

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Інженерно-енергетичний факультет**

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і  
технічного сервісу

**ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ І АУДИТУ**

**Методичні рекомендації**

до розв'язання задач для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» на-  
пряму 6.10010101 – «Енергетика сільськогосподарського  
виробництва» денної форми навчання.

**Модулі 1-3**

МИКОЛАЇВ

2016

УДК 620.9:005  
ББК 31.19+65.050.4  
О-75

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 24.03.2016 р., протокол № 7.

#### Укладачі:

- В. І. Гавриш д-р екон. наук, професор, завідуючий кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет;
- М. Ю. Шатохін – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

#### Рецензенти:

- О. В. Чередниченко – канд. техн. наук, доцент, заступник директора машинобудівного інституту Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова;
- О. О. Плахтир – канд. техн. наук, завідувач кафедри енергетики аграрного виробництва, Миколаївський національний аграрний університет.

**ЗМІСТ**

Вступ.....	4
Модуль 1. Загальні принципи енергетичного менеджменту ...	5
Модуль 2. Нормування та прогнозування витрат паливно-енергетичних ресурсів .....	13
Модуль 3. Енергозберігаюча техніка та поновлювальні джерела енергії .....	20
Приклади розв'язання задач.....	35
Питання.....	69
Список літератури.....	70
Рейтингова система балів.....	71

## Вступ

При вивченні дисципліни «Основи енергетичного менеджменту та аудиту», згідно учбовому плану напряму підготовки 6.10010101 – «Енергетика сільськогосподарського виробництва» студенти виконують 10 задач.

Засвоєння програмного матеріалу курсу 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 переліку 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. Загальні принципи енергетичного менеджменту.
2. Нормування та прогнозування витрат паливно-енергетичних ресурсів.
3. Енергозберігаюча техніка та поновлювальні джерела енергії.

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. Загальні принципи енергетичного менеджменту

### Задача №1

**Тема:** визначення енергетичної ефективності насосної станції.

Визначити фактичну добову енергетичну ефективність та коефіцієнт корисної дії насосної станції, що подає воду в резервуар водопостачання молочної ферми, за даними таблиці:

Таблиця

#### Вихідні дані для розрахунку енергетичної ефективності та коефіцієнту корисної дії насосної станції

Показник	Варіанти				
	1	2	3	4	5
Добова витрата енергії, кВт·год	49,2	33	29	35	49
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	15	6,5	5	8	16
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	40	21	30	26	38
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	6	7	8	9	10
Добова витрата енергії, кВт·год	55	36	32	38	54
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	15,6	7,1	5,6	8,6	16,6
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	40,5	21,5	30,5	26,5	38,5
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6
Добова витрата енергії, кВт·год	59	39	35	41	57

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	16,2	7,7	6,2	9,2	17,2
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	41	22	31	27	39
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	16	17	18	19	20
Добова витрата енергії, кВт·год	53	42	39	47	62
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	16,8	8,3	6,8	9,8	17,8
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	41,5	22,5	31,5	27,5	39,5
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	21	22	23	24	25
Добова витрата енергії, кВт·год	57	46	44	53	68
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	17,4	8,9	7,4	10,4	18,4
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	42	23	32	28	40
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

Показник	Варіанти				
	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6
Добова витрата енергії, кВт·год	56	48	42	58	63
Тривалість роботи насоса протягом доби, год.	17,4	8,9	7,4	10,4	18,4
Витрата часу для підйому 1 м <sup>3</sup> води, год	0,07	0,04	0,06	0,05	0,071
Висота підйому води, м.	40	21	30	24	37
Період холостого ходу, год.	0,1	0,2	0,4	0,4	0,12
Витрата енергії в період холостого ходу, кВт·год.	0,06	0,1	0,4	0,45	0,07

### Задача №2

**Тема:** визначення енергоємності виробництва.

За вихідними даними таблиці, визначити енергоємність виробництва озимої пшениці (МДж/ц), визначити коефіцієнт лінійної кореляції енергоємності від обсягів виробництва та енергоємності продукції від витрат енергетичних ресурсів.

Таблиця

### Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Показник	Роки				
		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	6
1	Виробництво продукції, ц	11230	13450	12680	11720	13140
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	26,4	29,5	27,5	26,1	29,1
	Бензину, т	10,3	14,0	12,8	10,4	13,2
	Електричної енергії, тис. кВт·год	5,0	6,1	6,8	5,2	6,0
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	11,0	9,4	11,7	10,3	12,3
	Аміачна селітра, т	2,5	2,8	3,1	3,5	3,6
2	Виробництво продукції, ц	11792	14392	13821	12072	13928

## Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	31,44	39,14	38,33	32,51	37,66
	Бензину, т	11,79	14,39	14,10	11,35	14,21
	Електричної енергії, тис. кВт·год	5,90	7,20	6,50	6,04	7,05
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	9,43	12,10	11,50	0,95	11,30
	Аміачна селітра, т	15,72	19,19	17,51	17,06	17,09
3	Виробництво продукції, ц	12381	15399	15065	12434	14764
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	33,02	41,89	41,78	33,49	39,92
	Бензину, т	12,38	15,40	15,37	11,69	15,06
	Електричної енергії, тис. кВт·год	6,19	7,70	7,08	6,22	7,47
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	9,90	12,94	12,53	0,97	11,98
	Аміачна селітра, т	16,51	20,53	19,08	17,57	18,11
4	Виробництво продукції, ц	13000	16477	16421	12807	15650
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	34,67	44,82	45,54	34,49	42,32
	Бензину, т	13,00	16,48	16,75	12,04	15,96
	Електричної енергії, тис. кВт·год	6,50	8,24	7,72	6,40	7,92
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	10,40	13,85	13,66	1,00	12,70
	Аміачна селітра, т	17,33	21,97	20,80	18,10	19,20
5	Виробництво продукції, ц	13650	17630	17899	13191	16589
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	36,40	47,95	49,64	35,53	44,86
	Бензину, т	13,65	17,63	18,26	12,40	16,92
	Електричної енергії, тис. кВт·год	6,83	8,82	8,41	6,60	8,39
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	10,92	14,82	14,89	1,03	13,46
	Аміачна селітра, т	18,20	23,51	22,67	18,64	20,35
6	Виробництво продукції, ц	14333	18864	19510	13587	17584
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	38,22	51,31	54,11	36,59	47,55
	Бензину, т	14,33	18,86	19,90	12,77	17,94
	Електричної енергії, тис. кВт·год	7,17	9,43	9,17	6,79	8,90



## Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	11,47	15,86	16,23	1,06	14,26
	Аміачна селітра, т	19,11	25,15	24,71	19,20	21,57
7	Виробництво продукції, ц	15049	20185	21266	13994	18639
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	40,13	54,90	58,98	37,69	50,40
	Бензину, т	15,05	20,18	21,69	13,15	19,01
	Електричної енергії, тис. кВт·год	7,52	10,09	9,99	7,00	9,43
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	12,04	16,96	17,69	1,10	15,12
	Аміачна селітра, т	20,07	26,91	26,94	19,78	22,86
8	Виробництво продукції, ц	15802	21598	23180	14414	19758
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	42,14	58,75	64,28	38,82	53,42
	Бензину, т	15,80	21,60	23,64	13,55	20,15
	Електричної енергії, тис. кВт·год	7,90	10,80	10,89	7,21	10,00
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	12,64	18,15	19,29	1,13	16,03
	Аміачна селітра, т	21,07	28,80	29,36	20,37	24,24
9	Виробництво продукції, ц	16592	23110	25266	14847	20943
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	44,24	62,86	70,07	39,99	56,63
	Бензину, т	16,59	23,11	25,77	13,96	21,36
	Електричної енергії, тис. кВт·год	8,30	11,55	11,87	7,42	10,60
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	13,27	19,42	21,02	1,16	16,99
	Аміачна селітра, т	22,12	30,81	32,00	20,98	25,69
10	Виробництво продукції, ц	17421	24727	27540	15292	22200
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	46,46	67,26	76,38	41,19	60,03
	Бензину, т	17,42	24,73	28,09	14,37	22,64
	Електричної енергії, тис. кВт·год	8,71	12,36	12,94	7,65	11,23
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	13,94	20,78	22,91	1,20	18,01
	Аміачна селітра, т	23,23	32,97	34,88	21,61	27,23
11	Виробництво продукції, ц	19207	28310	32720	16223	24944
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	51,22	77,00	90,74	43,69	67,45

## Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
	Бензину, т	19,21	28,31	33,37	15,25	25,44
	Електричної енергії, тис. кВт·год	9,60	14,16	15,38	8,11	12,62
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	15,37	23,79	27,22	1,27	20,23
	Аміачна селітра, т	25,61	37,75	41,45	22,93	30,60
12	Виробництво продукції, ц	20167	30292	35665	16710	26440
	Дизельне паливо, т	53,78	82,39	98,91	45,01	71,49
	Бензину, т	20,17	30,29	36,38	15,71	26,97
	Електричної енергії, тис. кВт·год	10,08	15,15	16,76	8,35	13,38
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	16,13	25,46	29,67	1,31	21,45
	Аміачна селітра, т	26,89	40,39	45,18	23,62	32,43
13	Виробництво продукції, ц	21176	32412	38874	17211	28027
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	56,47	88,16	107,81	46,36	75,78
	Бензину, т	21,18	32,41	39,65	16,18	28,59
	Електричної енергії, тис. кВт·год	10,59	16,21	18,27	8,61	14,18
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	16,94	27,24	32,34	1,35	22,74
	Аміачна селітра, т	28,23	43,22	49,24	24,33	34,38
14	Виробництво продукції, ц	22235	34681	42373	17728	29708
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	59,29	94,33	117,51	47,75	80,33
	Бензину, т	22,23	34,68	43,22	16,66	30,30
	Електричної енергії, тис. кВт·год	11,12	17,34	19,92	8,86	15,03
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	17,79	29,15	35,25	1,39	24,10
	Аміачна селітра, т	29,65	46,24	53,67	25,05	36,44
15	Виробництво продукції, ц	23346	37109	46187	18259	31491
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	62,26	100,94	128,09	49,18	85,15
	Бензину, т	23,35	37,11	47,11	17,16	32,12
	Електричної енергії, тис. кВт·год	11,67	18,55	21,71	9,13	15,93
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	18,68	31,19	38,43	1,43	25,55
	Аміачна селітра, т	31,13	49,48	58,50	25,81	38,63
16	Виробництво продукції, ц	24514	39707	50343	18807	33380
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					

## Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
	Дизельне паливо, т	65,37	108,00	139,62	50,65	90,26
	Бензину, т	24,51	39,71	51,35	17,68	34,05
	Електричної енергії, тис. кВт·год	12,26	19,85	23,66	9,40	16,89
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	19,61	33,37	41,89	1,47	27,08
	Аміачна селітра, т	32,68	52,94	63,77	26,58	40,95
17	Виробництво продукції, ц	25739	42486	54874	19371	35383
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	68,64	115,56	152,18	52,17	95,68
	Бензину, т	25,74	42,49	55,97	18,21	36,09
	Електричної енергії, тис. кВт·год	12,87	21,24	25,79	9,69	17,90
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	20,59	35,71	45,66	1,52	28,70
	Аміачна селітра, т	34,32	56,65	69,51	27,38	43,40
18	Виробництво продукції, ц	27026	45460	59813	19953	37506
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	72,07	123,65	165,88	53,74	101,42
	Бензину, т	27,03	45,46	61,01	18,76	38,26
	Електричної енергії, тис. кВт·год	13,51	22,73	28,11	9,98	18,98
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	21,62	38,21	49,76	1,56	30,42
	Аміачна селітра, т	36,04	60,61	75,76	28,20	46,01
19	Виробництво продукції, ц	28378	48642	65196	20551	39756
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	75,67	132,31	180,81	55,35	107,50
	Бензину, т	28,38	48,64	66,50	19,32	40,55
	Електричної енергії, тис. кВт·год	14,19	24,32	30,64	10,28	20,12
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	22,70	40,88	54,24	1,61	32,25
	Аміачна селітра, т	37,84	64,86	82,58	29,05	48,77
20	Виробництво продукції, ц	29797	52047	71064	21168	42142
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	79,46	141,57	197,08	57,01	113,95
	Бензину, т	29,80	52,05	72,49	19,90	42,98
	Електричної енергії, тис. кВт·год	14,90	26,02	33,40	10,58	21,32
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	23,84	43,74	59,13	1,66	34,19
	Аміачна селітра, т	39,73	69,40	90,01	29,92	51,69

## Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
21	Виробництво продукції, ц	31286	55691	77460	21803	44670
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	83,43	151,48	214,82	58,72	120,79
	Бензину, т	31,29	55,69	79,01	20,49	45,56
	Електричної енергії, тис. кВт·год	15,64	27,85	36,41	10,90	22,60
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	25,03	46,81	64,45	1,71	36,24
	Аміачна селітра, т	41,72	74,25	98,12	30,81	54,80
22	Виробництво продукції, ц	32851	59589	84431	22457	47350
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	87,60	162,08	234,16	60,48	128,04
	Бензину, т	32,85	59,59	86,12	21,11	48,30
	Електричної енергії, тис. кВт·год	16,43	29,79	39,68	11,23	23,96
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	26,28	50,08	70,25	1,76	38,41
	Аміачна селітра, т	43,80	79,45	106,95	31,74	58,08
23	Виробництво продукції, ц	34493	63760	92030	23130	50192
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	91,98	173,43	255,23	62,30	135,72
	Бензину, т	34,49	63,76	93,87	21,74	51,20
	Електричної енергії, тис. кВт·год	17,25	31,88	43,25	11,57	25,40
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	27,59	53,59	76,57	1,81	40,72
	Аміачна селітра, т	45,99	85,01	116,57	32,69	61,57
24	Виробництво продукції, ц	36218	68223	100313	23824	53203
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	96,58	185,57	278,20	64,17	143,86
	Бензину, т	36,22	68,22	102,32	22,39	54,27
	Електричної енергії, тис. кВт·год	18,11	34,11	47,15	11,91	26,92
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	28,97	57,34	83,46	1,87	43,16
	Аміачна селітра, т	48,29	90,96	127,06	33,67	65,26
25	Виробництво продукції, ц	38029	72999	109341	24539	56395
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	101,41	198,56	303,24	66,09	152,49
	Бензину, т	38,03	73,00	111,53	23,07	57,52

Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6
	Електричної енергії, тис. кВт·год	19,01	36,50	51,39	12,27	28,54
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	30,42	61,35	90,97	1,92	45,75
	Аміачна селітра, т	50,71	97,33	138,50	34,68	69,18
26	Виробництво продукції, ц	39930	78109	119181	25275	59779
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	106,48	212,46	330,53	68,07	161,64
	Бензину, т	39,93	78,11	121,56	23,76	60,97
	Електричної енергії, тис. кВт·год	19,97	39,05	56,02	12,64	30,25
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	31,94	65,65	99,16	1,98	48,49
	Аміачна селітра, т	53,24	104,15	150,96	35,72	73,33
27	Виробництво продукції, ц	41927	83577	129908	26034	63366
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	111,80	227,33	360,28	70,12	171,34
	Бензину, т	41,93	83,58	132,51	24,47	64,63
	Електричної енергії, тис. кВт·год	20,96	41,79	61,06	13,02	32,06
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	33,54	70,24	108,08	2,04	51,40
	Аміачна селітра, т	55,90	111,44	164,55	36,79	77,73
28	Виробництво продукції, ц	44023	89427	141599	26815	67168
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	117,39	243,24	392,70	72,22	181,62
	Бензину, т	44,02	89,43	144,43	25,21	68,51
	Електричної енергії, тис. кВт·год	22,01	44,71	66,55	13,41	33,99
	Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	35,22	75,16	117,81	2,10	54,49
	Аміачна селітра, т	58,70	119,24	179,36	37,90	82,39

## Модуль 2.

### Нормування та прогнозування витрат паливно-енергетичних ресурсів

#### Задача №3

**Тема:** Нормування витрат палива на транспортній операції.

Визначте норму витрати пального трактором (за зміну, на тонну перевезеного вантажу) за даними таблиці:

**Вихідні дані для розрахунку норми витрати палива**

Показник	Варіанти				
	1	2	3	4	5
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,1	16,3	9,3	12,9	13,1
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	2,4	2,4	1,3	1,4	1,5
Витрати часу за 1 рейс, год: при переїзді з вантажем	0,29	0,3	0,55	0,27	0,31
при переїзді без вантажу	0,21	0,22	0,4	0,2	0,26
при роботі двигуна на зупинках	0,36	0,35	0,33	0,38	0,40
Тривалість зміни, год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,8	0,85	0,6	0,75	0,76

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	6	7	8	9	10
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,2	16,4	9,4	13	13,2
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	2,4	2,4	1,3	1,4	1,5
Витрати часу за 1 рейс, год: при переїзді з вантажем	0,30	0,31	0,57	0,28	0,32
при переїзді без вантажу	0,19	0,20	0,36	0,18	0,24
при роботі двигуна на зупинках	0,37	0,35	0,33	0,39	0,41
Тривалість зміни, год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,82	0,87	0,62	0,77	0,78

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,3	16,5	9,5	13,1	13,3
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	2,4	2,4	1,3	1,4	1,5

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Витрати часу за 1 рейс,год: при переїзді з вантажем	0,29	0,3	0,55	0,27	0,31
при переїзді без вантажу	0,21	0,22	0,4	0,2	0,26
при роботі двигуна на зупинках	0,36	0,35	0,33	0,38	0,40
Тривалість зміни,год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,84	0,89	0,64	0,79	0,8

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	16	17	18	19	20
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,4	16,6	9,6	13,2	13,4
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	2,4	2,4	1,3	1,4	1,5
Витрати часу за 1 рейс,год: при переїзді з вантажем	0,33	0,34	0,62	0,30	0,35
при переїзді без вантажу	0,18	0,18	0,34	0,17	0,22
при роботі двигуна на зупинках	0,38	0,36	0,34	0,40	0,42
Тривалість зміни,год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,86	0,91	0,66	0,81	0,82

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	21	22	23	24	25
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,5	16,7	9,7	13,3	13,5
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	2,4	2,4	1,3	1,4	1,5
Витрати часу за 1 рейс,год: при переїзді з вантажем	0,34	0,35	0,64	0,32	0,36
при переїзді без вантажу	0,18	0,19	0,34	0,17	0,22
при роботі двигуна на зупинках	0,36	0,35	0,33	0,38	0,40
Тривалість зміни,год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,86	0,93	0,68	0,83	0,84

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	26	27	28	29	30
Витрати палива, кг/год: при переїзді з вантажем	23,8	16,2	9,9	13,0	13,9
при переїзді без вантажу	14,5	13,3	4,4	6,0	6,2
при роботі двигуна на зупинках	24	5,1	3,1	3,4	3,6
Витрати часу за 1 рейс, год: при переїзді з вантажем	0,35	0,36	0,67	0,33	0,38
при переїзді без вантажу	0,18	0,19	0,35	0,17	0,23
при роботі двигуна на зупинках	0,39	0,38	0,35	0,41	0,43
Тривалість зміни, год.	7	7	8	8	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12	9	4	6	6
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,86	0,93	0,68	0,83	0,84

## Задача №4

Розглянемо постійний рівень споживання ПЕР з випадковими відхиленнями (таблиця 3.1). Визначити прогнозуючу функцію у вигляді  $y = a$  та середньоквадратичне відхилення.

Таблиця 3.1

## Споживання ПЕР (т. у. п.) по місяцям

Варіант	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	90	111	99	89	87	84	104	102	95	114	103	112
2	91	112	100	91	89	86	106	101	94	113	106	115
3	92	113	101	93	91	88	108	100	93	112	109	118
4	93	114	102	95	93	90	110	99	92	111	112	121
5	94	115	103	97	95	92	112	98	91	110	115	124
6	95	116	104	99	97	94	114	97	90	109	118	127
7	96	117	105	101	99	96	116	96	89	108	121	130
8	97	118	106	103	101	98	118	95	88	107	124	133
9	98	119	107	105	103	100	120	94	87	106	127	136
10	99	120	108	107	105	102	122	93	86	105	130	139
11	100	122	110	109	107	104	124	94	87	106	131	140
12	101	124	112	111	109	106	126	95	88	107	132	141



Продовження таблиці

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
13	102	126	114	113	111	108	128	96	89	108	133	142
14	103	128	116	115	113	110	130	97	90	109	134	143
15	104	130	118	117	115	112	132	98	91	110	135	144
16	105	132	120	119	117	114	134	99	92	111	136	145
17	106	134	122	121	119	116	136	100	93	112	137	146
18	107	136	124	123	121	118	138	101	94	113	138	147
19	108	138	126	125	123	120	140	102	95	114	139	148
20	109	140	128	127	125	122	142	103	96	115	140	149
21	110	142	130	129	127	124	144	104	97	116	141	150
22	111	144	132	131	129	126	146	105	98	117	142	151
23	112	146	134	133	131	128	148	106	99	118	143	152
24	113	148	136	135	133	130	150	107	100	119	144	153
25	116	150	138	137	135	132	152	108	101	120	145	154
26	119	152	140	139	137	134	154	109	102	121	146	155
27	122	154	142	141	139	136	156	110	103	122	147	156
28	125	156	144	143	141	138	158	111	104	123	148	157
29	128	158	146	145	143	140	160	112	105	124	149	158
30	131	160	148	147	145	142	162	113	106	125	150	159

**Задача №5**

Розглянемо споживання ПЕР, що має тенденцію до зростання за наявності випадкових відхилень (таблиця 3.2). Визначити лінійну прогноуючу функцію у вигляді та середньоквадратичне відхилення.

Таблиця 3.2

**Споживання ПЕР (т. у. п.) по місяцям**

<b>Варіант</b>	<b>Місяць</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>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	201	205	200	211	214	196	315	223	221	257	224	238
2	202	206	201	213	216	198	317	222	220	256	227	241
3	203	207	202	215	218	200	319	221	219	255	230	244
4	204	208	203	217	220	202	321	220	218	254	233	247
5	205	209	204	219	222	204	323	219	217	253	236	250
6	206	210	205	221	224	206	325	218	216	252	239	253
7	207	211	206	223	226	208	327	217	215	251	242	256
8	208	212	207	225	228	210	329	216	214	250	245	259
9	209	213	208	227	230	212	331	215	213	249	248	262
10	210	214	209	229	232	214	333	214	212	248	251	265

Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	211	216	211	231	234	216	335	215	213	249	252	266
12	212	218	213	233	236	218	337	216	214	250	253	267
13	213	220	215	235	238	220	339	217	215	251	254	268
14	215	222	217	238	241	223	343	220	218	255	258	271
15	217	224	219	241	244	226	347	223	221	259	262	274
16	219	226	221	244	247	229	351	226	224	263	266	277
17	221	228	223	247	250	232	355	229	227	267	270	280
18	223	230	225	250	253	235	359	232	230	271	274	283
19	225	232	227	253	256	238	363	235	233	275	278	286
20	227	234	229	256	259	241	367	238	236	279	282	289
21	229	236	231	259	262	244	371	241	239	283	286	292
22	231	238	233	262	265	247	375	244	242	287	290	295
23	233	240	235	265	268	250	379	247	245	291	294	298
24	235	242	237	268	271	253	383	250	248	295	298	301
25	237	244	239	271	274	256	387	253	251	299	302	304
26	239	246	241	274	277	259	391	256	254	303	306	307
27	241	248	243	277	280	262	395	259	257	307	310	310
28	243	250	245	280	283	265	399	262	260	311	314	313
29	245	252	247	283	286	268	403	265	263	315	318	316
30	247	254	249	286	289	271	407	268	266	319	322	319

**Задача №6**

Розглянемо періодичну поведінку споживання ПЕР (таблиця 3.4).  
Визначити лінійну прогнозуючу функцію у вигляді та середньоквадратичне відхилення.

Таблиця 3.4

**Споживання ПЕР (т. у. п.) по місяцям**

Варіант	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	72	83	92	107	114	129	91	108	116	79	92	93
2	73	84	93	109	116	131	93	107	115	78	95	96
3	74	85	94	111	118	133	95	106	114	77	98	99
4	75	86	95	113	120	135	97	105	113	76	101	102
5	76	87	96	115	122	137	99	104	112	75	104	105
6	77	88	97	117	124	139	101	103	111	74	107	108
7	78	89	98	119	126	141	103	102	110	73	110	111
8	79	90	99	121	128	143	105	101	109	72	113	114

Продовження таблиці

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
9	80	91	100	123	130	145	107	100	108	71	116	117
10	81	92	101	125	132	147	109	99	107	70	119	120
11	82	94	103	127	134	149	111	100	108	71	120	121
12	83	96	105	129	136	151	113	101	109	72	121	122
13	84	98	107	131	138	153	115	102	110	73	122	123
14	86	100	109	134	141	156	119	105	113	77	126	126
15	88	102	111	137	144	159	123	108	116	81	130	129
16	90	104	113	140	147	162	127	111	119	85	134	132
17	92	106	115	143	150	165	131	114	122	89	138	135
18	94	108	117	146	153	168	135	117	125	93	142	138
19	96	110	119	149	156	171	139	120	128	97	146	141
20	98	112	121	152	159	174	143	123	131	101	150	144
21	100	114	123	155	162	177	147	126	134	105	154	147
22	102	116	125	158	165	180	151	129	137	109	158	150
23	104	118	127	161	168	183	155	132	140	113	162	153
24	106	120	129	164	171	186	159	135	143	117	166	156
25	108	122	131	167	174	189	163	138	146	121	170	159
26	110	124	133	170	177	192	167	141	149	125	174	162
27	112	126	135	173	180	195	171	144	152	129	178	165
28	114	128	137	176	183	198	175	147	155	133	182	168
29	116	130	139	179	186	201	179	150	158	137	186	171
30	118	132	141	182	189	204	183	153	161	141	190	174

**Задача №7**

Розглянемо періодичну поведінку споживання ПЕР при загальній тенденції до зростання (таблиця 3.5). Визначити лінійну прогнозуючу функцію у вигляді та середньоквадратичне відхилення.

Таблиця 3.5

**Споживання ПЕР (т. у. п.) по місяцям**

<b>Варіант</b>	<b>Місяць</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>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	500	507	519	523	538	551	546	549	525	543	543	561
2	501	508	520	525	540	553	548	548	524	542	546	564
3	502	509	521	527	542	555	550	547	523	541	549	567
4	503	510	522	529	544	557	552	546	522	540	552	570
5	504	511	523	531	546	559	554	545	521	539	555	573

Продовження таблиці

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	505	512	524	533	548	561	556	544	520	538	558	576
7	506	513	525	535	550	563	558	543	519	537	561	579
8	507	514	526	537	552	565	560	542	518	536	564	582
9	508	515	527	539	554	567	562	541	517	535	567	585
10	509	516	528	541	556	569	564	540	516	534	570	588
11	510	518	530	543	558	571	566	541	517	535	571	589
12	511	520	532	545	560	573	568	542	518	536	572	590
13	512	522	534	547	562	575	570	543	519	537	573	591
14	514	524	536	550	565	578	574	546	522	541	577	594
15	516	526	538	553	568	581	578	549	525	545	581	597
16	518	528	540	556	571	584	582	552	528	549	585	600
17	520	530	542	559	574	587	586	555	531	553	589	603
18	522	532	544	562	577	590	590	558	534	557	593	606
19	524	534	546	565	580	593	594	561	537	561	597	609
20	526	536	548	568	583	596	598	564	540	565	601	612
21	528	538	550	571	586	599	602	567	543	569	605	615
22	530	540	552	574	589	602	606	570	546	573	609	618
23	532	542	554	577	592	605	610	573	549	577	613	621
24	534	544	556	580	595	608	614	576	552	581	617	624
25	536	546	558	583	598	611	618	579	555	585	621	627
26	538	548	560	586	601	614	622	582	558	589	625	630
27	540	550	562	589	604	617	626	585	561	593	629	633
28	542	552	564	592	607	620	630	588	564	597	633	636
29	544	554	566	595	610	623	634	591	567	601	637	639
30	546	556	568	598	613	626	638	594	570	605	641	642

### Модуль 3.

#### Енергозберігаюча техніка та поновлювальні джерела енергії

#### Задача №8

**Тема:** оцінка енергетичної та економічної ефективності застосування теплових насосів.

Розрахувати і дати оцінку енергетичної та економічної ефективності застосування теплового насоса (ТН) в системі утилізації теплоти стічних (оборотних) вод. Споживач теплоти, виробленої ТН - гаряче водопостачання підприємства і прилеглих об'єктів. Вихідні дані, необхідні для розрахунків, представлені в табл. 1.

## Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		1	2	3	4	5
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /год	60	80	100	30	20
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	10	8	12	6	18
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,8	0,85	0,7	0,95	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	5000	6000	7000	3000	4000
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання $\eta_{\text{ті}}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{\text{тс}}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{\text{ен}}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{\text{ес}}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,035	0,04	0,03	0,025	0,045
Ціна теплової енергії $C_o$	у.о./ГДж	8,3	9,3	6,5	6,0	10,0
процентна ставка по кредиту $A$	%	15	15	15	15	15
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний

## Продовження таблиці

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		6	7	8	9	10
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /год	50	70	90	40	30
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	10	8	12	6	18
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,7	0,75	0,74	0,85	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	5500	6500	7500	3500	6000
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела тепlopостачання $\eta_{\text{ті}}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{\text{тс}}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{\text{ен}}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{\text{ес}}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15
Ціна теплової енергії, $C_o$	у.о./ГДж	83	70	65	60	100
Процентна ставка по кредиту $A$	%	12	13	14	15	16
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний

## Продовження таблиці

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		11	12	13	14	15
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /ГОД	58,5	81,9	105,3	46,8	35,1
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	11	9	13	7	17
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,7	0,75	0,74	0,85	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	5913	6240	7125	3920	6180
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4	4,5	5	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання $\eta_{ті}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{тс}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{ен}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{ес}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,104	0,1248	0,1352	0,1456	0,156
Ціна теплової енергії, $C_o$	у.о./ГДж	85,49	72,1	66,95	61,8	103
Процентна ставка по кредиту $A$	%	12	13	14	15	16
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний

## Продовження таблиці

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		16	17	18	19	20
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /ГОД	68,4	95,8	123,2	54,8	41,1
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	12	10	14	8	16
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,7	0,75	0,74	0,85	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	6356	5990	6769	4390	6365
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4	4,5	5	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання $\eta_{ті}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{тс}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{ен}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{ес}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,108	0,130	0,141	0,151	0,162
Ціна теплової енергії, $C_o$	у.о./ГДж	88,05	74,26	68,96	63,65	106,09
Процентна ставка по кредиту $A$	%	12	13	14	15	16
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний



## Продовження таблиці

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		21	22	23	24	25
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /ГОД	80,1	112,1	144,1	64,1	48,0
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	13	11	15	9	15
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,7	0,75	0,74	0,85	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	6833	5751	6430	4917	6556
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4	4,5	5	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання $\eta_{ті}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{тс}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{ен}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{ес}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,112	0,135	0,146	0,157	0,169
Ціна теплової енергії, $C_o$	у.о./ГДж	90,70	76,49	71,03	65,56	109,27
Процентна ставка по кредиту $A$	%	12	13	14	15	16
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний

Параметр	Одиниця вимірювання	Варіант				
		26	27	28	29	30
Обсяг ТВЕР (стічних вод) $G$	м <sup>3</sup> /ГОД	93,7	131,2	168,6	75,0	56,2
Глибина охолодження потоку $\Delta t$	°С	14	12	16	10	14
Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР $R$	-	0,7	0,75	0,74	0,85	0,75
Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР $n$	год	7345	5521	6109	5507	6753
Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН $\varepsilon$		3,5	4	4,5	5	4,5
Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання $\eta_{тi}$	-	0,85	0,8	0,87	0,75	0,7
ККД теплової мережі $\eta_{тс}$	-	0,9	0,85	0,9	0,86	0,8
ККД джерела електричної енергії $\eta_{ен}$	-	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
ККД передачі і трансформації електричної енергії $\eta_{ес}$	-	0,9	0,9	0,9	0,89	0,91
Ціна електричної енергії $C_e$	у.о./кВт·год	0,117	0,140	0,152	0,164	0,175
Ціна теплової енергії, $C_o$	у.о./ГДж	93,42	78,79	73,16	67,53	112,55
Процентна ставка по кредиту $A$	%	12	13	14	15	16
Тип ТН та тип компресора	-	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, поршневий	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний	Вода-вода, спіральний

### Задача №9

**Тема:** оцінка заощадження паливно-енергетичних ресурсів при застосуванні сонячного водонагрівача на молочній фермі.

Визначити заощадження паливно-енергетичних ресурсів при застосуванні сонячного водонагрівача на молочній фермі, якщо:

температура гарячої води становить  $50^{\circ}\text{C}$ ;

кількість днів в сезоні: весна – 92, літо – 92, осінь – 91; зима – 90;

середня інтенсивність сонячної радіації у безхмарні дні, Вт·год/(доба·м<sup>2</sup>): весна – 4010, літо – 4360, осінь – 4010; зима – 2870;

інтенсивність дифузійної радіації Вт·год/(доба·м<sup>2</sup>): весна – 260, літо – 400, осінь – 260; зима – 210;

кут  $i$ , град: весна – 20, літо – 30, осінь – 20; зима – 10.

Сонячною радіацією замінена електроенергія. Визначити максимальну допустиму вартість геліоустановки за коефіцієнта ефективності капітальних вкладень 0,15. Кліматичні умови та площа сонячного колектора подані у таблиці. ККД колектора визначити за графіком.

Таблиця

#### Кліматичні умови.

Показник	Варіанти				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53
Температура холодної води, $^{\circ}\text{C}$ :					
весна	10,0	9,5	9,0	10,5	11,0
літо	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0
осінь	10,0	9,5	9,0	10,5	11,0
зима	2,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Середня температура повітря, $^{\circ}\text{C}$ :					
весна	10,0	9,5	9,0	10,5	11,0
літо	21,0	20,5	19,5	19,5	19,0
осінь	9,0	8,5	7,0	9,5	10,0
зима	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	240	250	260	270	280

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	4	4,5	5,0	5,5	6,0
Тип сонячного колектора	1	1	1	1	1
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	6	7	8	9	10
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53
Температура холодної води, °С:					
весна	10,2	9,7	9,2	10,7	11,2
літо	20,2	19,7	19,2	18,7	18,2
осінь	10,2	9,7	9,2	10,7	11,2
зима	2,2	1,7	2,2	2,7	3,2
Середня температура повітря, °С:					
весна	10	9,5	9	10,5	11
літо	21	20,5	19,5	19,5	19
осінь	9	8,5	7	9,5	10
зима	0,1	0,6	1,1	1,6	2,1
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	255	265	275	285	295
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	4,5	4,5	5	5,5	6
Тип сонячного колектора	2	2	2	2	2
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Температура холодної води, °С:					
весна	10,4	9,9	9,4	10,9	11,4
літо	20,4	19,9	19,4	18,9	18,4
осінь	10,4	9,9	9,4	10,9	11,4
зима	2,4	1,9	2,4	2,9	3,4
Середня температура повітря, °С:					
весна	10	9,5	9	10,5	11
літо	21	20,5	19,5	19,5	19
осінь	9	8,5	7	9,5	10
зима	0,2	0,7	1,2	1,7	2,2
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	270	280	290	300	310
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	5	5	5,5	6	6,5
Тип сонячного колектора	2	2	2	2	2
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	16	17	18	19	20
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53
Температура холодної води, °С:					
весна	10,6	10,1	9,6	11,1	11,6
літо	20,6	20,1	19,6	19,1	18,6
осінь	10,6	10,1	9,6	11,1	11,6
зима	2,6	2,1	2,6	3,1	3,6
Середня температура повітря, °С:					
весна	10	9,5	9	10,5	11
літо	21	20,5	19,5	19,5	19
осінь	9	8,5	7	9,5	10
зима	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	285	295	305	315	325
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	5,5	5,5	6	6,5	7
Тип сонячного колектора	1	1	1	1	1
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	21	22	23	24	25
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53
Температура холодної води, °С:					
весна	10,8	10,3	9,8	11,3	11,8
літо	20,8	20,3	19,8	19,3	18,8
осінь	10,8	10,3	9,8	11,3	11,8
зима	2,8	2,3	2,8	3,3	3,8
Середня температура повітря, °С:					
весна	10	9,5	9	10,5	11
літо	21	20,5	19,5	19,5	19
осінь	9	8,5	7	9,5	10
зима	0,4	0,9	1,4	1,9	2,4
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	300	310	320	330	340
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	6	6	6,5	7	7,5
Тип сонячного колектора	2	2	2	2	2
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16

## Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6
Середня кількість сонячних днів за сезон:					
весна	77	76	75	74	73
літо	89	88	87	86	85
осінь	67	66	65	64	63
зима	57	56	55	54	53
Температура холодної води, °С:					
весна	11,0	10,5	10,0	11,5	12,0
літо	21,0	20,5	20,0	19,5	19,0
осінь	11,0	10,5	10,0	11,5	12,0
зима	3,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Середня температура повітря, °С:					

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
весна	10	9,5	9	10,5	11
літо	21	20,5	19,5	19,5	19
осінь	9	8,5	7	9,5	10
зима	0,5	1	1,5	2	2,5
Середньодобова потреба у гарячій воді, л	315	325	335	345	355
Площа сонячного колектора, м <sup>2</sup>	6,5	4,5	5	5,5	6
Тип сонячного колектора	1	1	1	1	1
Ціна електричної енергії, у.о./кВт·год	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14

### Задача №10

**Тема:** визначення річного обсягу виробництва електричної енергії ВЕС.

Середньодобова швидкість вітру змінюється за законом

$$v = a + b \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{183}\right), \text{ м/с,}$$

де  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти;

$t$  – порядковий номер доби року.

За вихідними даними таблиці, визначити річне виробництво електричної енергії вітроагрегатом з урахуванням температури навколишнього середовища. Порівняти отримані результати з:

- виробництвом електричної енергії без урахування температури навколишнього середовища;
- виробництвом електричної енергії за середньорічної швидкості вітру.

Таблиця

### Вихідні дані

Показник	Варіанти				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	+1	+2

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	21	20	19	18	17
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	14	16	18	20	22
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	6	7	8	9	10
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	8,2	8,7	9,2	9,7	10,2
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,9	5,15	5,4	5,65	5,9
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4	4,5	5	5,25
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	1	2
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	20,5	19,5	18,5	17,5	16,5
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	15	17	19	21	23
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	11	12	13	14	15
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,8	5,05	5,3	5,55	5,8
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4	4,5	5	5,25
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	1	2
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	20	19	18	17	16
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	16	18	20	22	24
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,39	0,4	0,41	0,42	0,43
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94



Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	16	17	18	19	20
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,7	4,95	5,2	5,45	5,7
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4	4,5	5	5,25
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	1	2
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	20,2	19,2	18,2	17,2	16,2
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	17	19	21	23	25
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,38	0,39	0,4	0,41	0,42
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	21	22	23	24	25
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,6	4,85	5,1	5,35	5,6
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4	4,5	5	5,25
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	1	2
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	20,4	19,4	18,4	17,4	16,4
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	19	21	23	25	27
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94

Продовження таблиці

Показник	Варіанти				
	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	9	9,5	10	10,5	11
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,5	4,75	5	5,25	5,5

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	3,5	4	4,5	5	5,25
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0	-1	-2	1	2
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	20,6	19,6	18,6	17,6	16,6
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	21	23	25	27	29
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,36	0,37	0,38	0,39	0,4
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90	91	92	93	94

## ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

### Модуль 1. Загальні принципи енергетичного менеджменту

#### Задача №1

**Тема:** визначення енергетичної ефективності насосної станції.

Визначити фактичну добову енергетичну ефективність та коефіцієнт корисної дії насосної станції, що подає воду в резервуар водопостачання молочної ферми, за даними таблиці:

Таблиця

**Вихідні дані для розрахунку енергетичної ефективності та коефіцієнту корисної дії насосної станції**

Показник	Значення
Добова витрата енергії, $W$ , кВт·год	495
Тривалість роботи насоса протягом доби, $T$ , год.	16
Витрата часу для підйому $1 \text{ м}^3$ води, $t$ , год	0,007
Висота підйому води, $h$ , м.	42
Період холостого ходу, $T_{xx}$ , год.	0,1
Витрата енергії в період холостого ходу, $W_{xx}$ , кВт·год.	0,6

#### Розв'язання

Обсяг води, що була подана в резервуар

$$V = \frac{T - T_{xx}}{t} = \frac{16 - 0,1}{0,007} = 2271,4 \text{ м}^3.$$

Потенційна енергія води в резервуарі

$$E = \rho \cdot V \cdot g \cdot h \cdot 10^{-6}, \text{ МДж},$$

де  $\rho$  – густина води,  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ ;

Після підстановки отримаємо

$$E = 1000 \cdot 2271,4 \cdot 9,81 \cdot 42 \cdot 10^{-6} = 935,86 \text{ МДж}.$$

Добова витрата електричної енергії (МДж)

$$E_{ee} = W \cdot 3,6 = 495 \cdot 3,6 = 1782,0, \text{ МДж}.$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності насосної станції

$$\eta_{ee} = \frac{E}{E_{ee}} = \frac{935,86}{1782,0} = 0,525.$$

Потужність електродвигуна насосу під час роботи під навантаженням

$$N_H = \frac{W - W_{xx}}{T - T_{xx}} = \frac{495 - 0,6}{16 - 0,1} = 31,09 \text{ кВт.}$$

Потужність, що потрібна для підйому води

$$N_n = \frac{\rho \cdot V \cdot h \cdot g}{t \cdot 3,6 \cdot 10^3} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 9,81 \cdot 42}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,007} = 16350 \text{ Вт} = 16,35 \text{ кВт.}$$

ККД насосної станції

$$\eta = \frac{N_n}{N_H} = \frac{16,35}{31,09} = 0,526.$$

## Задача №2

**Тема:** визначення енергоємності виробництва.

За вихідними даними таблиці, визначити енергоємність виробництва озимої пшениці (МДж/ц), визначити коефіцієнт лінійної кореляції енергоємності від обсягів виробництва та енергоємності продукції від витрат енергетичних ресурсів.

Таблиця

### Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Показник	Роки				
		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	6
1	Виробництво продукції, ц	20000	21950	20050	18720	20150
	Витрата енергоресурсів на виробництво, у т.ч.:					
	Дизельне паливо, т	45,4	49,5	47,5	46,1	49,1

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Бензину, т	10,3	14,0	12,8	10,4	13,2
Електричної енергії, тис. кВт·год	18,0	16,1	16,8	15,2	16,0
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	8,0	9,4	8,7	8,3	9,3
Аміачна селітра, т	60	55	50	51	49

## Розв'язання

Визначимо витрати енергетичних ресурсів по роках.

Витрата енергії паливами становить

$$Q_n = Q_{ni}^P \cdot m_{ni} \quad , \text{ГДж}$$

де  $Q_{ni}^P$  - нижча теплота згорання  $i$ -го виду палива, мДж/кг;

$m_{ni}$  - річна витрата палива  $i$ -го виду, т.

Для природного газу

$$Q_{nr} = Q_{nnr}^P \cdot V_{nr}$$

де  $Q_{nnr}^P$  - питома теплота згорання природного газу,  $Q_{nnr}^P = 33,6$  мДж/м<sup>3</sup>;

$V_{nr}$  - річна витрата природного газу, тис. м<sup>3</sup>.

Нижча теплота згорання моторних палив, МДж/кг:

- дизельне паливо – 42,5.
- бензин – 44,0.

Кількість енергії, що містить електрична енергія

$$Q_{ee} = W \cdot \xi \quad , \text{ГДж}$$

де  $W$  – річне споживання електричної енергії, тис.кВт·год;

$\xi$  - енергетичний еквівалент,  $\xi = 3,6$  МДж/ (кВт·год).

Непрямі витрати енергії з аміачною селітрою

$$Q_g = M_g \cdot \xi_g, \text{ ГДж}$$

де  $M_g$  - річна витрата аміачної селітри, т;

$\xi_g$  - енергетичний еквівалент аміачної селітри,  $\xi_g = 27,6$  МДж/кг.

Результати розрахунку заносимо в таблицю.

Таблиця

### Витрати енергетичних ресурсів

Показник	Витрата	Теплота згоряння, або енергетичний еквіваленте, МДж/кг (МДж/м <sup>3</sup> )	Значення, ГДж
1	2	3	4
<b>Рік 1</b>			
Дизельне паливо, т	45,4	42,5	1929,5
Бензину, т	10,3	44	453,2
Електричної енергії, тис. кВт×год	18	3,6	64,8
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	8	33,6	268,8
Аміачна селітра, т	60	27,6	1656
<b>Всього:</b>			<b>4372,3</b>
<b>Рік 2</b>			
Дизельне паливо, т	49,5	42,5	2103,75
Бензину, т	14	44	616
Електричної енергії, тис. кВт×год	16,1	3,6	57,96
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	9,4	33,6	315,84
Аміачна селітра, т	55	27,6	1518
<b>Всього:</b>			<b>4611,55</b>
<b>Рік 3</b>			
Дизельне паливо, т	47,5	42,5	2018,75
Бензину, т	12,8	44	563,2
Електричної енергії, тис. кВт×год	16,8	3,6	60,48
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	8,7	33,6	292,32
Аміачна селітра, т	50	27,6	1380

Продовження таблиці

1	2	3	4
<b>Всього:</b>			<b>4314,75</b>
<b>Рік 4</b>			
Дизельне паливо, т	46,1	42,5	1959,25
Бензину, т	10,4	44	457,6
Електричної енергії, тис. кВт×год	15,2	3,6	54,72
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	8,3	33,6	278,88
Аміачна селітра, т	51	27,6	1407,6
<b>Всього:</b>			<b>4158,05</b>
<b>Рік 5</b>			
Дизельне паливо, т	49,1	42,5	2086,75
Бензину, т	13,2	44	580,8
Електричної енергії, тис. кВт×год	16	3,6	57,6
Природний газ, тис. м <sup>3</sup>	9,3	33,6	312,48
Аміачна селітра, т	49	27,6	1352,4
<b>Всього:</b>			<b>4390,03</b>

Визначимо енергоємність пшениці по роках за формулою

$$E_n = \frac{Q}{M_n}, \quad \text{ГДж/ц,}$$

де  $Q$  – витрати енергії на виробництво пшениці, ГДж;

$M_n$  - урожай пшениці, ц.

Результати розрахунків енергоємності пшениці зведемо в таблицю.

Таблиця

### Енергоємність пшениці

Рік	Урожай, ц	Витрата енергії, ГДж	Енергоємність урожаю, ГДж/ц
1	20000	4372,3	0,2186
2	21950	4611,55	0,2101
3	20050	4314,75	0,2152
4	18720	4158,05	0,2221
5	20150	4390,03	0,2179

**Коефіцієнт кореляції** – показник, який використовують для вимірювання щільності зв'язку між результативними і факторними ознаками у кореляційно-регресійній моделі за лінійної залежності. За абсолютною величиною коефіцієнту кореляції коливається в межах від -1 до +1. Чим ближчий цей показник до 0, тим менший зв'язок, чим ближчий він до  $\pm 1$  – тим зв'язок тісніший. Знак «плюс» при коефіцієнті кореляції означає прямий зв'язок між ознаками  $x$  і  $y$ , знак «мінус» – обернений.

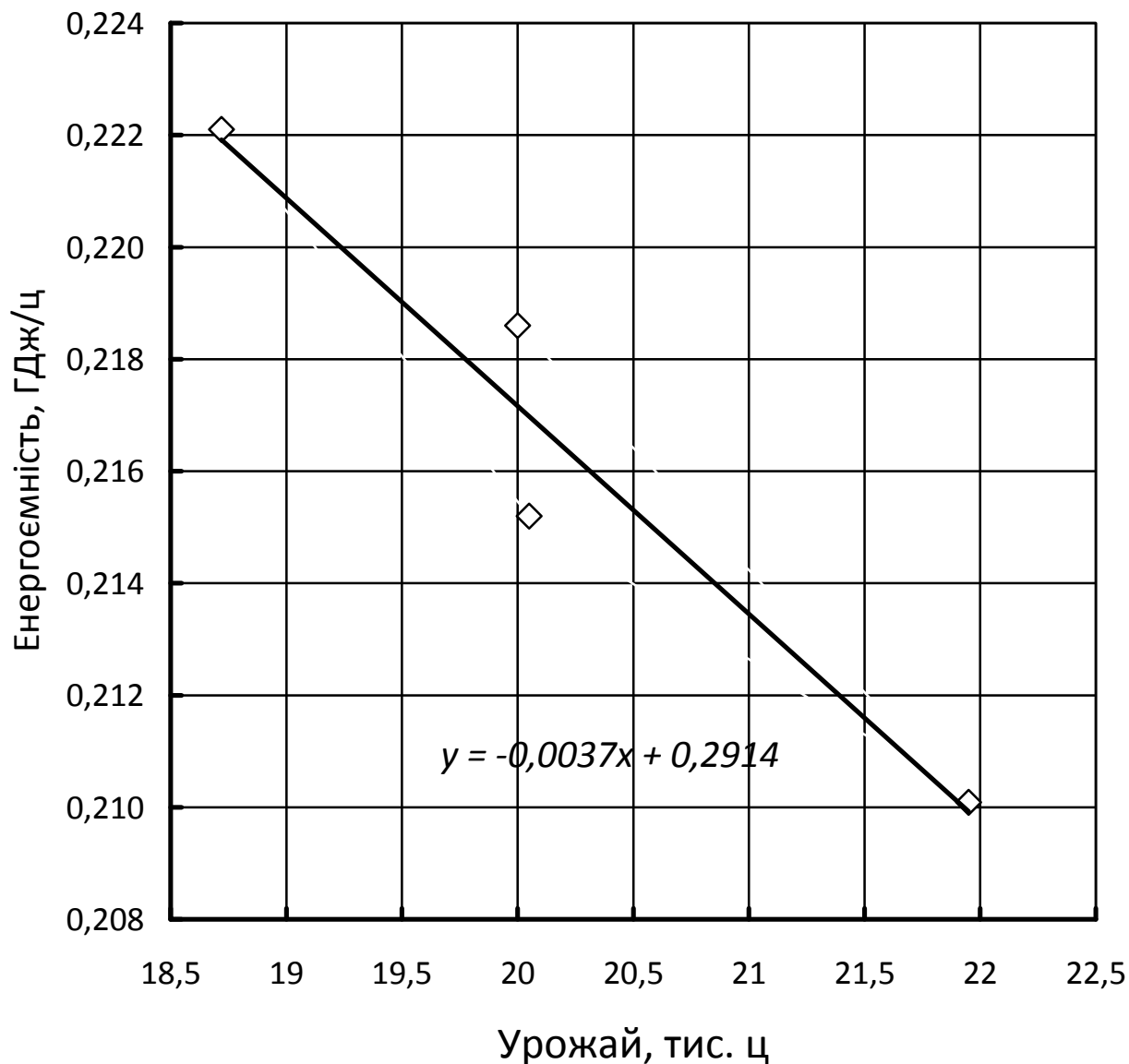
Уперше коефіцієнт кореляції як показник щільності зв'язку використав К. Пірсон. Спочатку досліджувалася прямолінійна залежність, пов'язана із законом нормального розподілу (А. Браве, К. Пірсон, В. Шеппард та ін.), відтак виникла потреба в дослідженні й нелінійних залежностей. Для вимірювання щільності зв'язку нелінійних залежностей Пірсон запропонував кореляційне відношення із розробкою методів аналізу взаємозв'язку двох змінних було запропоновано теорію часткових і чистих коефіцієнтів кореляції, а також теорію множинної (багатофакторної) кореляції.

Коефіцієнт кореляції між досліджуваними ознаками повинен мати високий рівень достовірності (надійності). Для оцінки достовірності коефіцієнту кореляції обчислюють відношення коефіцієнта до його середньої помилки. Якщо воно дорівнює або більше 3, коефіцієнт кореляції вважають достовірним, тобто зв'язок між досліджуваними ознаками доведений. Якщо відношення менше 3, то не можна зробити висновку про достовірність зв'язку між досліджуваними ознаками. Для більшої надійності досліджень слід брати величину відношення коефіцієнту кореляції до його середньої помилки не 3, а 4. Якщо відношення коефіцієнту кореляції до його середньої помилки більше 3, а число спостережень більше 50, то вважають, що розрахований лінійний коефіцієнту кореляції відображає істотний тісний зв'язок.

Розрахунок коефіцієнта лінійної кореляції залежності енергоємності від урожаю виконаємо в табличній формі.

Визначаємо енергоємність від рівню урожаю графічним методом з використанням Excel (рис. 1).





**Рис. 1. Залежність енергоємності урожаю, від рівню урожаю.**

Таблиця

**Розрахунок коефіцієнта лінійної кореляції**

Рік	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	20000	0,218615	400000000	0,04779	4372,3
2	21950	0,210093394	481802500	0,04414	4611,6
3	20050	0,215199501	402002500	0,04631	4314,8
4	18720	0,222118056	350438400	0,04934	4158,1
5	20150	0,217867494	406022500	0,04747	4390
<b>Разом</b>	<b>100870</b>	<b>1,083893445</b>	<b>2040265900</b>	<b>0,23505</b>	<b>21847</b>

Визначаємо коефіцієнт лінійної кореляції за формулою

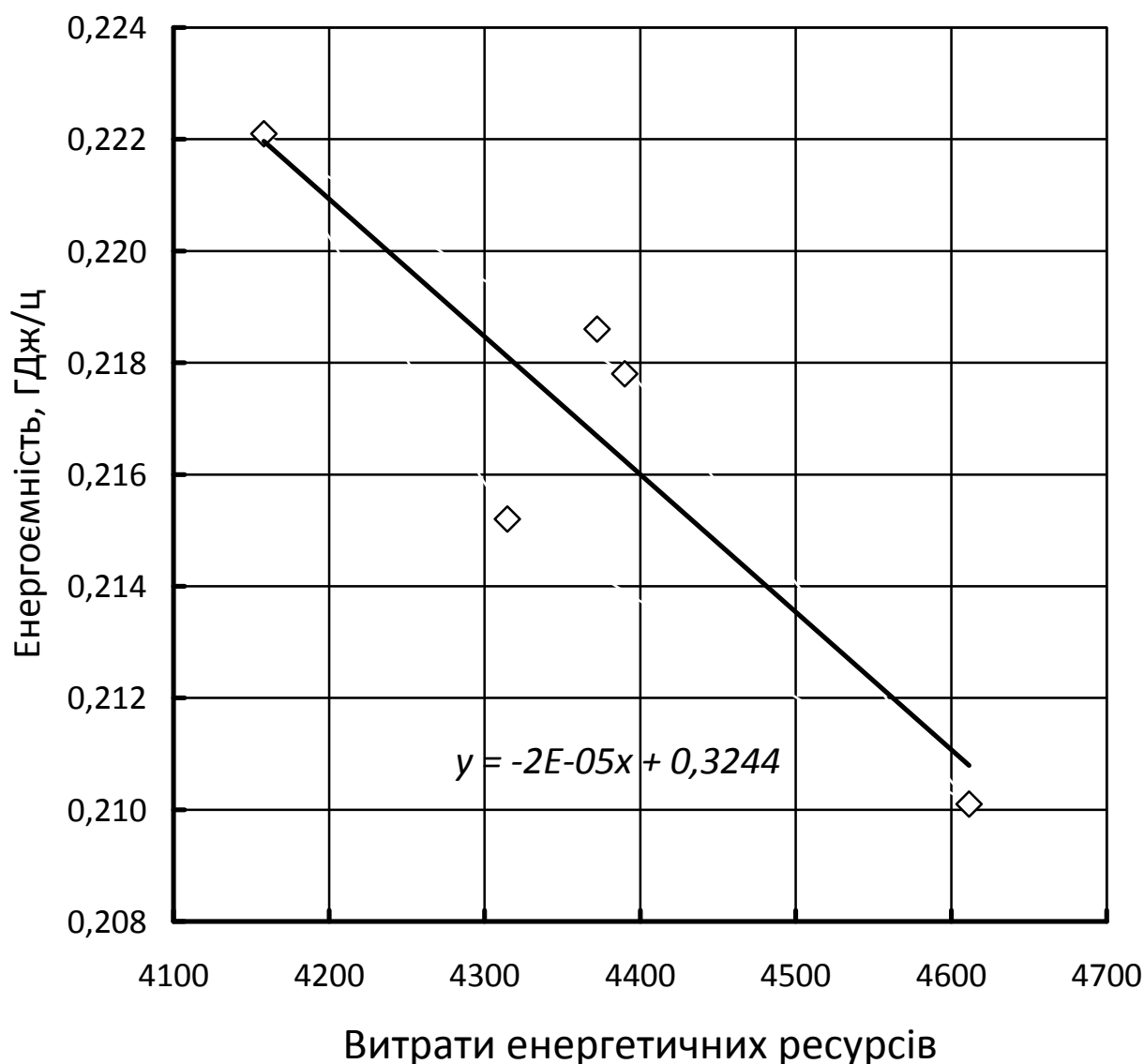
$$r = \frac{n \cdot \sum (X_i \cdot Y_i) - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{\sqrt{\left[ n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 \right] \cdot \left[ n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 \right]}}$$

Після підстановки отримаємо

$$r = \frac{5 \cdot 21847 - 100870 \cdot 1,08389}{\sqrt{\left[ 5 \cdot 2040265900 - 100870^2 \right] \cdot \left[ 5 \cdot 0,23505 - 1,08389^2 \right]}} = -0,9581.$$

Ступінь лінійного зв'язку висока.

Визначаємо енергоємність від рівню урожаю графічним методом з використанням Excel (рис. 2).



**Рис. 2. Залежність енергоємності від витрат енергетичних ресурсів.**

Розрахунок коефіцієнта лінійної кореляції залежності енергоємності від витрат енергетичних ресурсів виконаємо в табличній формі.

Таблиця

### Розрахунок коефіцієнта лінійної кореляції

Рік	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	4372,3	0,218615	19117007,3	0,04779	955,85
2	4611,55	0,210093394	21266393,4	0,04414	968,86
3	4314,75	0,215199501	18617067,6	0,04631	928,53
4	4158,05	0,222118056	17289379,8	0,04934	923,58
5	4390,03	0,217867494	19272363,4	0,04747	956,44
<b>Разом</b>	<b>21846,68</b>	<b>1,083893445</b>	<b>95562211,5</b>	<b>0,23505</b>	<b>4733</b>

Після підстановки отримаємо

$$r = \frac{5 \cdot 4733 - 21846,68 \cdot 1,08389}{\sqrt{[5 \cdot 95562211,5 - 21846,68^2] \cdot [5 \cdot 0,23505 - 1,08389^2]}} = -0,8997.$$

Ступінь лінійного зв'язку висока.

## Модуль 2.

### Задача №3

Визначте норму витрати пального трактором (за зміну, на тонну перевезеного вантажу) за даними таблиці:

Таблиця

### Вихідні дані для розрахунку норми витрати палива

Показник	Варіанти1
1	2
Кількість виконаних рейсів за зміну	4
Витрати палива, кг/год.:	25,0
при переїзді з вантажем	
при переїзді без вантажу	14,2
при роботі двигуна на зупинках	7,2
Витрати часу за 1 рейс, год.:	0,25
при переїзді з вантажем	

Продовження таблиці

1	2
при переїзді без вантажу	0,18
при роботі двигуна на зупинках	0,41
Тривалість зміни, год.	8
Вантажопідйомність причепа, т.	12
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,8

## Розв'язання

Витрата палива за один рейс

$$B = B_v \cdot T_v + B_n \cdot T_n + B_x \cdot T_x,$$

де  $B_v$ ,  $B_n$ ,  $B_x$  – погодинна витрата палива відповідно при перевезенні вантажу, переїзді без вантажу та при роботі двигуна на зупинці;

$T_v$ ,  $T_n$ ,  $T_x$  – витрата часу за один рейс відповідно при перевезенні вантажу, переїзді без вантажу та при роботі двигуна на зупинці.

Після підстановок отримаємо

$$B = 25 \cdot 0,25 + 14,2 \cdot 0,18 + 7,2 \cdot 0,41 = 11,76 \text{ кг/рейс.}$$

Кількість рейсів за зміну

$$n = \frac{T_{зм}}{T_v + T_n + T_x} = \frac{8}{0,25 + 0,18 + 0,41} = 9,5.$$

Приймаємо 9 рейсів.

Витрата палива за зміну

$$B_{зм} = n \cdot B = 9 \cdot 11,758 = 105,82 \text{ кг/зміна.}$$

Маса вантажу, що перевозиться

$$M = \Psi \cdot m,$$

де  $\Psi$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності; $m$  – вантажопідйомність причепа.

Після підстановки отримаємо

$$M = 0,8 \cdot 12 = 9,6 \text{ т.}$$

Витрата палива на перевезення однієї тони вантажу

$$B_{n1} = \frac{B}{n \cdot M} = \frac{105,82}{9 \cdot 9,6} = 1,22 \text{ кг/т} = 1,47 \text{ л/т.}$$

### Задача №4

Постійний рівень споживання ПЕР з випадковими відхиленнями. Визначити середнє значення витрат енергетичних ресурсів у вигляді прогнозуючої функції  $y = a$  та середнє квадратичне відхилення.

Таблиця 3.1

### Постійний рівень споживання ПЕР із випадковими відхиленнями

Місяць, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Разом
Споживання ПЕР, т. у. п.	90	111	99	89	87	84	104	102	95	114	103	112	1191

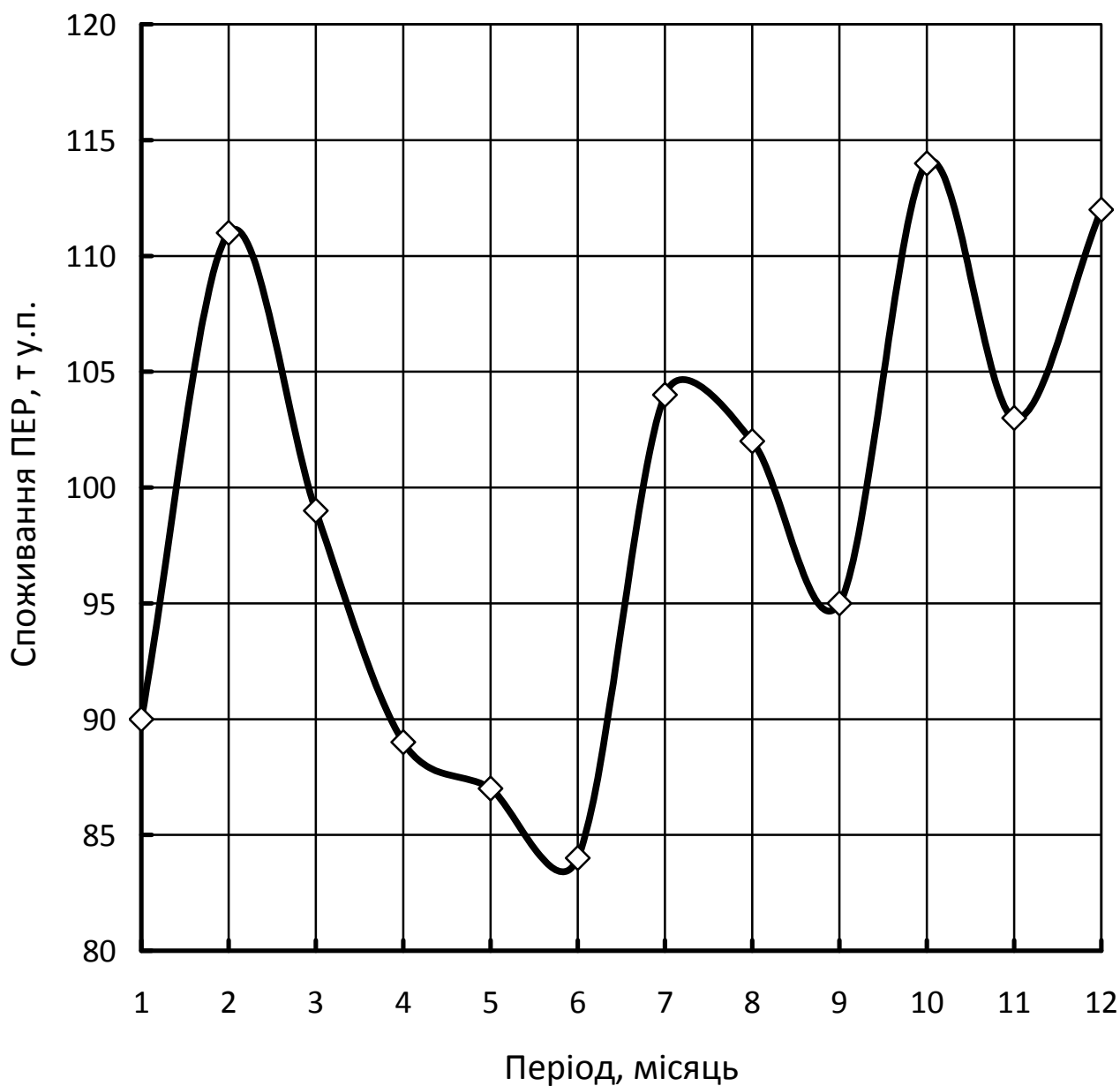


Рис. 3. Постійний рівень споживання ПЕР з випадковими відхиленнями

## Розв'язання

Середнє арифметичне, визначене за сукупністю наведених вище даних, дорівнює 99,25 од. Дійсно:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \bar{y},$$

$$a = \frac{1191}{12} = 99,25.$$

Якби це значення було вибрано як прогностичне, ми для кожного відрізка часу (в даному випадку для кожного місяця) передбачили б споживання ПЕР, що дорівнює близько 99,25 т у.п./міс.

Оцінка похибки прогностичній функції. Для оцінки ступеня точності даного методу слід обчислити середнє квадратичне відхилення. Використовуючи дані, наведені в табл. 1, отримаємо

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1180,25}{12-1}} = 10,4.$$

де  $y_t$  – фактичний рівень споживання ПЕР;

$\bar{y}_t$  – середнє значення рівня споживання ПЕР;

$n$  – кількість відрізків часу, асоційованих із прогнозом.

Результати аналізу:

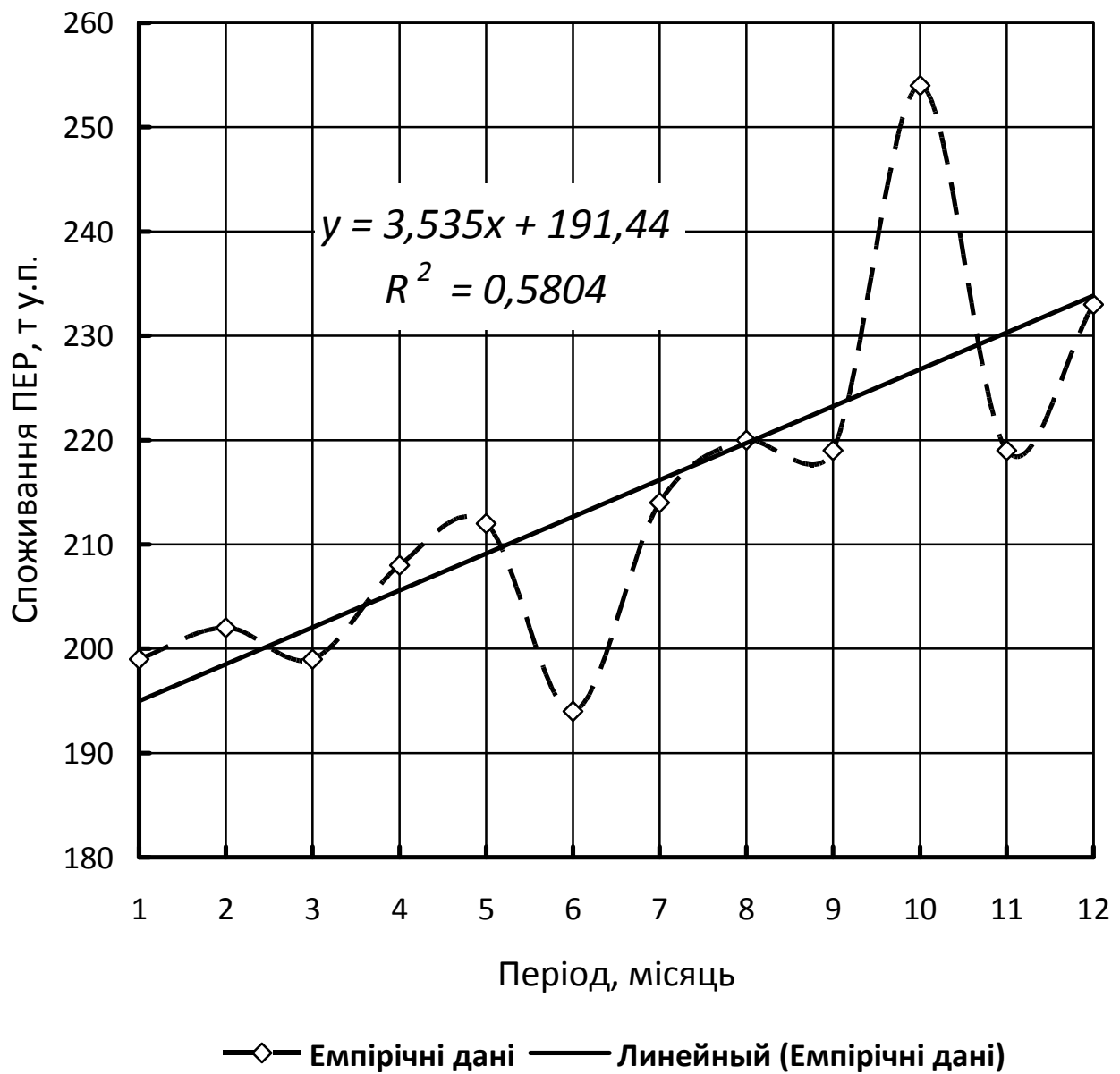
- 1) прогнозоване споживання ПЕР становить 99,25 т у.п. в місяць.
- 2) СКВ рівня споживання ПЕР дорівнює 10,4 т у.п..

### Задача №5

Споживання ПЕР, що має тенденцію до зростання за наявності випадкових відхилень. Кількісні дані, що характеризують споживання ПЕР, наведені в табл. 3.2 і графічно зображені на рис. 4. Виконати прогнозування на наступні 12 місяців.

**Споживання ПЕР з тенденцією до зростання за наявності випадкових відхилень**

Місяць, $t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Разом
Споживання ПЕР, т. у. п.	199	202	199	208	212	194	214	220	219	254	219	233	2553



**Рис. 4. Споживання ПЕР з тенденцією до зростання за наявності випадкових відхилень**

## Розв'язання

Обчислення виконаємо з використанням табл. 3.3.

Таблиця 3.3

## Результати обчислень для лінійної функції

Місяць	Споживання ПЕР, $y$	Умовний місяць, $t$	$y_t$	$t^2$
Січень	199	1	199	1
Лютий	404	2	404	4
Березень	597	3	597	9
Квітень	208	4	832	16
Травень	212	5	1060	25
Червень	194	6	1164	36
Липень	214	7	1498	49
Серпень	220	8	1760	64
Вересень	219	9	1971	81
Жовтень	234	10	2340	100
Листопад	219	11	2409	121
Грудень	233	12	2796	144
Сума	2553	78	17030	650

Підставляючи знайдені суми  $\sum_{t=1}^n y_t$ ,  $\sum_{t=1}^n y_t t$ ,  $\sum_{t=1}^n t$ ,  $\sum_{t=1}^n t^2$  у систему лінійних рівнянь для лінійної функції  $\hat{y} = a + bt$ , отримаємо:

$$2553 = 12a + 78,$$

$$17030 = 78a + 650.$$

Розв'язавши систему лінійних рівнянь, визначимо:

$$a = 192,92,$$

$$b = 3,05.$$

Округляючи значення  $a$  і  $b$ , отримаємо:  $y_t = 192,92 + 3,05t$

Вважатимемо, що лінійна прогнозуюча функція правильно описує поведінку споживання ПЕР. Тоді, надаючи  $t$  значення 13, 14, ..., 24, отримаємо прогностичні оцінки рівнів споживання ПЕР наступного року (див. табл. 3.4).



**Прогностичні оцінки рівнів споживання ПЕР, отримані за допомогою лінійної прогнозуючої функції**

<b>Місяць</b>	<b>Порядковий номер відрізка часу, <math>t</math></b>	<b>Споживаній ПЕР, <math>y_t</math></b>
Січень	13	232
Лютий	14	235
Березень	15	238
Квітень	16	241
Травень	17	244
Червень	18	247
Липень	19	250
Серпень	20	253
Вересень	21	256
Жовтень	22	259
Листопад	23	262
Грудень	24	265

Похибку прогностичної оцінки при відомих кількісних даних можна визначити. Проте найпростіше взяти за основу початкове визначення СКВ. У цьому разі ця формула має вигляд

$$\sigma_{y_t} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{(n-1)}}$$

Оцінка похибки при складанні прогнозів за допомогою лінійної прогнозуючої функції СКВ, що характеризує похибку прогностичної оцінки при вибраній нами прогнозуючій функції, дорівнює:

$$\sigma_{y_t} = 7,32$$

У результаті аналізу доходимо таких висновків:

- 1) рівень споживання ПЕР апроксимується лінією регресії, що визначається рівнянням  $y_t = 193 + 3t$ ;
- 2) СКВ, що характеризує похибку прогнозу, дорівнює 7,32.

### Задача №6

Періодична поведінка споживання ПЕР. Дані, наведені в табл. 5, зображено графічно на рис. 5. Виконати прогнозування на наступні 12 місяців.

Споживання ПЕР об'єктом по місяцях

Місяць, $t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Споживання ПЕР, т. у. п.	72	83	92	107	114	129	91	108	116	79	92	93

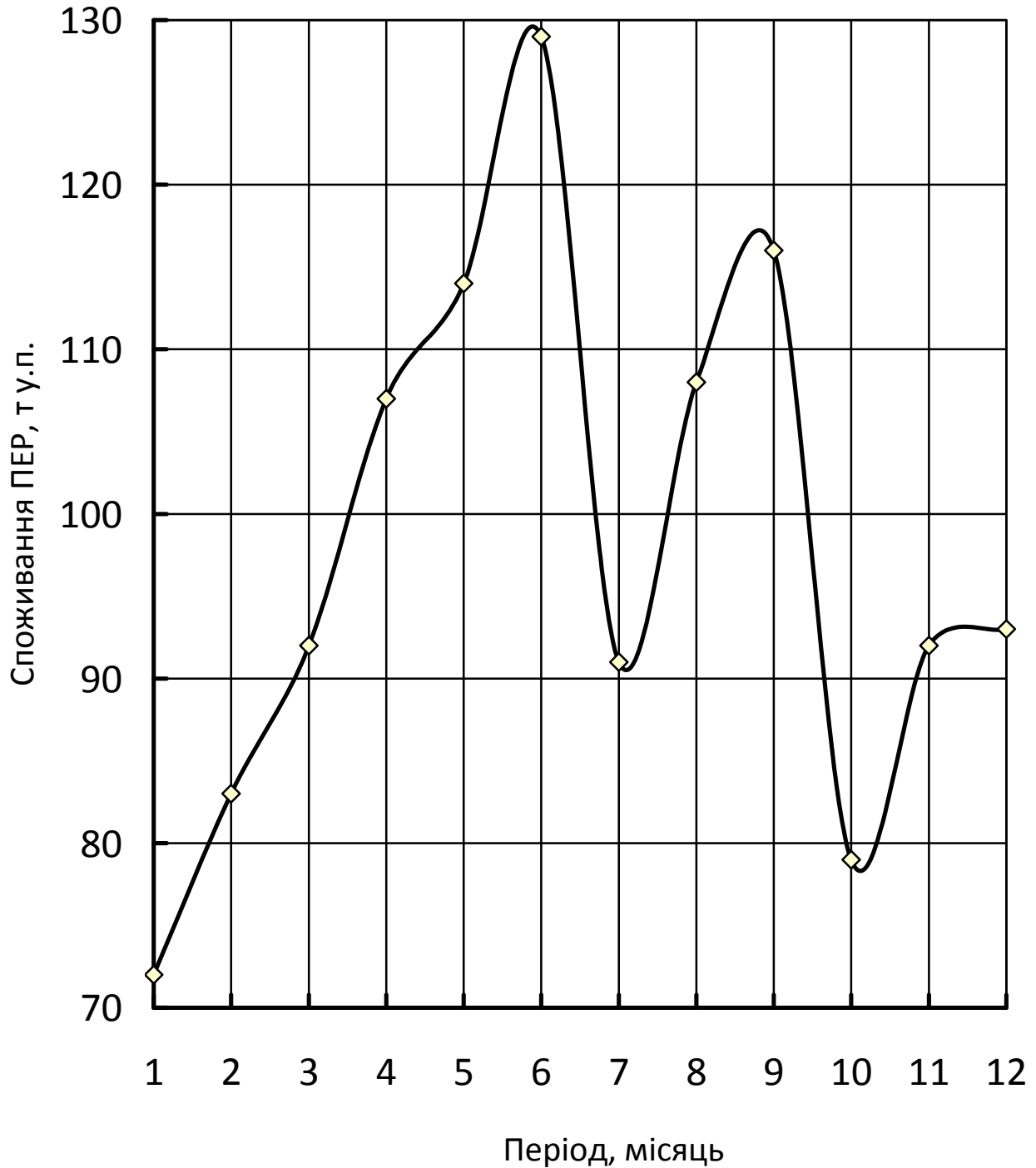


Рис. 5. Періодична поведінка споживання ПЕР

## Розв'язання

Використовується метод найменших квадратів для періодичної функції вигляду

$$y = a + b \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t + c \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t$$

Результати обчислень, супроводжуючих побудову прогнозуючої функції, наведено в табл. 6.

Таблиця 6

## Результати обчислень для періодичної моделі

Місяць	Споживання ПЕР, $y_t$	$t$	$\sin(\pi t/6)$	$\cos(\pi t/6)$	$y_t \sin(\pi t/6)$	$y_t \cos(\pi t/6)$
Січень	72	1	0,500	0,866	36,000	62,354
Лютий	83	2	0,866	0,500	71,880	41,500
Березень	92	3	1,000	0,000	92,000	0,000
Квітень	107	4	0,866	-0,500	92,665	-53,500
Травень	114	5	0,500	-0,866	57,000	-98,727
Червень	129	6	0,000	-1,000	0,000	-129,000
Липень	91	7	-0,500	-0,866	-45,500	-78,808
Серпень	108	8	-0,866	-0,500	-93,531	-54,000
Вересень	116	9	-1,000	0,000	-116,000	0,000
Жовтень	79	10	-0,866	0,500	-68,416	39,500
Листопад	92	11	-0,500	0,866	-46,000	79,674
Грудень	93	12	0,000	1,000	0,000	93,000
Сума	1176	78	0	0	-19,902	-98,007

Результати розрахунків

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} = \frac{1176}{12} = 98,$$

$$b = \frac{2}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \left( y_t \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) = \frac{2}{12} \cdot \sum_{t=1}^{12} \left( y_t \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{12} \cdot t \right) \right) = -\frac{98,007}{6} = -16,3,$$

$$c = \frac{2}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \left( y_t \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) = \frac{2}{12} \cdot \sum_{t=1}^{12} \left( y_t \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{12} \cdot t \right) \right) = -\frac{19,902}{6} = -3,3.$$

З урахуванням певних значень  $a$ ,  $b$ ,  $c$  та  $n = 12$  одержимо

$$y = 98 - 16,3 \cdot \cos \frac{\pi}{6} t - 3,3 \cdot \sin \frac{\pi}{6} \cdot t$$

Прогностичні оцінки для наступного року наведено в табл. 7.

Таблиця 7

**Прогностичні оцінки при періодичній поведінці споживання ПЕР**

Місяць, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ра- зом
Прогнозо- ване спо- живання ПЕР, т. у. п.	82, 2	87, 0	94, 7	103, 3	110, 5	114, 3	113, 8	109, 0	101, 3	92, 7	85, 6	81, 7	117 6

Оцінка похибки при прогнозуванні споживання ПЕР за допомогою періодичної прогнозуючої функції СКВ, що характеризує похибку прогнозу в даному випадку при використанні періодичної прогнозуючої функції, дорівнює

$$\sigma_{y_t} = 10,8.$$

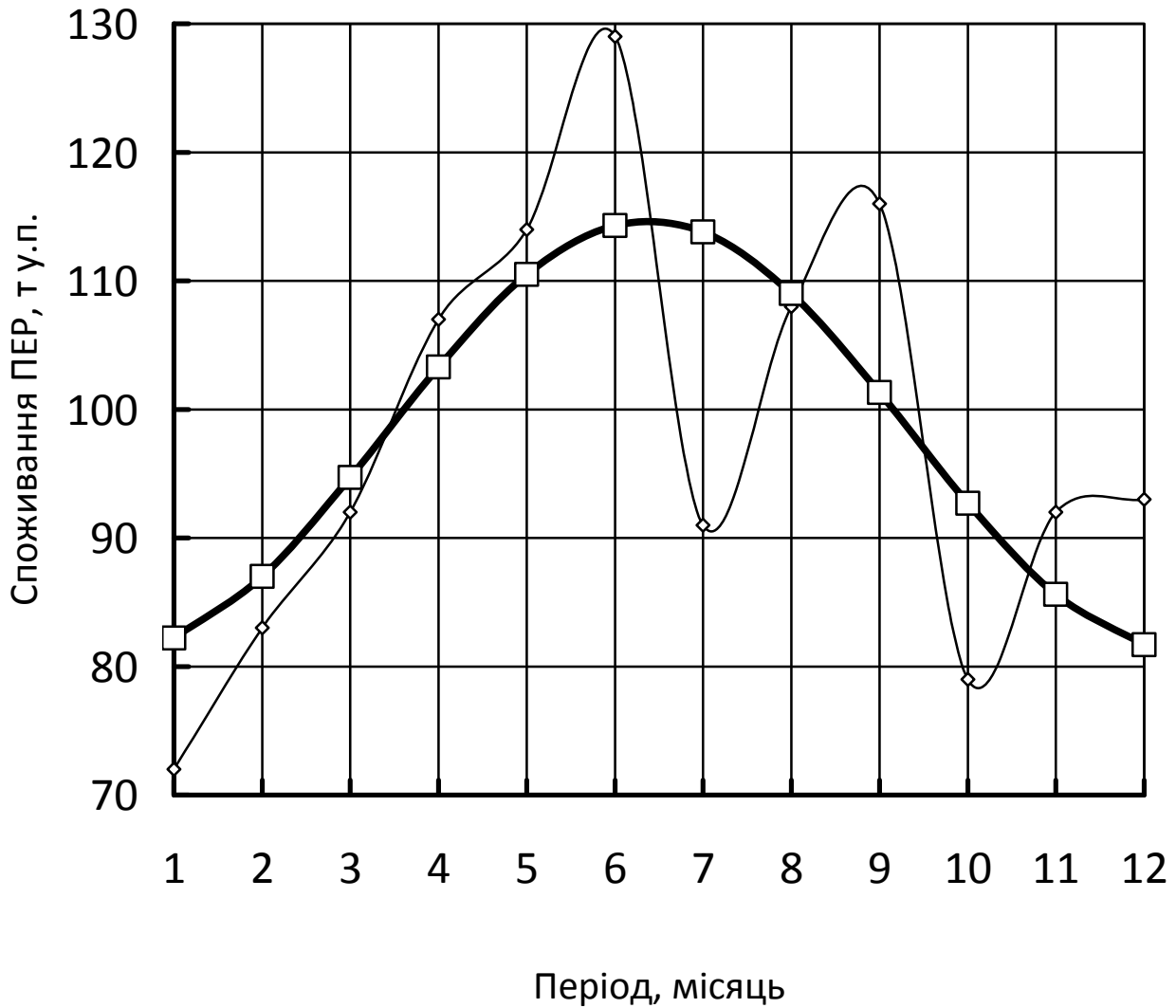
Результати аналізу можна сформулювати таким чином:

1) очікуваний рівень споживання ПЕР змінюється відповідно до моделі

$$y = 98 - 16,3 \cdot \cos \frac{\pi}{6} t - 3,3 \cdot \sin \frac{\pi}{6} \cdot t$$

2) СКВ, що характеризує похибку прогнозу, дорівнює 10,8.

Порівняння фактичних даних із відповідними значеннями прогнозуючої функції відображено на рисунку 6.



**Рис. 6. Періодична поведінка споживання ПЕР і циклічна прогнозуюча функція**

### Задача №7

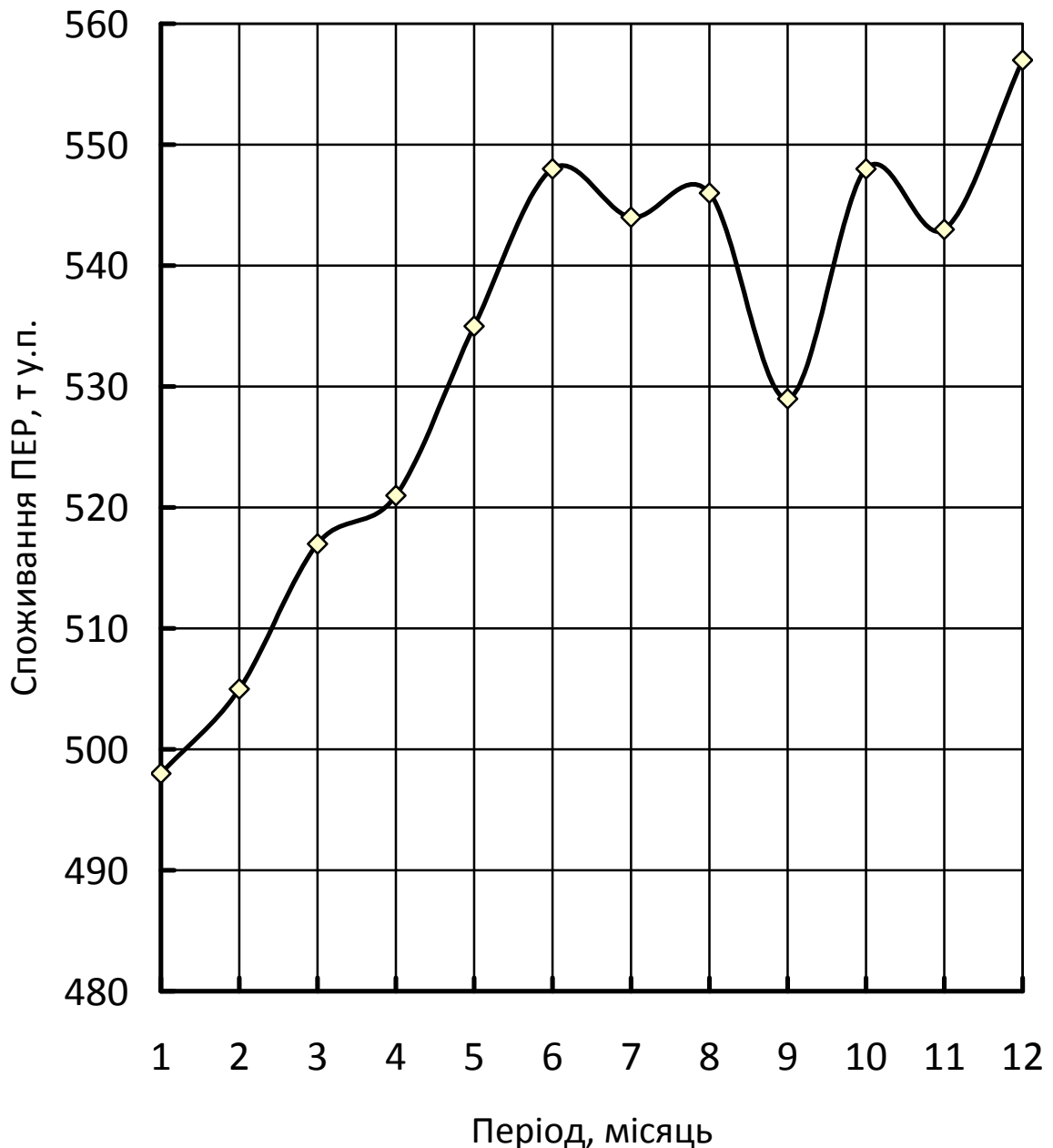
Періодична поведінка споживання ПЕР при загальній тенденції до зростання. Виконати прогнозування на наступні 12 місяців.

Таблиця 8

### Періодична поведінка споживання ПЕР, що має тенденцію до зростання

Місяць, $t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Споживання ПЕР, т.у.п.	498	505	517	521	535	548	544	546	529	548	543	557

Розглянувши графік, зображений на рис. 8. неважко переконатися, що в даному випадку поведінку споживання ПЕР неможливо задовільно апроксимувати за допомогою тільки лінійної або тільки періодичної прогнозуючої функції. Проте має певний інтерес порівняння стандартних відхилень, що характеризують похибку прогнозно-обчислених при апроксимаціях наведених вище даних за допомогою лінійної і лінійно-періодичної прогнозуючих функцій.



**Рис. 8. Порівняння фактичного споживання ПЕР і періодичної прогнозуючої функції**

Лінійно-циклічна поведінка споживання ПЕР може бути описана за допомогою прогнозуючої функції вигляду:

$$y = a + b \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{n} t + d \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{n} t$$

Відповідні рівняння, індуковані методом найменших квадратів, мають вигляд:

$$\sum_{t=1}^n y_t = a \cdot n + b \cdot \sum_{t=1}^n t,$$

$$\sum_{t=1}^n (y_t \cdot t) = a \cdot \sum_{t=1}^n t + b \cdot \sum_{t=1}^n t^2 + c \cdot \sum_{t=1}^n \left( t \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) + d \cdot \sum_{t=1}^n \left( t \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right),$$

$$\sum_{t=1}^n \left( y_t \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) = b \cdot \sum_{t=1}^n \left( t \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) + c \cdot \frac{n}{2},$$

$$\sum_{t=1}^n \left( y_t \cdot \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) = b \cdot \sum_{t=1}^n \left( t \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot t \right) \right) + d \cdot \frac{n}{2}.$$

Обчислювальні процедури для лінійно-циклічної функції відображено в табл. 9.

Таблиця 9

### Результати обчислень для лінійно-циклічної функції

Місяць	Споживання ПЕР, $y_t$	$t$	$y_t t$	$t^2$	$\sin(\pi t/6)$	$\cos(\pi t/6)$
Січень	498	1	498	1	0,500	
Лютий	505	2	1010	4	0,866	0,500
Березень	517	3	1551	9	1,000	0,000
Квітень	521	4	2084	16	0,866	-0,500
Травень	535	5	2675	25	0,500	-0,866
Червень	548	6	3288	36	0,000	-1,000
Липень	544	7	3808	49	-0,500	-0,866
Серпень	546	8	4368	64	-0,866	-0,500
Вересень	529	9	4761	81	-1,000	0,000
Жовтень	548	10	5480	100	-0,866	0,500
Листопад	543	11	5973	121	-0,500	0,866
Грудень	557	12	6684	144	0,000	1,000
Сума	6391	78	42180	650	0	0

Продовження таблиці 9

Місяць	$y_t \sin(\pi t/6)$	$y_t \cos(\pi t/6)$	$t \sin(\pi t/n)$	$t \cos(\pi t/n)$
Січень	249,000	431,281	0,500	0,866
Лютий	437,330	252,500	1,732	1,000
Березень	517,000	0,000	3,000	0,000
Квітень	451,199	-260,500	3,464	-2,000
Травень	267,500	-463,324	2,500	-4,330
Червень	0,000	-548,000	0,000	-6,000
Липень	-272,000	-471,118	-3,500	-6,062
Серпень	-472,850	-273,000	-6,928	-4,000
Вересень	-529,000	0,000	-9,000	0,000
Жовтень	-474,582	274,000	-8,660	5,000
Листопад	-271,500	470,252	-5,500	9,526
Грудень	0,000	557,000	0,000	12,000
Сума	-97,890	-30,909	-22,392	6,00

$$\begin{cases} 6391 = 12 \cdot a + 78 \cdot b \\ 42180 = 78 \cdot a + 650 \cdot b + 6 \cdot c - 22,392 \cdot d \\ -30,908 = 6 \cdot b + 6 \cdot c \\ -97,89 = -22,392 \cdot b + 6 \cdot d \end{cases}$$

Розв'язуючи систему лінійних рівнянь, отримаємо:

$$a = 495,592; b = 5,691; c = -10,842; d = 4,924.$$

Математична модель споживання ПЕР

$$y_t = 495,6 + 5,7 \cdot t - 10,8 \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{n} t + 4,9 \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{n} t$$

Середньоквадратичне відхилення  $\sigma_t = 6,67$ .

Прогнози для наступного року, одержані згаданими вище методами, відображено в таблиці 10. Графік лінійно-періодичної прогнозуючої функції, побудований в процесі апроксимації даних прикладу 4, зображений на рис. 9.

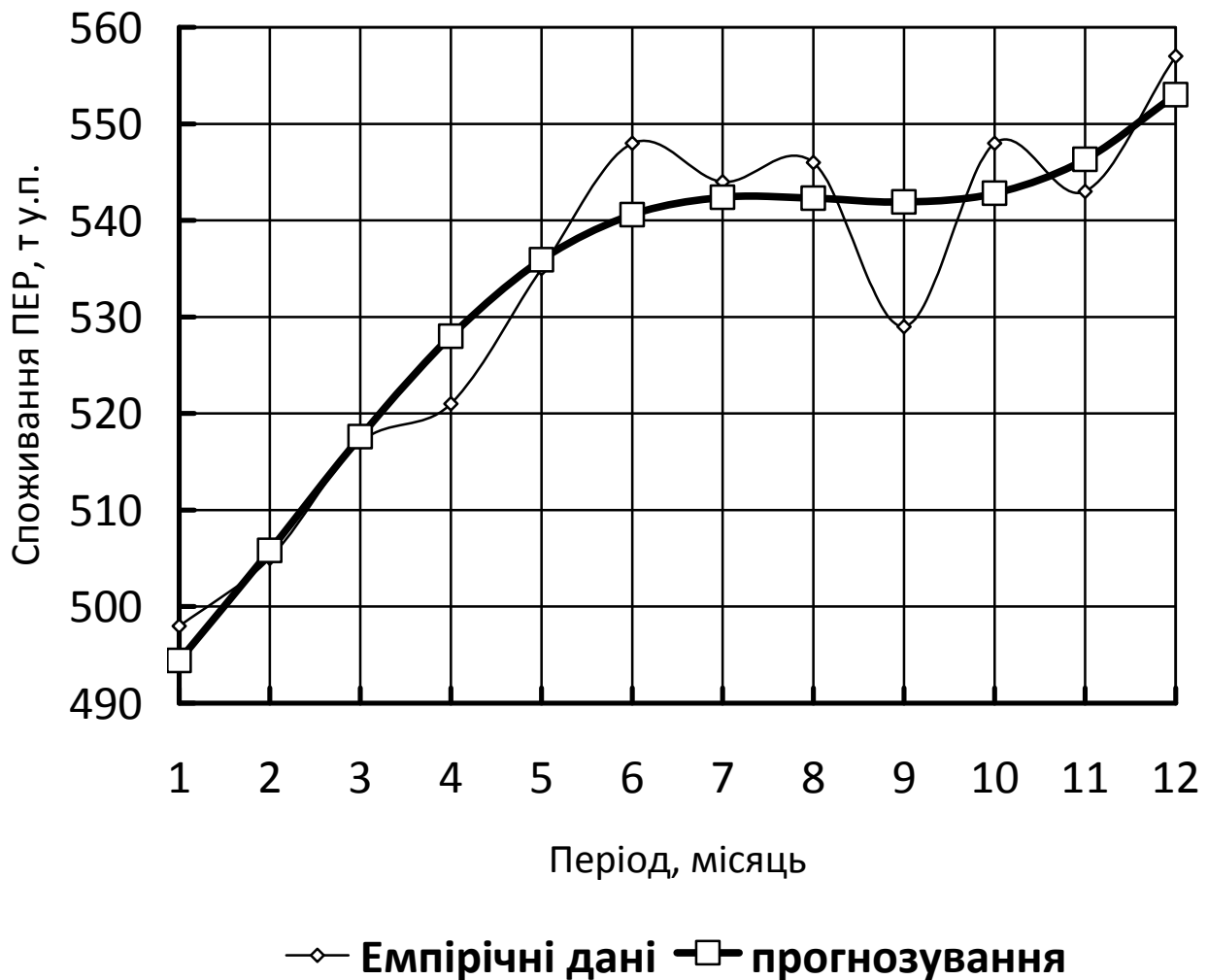


### Прогнозування за допомогою лінійно-періодичної і лінійної прогнозуючої функцій

Місяць, $t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Су- ма
Споживання ПЕР, т.у.п.	498	505	517	521	535	548	544	546	529	548	543	557	6391
А	563	574	586	596	604	609	611	611	610	611	615	621	7211
В	562	566	571	575	579	584	588	593	597	602	606	611	7034

*А* – споживання ПЕР, обчислене за допомогою лінійно-періодичної прогнозуючої функції;

*Б* – споживання ПЕР, обчислене за допомогою лінійної прогнозуючої функції.



**Рис. 9.** Порівняння фактичного споживання ПЕР і лінійно-періодичної прогнозуючої функції

Прогностичні оцінки, обчислені на основі даних прикладу 4 при використанні лінійно-періодичної прогнозуючої функції, зводяться до такого:

1. Очікуваний рівень споживання ПЕР визначається співвідношенням

$$\hat{y}_t = 495,6 + 5,7 \cdot t - 10,8 \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{n} t + 4,9 \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{n} t$$

2. СКВ, що характеризує похибку прогнозу, дорівнює 6,67 од.

3. Протягом 95 місяців зі 100 очікувані коливання споживання ПЕР відносно значень, визначених лінійно-періодичною прогнозуючою функцією, становлять 13 од.

4. Лінійно-періодична прогнозуюча функція дозволяє одержати точніший прогноз порівняно з лінійною прогнозуючою функцією.

### Модуль 3. Енергозберігаючі технології

#### Задача №8

#### Оцінка енергетичної та економічної ефективності застосування теплових насосів

Розрахувати і дати оцінку енергетичної та економічної ефективності застосування теплового насоса (ТН) в системі утилізації теплоти стічних (оборотних) вод. Споживач теплоти, виробленої ТН - гаряче водопостачання підприємства і прилеглих об'єктів. Використовується ТН типу «вода-вода» зі спіральним компресором.

Вихідні дані:

- 1 . Обсяг ТВЕР (стічних вод) становить  $G = 40 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- 2 . Глибина охолодження потоку ТВЕР  $\Delta t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 3 . Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР дорівнює  $R = 0,9$  ;
- 4 . Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР  $n = 5000 \text{ год.}$  ;
- 5 . Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН становить  $\varepsilon = 3,5$  ;
- 6 . Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання дорівнює  $\eta_{\text{тн}} = 0,85$  ;
- 7 . ККД теплової мережі  $\eta_{\text{те}} = 0,9$  ;
- 8 . ККД джерела електричної енергії  $\eta_{\text{ен}} = 0,33$  ;

- 9 . ККД передачі і трансформації електричної енергії  $\eta_{ec} = 0,9$  ;  
 10 вартість електричної енергії  $C_e = 0,035$  у.о./кВт•год;  
 11 вартість теплової енергії  $C_Q = 8,35$  у.о./ГДж ;  
 12 процентна ставка по кредиту  $A = 15$  %.

### Розв'язання

1 . Визначимо тепловий потенціал ТВЕР:

- Розрахункова теплова потужність

$$Q^p_{твер} = G \cdot \rho \cdot C \cdot \Delta t \cdot R / 3600 = 40 \cdot 1000 \cdot 4,19 \cdot 4 \cdot 0,9 / 3600 = 167,6$$

кВт;

- Наявний, використовуваний протягом року

$$Q^r_{ТВЕР} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^p_{твер} \cdot n = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 167,6 \cdot 5000 = 3017 \text{ ГДж};$$

2 . Визначимо теплопродуктивність теплового насоса в системі утилізації ТВЕР при покритті їм теплового навантаження гарячого водопостачання

$$Q^p_{тн} = 1,4 \cdot Q^p_{твер} = 1,4 \cdot 167,6 = 234,6 \text{ кВт};$$

$$Q^r_{тн} = 1,45 \cdot Q^p_{твер} = 1,45 \cdot 3017 = 4375 \text{ ГДж};$$

3. Визначимо споживану потужність компресора теплового насоса

$$P_{ТН} = Q^p_{тн} - Q^p_{твер} = 234,6 - 167,6 = 67 \text{ кВт} .$$

4. Знаходимо річну витрату електричної енергії на вироблення теплоти

$$E_{тн} = (Q^r_{тн} - Q^r_{твер}) / 3,6 = (4375 - 3017) / 3,6 = 377,2 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

5. Енергетичну ефективність застосування ТН визначимо за величиною очікуваної щорічної економії первинного палива

$$\Delta B = \left[ 1 - \frac{\eta_m \cdot \eta_{mc}}{\varepsilon \cdot \eta_{en} \cdot \eta_{ec}} \right] \cdot 100 = \left[ 1 - \frac{0,85 \cdot 0,9}{\varepsilon \cdot 0,33 \cdot 0,9} \right] \cdot 100 = 26,4\% .$$

6. Визначимо укрупнено витрати на придбання, монтаж та приєднання ТН і периферійного обладнання до тепломережі. Для теплового насоса типу «вода-вода» зі спіральним компресором

$$K_{тну} = 7700 + 115 \cdot Q^p_{тн} = 7700 + 115 \cdot 234,6 = 34 \text{ 679 у.о.}$$

7. Визначимо величину очікуваної щорічної економії витрат  $E^F$  при впровадженні теплового насоса

$$E^F = E_{TP} - E_{TH}.$$

Значення  $E_{TP}$  визначимо за виразом

$$E_{mp} = 3,385 \cdot n \cdot C_Q \cdot Q_{TH}^p / 1000 = 3,385 \cdot 5000 \cdot 8,35 \cdot 234,6 / 1000 = 33154 \text{ у.о.}$$

Значення  $E_{TH}$  визначимо відповідно за формулою

$$E_{TH} = 0,286 \cdot n \cdot C_e \cdot Q_{TH}^p = 0,286 \cdot 5000 \cdot 0,035 \cdot 234,6 = 11741 \text{ у.о.}$$

звідси

$$E^F = E_{TP} - E_{TH} = 33154 - 11741 = 21413 \text{ у.о.}$$

8. Термін окупності теплового насоса дорівнює

$$T_o = K_{TH} / E^F = 34679 / 21413 = 1,62 \text{ року}$$

9. Величина прибутковості  $D$  від впровадження ТН в систему гарячого водопостачання підприємства складе

$$D = 100 \cdot E^F / (K_{TH} \cdot (1 + A/100)) = 100 \cdot 21413 / (34679 \cdot (1 + 15/100)) = 53,7\%.$$

Як впливає з наведеного прикладу, застосування теплового насоса енергетично та економічно обґрунтовано, тому що  $\Delta B = 26,4\%$ ,  $T_o = 1,62$  року,  $D = 53,7\%$

### Задача №9

Визначити заощадження паливно-енергетичних ресурсів при застосуванні сонячного водонагрівача на молочній фермі, якщо:

- температура гарячої води становить  $t_r = 50^\circ\text{C}$ ;
- кількість днів в сезоні,  $T_c$ : весна – 92, літо – 92, осінь – 91; зима – 90;
- середня інтенсивність сонячної радіації у безхмарні дні,  $Q$ , Вт·год/(доба·м<sup>2</sup>): весна – 4010, літо – 4360, осінь – 4010; зима – 2870;
- інтенсивність дифузійної радіації,  $q$ , Вт·год/(доба·м<sup>2</sup>): весна – 260, літо – 400, осінь – 260; зима – 210;
- кут  $i$ , град: весна – 20, літо – 30, осінь – 20; зима – 10.

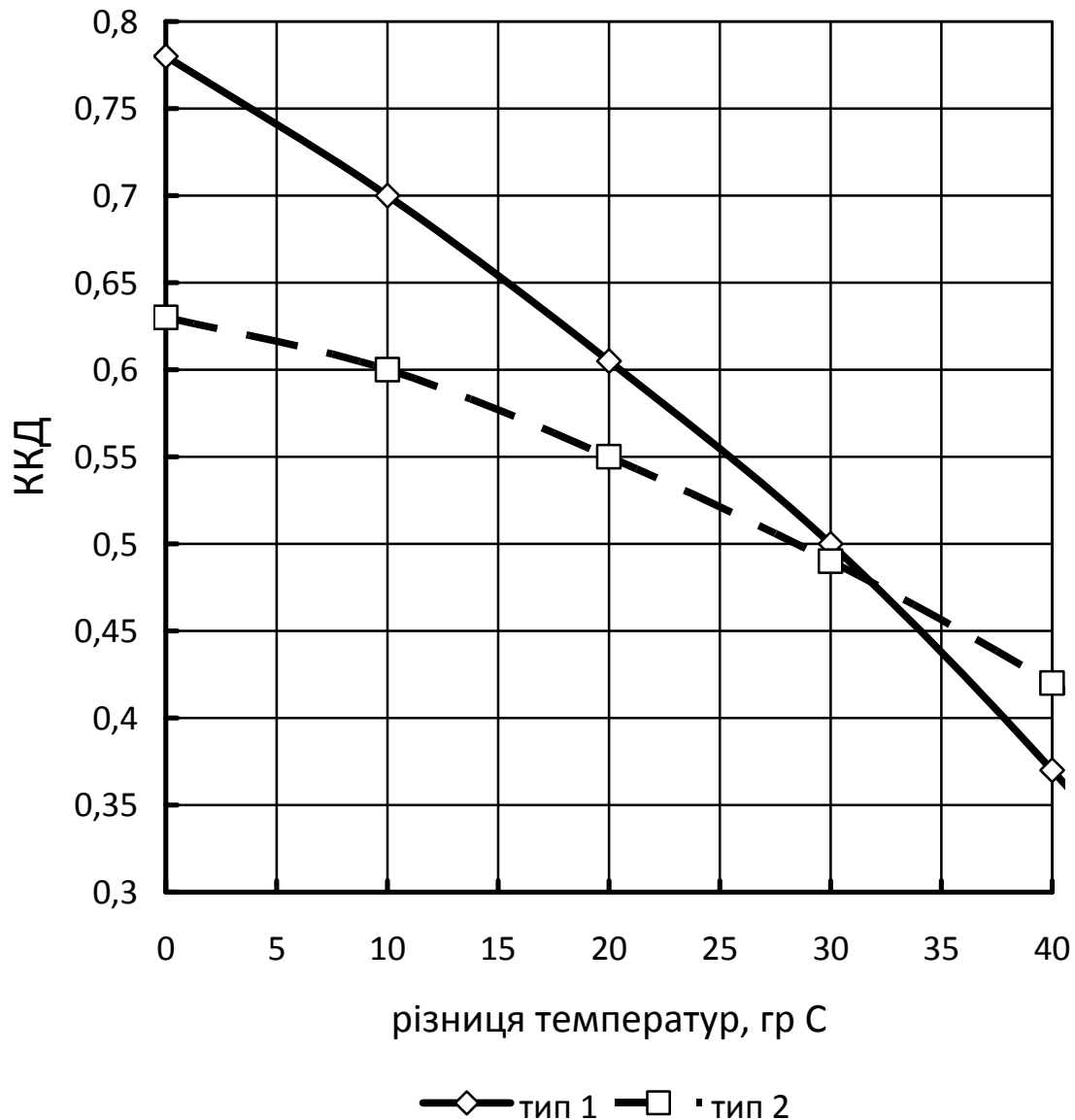
Сонячною радіацією замінюється електроенергія. Визначити максимальну допустиму вартість геліоустановки за коефіцієнта ефективнос-

ті капітальних вкладень 0,15. Кліматичні умови та площа сонячного колектора подані у таблиці. ККД колектора визначити за графіком.

Таблиця

**Кліматичні умови.**

Показник	Значення
Середня кількість сонячних днів за сезон:	
весна	75
літо	87
осінь	68
зима	52
Температура холодної води, $t_w$ , °C:	
весна	11,0
літо	21,0
осінь	9,0
зима	1,0
Середня температура повітря, $t_a$ , °C:	
весна	12,0
літо	22,0
осінь	8,0
зима	0,0
Середньодобова потреба у гарячій воді, $V$ , л	400
Площа сонячного колектора, $F$ , м <sup>2</sup>	6
Тип колектора	1
Ціна електричної енергії, $C_e$ , у.о./кВт·год	0,14



**Рис. 1. Залежність теплового ККД від різниці температури між поверхнюю нагріву та оточуючим повітрям**

### Розв'язання

Приріст температури води у сонячному колекторі

$$\Delta t = \frac{3,6 \cdot (Q + q) \cdot F \cdot \eta \cdot \cos i}{0,001 \cdot \rho \cdot V \cdot C_p}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $\eta$  – ККД сонячного колектору;

$\rho$  – густина води,  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$C_p$  – середня ізобарна теплоємність води,  $C_p = 4,18 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ .

Виконаємо розрахунок для весни. Прийmemo ККД колектора 0,54. Тоді після підстановки отримаємо приріст температури

$$\Delta t = \frac{3,6 \cdot (4010 + 260) \cdot 6 \cdot 0,64 \cdot \cos 20}{0,001 \cdot 1000 \cdot 400 \cdot 4,18} = 27,99 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Кількість енергії, що була передана воді у сонячному колекторі за весну

$$Q_{ск} = \Delta t \cdot C_p \cdot \rho \cdot V \cdot T_c \cdot 10^{-6} = 27,99 \cdot 4,18 \cdot 1000 \cdot 400 \cdot 75 \cdot 10^{-6} = 3211,9 \text{ МДж.}$$

де  $T_c$  – кількість сонячних днів,  $T_c = 75$ .

Кількість енергії, потрібної для нагріву води

$$Q_0 = (t_z - t_w) \cdot C_p \cdot \rho \cdot V \cdot T_c \cdot 10^{-6} = (50 - 11) \cdot 4,18 \cdot 1000 \cdot 400 \cdot 75 \cdot 10^{-6} = 5999,14 \text{ МДж}$$

Результати всіх інших розрахунків зведемо в таблицю.

Таблиця

Результати розрахунків

Сезон	Тепло, отримане від сонця, МДж	Потрібне тепло, МДж	Частка тепла, отримана від сонця, %
Весна	3510,35	5999,14	58,51
Літо	4028,84	4460,89	90,31
Осінь	3094,31	6338,23	48,82
Зима	1976,03	7373,78	26,80
Разом	12609,5	24172	52,17

Таким чином потенційна економія енергії становить 11563 МДж, що еквівалентно 3211,9 кВт·год електричної енергії ( $W$ ).

Тоді максимальне значення вартості геліосистеми становить

$$K = \frac{W \cdot C_e}{E_n} = \frac{3502,65 \cdot 0,14}{0,15} = 3269,14 \text{ у.о.}$$

### Задача №10

**Тема:** визначення річного обсягу виробництва електричної енергії ВЕС.

Середньодобова швидкість вітру змінюється за законом

$$v = a + b \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365}\right), \text{ м/с,}$$

де  $a, b$  – коефіцієнти;

$t$  – порядковий номер доби року.

За вихідними даними таблиці, визначити річне виробництво електричної енергії вітроагрегатом з урахуванням температури навколишнього середовища. Порівняти отримані результати з:

- виробництвом електричної енергії без урахування температури навколишнього середовища;
- виробництвом електричної енергії за середньорічної швидкості вітру.

Таблиця

#### Вихідні дані

Показник	Значення
Значення коефіцієнта $a$ , м/с	7,0
Значення коефіцієнта $b$ , м/с	4,00
Початок віддачі потужності при швидкості вітру, $v_{min}$ , м/с	460
Середня температура протягом опалювального сезону (перші 165 діб), $t_h$ , °C	0
Середня температура протягом не опалювального сезону (останні 200 діб), $t_s$ , °C	19
Діаметр вітроколеса, $D$ , м	30
Коефіцієнта потужності, $C_x$	0,35
ККД електрогенератора, $\eta$ , %	90

#### Розв'язання

Будуємо залежність швидкості вітру від номеру доби року (рис.).

Потужність вітрогенератору визначають за формулою

$$N = \frac{1}{8} \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.}$$



## Добове виробництво електричної енергії

$$W = 24 \cdot \frac{1}{8} \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{доба}$$

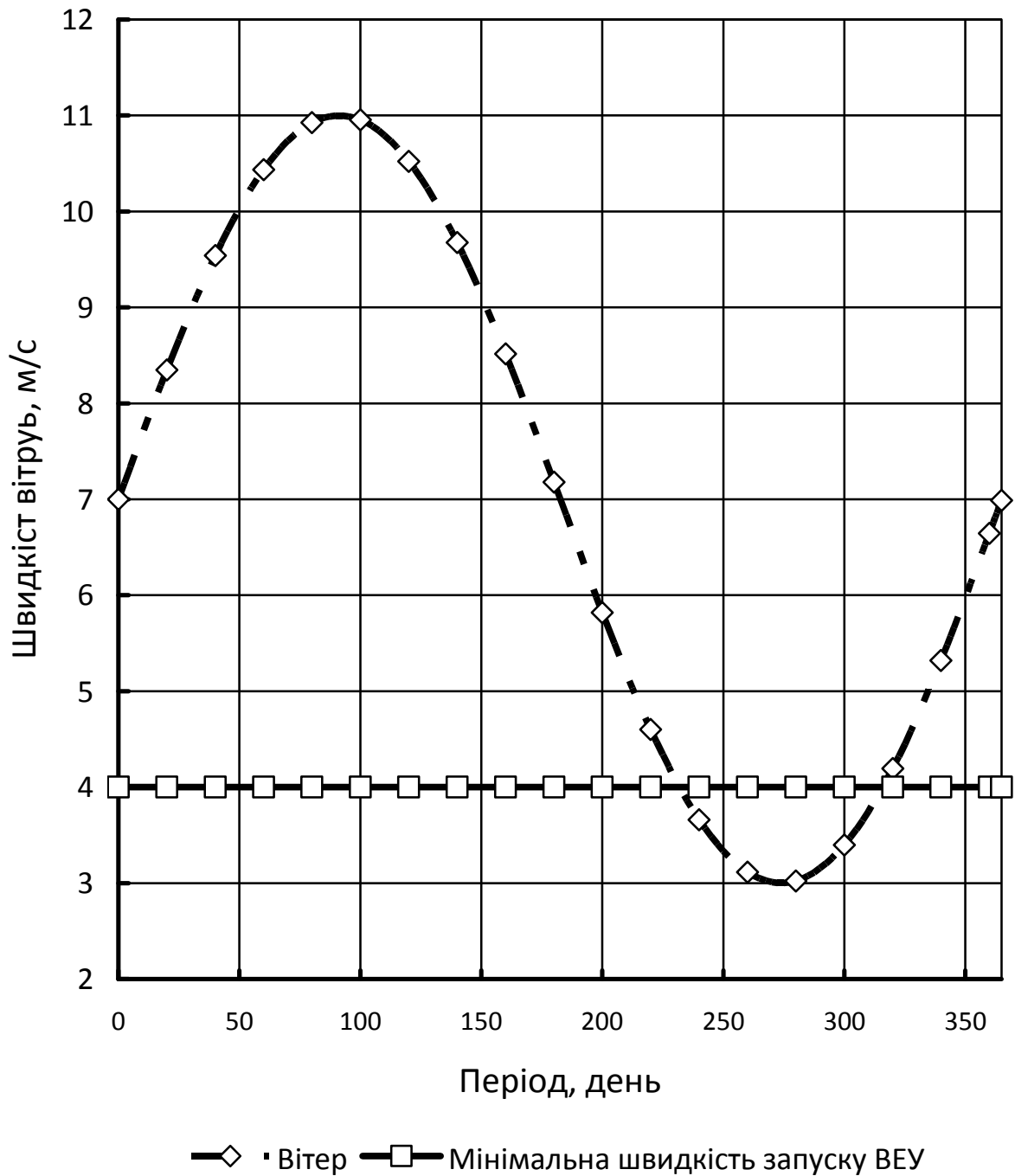


Рис. Швидкість вітру

Добове виробництво електричної енергії з урахуванням температури повітря

$$W = \frac{288}{273 + t(T)} \cdot 3 \cdot Cx \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{доба},$$

де  $t(T)$  – функція температури повітря від пори року, °С.

Річне виробництво електричної енергії

$$\begin{aligned} W_p &= 3 \cdot Cx \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \int_0^{365} \frac{288}{273 + t(T)} \cdot v^3 dT = \\ &= 3 \cdot Cx \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \int_0^{365} \frac{288}{273 + t(T)} \cdot \left( a + b \cdot \sin\left( \frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot T \right) \right)^3 dT. \end{aligned} \quad (10.1)$$

Визначимо день року, коли спостерігається мінімальна швидкість вітру. Для цього знайдемо похідну швидкості вітру та прирівняємо її до нуля

$$\frac{dv}{dt} = b \cdot \cos\left( \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365} \right) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{365} = 0,$$

або

$$\cos\left( \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365} \right) = 0.$$

Тоді корінь рівняння

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365} = \arccos(0).$$

Далі

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365} = \frac{\pi}{2} + \pi \cdot n.$$

Тоді

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{365} = \frac{365}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + \pi \cdot n \right) = 182,5 \cdot \left( \frac{1}{2} + n \right).$$

Мінімальна швидкість вітру спостерігається

$$T_{\min} = \frac{3}{4} \cdot 365 = 273,75 \text{ день.}$$

Визначимо дні, коли неможлива робота ВЕУ внаслідок недостатньої швидкості вітру.

$$T_2 = 365 + \frac{365}{2 \cdot \pi} \cdot \arcsin\left(\frac{v_{\min} - a}{b}\right) = 365 + \frac{365}{2 \cdot \pi} \cdot \arcsin\left(\frac{4 - 7}{4}\right) = 315,74.$$

Перший день недостатньої швидкості вітру

$$T = 2 \cdot T_{\min} - T_1 = 2 \cdot 273,75 - 315,74 = 231,77.$$

Виконаємо інтегрування виразу (10.1). У результаті отримаємо вираз

$$\begin{aligned} W_p &= 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \int_0^{365} \frac{288}{273 + t(T)} \cdot \left( a + b \cdot \sin\left( \frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot T \right) \right)^3 dT = \\ &= 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \left[ \frac{288}{273 + t_h} \cdot P \Big|_0^{165} + \frac{288}{273 + t_s} \cdot P \Big|_{166}^{T_1} + \frac{288}{273 + t_s} \cdot P \Big|_{T_2}^{365} \right], \end{aligned}$$

де  $P$  – первообразна функція.

Якщо не враховувати вплив температури, то річне виробництво електричної енергії становитиме

$$W_p = 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \left[ P \Big|_0^{165} + P \Big|_{166}^{T_1} + P \Big|_{T_2}^{365} \right]$$

Значення  $P$  визначається за виразом

$$\begin{aligned} P &= a \cdot T - 3 \cdot a^2 \cdot b \cdot \frac{365}{2 \cdot \pi} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot T\right) + 3 \cdot a \cdot b^2 \cdot \left( \frac{\pi}{365} \cdot T - \frac{365}{8 \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{4 \cdot \pi}{365} \cdot T\right) \right) + \\ &+ b^3 \cdot \left( -\frac{365}{2 \cdot \pi} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot T\right) + \frac{365}{6 \cdot \pi} \cdot \cos^3\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot T\right) \right). \end{aligned}$$

Розрахункове річне виробництво електричної енергії за постійної середньої швидкості вітру

$$W_p = 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot \int_0^{365} a^3 dT = 3 \cdot C_x \cdot \rho \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \cdot a \cdot T \Big|_0^{365}.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю.

Таблиця

**Річне виробництво електричної енергії**

<b>Варіант розрахунку</b>	<b>Річне виробництво електричної енергії, кВт·год</b>	<b>Частка від основного варіанта, %</b>
З урахуванням зміни швидкості повітря та з урахуванням температури повітря	451510	100
З урахуванням зміни швидкості повітря, без урахування температури повітря	427362	94,652
За середньою швидкістю вітру	415810	92,093

## ПИТАННЯ

1. Визначення терміну «Енергетичний аудит».
2. У чому відмінність між енергетичним балансом та балансом витрат на енергетичні ресурси.
3. Фактори, що обумовлюють складність проведення енергетичного аудиту в аграрному секторі.
4. Якими бувають підприємства за рівнем використання ПЕР.
5. Етапи проведення енергетичного аудиту машинно-тракторного парку.
6. Точка беззбитковості та вплив на неї зміни ціни реалізації продукції.
7. Точка беззбитковості та вплив на неї зміни собівартості продукції.
8. Розділи звіту про енергетичний аудит.
9. З яких розділів починається складання звіту про енергетичний аудит.
10. Порядок економічної оцінки запропонованих енергозаощаджуючих рекомендацій.
11. Методики визначення вартості проведення енергетичного аудиту.
12. Методика вибору підприємства для проведення енергетичного аудиту.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гавриш В. І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика : монографія / В. І. Гавриш. – Миколаїв : МДАУ, 2007.- 283 с.
2. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку : інформаційно-аналітичний збірник / за ред. П. Т. Саблука. - К. : ІАЕ, 2002. - Вип. 5. - 647 с.
3. Балацький О. Ф. Актуальные вопросы экономики природопользования: теоретические и практические аспекты / О. Ф. Балацький, А. Г. Дегтяренко, О. Н. Дутченко ; под ред. О. Ф. Балацького. – Сумы : ОП ВЭО, 1990. – 171 с.
4. Гольстрем В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. - К. : Техника, 1985. - 383 с.
5. Горбов В. М. Енергетичні палива : навч. посіб. / В. М. Горбов. – Миколаїв : УДМТУ. 2003. - 328 с.
6. ДСТУ 4065-2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. – [чинний від 01.07.2002]. - К. : Держстандарт України, 2002. - 39 с.
7. Методика визначення неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів. - К. : Держкоменергозбереження, 2001.-219 с.
8. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. - К. : ЕС Energy Center in Kiev, 1995. - 197 с.
9. Андрижиевский А. А. Энергозбережение и энергетический менеджмент / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. - Минск : Вышэйшая школа, 2005. – 294 с.

## РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА БАЛІВ

### *по дисципліні «Основи енергетичного аудиту і менеджменту»*

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*

<b>За шкалою ECTS</b>	<b>За національною шкалою</b>	<b>За шкалою навчального закладу</b>
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» спеціальність 6.100101 «Енергетика сільськогосподарського виробництва»**

**Перший семестр**

**Структура курсу: лекції – 30 годин**

**Практичні заняття – 14 годин**

№ модуля	Назва модуля	Всього годин кредитів		Розподіл аудиторного навантаження		Кількість балів за виконаву роботу*	
				Лекції	Практичні заняття		
				мін	макс		
<b>7-й семестр</b>							
1.	Загальні принципи енергетичного менеджменту (задачі 1 - 2)	40	1,11	8	4	18	30
2.	Нормування та прогнозування витрат паливно-енергетичних ресурсів (задачі 3 - 7)	40	1,11	10	4	18	30
3.	Енергозберігаюча техніка та поновлювальні джерела енергії (задачі 8- 10)	46	1,28	12	6	24	40
	<b>Всього</b>	<b>126</b>	<b>3,5</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Кількість балів за присутність на заняттях: лекція – 2; практичне заняття – 2. Кількість балів за виконання задач: 1, 8, 9 по 8; 3, 4, 5 по 4; 6 та 7 – 6; 2 та 10 по 6.



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

Вид контролю		Кількість балів
Модуль 1		
Присутність на заняттях		6
Задача 1	1	8
Задача 2	2	7
Контрольна робота (модуль 1)		0
Разом по модулю 1		21
Модуль 2		
Присутність на заняттях		7
Задача	3	7
Задача	4	7
Задача	5	7
Задача	6	7
Задача	7	7
Контрольна робота (модуль 2)		0
Разом по модулю 2		49
Модуль 3		
Присутність на заняттях		9
Задача	8	7
Задача	9	7
Задача	10	7
Разом по модулю 3		30
Разом по модулям:		100

Навчальне видання

## **ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ І АУДИТУ**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Гавриш Валерій Іванович**

**Шатохін Максим Юрійович**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 5,0.

Тираж \_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.