сукупності є нормальним і тощо). Результати такого моделювання є лише попередніми і потребують більш детального

дослідження для випадків, коли фактичне значення питомих витрат за певних обсягів виробництва значно перевищує розрахункове (відповідно до запропонованої моделі). Використання саме лінійної моделі може бути допустимим лише на попередній стадії, коли в енергоаудиторів немає відповідного програмного забезпечення, яке дає змогу використовувати достовірніші моделі. Лінійні моделі можна також застосовувати для моделювання залежностей питомих витрат енергоресурсів на обігрівання будівель від температури навколишнього середовища (відхилення від лінійності найчастіше свідчить про незадовільне теплопостачання).

### Задача 18

Визначити коефіцієнт економії енергетичних ресурсів та коефіцієнту значності резерву економії кожної складової, якщо задані площа зернових  $F = 500$  га, урожайність за технологічними картами  $U_n = 40$  ц/га, та фактична  $U_\phi = 28$  ц/га, фактична витрата дизельного пального  $B_\phi = 51$  т, частка трактористів-машиністів з недостатньою кваліфікацією  $f = 40$  %. В розрахунках прийняти нормативну витрату пального –  $b = 88$  кг/га; втрату пального в наслідок недостатньої кваліфікації  $\delta b = 0,1$ .

Розв'язання:

1. Нормативна витрата дизельного пального:

$$B_n = 0,001 \cdot b \cdot F = 0,001 \cdot 88 \cdot 500 = 44 \text{ т.}$$

2. Фактична витрата дизельного пального на один гектар:

$$b_\phi = \frac{B_\phi \cdot 1000}{F} = \frac{51 \cdot 10^3}{500} = 102 \text{ кг/га.}$$

3. Понаднормативна витрата дизельного палива:

$$b_\phi = \left( \frac{b_\phi}{U_\phi} - \frac{b}{U_n} \right) \cdot U_\phi \cdot F = \left( \frac{102}{28} - \frac{88}{40} \right) \cdot 28 \cdot 500 = 20,2 \text{ т.}$$

4. Витрата палива кваліфікованими трактористами-машиністами:

$$B_k = \frac{(1-f) \cdot B_\phi}{1-f + (1+\delta b) \cdot f},$$

де  $\delta b$  – втрати нафтопродуктів внаслідок недостатньої кваліфікації,  $\delta b = 0,1$ .

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$B_k = \frac{(1-0,4) \cdot 51}{1-0,4 + (1,0+0,1) \cdot 0,4} = 29,42 \text{ т.}$$

5. Тоді витрати дизельного палива некваліфікованими трактористами-машиністами:

$$B_{н.к} = B_{\phi} - B_{к} = 51 - 29,42 = 21,58 \text{ т.}$$

6. Втрати пального внаслідок недостатньої кваліфікації:

$$\Delta B_{н.к} = \frac{\delta b}{1 + \delta \cdot b} \cdot B_{н.к} = \frac{0,1}{1 + 0,1} \cdot 21,58 = 1,96 \text{ т.}$$

7. Втрати пального внаслідок несправності техніки та недотримання технології:

$$\Delta B_T = \Delta B - \Delta B_{н.к} = 20,2 - 1,96 = 18,24 \text{ т.}$$

8. Коефіцієнт можливої економії енергетичних ресурсів:

$$K_e = \frac{\Delta B}{B_{\phi}} = \frac{20,2}{51} = 0,396.$$

9. Коефіцієнт значимості економії за рахунок підвищення кваліфікації робітників:

$$K_e = \frac{\Delta B_{н.к}}{\Delta B} = \frac{1,96}{20,2} = 0,097.$$

10. Коефіцієнт значимості економії за рахунок дотримання технології та підтримання стану техніки:

$$K_T = \frac{\Delta B_T}{\Delta B} = \frac{18,24}{20,2} = 0,903.$$

### Модуль 3. Впровадження енергозощаджуючих технологій та альтернативних паливно-енергетичних ресурсів

#### Задача 19

Визначити за укрупненими показниками доцільність виробництва біопалив (метилового ефіру ріпакової олії та етилового спирту) з рослинної сировини. Вихідні дані: Ціна дизельного палива – 6,5 грн/л; ціна бензину, – 7,9 грн/л; вихід біопалива з одиниці сировини: з ріпаку – 35%; з цукрового буряка – 9%.

Розв'язання:

$$K = \varphi \cdot \frac{C_n \cdot Q_{\delta} \cdot \rho_{\delta}}{C_{\phi} \cdot Q_n \cdot \rho_n},$$

де  $Q_{\delta}$ ,  $Q_n$  – нижча теплота згорання біопалива та нафтового палива, МДж/кг;

$\rho_{\delta}$ ,  $\rho_n$  – густина відповідно біопалива та нафтового палива, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – вихід біопалива з одиниці сировини.

Після підстановки отримаємо:

$$K = 0,35 \cdot \frac{6,5 \cdot 37,8 \cdot 0,87}{2,8 \cdot 42,5 \cdot 0,83} = 0,757.$$

Коефіцієнт  $K < 1$ , тому його виробництво економічна не доцільно.

Визначаємо значення коефіцієнта ефективності  $K$  для виробництва біоетанолу:

$$K = 0,09 \cdot \frac{7,9 \cdot 26 \cdot 0,78}{0,31 \cdot 44 \cdot 0,72} = 1,468.$$

Коефіцієнт  $K > 1$ , тому його виробництво економічна доцільно.

### Задача 20

Визначити доцільність застосування альтернативних моторних палив (газоподібних) сільськогосподарською технікою. Вихідні дані: Автомобіль КраЗ-6130С4, вантажопідємність  $G = 15$  т, номінальна потужність двигуна  $N_{\text{ном}} = 220$  кВт, ціна дизельного пального  $\text{Ц}_n = 5,38$  грн/л; коефіцієнт опору кочення  $f = 0,015$ , питома витрата палива  $b_e = 0,238$  кг/(кВт·год), маса газобалонного обладнання  $G_{\text{ГБ}} = 0,65$  т; трактор К-701 – номінальне тягове зусилля  $P_{\text{кр}} = 50$  кН; номінальна потужність двигуна  $N_{\text{ном}} = 220$  кВт, питома витрата палива  $b_e = 0,265$  кг/(кВт·год); коефіцієнт опору кочення  $f = 0,1$ .

Розв'язання:

1. Критерії ефективності застосування альтернативних паливних в автомобілях визначається за формулою:

$$K_A = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i \cdot V_i \cdot \text{Ц}_{\text{П}_{oi}}) \cdot G_T}{\text{Ц}_{\text{П}_T} \cdot V_T \cdot G_A}.$$

$$G_A = G_T - G_{\text{ГБ}};$$

$$G_A = 15 - 0,65 = 14,9 \text{ т.}$$

Вартість погодинної витрати дизельного палива:

$$G_n = X_e \cdot \frac{b_e \cdot N_e}{\rho_n} \cdot \text{Ц}_{\text{П}}.$$

де  $X_e$  – коефіцієнт завантаження двигуна;  $X_e = 0,85$ .

$$G_n = \frac{0,85 \cdot 0,238 \cdot 220 \cdot 5,38}{0,83} = 288,48 \text{ грн.}$$

Витрата дизельного пального:

$$B_{\text{ДТ}} = X_e \cdot b_e \cdot N_e = 0,85 \cdot 0,238 \cdot 220 = 44,5 \text{ кг/год.}$$

Витрата запальної дози дизельного пального:

$$V_{дт}^I = 0,3 \cdot V_{дт} = 0,3 \cdot 44,5 = 13,35 \text{ кг/год.}$$

Витрата стиснутого природного газу:

$$V_{СПГ} = 0,7 \cdot V_{дт} \cdot \frac{Q_{дт}}{Q_{СПГ}} = 0,7 \cdot 44,5 \cdot \frac{42,5}{33,6} = 39,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $Q_{снг}$  – нижча теплота згоряння природного газу,  $Q_{снг} = 33,6 \text{ МДЖ/м}^3$ .

Вартість погодинної витрати палива при роботі по газодизельному циклі:

$$C_A = \frac{V_{дт}'}{\rho_n} \cdot \zeta_{дт} + \zeta_{СПГ} \cdot V_{СПГ} = \frac{13,35 \cdot 5,38}{0,83} + 3,6 \cdot 39,4 = 129,53 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт ефективності застосування стиснутого природного газу:

$$K_A = \frac{129,53 \cdot 14,9}{288,48 \cdot 15} = 0,45,$$

$K_A < 1$ , тому використання стиснутого природного газу доцільне.

2. Коефіцієнт ефективності застосування альтернативних палив в тракторах визначається залежністю:

$$K_A = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{b_{ei}}{\rho_i} \cdot \zeta_{\Pi_{oi}} \right) \cdot N_e \cdot P_{крТ}}{\frac{b_{ei} \cdot N_{eТ}}{\rho_T} \cdot \zeta_{\Pi_{\Pi}} \cdot P_{крА}}.$$

Тягове зусилля трактора з газобалонним обладнанням:

$$P_{крА} = P_{крТ} - f \cdot G_{ГБ} = 50 - 0,1 \cdot 6,5 = 49,35 \text{ кН.}$$

Вартість пального що витрачається за одну годину:

$$C_T = X_e \cdot \frac{b_e \cdot N_e}{\rho_T} \cdot \zeta_T = 0,85 \cdot \frac{0,265 \cdot 220}{0,83} \cdot 5,38 = 321,2 \text{ грн.}$$

Погодинна витрата дизельного пального:

$$V_{дт} = X_e \cdot b_e \cdot N_e = 0,85 \cdot 0,265 \cdot 220 = 49,5 \text{ кг/год.}$$

Витрата запальної дози дизельного пального:

$$V_{дт}^I = 0,3 \cdot V_{дт} = 0,3 \cdot 49,5 = 14,38 \text{ кг/год.}$$

Погодинна витрата стиснутого природного газу:

$$V_{СПГ} = 0,7 \cdot V_{дт} \cdot \frac{Q_{дт}}{Q_{СПГ}} = 0,7 \cdot 49,5 \cdot \frac{42,5}{33,6} = 43,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вартість пального при роботі за газодизельним циклом:

$$C_A = \frac{B'_{ДТ}}{\rho_n} \cdot C_{ДТ} + C_{СПГ} \cdot B_{СПГ} = \frac{14,8}{0,83} + 43,8 \cdot 3,6 = 253,6 \text{ грн.}$$

$$K_A = \frac{253,6 \cdot 49,35}{321,2 \cdot 50} = 0,78.$$

Значення коефіцієнта  $K_A < 1$ , тому застосування стиснутого природного газу доцільно.

### Задача 21

Визначити основні економічні показники (чистий приведений дохід, індекс прибутковості, внутрішній порок рентабельності та строк окупності інвестиції) інвестиційного проекту в енергозаощаджуючі технології. Вихідні дані: величина інвестицій  $V = 862$  тис. грн; річна віддача інвестицій  $R = 220$  тис. грн; строк існування проекту  $n_I = 10$  років; ставка дисконтування  $g = 10\%$ .

Розв'язання:

Чистий приведений дохід визначається за формулою:

$$NPV = R \cdot \frac{1 - (1 + g)^{-n_I}}{g} - V$$

Тоді шукане значення  $NPV$ :

$$NPV = 220,0 \cdot \frac{1 - (1 + 0,1)^{-10}}{0,1} - 862,00 = 489,8$$

тис. грн

Індекс прибутковості:

$$PI = \frac{ЧГП}{V},$$

де  $ЧГП$  – сума чистого грошового потоку за весь період експлуатації проекту, тис. грн.

$$ЧГП = R \cdot \frac{1 - (1 + g)^{-n_I}}{g} = 220,0 \cdot \frac{1 - (1 + 0,1)^{-10}}{0,1} = 1351,805 \text{ (тис.грн.)}$$

Тоді

$$PI = \frac{1351,805}{862,0} = 1,57.$$

Термін окупності інвестицій:



$$PBP = -\frac{\ln\left(1 - \frac{V}{R} \cdot g\right)}{\ln(1+i)} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{862,0}{220,0} \cdot 0,1\right)}{\ln(1+0,1)} = 5,22 \text{ років.}$$

Внутрішня норма прибутковості  $i_e$  визначається з вираза:

$$\frac{1 - (1+i_e)^{-n1}}{i_e} = \frac{V}{R}.$$

Корінь даного нелінійного рівняння визначається методом ітерацій. Загальний вид виразу для виконання ітераційного процесу:

$$i_{e_{k+1}} = \frac{R}{V} \cdot \left[1 - (1+i_{e_k})^{-n1}\right],$$

де  $k$  - номер ітерації.

Обчислення виконуються з точністю 3 %. За початкове наближення приймаємо:

$$i_{e_0} = \frac{R}{V} = \frac{220,0}{862,0} = 0,255.$$

Перша ітерація:

$$i_{e_1} = \frac{220,0}{862,0} \cdot \left[1 - (1+0,255)^{-10}\right] = 0,229.$$

Відносна похибка:

$$\varepsilon = \frac{|i_{e_{k+1}} - i_{e_k}|}{i_{e_{k+1}}} \cdot 100\% = \frac{|0,229 - 0,255|}{0,229} \cdot 100\% = 11,4\% > 3\%$$

Друга ітерація:

$$i_{e_2} = \frac{220,0}{862,0} \cdot \left[1 - (1+0,229)^{-10}\right] = 0,223.$$

Відносна похибка:

$$\varepsilon = \frac{|i_{e_{k+1}} - i_{e_k}|}{i_{e_{k+1}}} \cdot 100\% = \frac{|0,223 - 0,229|}{0,223} \cdot 100\% = 2,8\% < 3\%$$

Остаточно приймаємо  $i_e = 22,3\%$ .

## ПИТАННЯ

1. Які взаємозв'язані рівень життя суспільства і кількість споживаної енергії?
2. Дайте визначення наступних понять: джерела енергії (непоновлювані та поновлювані); енергетичні ресурси (первинні та вторинні); енергетика (традиційна та нетрадиційна); енергетичний аудит; енергетичний менеджмент.
3. Енергозбереження (економія енергії, ефективне використання енергії, пряме та непряме енергозбереження).
4. Загальні тенденції ринку нафти. Пік Хаберта, основні закони, які описують виснаження викопних ресурсів.
5. Загальні тенденції виробництва та використання електричної енергії в Україні.
6. Паливна енергетика України. Основні тенденції.
7. Система показників ефективності використання енергетичних ресурсів.
8. Енергоозброєність та електроозброєність. Енерго- та електрозабезпеченість.
9. Енергетичний потенціал підприємства та коефіцієнт енергетичної ефективності. Коефіцієнт еластичності.
10. Енергоємність продукції.
11. Паливні та технічні еквіваленти.
12. Базисні та ланцюгові індекси використання енергетичних ресурсів.
13. Яким чином транспортуються тверді, рідкі і газоподібні палива?
14. Що впливає на витрати енергії при переміщенні рідкого або газоподібного енергоносія?
15. Трубопровідний транспорт. Визначаються витрати енергії на транспортування. Що впливає на витрати енергії при переміщенні рідкого або газоподібного енергоносія?
16. Транспортування теплової енергії. За допомогою яких заходів можна підвищити ефективність передачі теплоти від джерела до споживача.

17. Методика розрахунку втрат теплоти теплопроводом в оточуюче середовище.
18. Яким параметром визначається ефективність передачі електричній енергії і чому?
19. Транспортування електричної енергії: визначення втрат; компенсація реактивної потужності; альтернативні методи зниження втрат енергії в лініях електропередач.
20. Як можна компенсувати реактивну потужність? Методика розрахунку.
21. Які альтернативні методи застосовуються для зниження втрат енергії в лініях електропередачі?
22. Резерви енергозбереження та їх класифікація.
23. Оцінка втрат паливно-енергетичних ресурсів. Вартість умовного палива.
24. Показники економії енергетичних ресурсів
25. Класифікація паливно-енергетичних ресурсів.
26. Класифікація моторних палив.
27. Енергетична оцінка використання енергетичних ресурсів.
28. Визначення вартості енергії палив
29. Визначення доцільності виробництва палив рослинного походження
30. Оцінка ефективності використання альтернативних моторних палив в автомобілях.
31. Оцінка ефективності використання альтернативних моторних палив в тракторах.
32. Грошовий потік.
33. Чистий приведений дохід.
34. Визначення величини чистого приведенного доходу регулярних грошових потоків.
35. Індекс прибутковості.
36. Внутрішня норма рентабельності.
37. Термін окупності інвестицій (дисконтований та недисконтований).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку: Інформаційно-аналітичний збірник. Вип. 5 / под ред. П.Т. Саблука та ін. Київ : ІАЕ, 2002. 647 с.
2. Гавриш В. І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика: монографія. Миколаїв: МДАУ, 2007. 283 с.
3. Горбов В.М. Енергетичні палива: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 328 с.
4. ДСТУ 4065-2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. Київ : Держстандарт України, 2002. 39 с.
5. Іншеков Є. М., Нікітін Є. Є., Тарновский М. В., Чернявський А. В. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту. Київ : Поліграф плюс, 2014. 238 с.
6. Мазнев Г. Є., Гавриш В. І. Красноручський О. О., Ніценко В. С., Заїка С. О. Менеджмент альтернативних палив: [навчальний посібник]. Харків : Вид-во «Місьдрук», 2016. 188 с.
7. Маляренко В. А. Енергоменеджмент і енергетичний аудит систем електропостачання. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. 150 с.
8. Методика визначення неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів. М-00013184.022-01. Київ : Держкоменергозбереження, 2001. 219 с.

## РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА БАЛІВ

*по дисципліні «Основи енергетичного аудиту і менеджменту в АПК»*

Оцінювання знань студентів здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи студента максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою.

### *Шкала оцінок*

За шкалою ECTS	За національною шкалою	За шкалою навчального закладу
A	5 (відмінно)	90-100
BC	4 (добре)	75-89
DE	3 (задовільно)	60-74
FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	35-59
F	2 (незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-34

## Рейтингова система контролю знань

**по дисципліні «Основи енергетичного аудиту і менеджменту в АПК»  
спеціальність 8.100101 «Енергетика сільськогосподарського виробництва»**

**Структура курсу: лекції – 20 годин  
Практичні заняття – 38 годин**

№ модуля	Назва модуля	Всього годин кредитів		Розподіл аудиторного навантаження		Кількість балів за виконану роботу*	
				Лекції	Практичні заняття		
				мін	макс		
<b>10-й семестр</b>							
1.	Виробництво та транспортування енергетичних ресурсів (задачі 1 - 6)	30	0,83	6	12	12	20
2.	Ефективність використання енергетичних ресурсів (задачі 7 - 18)	28	0,78	4	8	15	26
3.	Впровадження енергозощаджуючих технологій та альтернативних паливно-енергетичних ресурсів (задачі 19- 21)	50	1,39	10	18	9	14
	<b>Всього</b>	<b>120</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>60</b>

Кількість балів за присутність на заняттях: лекція – 1; практичне заняття – 0,5. Кількість балів за виконання задач: з 1 по 3 – 3; з 6 по 16 – 2; 4 та 5 – 5; з 17 по 20 – 6. Контрольна робота (2 за семестр) – по 10 балів. При розрахунках використовується коефіцієнт 0,6 для приведення семестрових балів до максимального значення 60.

Кількість балів, які студенти можуть набрати під час вивчення дисципліни наведено в таблиці.

Вид контролю		Кількість балів
Модуль 1		
Присутність на заняттях		5
Задача 1		3
Задача 2		3
Задача 3		3
Задача 4		5
Задача 5		5
Контрольна робота (модуль 1)		10
Разом по модулю 1		34
Модуль 2		
Присутність на заняттях		8
Задача 6	6	2
Задача	7	2
Задача	8	2
Задача	9	2
Задача	10	2
Задача	11	2
Задача	12	2
Задача	12	2
Задача	13	2
Задача	14	2
Задача	15	2
Задача	16	2
Задача	17	3
Контрольна робота (модуль 2)		10
Разом по модулю 2		43
Модуль 3		
Присутність на заняттях		5
Задача	18	6
Задача	19	6
Задача	20	6
Разом по модулю 3		23
Разом по модулям:		100
Разом (з урахуванням коефіцієнту вагомості 0,6):		60
Залік		40
Разом за дисципліну		100

# ДОДАТКИ



## Стисла технічна характеристика тракторів

№п.п.	Показники	Т-30	Т-40М	Т-40АМ
1	Тип	4К2	4К2	4К4
2	Номінальне тягове зусилля, кН	6	9	9
3	Маса конструктивна, кг	1780	2420	2650
4	Маса експлуатаційна, кг	2020	2850	2870
5	Розподіл маси на передню вісь	706	896	-
6	Розподіл маси на задню вісь	2324	1954	-
7	Марка двигуна	Д-120	Д-37Е	Д-37Е
8	Номінальна потужність, кВт	21,3	40,4	40,4
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	1800	1800	1800
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	258	258	258
11	Ступінь стиску	16,5	16,5	16,5
12	Діаметр циліндра, мм	105	105	105
13	Хід поршня, мм	120	120	120
14	Число циліндрів	2	4	4
15	Робочий об'єм циліндрів, л	2,07	4,15	4,15
16	Маса баласта, кг	130	260	-
17	Шини передніх коліс	6,0-1,6	6,5-1,6	8,3-20
18	Шини задніх коліс	9,5-32	13,6R-38	13,6R-38
19	Крок гусенічного ланцюга, мм	-	-	-
20	Число зубів ведучого колеса	-	-	-
21	Подовжня база трактора, мм	1775	2120	2250
22	Нормативне річне завантаження, год.	1000	1000	1000
23	Відрахування на амортизацію, %	17,0	17,0	17,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	7,0	7,0	7,0

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	МТЗ-80	МТЗ-82	МТЗ-100
1	Тип	4К2	4К4	4К2
2	Номінальне тягове зусилля, кН	14	14	14
3	Маса конструктивна, кг	3160	3370	3750
4	Маса експлуатаційна, кг	3370	3580	3900
5	Розподіл маси на передню вісь	1090	1270	-
6	Розподіл маси на задню вісь	2070	2100	-
7	Марка двигуна	Д-240	Д-240	Д-245
8	Номінальна потужність, кВт	58,8	58,7	77,2
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	2200	2200	2200
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	245	245	238
11	Ступінь стиску	16	16	15,1
12	Діаметр циліндра, мм	110	110	110
13	Хід поршня, мм	125	125	125
14	Число циліндрів	4	4	4
15	Робочий об'єм циліндрів, л	4,75	4,75	4,75
16	Маса баласта, кг	240	-	240
17	Шини передніх коліс	9,00-20	11,2-20	9,00-20
18	Шини задніх коліс	15,5R-38	15,5R-38	15,5R-38
19	Крок гусенічного ланцюга, мм	-	-	-
20	Число зубів ведучого колеса	-	-	-
21	Подовжня база трактора, мм	2370	2450	2500
22	Нормативне річне завантаження, год.	1350	1350	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	15,0	15,0	15,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	9,9	9,9	9,9

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	МТЗ-102	Т-150К	К-701М
1	Тип	4К4	4К4	4К4
2	Номінальне тягове зусилля, кН	14	30	50
3	Маса конструктивна, кг	3950	7535	12500
4	Маса експлуатаційна, кг	4100	8135	13500
5	Розподіл маси на передню вісь	-	5200	9100
6	Розподіл маси на задню вісь	-	2935	4350
7	Марка двигуна	Д-245	СМД-62	ЯМЗ-240Б
8	Номінальна потужність, кВт	77,2	121,5	198,5
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	2200	2100	1900
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	238	237	244
11	Ступінь стиску	15,1	15	16,5
12	Діаметр циліндра, мм	110	130	130
13	Хід поршня, мм	125	115	140
14	Число циліндрів	4	6	12
15	Робочий об'єм циліндрів, л	4,75	9,15	22,3
16	Маса баласта, кг	-	-	-
17	Шини передніх коліс	13,6-20	21,3R-24	28,1R-26
18	Шини задніх коліс	15,5R-38	21,3R-24	28,1R-26
19	Крок гусеничного ланцюга, мм	-	-	-
20	Число зубів ведучого колеса	-	-	-
21	Подовжня база трактора, мм	2570	2860	3200
22	Нормативне річне завантаження, год.	1350	1350	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	15,0	15,0	17,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	9,9	9,9	9,3

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	Т-151К-08	ХТЗ-121	ХТЗ-17221
1	Тип	4К4	4К4	4К4
2	Номінальне тягове зусилля, кН	40	30	35
3	Маса конструктивна, кг	-	-	-
4	Маса експлуатаційна, кг	8200	8000	8625
5	Розподіл маси на передню вісь	-	-	-
6	Розподіл маси на задню вісь	-	-	-
7	Марка двигуна	ЯМЗ-236	СМД-60	КамАЗ-740
8	Номінальна потужність, кВт	132	110,3	154,4
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	2100	2000	2600
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	230	240	200
11	Ступінь стиску	17	17	17
12	Діаметр циліндра, мм	130	130	120
13	Хід поршня, мм	140	115	120
14	Число циліндрів	6	6	8
15	Робочий об'єм циліндрів, л	10,92	9,15	10,85
16	Маса баласта, кг	-	-	-
17	Шини передніх коліс	21,3R-24	21.3R-38	21.3R-42
18	Шини задніх коліс	21,3R-24	21.3R-38	21.3R-42
19	Крок гусеничного ланцюга, мм	-	-	-
20	Число зубів ведучого колеса	-	-	-
21	Подовжня база трактора, мм	2860	-	2860
22	Нормативне річне завантаження, год.	1350	1350	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	15,0	15,0	15,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	9,5	9,5	9,5

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	Т-70С	ДТ-75М-С4	Т-150
1	Тип	Гус.	Гус.	Гус.
2	Номінальне тягове зусилля, кН	20	30	30
3	Маса конструктивна, кг	4400	6260	6975
4	Маса експлуатаційна, кг	4770	6760	7300
5	Розподіл маси на передню вісь	-	-	-
6	Розподіл маси на задню вісь	-	-	-
7	Марка двигуна	Д-241Л	А-41	СМД-60
8	Номінальна потужність, кВт	55,1	66	110,3
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	2100	1750	2000
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	252	252	251
11	Ступінь стиску	17	16,5	15
12	Діаметр циліндра, мм	110	130	130
13	Хід поршня, мм	125	140	115
14	Число циліндрів	4	4	6
15	Робочий об'єм циліндрів, л	4,75	7,43	9,15
16	Маса баласта, кг	-	-	-
17	Шини передніх коліс	-	-	-
18	Шини задніх коліс	-	-	-
19	Крок гусенічного ланцюга, мм	176	170	170
20	Число зубів ведучого колеса	26	13	13
21	Подовжня база трактора, мм	-	-	-
22	Нормативне річне завантажен- ня, год.	1100	1300	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	16,5	18,5	17,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	9,7	11,4	11,4

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	ДТ-175С	Т-4А	Т-130МГ-3
1	Тип	Гус.	Гус.	Гус.
2	Номінальне тягове зусилля, кН	34	40	60
3	Маса конструктивна, кг	7420	8000	14270
4	Маса експлуатаційна, кг	8030	8420	-
5	Розподіл маси на передню вісь	-	-	-
6	Розподіл маси на задню вісь	-	-	-
7	Марка двигуна	СМД-66	А-01М	Д-130Т
8	Номінальна потужність, кВт	132,5	96	121
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	1900	1700	1030
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	252	252	245
11	Ступінь стиску	15	16,5	14
12	Діаметр циліндра, мм	130	130	145
13	Хід поршня, мм	115	140	205
14	Число циліндрів	6	4	4
15	Робочий об'єм циліндрів, л	9,15	11,15	13,53
16	Маса баласта, кг	-	-	-
17	Шини передніх коліс	-	-	-
18	Шини задніх коліс	-	-	-
19	Крок гусенічного ланцюга, мм	170	176	203
20	Число зубів ведучого колеса	13	28	26
21	Подовжня база трактора, мм	-	-	-
22	Нормативне річне завантаження, год.	1300	1300	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	16,5	19,0	17,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	9,8	10,2	11,4

## Продовження таблиці 1

№п.п.	Показники	ДТ-75Д	ВТ-100Д	ВТ-150Д
1	Тип	Гус.	Гус.	Гус.
2	Номінальне тягове зусилля, кН	30	40	40
3	Маса конструктивна, кг	-	-	-
4	Маса експлуатаційна, кг	6950	7690	7820
5	Розподіл маси на передню вісь	-	-	-
6	Розподіл маси на задню вісь	-	-	-
7	Марка двигуна	Д-440-22	Д-442-24И	Д-442ВИ
8	Номінальна потужність, кВт	70	95	110
9	Номінальна частота обертання кол. вала, хв <sup>-1</sup>	1750	1750	1850
10	Питома витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт*год)	238	234	228
11	Ступінь стиску	16,5	-	-
12	Діаметр циліндра, мм	130	-	-
13	Хід поршня, мм	140	-	-
14	Число циліндрів	4	-	-
15	Робочий об'єм циліндрів, л	7,43	-	-
16	Маса баласта, кг	-	-	-
17	Шини передніх коліс	-	-	-
18	Шини задніх коліс	-	-	-
19	Крок гусенічного ланцюга, мм	170	-	-
20	Число зубів ведучого колеса	13	-	-
21	Подовжня база трактора, мм	1612	1776	1830
22	Нормативне річне завантажен- ня, год.	1300	1300	1350
23	Відрахування на амортизацію, %	18,5	18,5	17,0
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	11,3	11,4	11,4

## Стисла технічна характеристика автомобілів

№п.п.	Показники	ЗІЛ-130 (ЗІЛ-43140)	ЗІЛ -4331	УРАЛ-5557
1	Вантажопідйомність, кг	6000	6000	7000
2	Власна маса, кг	4300	5300	9160
3	Максимальна швидкість, км/год	90	90	75
4	Марка двигуна	ЗІЛ-130	ЗІЛ-645	КамАЗ-740
5	Максимальна потужність, кВт	110,4	136	154,4
6	Частота обертання кол. вала при максимальній потужності, хв <sup>-1</sup>	3200	2800	2600
7	Питома витрата палива, г/(кВт*год)	328	238	218
8	Ступінь стиску	6,5	18,5	17
9	Діаметр циліндра, мм	100	110	120
10	Хід поршня, мм	95	115	120
11	Число циліндрів	8	8	8
12	Робочий об'єм циліндрів, л	6,00	8,74	10,85
13	Порядок роботи циліндрів	1-5-4-2-6-3-7-8	1-5-4-2-6-3-7-8	1-5-4-2-6-3-7-8
14	Шини	260-508Р	260-508Р	400-533
15	Габаритна висота, мм	2400	2656	2665
16	Габаритна ширина, мм	2500	2500	2500
17	Колія задніх коліс, мм	1790	1850	2020
22	Нормативне річне завантажен- ня, год.	1840	1840	1840
23	Відрахування на амортизацію*, %	0,3	0,3	0,3
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт*, %	0,20	0,21	0,3

\* на 1000 км пробігу.



## Продовження таблиці 2

№п.п	Показники	КамАЗ-5320	МАЗ-5551	КрАЗ-256Б1
1	Вантажопідйомність, кг	8000	8500	12000
2	Власна маса, кг	7080	6725	10850
3	Максимальна швидкість, км/год	100	85	68
4	Марка двигуна	КамАЗ-740	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
5	Максимальна потужність, кВт	154,4	132	175
6	Частота обертання кол. вала при максимальній потужності, хв <sup>-1</sup>	2600	2100	2100
7	Питома витрата палива, г/(кВт*год)	218	238	238
8	Ступінь стиску	17	17	17
9	Діаметр циліндра, мм	120	130	130
10	Хід поршня, мм	120	140	140
11	Число циліндрів	8	6	8
12	Робочий об'єм циліндрів, л	10,85	10,92	14,56
13	Порядок роботи циліндрів	1-5-4-2-6-3-7-8	1-5-3-6-2-4	1-5-4-2-6-3-7-8
14	Шини	260-508P	300-508P	320-508P
15	Габаритна висота, мм	3650	2720	2695
16	Габаритна ширина, мм	2500	2500	2500
17	Колія задніх коліс, мм	1800	1800	1838
22	Нормативне річне завантаження, год.	1840	1840	1840
23	Відрахування на амортизацію*, %	0,3	0,3	0,3
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт*, %	0,2	0,22	0,25

\* на 1000 км пробігу.

## Продовження таблиці 2

№ п.п	Показники	КрАЗ-6130С4	УАЗ-469Б (УАЗ-3151)	УАЗ-451ДМ	ГАЗ-52-04
1	Вантажопідйомність, кг	1500	600	1000	2500
2	Власна маса, кг	13000	1540	1510	2520
3	Максимальна швидкість, км/год	90	100	100	70
4	Марка двигуна	ЯМЗ-238Б	УАЗ-451М	УАЗ-451М	ГАЗ-52-04
5	Максимальна потужність, кВт	220	55,2	55,2	55,2
6	Частота обертання кол. вала при максимальній потужності, хв <sup>-1</sup>	2000	4000	4000	2600
7	Питома витрата палива, г/(кВт*год)	238	330	330	330
8	Ступінь стиску	17	6,7	6,7	6,7
9	Діаметр циліндра, мм	130	92	92	82
10	Хід поршня, мм	140	92	92	110
11	Число циліндрів	8	4	4	6
12	Робочий об'єм циліндрів, л	14,86	2,45	2,45	3,48
13	Порядок роботи циліндрів		1-2-4-3	1-2-4-3	1-5-3-6-2-4
14	Шини	1200 R20	8,40-15	8,40-15	7,50-20
15	Габаритна висота, мм		2015	2070	2150
16	Габаритна ширина, мм		1785	2044	2000
17	Колія задніх коліс, мм		1440	1440	1650
22	Нормативне річне завантаження, год.	1840	1840	1840	1840
23	Відрахування на амортизацію*, %	0,3	0,3	0,3	0,3
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт*, %	0,21	0,2	0,2	0,2

\* на 1000 км пробігу.

## Продовження таблиці 2

№п.п.	Показники	ГАЗ-53А	ГАЗ-4509	КАЗ-4540
1	Вантажопідйомність, кг	4000	4250	5500
2	Власна маса, кг	3250	3840	6610
3	Максимальна швидкість, км/год	80	80	75
4	Марка двигуна	ЗМЗ-53	ГАЗ-542.10	ЯМЗ-КАЗ-642
5	Максимальна потужність, кВт	84,6	92	114
6	Частота обертання кол. вала при максимальній потужності, хв <sup>-1</sup>	3200	2800	2600
7	Питома витрата палива, г/(кВт*год)	330	310	218
8	Ступінь стиску	6,7	16	17
9	Діаметр циліндра, мм	92	105	120
10	Хід поршня, мм	80	120	120
11	Число циліндрів	8	6	6
12	Робочий об'єм циліндрів, л	4,25	6,23	8,14
13	Порядок роботи циліндрів	1-5-4-2-6-3-7-8	1-5-3-6-2-4	1-4-2-5-3-6
14	Шини	8,25-20	8,25-20	370/80-508
15	Габаритна висота, мм	2220	3100	2500
16	Габаритна ширина, мм	2380	2500	2490
17	Колія задніх коліс, мм	1690	1690	2000
22	Нормативне річне завантаження, год.	1840	1840	1840
23	Відрахування на амортизацію*, %	0,3	0,3	0,3
24	Відрахування на поточний та капітальний ремонт*, %	0,20	0,20	0,2

\* на 1000 км пробігу.

## Додаток В.

## Таблиця 3

## Вміст енергії в урожаї сільськогосподарських культур

Культури	Вміст енергії в 1 кг сухої Речовини, МДж	Середній коефіцієнт вмісту сухої речовини
Пшениця озима: зерно	19,13	0,86
солома	9,89	0,65
Жито: зерно	19,49	0,86
солома	10,02	0,68
Ячмінь: зерно	19,13	0,86
солома	9,89	0,65
Овес: зерно	18,80	0,86
солома	9,79	0,61
Просо: зерно	19,70	0,86
солома	11,8	0,65
Гречка: зерно	19,38	0,86
солома	11,6	0,65
Рис (зерно)	18,59	0,86
Горох (зерно)	20,57	0,86
Соя (зерно)	20,57	0,88
Кукурудза: зерно	17,60	0,86
зелена маса	16,39	0,25
сухі стебла	10,9	0,65
Буряки цукрові:		
- коренебульбоплоди;	18,26	0,64
- гичка	16,38	0,50
Коренеплоди кормові	16,39	0,25
Соняшник: насіння	19,38	0,92
зелена маса	16,80	0,25
сухі стебла	2,5	0,65
Картопля	18,29	0,20

**Додаток 4.  
Таблиця 4**

**Технічні характеристики сільськогосподарських машин**

**Плуги**

<b>Марка</b>	<b>Особливості конструкції</b>	<b>Нормативне річне завантаження, год.</b>	<b>Відрахування на амортизацію, %</b>	<b>Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %</b>	<b>Вага, кН</b>	<b>Ширина захвату, м</b>	<b>Довжина, м</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
ПТК-9-35	напівначіпний переобладнаний в 8-и та 7-и корпусний	500	12,5	14	28,0	3,15...2,45	10,2
ПЛН-5-35	начіпний	500	12,5	14	8,7	1,75	4,3
ПЛ-2-30	напівначіпний	500	12,5	14	9,0	1,75	6,8
ПЛ-4-30	напівначіпний	500	12,5	14	12,7	2,0	6,5
ПЛН-4-35	начіпний	500	12,5	14	7,0	1,4	3,5
ПЛН-3-35	начіпний	500	12,5	14	4,75	1,05	2,6
ПВН-3-35	із роторами подрібнювачами	500	12,5	14	7,90	1,05	2,8
ПГП-3-35	з гідропневматичним запобіжником	500	12,5	14	7,60	1,05	2,8
ПЛН-3-30	начіпний	500	12,5	14	2,82	0,90	2,6
ПЛН-2-20-01	начіпний	500	12,5	14	0,82	0,40	1,6
ПЛН-2-30	начіпний	500	12,5	14	2,23	0,60	1,7
ПН-35	начіпний	500	12,5	20	1,73	0,35	2,5
ПНУ-4-40	універсальний	500	12,5	14	8,42	1,60	4,0
ПНИ-8-40	із змінною шириною	500	12,5	14	22,10	2,80...3,60	8,0
ПНИ-5-40	із змінною шириною	500	12,5	14	14,70	1,75...2,2	5,8
ПУМ-4-40	із змінною шириною	500	12,5	20	7,70	1,4...1,8	3,8
ПРШ-2-25	із змінною шириною	500	12,5	14	1,30	0,5...0,6	2,6
ПП-8-35	напівначіпний	500	12,5	14	25,00	2,8	8,5
ПНТК-10-35	напівначіпний	500	12,5	20	26,45	3,5	11,7
ППН-40	плантажний	500	12,5	14	5,10	0,4	3,7

**Продовження таблиці 4**

1	2	3	4	5	6	7	8
ПН-5-5	поворотний	500	12,5	14	15,00	2,25	5,2
ПНО-3-35	оборотний	500	12,5	14	7,80	1,05	3,5
ППО-4-40	оборотний	500	12,5	20	8,75	1,6	3,9
ППО-5-40	оборотний	500	12,5	14	9,80	2,0	5,0
ППО-7-40	оборотний	500	12,5	14	11,30	2,8	6,7
ППО-8-40	оборотний	500	12,5	14	12,40	3,2	7,0
ПО-4-40	оборотний	300	14,2	10	9,10	1,6	3,9

**Таблиця 5****Луцильники дискові**

Марка	Нормативне річне завантаження, год.	Відрахування на амортизацію, %	Відрахування на поточний та капітальний ремонт, %	Вага, кН	Ширина захвату, м	Довжина, м
ЛДГ-15А	260	14,2	7	38,50	15	10,3
ЛДГ-10А	260	14,2	7	24,80	10	7,2
ЛДГ-5А	260	14,2	7	12,00	5	4,1

Навчальне видання

**Основи електроенергетичного аудиту і менеджменту в АПК:**  
методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів  
вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 141 «Електро-  
енергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм  
навчання

Укладачі:

Гавриш Валерій Іванович

Куценко Катерина Олександрівна

Надруковано в видавничому центрі МНАУ.

Зам. \_\_\_\_\_ Наклад \_\_\_\_ прим.

54010, м. Миколаїв, вул. Г. Гонгадзе, 9.