

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ  
ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА  
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯМИ: «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД»,  
«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ»  
(ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ЗА ОС «МАГІСТР»)

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Техніко-економічне оцінювання технічних рішень» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізаціями: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» (освітньо-професійна програма підготовки за освітнім ступенем «магістр»)

Укладачі : к. т. н., доц. В. О. Огарь,  
асист. Н. В. Зачепа

Рецензент к. т. н., доц. Ю. В. Зачепа

Кафедра систем автоматизованого управління і електроприводу

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.

Голова методичної ради \_\_\_\_\_ проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ	4
Критерії оцінювання знань студентів.....	5
Практичне заняття № 1 Розрахунок економічної ефективності впровадження системи оптимального керування металорізального верстату для виготовлення стрижня карданного вала 251–3401152–01 в умовах механічного цеху № 2 ПАТ «АвтоКрАЗ».....	6
Практичне заняття № 2 Розрахунок техніко–економічної ефективності розробки та продажу програмного продукту «Віртуальний вимірювальний комплекс» .....	13
Практичне заняття № 3 Техніко–економічне обґрунтування впровадження частотно–регульованого електроприводу на компресорну машину .....	22
Практичне заняття № 4 Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електроприводу вентиляторів .....	24
Практичне заняття № 5 Розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенда .....	31
Практичне заняття № 6 Техніко-економічне обґрунтування заміни малоавантажених двигунів електроприводу виробничих механізмів .....	40
Практичне заняття № 7 Розрахунок основних техніко-економічних показників холодильно-компресорного цеху .....	45
Список літератури.....	53
Додаток А Зразок оформлення титульної сторінки.....	55
Додаток Б .....	56
Додаток В .....	58
Додаток Г .....	60
Додаток Д .....	61
Додаток Е .....	62
Додаток Ж .....	63
Додаток З .....	64

## ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Техніко-економічне оцінювання технічних рішень» є підготовка фахівців, здатних самостійно і творчо розв'язувати питання не тільки технічного, але й економічного характеру; вивчення основних розділів техніко-економічного обґрунтування; вивчення методів і способів оцінювання економічної ефективності запропонованого технічного рішення; закріплення знань, що отримані на лекціях шляхом техніко-економічних розрахунків упровадження того чи іншого енергоресурсозберігаючого рішення. Розроблені методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з цієї дисципліни будуть корисними для студентів технічних спеціальностей у розв'язанні питань з економічного обґрунтування заходів та економічного оцінювання проекту.

У результаті виконання практичних занять з навчальної дисципліни «Техніко-економічне оцінювання науково-технічних рішень» студент повинен засвоїти методики оцінки економічної ефективності впроваджених заходів енергоресурсозбереження, визначення капіталовкладень, принципи нарахування експлуатаційних затрат, розрахунку показників ефективності модернізації обладнання технологічного процесу; розрахунку показників ефективності розробки нового технологічного об'єкту.

Окрім цього навчитися визначати собівартість продукції, обладнання та нараховувати експлуатаційні витрати; розраховувати суму необхідних капіталовкладень для покращення виробничого процесу; оцінювати та аналізувати економічну ефективність для різних варіантів технічних рішень; розраховувати можливу економію у зв'язку з упровадженням нового обладнання.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Кількість практичних занять – 8 годин (7 практичних робіт).

*Поточний контроль на практичних заняттях протягом змістових модулів:*

- відвідування практичних занять – 0,3 бала за заняття (максимум 2,4 бала за умови відвідування всіх практичних);
- активність студента на практичному занятті – 0,2 бала за практичне заняття, передбачене робочою навчальною програмою дисципліни (максимум 1,6 бала за семестр);
- наявність практичної роботи – 1 бал за практичну роботу (максимум 8 балів за всі практичні роботи);
- захист практичної роботи – 1,2 бала за практичну роботу (максимум 9,6 бала за всі практичні роботи);
- якість оформлення практичної роботи – максимум 0,2 бала за практичну роботу (максимум 1,6 бала за всі роботи);
- опитування під час проведення практичних занять – максимум 0,7 бала за аудиторне заняття (максимум 5,6 бала за семестр);
- наявність усіх практичних занять – 1 бал;
- своєчасна здача усіх практичних занять – 0,3 бала.

## **Практичне завдання № 1**

**Тема. Розрахунок економічної ефективності впровадження системи оптимального керування металорізального верстата для виготовлення стрижня карданного вала 251–3401152–01 в умовах механічного цеху № 2 ПАТ «АвтоКрАЗ»**

**Мета:** набуття навичок у визначенні показників економічної ефективності розрахунку системи оптимального керування металорізального верстата.

### **Короткі теоретичні відомості**

Нові технічні рішення знаходять широке застосування в промисловості, якщо вони істотно змінюють технологічний процес і продуктивність праці. У той самий час, в умовах жорсткої ринкової конкуренції збільшуються вимоги до якості продукції, що виробляється, що призводить до необхідності створення нових систем управління електроприводів з можливістю перенастроювання. Ситуація, що склалася в промисловості зводиться нанівець можливості широкомасштабного застосування прогресивних технологій, так як у будь-якому випадку це пов'язано зі значними капітальними вкладеннями. Одним з таких рішень є застосування оптимальних систем, у яких на основі динамічних характеристик об'єктів або систем та захисту інформації про параметри зовнішніх впливів, що одержуються в процесі роботи, здійснюється коригування параметрів регуляторів. При цьому така система не вимагає втручання в технологічний процес оператора і гарантуватиме, що виготовлена продукція відповідає заданим критеріям якості.

Застосування таких систем можливе як у разі створення нового обладнання, так і у разі модернізації діючого.

При створенні нового обладнання з системами оптимального управління економічний ефект від їх застосування обумовлюється такими складовими. Перш за все, слід ураховувати ефект, що залежить від збільшення продуктивності обладнання. По-друге, використання самоналагоджувальних систем скорочує брак продукції, що випускається. По-третє, знижується ризик виходу з ладу обладнання, зокрема двигунів, унаслідок вибору оптимальних режимів роботи.

### Завдання до теми

Розрахувати економічну ефективність від упровадження системи оптимального керування верстата для виготовлення сталевих з'єднувальних деталей. Вихідні дані для розрахунків відповідно до варіанта наведено у додатку Б.

### Приклад виконання завдання

Розрахувати економічну ефективність упроваджуваної системи на основі виготовлення стрижня карданного вала 251–3401152–01 в умовах механічного цеху № 2 ПАТ «АвтоКрАЗ».

Таблиця 1.1 – Норми часу основних операцій під час виготовлення стрижня карданного вала 251–3401152–01

№ пор.	Вид виконуваної операції	Розрахункова норма часу, хв.	Розряд
1	Токарська	1,72	4
2	Токарська	1,72	4
3	Токарська	4,25	4
4	Токарська	2,00	4
5	Шліфування	5,28	4
6	Шліфування	3,26	4
7	Фрезерування	4,37	4
8	Фрезерування	2,79	4
9	Фрезерування	1,44	4
10	Слюсарна	1,66	3
11	Промивання	1,14	3
	Усього :	29,63	–

Час регулювання за умови використання класичних систем управління знаходиться в межах  $t_{p1} = 0,17$  с, для систем оптимального управління він становить  $t_{p2} = 0,098$  с.

Отже, продуктивність у разі використання нової системи збільшується на величину:

$$DП\% = \frac{(t_{p1} - t_{p2})}{t_{p1}} \times 100 = \frac{0,17 - 0,098}{0,17} \times 100 \% \approx 42 \% \quad (1.1)$$

Складова ефекту, обумовлена універсальністю системи управління, дозволяє відмовитися від додаткового обслуговуючого персоналу.

Пропускна здатність заводів, що мають такі системи, є чинником, від якого залежить кількість обладнання. Якщо взяти до уваги двозмінну роботу, то максимальна продуктивність підприємства повинна бути в межах таких одиниць готової продукції у разі використання попередніх систем і нової системи оптимального управління :

$$N_{p1} = \frac{K_c T_c N_c}{t_{p1}} \times K_3 = \frac{2 \times 8 \times 26 \times 0,65}{0,17} = 1590 \text{ (од./місяць)}, \quad (1.2)$$

$$N_{p2} = \frac{K_c T_c N_c}{t_{p2}} \times K_3 = \frac{2 \times 8 \times 26 \times 0,65}{0,098} = 2759 \text{ (од./місяць)}, \quad (1.3)$$

де  $K_c = 2$  – кількість змін роботи обладнання;  $T_c = 8$  – кількість робочих годин у зміні;  $N_c = 26$  – кількість робочих днів протягом місяця;  $K_3 = 0,6, 0,7$  – коефіцієнт завантаження, що враховує нерівномірність обсягу продукції, що випускається, їх повернення на усунення несправностей, браку і т. д.

Отже, через збільшення пропускної спроможності обладнання є можливість знизити витрати на кількість використовуваного обладнання. Економія за цим показником для цехів більшої продуктивності становить:

$$C_{e1} = C_1 K_f, \quad (1.4)$$

де  $C_1$  – вартість однієї технологічної лінії;  $K_f$  – число не установлюваних ліній через збільшення пропускної спроможності обладнання.

Поточні витрати на обладнання систем визначаються традиційним шляхом і у цьому випадку не розглядаються. З достатньою точністю результируючий ефект може бути визначений за наведеними раніше показниками:

$$E = C_{ecc} - C_{ecc}, \quad (1.5)$$

де  $C_{ecc}$  – сумарні витрати за наведеними статтями в старому варіанті;  $C_{ecc}$  – відповідний показник для нового варіанта.

Розглянемо ефект від впровадження оптимальних систем управління. Згідно зі статистикою, близько 5% виробів, що надійшли в експлуатацію на промислове



підприємство, виходять з ладу протягом гарантованого терміну через низьку якість продукції, що випускається. Застосування ж таких систем дозволяє знизити цей показник до 1 % і відповідно зменшити матеріальні витрати на ремонт, який проводиться за рахунок підприємства, або заміну продукції. Економічний ефект у цьому випадку можна розрахувати наступним чином:

$$C_e = N \times (P_1\% - P_2\%) \times C / 100 \%, \quad (1.6)$$

де  $N = 416$  – кількість виробів, що надійшли в експлуатацію протягом місяця;  $P_1\% = 5\%$  – відсоток виходу з ладу виробів, що надійшли в експлуатацію до впровадження самоналагоджувальних систем;  $P_2\% = 1\%$  – відсоток виходу з ладу виробів, що надійшли в експлуатацію після впровадження самоналагоджувальних систем;  $C = 279,00$  грн – середня вартість одиниці продукції.

Тоді:

$$C_e = \frac{N \times (P_1\% - P_2\%) \times C}{100\%} = \frac{16 \times (5 - 1) \times 279,00}{100\%} = 178,60 \text{ (грн)}. \quad (1.7)$$

*Розрахунок капітальних вкладень та економічної ефективності у разі впровадження систем оптимального керування.*

Витрати на систему керування, що самонастроюється, включають вартість:

- перетворювача для живлення двигуна;
- комутаційної апаратури для автоматичного керування та захисту випробувального обладнання;
- вимірювально-діагностичного комплексу (до складу якого входить: система вимірювальних та цифрових перетворювачів, керуюча обчислювальна машина).

Розрахунок капітальних вкладень повинен виконуватися з урахуванням оптової ціни впроваджуваного обладнання, витрат на транспортування, складські витрати та з урахуванням монтажних-налагоджувальних робіт:

$$K_{н1} = C_{mn} + C_{соо} + C_{датч}, \quad (1.8)$$

де  $C_{mn}$  – вартість комплектного транзисторного перетворювача;  
 $C_{датч}$  – вартість датчиків:

$$C_{датч} = C_c + C_{ш} + C_n = 272,00 + 136,00 + 238,00 = 646,00 \text{ (грн)}, \quad (1.9)$$

де  $C_c = 272,00 \text{ грн}$  – вартість датчика струму;  $C_{ш} = 136,00 \text{ грн}$  – вартість датчика швидкості;  $C_n = 238,00 \text{ грн}$  – вартість датчика кута повороту,

Тоді капіталовкладення::

$$K_n = 9225,00 + 3686,48 + 646,00 = 13557,48 \text{ (грн)}, \quad (1.10)$$

Вартість базової системи:

$$K_{б} = C_{mn} + C_{кл} + C_{датч} = 6150,00 + 522,01 + 646,00 = 7318,00 \text{ (грн)}, \quad (1.11)$$

Розрахунок заробітної плати на річний фонд часу під час роботи обладнання у дві зміни:

$$Z_{zn} = C_m n K_{д} K_c T_p, \quad (1.12)$$

– для нового варіанта :

$$Z_{zn} = C_{mn} n_n K_{д} K_c T_p = 3,85 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 1,36 \cdot 3984 = 45892,49 \text{ (грн)}, \quad (1.13)$$

– для базового варіанта :

$$Z_{zб} = C_{mб} n_{б} K_{д} K_c T_p = 3,32 \cdot 4 \cdot 1,1 \cdot 1,36 \cdot 3984 = 79149,65 \text{ (грн)}, \quad (1.14)$$

де  $C_{mб} = 3,32 \text{ (грн)}$  – погодинна тарифна ставка токаря 4-го розряду;  
 $C_{mn} = 3,85 \text{ (грн)}$  – погодинна тарифна ставка токаря 5-го розряду;  $n_n = 2$  – кількість робітників за новим варіантом;  $n_{б} = 4$  – кількість робітників у базовому варіанті;  $K_{д} = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;  $K_c = 1,36$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування;  $T_p = 3984 \text{ (год)}$  – фонд часу роботи обладнання.

Амортизаційні витрати на обладнання для нового варіанта складають:

$$A = K \cdot H_a, \quad (1.15)$$

де  $K$  – капіталовкладення;  $H_a$  – коефіцієнт, що враховує амортизаційні витрати та складає 16 %,

– для нового варіанта :

$$A_n = K_n \cdot H_a = 13557,48 \cdot 0,16 = 2169,20 \text{ (грн)}, \quad (1.16)$$

– для базового варіанта :

$$A_{\bar{o}} = K_{\bar{o}} \cdot H_a = 7318,01 \cdot 0,16 = 1170,88 \text{ (грн)}. \quad (1.17)$$

Розрахунок вартості витрат електроенергії:

$$C_{ed} = 12 \cdot T_n \cdot N \cdot C \cdot \left[ \frac{P_{н.сер.}}{h_n} + \frac{P_{mp}}{(1 - h_{mp})} \right], \quad (1.18)$$

де  $h_{\partial e} = 0,83$  – коефіцієнт корисної дії двигуна;  $h_{mn} = 0,98$  – коефіцієнт корисної дії тиристорного перетворювача;  $N = 1$  – кількість використаних двигунів;  $C = 1,76$  грн – вартість 1 кВт год електроенергії, грн;  $P_{н.сер.} = 15$  кВт – середня номінальна потужність двигуна, кВт.

Розрахунок виконаємо для двигуна типу ПБСТ–23МУ:  $P_n = 15$  кВт;  $P_{mn} = 17$  кВт;  $h_n = 0,83$ ;  $h_{mn} = 0,98$ ;  $N = 1$ .

Оплату за спожиту енергію за рік можна розрахувати:

– для нового варіанта :

$$C_{ed} = 15 \cdot 12 \cdot 26 \cdot 16 \cdot 1,76 = 131,8 \text{ (тис.грн)}, \quad (1.19)$$

– для базового варіанта :

$$C_{en} = C_{\bar{o}} = 131,8 \text{ (тис.грн)}. \quad (1.20)$$

Експлуатаційні витрати на ремонт, обслуговування та утримання обладнання за рік складають 10% від балансової вартості обладнання:

– для нового варіанту:

$$T_n = 0,1 \cdot K_n = 0,1 \cdot 13557,48 = 1355,74 \text{ (грн)}, \quad (1.21)$$

– для базового варіанту:

$$T_{\bar{o}} = 0,1 \cdot K_{\bar{o}} = 0,1 \cdot 7318,01 = 731,80 \text{ (грн)}. \quad (1.22)$$

Інші витрати складають 10 % від суми амортизаційних витрат, поточних ремонтів, заробітної плати та витрат на електроенергію:

– для нового варіанта :

$$P_{пр.н} = (A_n + T_n + C_{en} + Z_{zn}) \cdot 0,1 = \quad (1.23)$$

$$= (2169,20 + 1355,748 + 131800 + 45892,49) \cdot 0,1 = 18124,44 \text{ (грн)},$$

– для базового варіанта :

$$P_{пр.б} = (A_{б} + T_{б} + C_{эб} + Z_{эб}) \cdot 0,1 = \quad (1.24)$$

$$= (1170,88 + 731,801 + 131800 + 79149,65) \cdot 0,1 = 21285,23 \text{ (грн).}$$

Експлуатаційні витрати зведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Експлуатаційні витрати

№	Стаття витрат	Базовий варіант, грн	Новий варіант, грн
1	Заробітна плата	79149,65	45892,49
2	Амортизаційні витрати	1170,88	2169,20
3	Оплата за електроенергію	131800	131800
4	Поточний ремонт і технічне обслуговування	731,801	1355,748
5	Інші витрати	21285,23	18124,44
	Всього:	234137,56	199341,88

Річний економічний ефект від використання нового варіанта визначаємо за формулою:

$$E_p = (C_{эб} + E_n K_{б}) - (C_{эн} + E_n K_n) = (234137,56 + 0,15 \cdot 731,801) - \quad (1.25)$$

$$- (199341,88 + 0,15 \cdot 1355,748) = 241821,47 - 199545,24 = 34592,32 \text{ (грн),}$$

де  $E_n = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

або у відсотках:

$$E_p(\%) = \frac{241821,47 - 199545,24}{241821,47} \cdot 100 \% = 17 \% , \quad (1.26)$$

Економічний ефект у розрахунку на одиницю продукції у разі використання нової системи з урахуванням браку:

$$E_{ед} = \frac{E_э}{(N_э - N_{бб})} = \frac{34592,32}{(4992 - 49)} = \frac{34592,32}{4943} = 7 \text{ (грн),} \quad (1.27)$$

де  $N_э$  – кількість виробленої продукції за рік:

$$N_p = N \cdot 26 \cdot 12 = 16 \cdot 26 \cdot 12 = 4992 \text{ (шт.),} \quad (1.28)$$

$N_{бб}$  – кількість браку:

$$N_{бб} = N \cdot 26 \cdot 0,05 \cdot 12 = 16 \cdot 26 \cdot 0,01 \cdot 12 = 49 \text{ (шт.).} \quad (1.29)$$

Строк окупності нового обладнання:

$$T_{ок} = \frac{K_n}{(C_{зб} - C_{зн} + C_e \times n)} = \quad (1.30)$$
$$= \frac{13557,48}{(241821,47 - 199545,24 + 12 \times 178,60)} = 0,31(\text{роки})$$

де  $C_e = 178,60$  (грн) – економічний ефект від зниження виходу із ладу виробленої продукції протягом місяця;  $n = 12$  – кількість місяців.

**Висновок:** доцільність упровадження системи оптимального керування металорізального верстата для виготовлення стрижня карданного вала 251–3401152–01 в умовах механічного цеху № 2 ТАП «АвтоКрАЗ» підтверджено розрахунком техніко-економічних показників, а саме: річний економічний ефект від використання нового варіанта обладнання складає 34592,32 грн, або 17 %, а строк окупності запропонованого технічного рішення – близько 3 місяців і 3 тижнів.

### Контрольні питання

1. Як визначається економічний ефект у розрахунку на одиницю продукції у разі використання нової системи з урахуванням браку?
2. Як визначається строк окупності?
3. Що таке амортизаційні витрати?

**Література:** [1, с. 152–161; 2, с.267–278; 9, с. 387–395].

### Практична робота № 2

**Тема.** Розрахунок техніко-економічної ефективності розробки та продажу програмного продукту «Віртуальний вимірювальний комплекс»

**Мета:** набуття навичок у визначенні техніко-економічних показників ефективності розробки програмного продукту «Віртуальний вимірювальний комплекс».

### Короткі теоретичні відомості

Будь-який персональний комп'ютер (ПК), навіть той що декілька років простояв на полиці за непотрібністю, може перетворитися на дуже добрий

віртуальний прилад або цілий вимірювальний комплекс. Для цього потрібно лише підключити до ПК один або декілька не дуже складних зовнішніх пристроїв або плат розширення. При цьому весь інтелектуальний потенціал комп'ютера можна використати для побудови програмної частини приладу, за рахунок якої і будуть реалізовуватися всі його основні функціональні можливості. Віртуальний прилад, таким чином, являє собою більш чи менш складне програмне забезпечення, яке встановлюється на ПК, та деякого інтерфейсного пристрою (ІП), який дозволяє сполучити ПК з джерелами та приймачами інформації.

Можна розраховувати на те, що віртуальний прилад надає користувачеві набагато більш широкі можливості порівняно з класичним вимірювальним приладом, який має той самий рівень технічних характеристик.

Такий комплекс може використовуватися як універсальний вимірювальний прилад, призначений для запам'ятовування та слідкування за системними сигналами, що надходять на його входи у вигляді «чистих» двійкових сигналів та зберігати їх у своїй внутрішній цифровій пам'яті під час налагодження функціональних вузлів і пристроїв різних апаратних засобів обчислювальної техніки (периферійних пристроїв і т.д.), мікропроцесорних і мікроконтролерних систем різного призначення, радіотехнічних систем і пристроїв, засобів телекомунікації і т. д.

### **Завдання до теми**

Обґрунтувати техніко-економічну ефективність розробки та продажу програмного продукту «Віртуальний вимірювальний комплекс» на ринку. Розрахувати собівартість продукту, прибуток за одиницю програмного продукту, максимальну та мінімальну вартість розробленого програмного продукту та побудувати графік беззбитковості. Вихідні дані для розрахунків наведені в додатку В.

### **Приклад виконання завдання**

Розроблений програмний продукт може бути використаний під час перетворення сонячної енергії на електричну.

Функціонування продукту повністю забезпечується стандартною конфігурацією IBM PC/AT сумісних персональних ЕОМ, наявністю процесора CPU–Intel PentiumII, PentiumIII або його аналогів AMD K6, AMDK7 і вище з об’ємом оперативної пам’яті 32 Мб, наявністю відеоадаптеру SVGA та накопичувачу на жорсткому магнітному диску об’ємом не менш ніж 400 Мб.

Розрахунок розміру оплати праці спеціалістів.

Трудовитрати в людино-днях обчислюється за формулою:

$$T = T_{оф} + T_a + T_c + T_n + T_o + T_d, \quad (2.1)$$

де  $T_{оф}$  – трудомісткість вивчення опису задачі та формулювання її постановки;  $T_a$  – трудомісткість на розробку алгоритму програми;  $T_c$  – трудомісткість на складання схеми алгоритму;  $T_n$  – трудомісткість на розробку програми;  $T_o$  – трудомісткість на налагодження програми;  $T_d$  – трудомісткість на оформлення документації.

Трудовитрати всіх видів визначаються через умовну кількість операторів ( $Q$ ) програми, що обчислюються за формулою:

$$Q = qK \prod_{i=1}^n P_i, \quad (2.2)$$

де  $q = 450$  – передбачувана кількість команд програми;  $K$  – коефіцієнт складності програми (для розв’язання задач у реальному часі  $K = 1,5$ );  $P_i$  – коефіцієнт корекції програми (від 0,4 до 0,8);  $n$  – кількість корекцій програми.

Під час налагоджування програми, можливо, буде зроблено 6 корекцій, з них 4 з коефіцієнтом 0,7 і 2 з коефіцієнтом 0,3. Виходячи з цих даних, можна обчислити умовну кількість операторів програми:

$$Q = 450 \cdot 1,5 \cdot (2 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,3) = 2295 \text{ (умовних операторів)}, \quad (2.3)$$

Трудомісткість на вивчення опису програми і формулювання її постановки визначаємо за формулою:

$$T_{оф} = \frac{Q}{8V_{оф} K_{кв}} v, \quad (2.4)$$

де  $V_{of}$  – індивідуальна продуктивність виконавця (команд/години); дані про продуктивність виконавця приведені у табл. 2.1;  $K_{кв}$  – коефіцієнт кваліфікації виконавця;  $v$  – коефіцієнт, що враховує якість опису (0,9–1,0), у нашому випадку даний коефіцієнт буде дорівнювати 1.

Таблиця 2.1 – Дані про продуктивність виконавця

№	Вигляд роботи	Продуктивність команд/години
1	Вивчення опису задачі, формулювання постановки задачі	80
2	Розробка алгоритмів розв’язання задачі	20
3	Складання схеми програми	15
4	Розробка програми	20
5	Налагоджування програми	5
6	Оформлення документації	20

Коефіцієнт кваліфікації залежить від стажу роботи й дорівнює:

- до 2-х років – 0,8;
- від 2-х до 3-х років – 1,0;
- від 3-х до 5-ти років – 1,2;
- від 5-ти до 7-ми років – 1,4.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації буде дорівнювати – 1,4.

Трудовитрати на інші види робіт розраховуємо за формулою:

$$T_i = \frac{Q}{8V_i K_{кв}}, \quad (2.5)$$

де  $i$  – вигляд роботи;  $V_i$  – продуктивність виконавця (табл. 2.1).

Розрахунок трудовитрат наведено в табл. 2.2.

Зарплату розробникам можна розрахувати виходячи з місячного окладу розробника і терміну, необхідного для розробки програмного продукту. Термін розробки визначається виходячи з 22 робочих днів за місяць:

$$T_m = \frac{T}{22} = \frac{87,95}{22} = 3,99 \text{ (місяці)}. \quad (2.5)$$

Розрахунок витрат на основну заробітну плату наведений у табл. 2.3.

Пайова участь керівника проекту дорівнює 20 % від посадового окладу.



Таблиця 2.2 – Розрахунок трудовитрат

№ пор.	Вид роботи	Розрахункова кількість людино-днів
1	Вивчення опису задачі, формулювання постановки задачі, $T_{of}$	2,56
2	Розробка алгоритмів розв'язання задачі, $T_a$	10,25
3	Складання схеми програми, $T_c$	13,66
4	Розробка програми, $T_n$	10,25
5	Налагоджування програми, $T_o$	40,98
6	Оформлення документації, $T_d$	10,25
	Усього:	87,95

Таблиця 2.3 – Розрахунок заробітної плати

Посада	Оклад, грн	Кількість осіб	Час зайнятості, місяців	Заробітна плата за місяць, грн	Основна заробітна плата, грн
Керівник проекту	30000	1	4	6000	2400
Програміст	20000	1	4	20000	8000
Усього:	–	–	–	260	10400

Для подальшої реалізації програмного продукту потрібно найняти інженера й встановити йому відрядну заробітну плату у розмірі 100 грн за створення однієї копії.

Додаткова заробітна плата ( $Z_{дод}$ ) вміщує в собі доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені законодавством.

Додаткову заробітну плату приймаємо 10 % від  $Z_{осн}$ .

Отже, якщо основна заробітна плата становить  $Z_{осн} = 10400$  (грн), тоді додаткова заробітна плата буде:

$$Z_{дод} = 1040 \cdot 0,1 = 1040 \text{ (грн)}. \quad (2.6)$$

*Розрахунок витрат та договірної ціни продукту*

Під час розрахунку експлуатаційних витрат необхідно визначити час налагодження програми ( $T_{ме}$ ) на ЕОМ за такого формулою:

$$T_{MB} = \frac{Qm}{60K_{KB}} \text{ (год/грн)}. \quad (2.7)$$

де  $m$  – витрати машинного часу на налагодження однієї команди (год.).

У цьому випадку  $m$  прийнято рівним одній хвилині.

Тоді  $T_{MB}$ :

$$T_{MB} = \frac{2295}{84} \approx 27 \text{ (год/грн)}. \quad (2.8)$$

Вартість машинного часу визначається за такою формулою:

$$Z_{MB} = C_{м.ч.} T_{м.в.} \text{ (грн)}. \quad (2.8)$$

де  $C_{м.ч.}$  – вартість однієї машино-години, з розрахунку 1 грн за 1 год.

Отже, вартість машинного часу буде дорівнювати  $Z_{MB} = 27$  грн.

До відрахувань на соціальні заходи належать:

– відрахування на державне (обов'язкове) соціальне страхування, включаючи і відрахування на обов'язкове медичне страхування, що разом складає 2,5 % від  $Z_{осн} + Z_{доод}$ . Відрахування на соціальне страхування складає:

$$Z_{сс} = (Z_{осн} + Z_{доод}) 2,5\% = (10400 + 1040) \cdot 0,025 = 286 \text{ (грн)}, \quad (2.9)$$

– відрахування на державне (обов'язкове) пенсійне страхування (у Пенсійний фонд) складає 32 % від  $Z_{осн} + Z_{доод}$ . Відрахування на пенсійне страхування складає:

$$Z_{пс} = (Z_{осн} + Z_{доод}) 32\% = (10400 + 1040) \cdot 0,32 = 3660,8 \text{ (грн)}, \quad (3.10)$$

– відрахування у Фонд сприяння зайнятості населення – 2,5 % від  $Z_{осн} + Z_{доод}$ . Відрахування у Фонд сприяння зайнятості населення складає:

$$Z_{фсз} = (Z_{осн} + Z_{доод}) 2,5\% = (10400 + 1040) \cdot 0,025 = 286 \text{ (грн)}. \quad (2.11)$$

Відрахування на страхування від травматизму:

$$Z_{ст} = (Z_{осн} + Z_{доод}) 0,85\% = (10400 + 1040) \cdot 0,0085 = 97,24 \text{ (грн)}. \quad (2.12)$$

Разом відрахування на соціальні заходи складають 37,85 % від  $Z_{осн} + Z_{доод}$ .

Відрахування на соціальні заходи складають:

$$Z_{соц} = (Z_{осн} + Z_{доод}) 37,85\% = (10400 + 1040) \cdot 0,3785 = 4330 \text{ (грн)}. \quad (2.13)$$

До накладних витрат належать витрати на повне відновлення і капітальний ремонт Основного фонду (амортизаційні відрахування), орендна плата, вартість машинного часу, витрати на енергію і т. д. У цій роботі накладні витрати приймаються в розмірі 70 % від  $Z_{осн}$ . Накладні витрати:

$$B_n = Z_{осн} 70\% = 10400 \cdot 0,7 = 7280 \text{ (грн)}. \quad (2.14)$$

На підставі проведених розрахунків складаємо розрахунок витрат та договірної ціни програмного продукту, що наведений у табл. 2.6. Слід врахувати те, що розрахунок витрат та договірної ціни проводиться для 100 копій програмного продукту. З цього приводу для розрахунку витрат на 1 копію програмного продукту – суму витрат необхідно поділити на 100.

Витрати на тиражування розраховуються таким чином:

$$B_{тир} = C_{м.г.} T_k + Ц_d + Z_i, \quad (2.15)$$

де  $T_k$  – час копіювання системи (1 копія – 0,034 год);  $Ц_d$  – вартість диску (1 диск–10,0 грн);  $Z_i$  – зарплата інженера (1 грн. – 10 копія);  $C_{м.г.}$  – вартість однієї машино–години (10 грн).

Витрати на тиражування однієї копії складуть:

$$B_{тир} = 10 \cdot 0,034 + 10,0 + 10 = 20,34 \text{ (грн)}. \quad (2.16)$$

Визначимо точку беззбитковості – це такий обсяг продаж, при якому окупаються всі витрати. Вона визначається за формулою:

$$T_б = (B_{пост} + B_{пн}) / (Ц_{од} - B_{змін}), \quad (2.17)$$

де  $B_{пост}$  – постійні витрати на строк реалізації ПП, грн;  $B_{пн}$  – витрати на розробку ПП, грн;  $Ц_{од}$  – ціна одиниці продукції, грн;  $B_{змін}$  – змінні витрати на одиницю продукції, грн.

Таблиця 2.6 – Розрахунок витрат та договірної ціни програмного продукту

№ пор.	Найменування статті витрат	Сума, грн
1	Вартість матеріалів і купованих виробів	28,00
2	Основна заробітна плата	1040,00
3	Додаткова заробітна плата	104,00
4	Відрахування на соціальні заходи	433,00
5	Накладні витрати	728,00
6	Вартість машинного часу	27,00
7	Кошторисна вартість (сума пунктів з 1 до 6)	2360,00
8	Прибуток (25 % від пункту 7)	590,00
9	Ціна розроблювача (сума пунктів 7, 8)	2950,00
10	ПДВ (20 % від пункту 9)	590,00
11	Ціна продажу (сума пунктів 9, 10)	3540,00

Таблиця 2.7 – Прибутки та витрати

№ пор.	Показник	Значення
1	Постійні витрати на строк реалізації ПП, $B_{пост}$	2305 грн
2	Витрати на розробку ПП, $B_{рпн}$	28 грн
3	Ціна одиниці продукції, $C_{од}$	3540,00 грн
4	Змінні витрати на одиницю продукції, $B_{змін}$	3357,874 грн

$B_{пост}$  та  $B_{змін}$  визначаються з таблиці прибутків та витрат (табл. 2.7).  $B_{пост}$  складається із заробітної плати на строк розробки програмного продукту, відрахування на соціальне страхування та накладні витрати.  $B_{змін}$  складається з вартості машинного часу, витрат на тиражування, витрат на рекламу на строк реалізації програмного продукту. Витрати на розробку програмного продукту складаються з витрат на матеріали, що необхідні під час розробки програмного продукту. Отже, точка беззбитковості буде дорівнювати такому значенню:

$$T_{\bar{o}} = (2305 + 28) / (3540 - 3357,874) = 13 \text{ (грн)}, \quad (2.18)$$

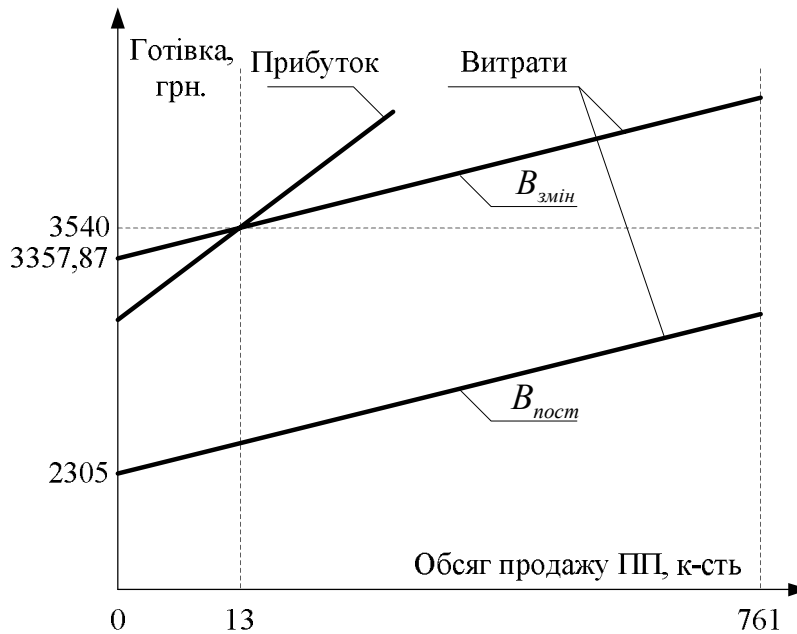


Рисунок 2.1 – Графік беззбитковості

**Висновки:** проведений аналіз дозволяє зробити висновок про доцільність розробки і продажу програмного продукту «Віртуальний вимірювальний комплекс» на ринку.

Собівартість продукту становить  $C_{cc} = 3540$  грн, а прибуток  $\Pi = 590$  грн за одиницю програмного продукту.

Максимальна ціна розробленого програмного продукту:

$$C_{max} = 1,2(C_{cc} + 1,3\Pi) = 1,2 \times (3540 + 1,3 \times 590) = 5168,4 \text{ (грн)}. \quad (2.19)$$

Мінімальна ціна розробленого програмного продукту:

$$C_{min} = 1,2(B_{min} + B_{ад} + 1,3\Pi) = 1,2 \times (20,34 + 0 + 1,3 \times 590) = 791,41 \text{ (грн)}. \quad (2.20)$$

Виходячи з отриманих результатів, установимо ціну продажу без урахування ПДВ. Ціна програмного продукту знаходиться в межах:

$$791,41 \text{ грн.} \leq C_{пр} \leq 5168,4 \text{ грн.} \quad (2.21)$$

Приймаємо ціну продажу програмного продукту, що дорівнює 3540 грн.

За перший рік планується реалізувати 191 одиницю продукції, за другий – 220, за третій – 350. Завдяки розрахунку точки беззбитковості було визначено обсяг продаж, при якому окупуються усі витрати, він дорівнює 13 програмним продуктам.

## **Контрольні питання**

1. Як визначаються трудовитрати під час розробки програмного продукту?

Від яких складових вони залежать?

2. Із яких компонентів складається заробітна плата інженера?

3. Як розраховуються витрати на розробку програмного продукту?

4. Що таке точка беззбитковості? Як вона визначається?

**Література:** [1, с. 152–161; 2, с.267–278; 9, с. 387–395].

## **Практичне заняття № 3**

**Тема. Техніко-економічне обґрунтування впровадження частотно-регульованого електроприводу на компресорну машину**

**Мета:** набуття навичок із розрахунку показників економічної ефективності впровадження частотно-регульованого електроприводу компресорної станції в умовах розвантаження.

### **Короткі теоретичні відомості**

Метою впровадження частотно-регульованого електроприводу є зниження споживання електричної енергії під час роботи компресорних машин компресорної станції в умовах розвантаження.

До основних завдань роботи такої станції можна віднести регулювання подачі стисненого повітря до пневмомережі підприємства, яке може відбуватися двома способами: регулювання на стороні джерела стисненого повітря, тобто компресорних машин і регулювання за рахунок стравлювання стиснутого повітря на стороні нагнітання; регулювання на стороні компресорної машини – це зазвичай або регулювання вхідних напрямних апаратів для машин динамічної дії – відцентрових компресорних машин, або розвантаженням для компресорів поршневого типу.

### **Завдання до теми**

Обґрунтувати техніко-економічну ефективність упровадження частотно-регульованого електропривода компресорної станції в умовах розвантаження. Вихідні дані для розрахунків наведені у додатку Г.

### Приклад виконання завдання

Розрахувати економічну ефективність упровадження частотно-регульованого електропривода компресорної станції машинобудівного підприємства задля зниження споживаної потужності електродвигуном.

Споживання електродвигуном  $P_n = 90$  кВт у режимі номінального навантаження по цеху становить  $T_{\text{спож}1} = 224$  години на місяць, у режимі неробочого ходу (в режимі розвантаження)  $T_{\text{спож}2} = 86$  годин за місяць; усього в місяці 720 годин; у режимі неробочого ходу, згідно з результатами вимірів, електродвигун споживає близько 63 % від номінальної потужності. Споживана електроенергія за місяць компресорної машини за умови роботи під навантаженням становить:

$$E_{\text{спож}1} = T_{\text{спож}1} \cdot P_n, \quad (3.1)$$
$$E_{\text{спож}1} = 224 \cdot 90 = 21950 \text{ (кВЖод/міс.)}$$

Споживана електроенергія за місяць компресорної машини за умови роботи в режимі неробочого ходу (в режимі розвантаження):

$$E_{\text{спож}2} = T_{\text{спож}2} \cdot P_n \cdot 63 \%, \quad (3.2)$$
$$E_{\text{спож}2} = 86 \cdot 90 \cdot 0,63 = 4876 \text{ (кВЖод/міс.)}$$

Сумарна споживана електродвигуном електроенергія:

$$E_{\text{а спож}} = E_{\text{спож}1} + E_{\text{спож}2}, \quad (3.3)$$
$$E_{\text{спож}} = 21950 + 4876 = 26836 \text{ (кВЖод/міс.)}$$

Застосування частотного перетворювача дозволяє повністю виключити режим неробочого ходу і отримати ще близько 5 % економії за рахунок забезпечення стабілізації навантаження електродвигуна і виключення форсованого режиму роботи компресора для підтримки заданого тиску в системі.

Споживання електроенергії у разі застосування частотного перетворювача:

$$E_{\text{спож}3} = E_{\text{спож}1} - (5\% E_{\text{спож}1}), \quad (3.4)$$
$$E_{\text{спож}3} = 21950 - (21950 \cdot 0,05) = 20862 \text{ (кВЖод/міс.)}$$

Економія складе:

$$B = E_{\dot{a} \text{ спож}} + E_{\text{спож}1} - E_{\text{спож}3}, \quad (3.5)$$

$$B = 4876 + 21950 - 20862 = 5974 \text{ (кВтжод/міс)}.$$

За умови величини тарифу на електричну енергію  $\text{Ц} = 2,26$  грн/кВт·год. отримаємо:

$$B_{ee} = B\text{Ц} = 5974 \cdot 2,26 = 13142,8 \text{ (грн)}. \quad (3.6)$$

Отже, річна економія:

– електроенергії – 71688 кВтжод/рік;

– економічний ефект –  $B_{\dot{a}} = 157713,6$  (грн/рік).

Вартість обладнання становить близько  $B_{\text{облад}} = 365000$  (грн.) із ПДВ.

Строк окупності складе:

$$B_{ee} = B_{\text{облад}} / B_{\dot{a}} = 365000 / 157713,6 = 2,3 \text{ (роки)}. \quad (3.7)$$

### Контрольні питання

1. Як розраховується споживання електроенергії у разі застосування частотного регулятора?
2. Що означає поняття «строк окупності»? Як він визначається?
3. Які показники впливають на зниження витрат на електроенергію під час роботи компресорної станції?

**Література:** [5, с. 172–181; 8, с.237–238; 9, с. 87–95].

### Практичне заняття № 4

**Тема. Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електроприводу вентиляторів**

**Мета роботи:** набуття навичок та вмінь щодо техніко-економічного обґрунтування застосування регульованого електроприводу (на прикладі вентилятора).

### Короткі теоретичні відомості

У сучасних методиках щодо визначення економічної ефективності нової техніки належать: нові засоби праці, у тому числі обладнання, машини, прилади, пристрої й т. д.; нові предмети праці, у тому числі матеріали, паливо, енергію



й т. д.; нову технологію й організацію виробництва продукції або виконання робіт (послуг); нову продукцію невиробничого споживання, у тому числі продукцію для задоволення потреб населення, охорони природи.

При цьому поняття «нова» охоплює не тільки впровадження дійсно нових видів і моделей продукції, але й удосконалення продукції, яка раніше випускалася.

Засоби й предмети праці та взагалі продукція – це матеріальна основа поняття «нова техніка». Показники цієї основи – витрати на виробництво продукції, витрати й результати її застосування – становлять елементи формул розрахунку економічного ефекту.

Під новою технікою розуміють упроваджені (або вже впроваджені) результати науково-дослідницьких і прикладних робіт, винаходів, раціоналізаторських пропозицій та організаційно-технічних заходів, використання яких забезпечує одержання певного ефекту.

Розрізняють три аспекти поняття «нова техніка»:

- нова, тобто оцінювана за критерієм часу (наприклад: якщо цього року освоєна нова модель верстата, то із цієї «календарної» точки зору вона вважається новою, а якщо освоєна 10 років тому, то – старою);

- нова, тобто оригінальна техніка, несхожа на стару – у силу творчого характеру праці, витраченої на її створення;

- нова, тобто краща техніка, ефективна порівняно зі старою технікою.

В економічній літературі, у методиках і на практиці, поряд з поняттям «економічний ефект», широко застосовується поняття «економічна ефективність». Показники економічного ефекту вказують на масу економії, а показники ефективності характеризують ступінь віддачі вкладених у здійснення науково-технічного заходу ресурсів. Отже, економічна ефективність розглядається як сукупність усіх показників економічного оцінювання нової техніки – як економічного ефекту, так і коефіцієнтів економічної ефективності.

### Завдання до теми

Розрахувати техніко-економічну ефективність застосування регульованого електроприводу вентилятора, якщо  $t_c = 8$  – тривалість зміни, год;  $n = 2$  – кількість змін;  $N_{\partial} = 365$  – днів у році;  $DP_e = 565$  – економія потужності під час регулювання, кВт, Коефіцієнт корисної дії перетворювача  $\eta_n \approx 0,96$ .

### Приклад виконання заняття

Режим роботи машини з виробництва котунів – тривалий з коливаннями моменту на валу двигунів повітродувки. Регулювання витрати й напору потоку, для відповідності технологічному регламенту, здійснюється дроселюванням з використанням заслінок. Положення відкриття заслінок залежить від продуктивності технологічної лінії.

Межі положень дросельних заслінок під час стабільної роботи технологічних ліній:

1-а технологічна лінія – 40–60 % – продуктивність 380 тонн/година;

2-а технологічна лінія – 40–60 % – продуктивність 380 тонн/година;

3-я технологічна лінія – 35–40 % – продуктивність 320 тонн/година;

4-а технологічна лінія – 40–60 % – продуктивність 400 тонн/година.

Залежно від ступеня закриття напрямного апарата питоме споживання активної потужності незалежно від приводного двигуна становить:

- за умови повністю відкритого напрямного апарата:

$$P_1 \approx 85\% P_n K_3;$$

- за умови відкритого на 50% напрямного апарата:

$$P_2 \approx 75\% P_n K_3;$$

- за умови закритого напрямного апарата:

$$P_1 \approx 57\% P_n K_3.$$

У цьому випадку:  $P_n$  – номінальна потужність двигуна;  $K_3$  – коефіцієнт його завантаження.

Отже, для двигуна з великою потужністю коефіцієнт завантаження буде меншим.

Допоміжним режимом для машин з виробництва котунів є її «тихий хід», коли продуктивність вентилятора знижується приблизно вдвічі  $Q_{min} \approx 0,3Q_{max}$ .

Розрахунковий режим роботи вентилятора відповідає 84,86% номінальної потужності двигуна (дані експерименту). Виходимо з того, що за наявного способу регулювання продуктивності вона (продуктивність) пропорційна ступеню відкриття дросельної залежності  $C_0$ . Тоді за умови потужності 85% від номінальної маємо 87,90% ступінь відкриття заслінки. Отже, продуктивність вентилятора дорівнює 87,40% від номінальної.

У випадку, якщо регулюється швидкість обертання, то продуктивність вентилятора пропорційна швидкості обертання робочого колеса.

У такий спосіб заданий технологічний режим може бути отриманий за 87,90% швидкості обертання й повністю відкритій дросельній заслінці.

Потужність, споживана електроприводом при цьому, може бути розрахована таким шляхом.

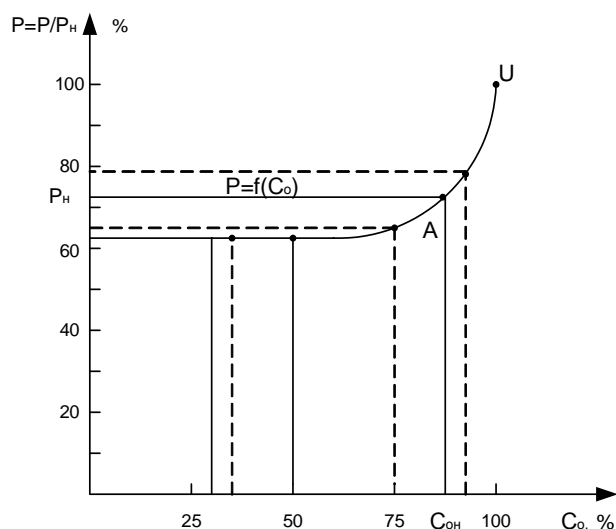


Рисунок 4.1 – Дослідна крива споживаної потужності у функції ступеня відкриття дросельної заслінки ( $C_0$  – ступінь відкриття;  $P = P/P_n$  – відносна активна потужність)

Потужність, споживана вентилятором у разі відкритої заслінки, але з меншою швидкістю обертання, визначається за формулою:

$$P_{\text{вн}} = P_n \times \frac{C_0^3}{C_0} = P_n (n)^3 = P_n (0,87)^3. \quad (4.1)$$

З урахуванням формули 4.1, можна також записати:

$$P_{\text{вн}} = P_n (C_0)^3, \quad (4.2)$$

у разі керування дросельною заслінкою:

$$P_{\text{вп}} = P_n > C_0, \quad (4.3)$$

зниження споживаної потужності безпосередньо вентилятором визначається за формулою:

$$DP_e = P_{\text{вп}} - P_{\text{вн}} = P_n (C_0 - C_0^3), \quad (4.4)$$

при  $P_n = 2570$  кВт;  $C_0 = 0,87$ :

$$DP_e = 2570(0,87 - 0,87^3) = 543,555.$$

У такий спосіб у разі використання регульованого електроприводу формально може бути зекономлена потужність  $DP_e$  залежно від ступеня відкриття заслінки

При  $C_0 = 0,87$ ;  $DP_e = 575$  кВт;

–  $C_0 = 0,9$ ;  $DP_e = 493$  кВт;

–  $C_0 = 0,95$ ;  $DP_e = 270$  кВт;

–  $C_0 = 0,97$ ;  $DP_e = 246$  кВт;

–  $C_0 = 1,0$ ;  $DP_e = 0$  кВт.

Фактична економічна потужність буде нижче у зв'язку з тим, що регулювання швидкості не може здійснюватися без втрат енергії в самому перетворювачі частоти.

Під час роботи регульованого електроприводу варто враховувати потужність втрат усіх елементів, що входять до структури перетворювальних пристроїв:

- розподільчого трансформатора живлення. Коефіцієнт його корисної дії становить  $h_T = 0,97, 0,98$ , причому частина із цих втрат не залежить від

навантаження;

- перетворювача частоти, що містить випрямний й інвертований модулі. Втрати перетворювача практично пропорційні струму в першому ступені. Коефіцієнт корисної дії перетворювача  $h_n \approx 0,96, 0,95$ .

Отже, сумарний ККД системи складе:

$$h_c = h_T \cdot h_n = (0,97, 0,98) \cdot (0,96, 0,95) = 0,95, 0,94. \quad (4.5)$$

Втрати на перетворення енергії максимальні за максимальної швидкості двигуна. Втрати під час керування напрямним апаратом мінімальні за максимальної швидкості (дорівнюють нулю); вони зростають у міру збільшення кута установки напрямного апарата, тобто при зниженні продуктивності й роботі з максимальними значеннями тиску й продуктивності більш економічно працювати без перетворювача частоти. Діаграма ефективності роботи вентилятора залежно від продуктивності наведена на рис. 4.2. Якщо врахувати, що під час роботи двигуна в області частот 47, 50 Гц його ККД практично не змінний, то можна визначити граничну точку, за якої більш вигідна робота установки з нерегульованим електроприводом.

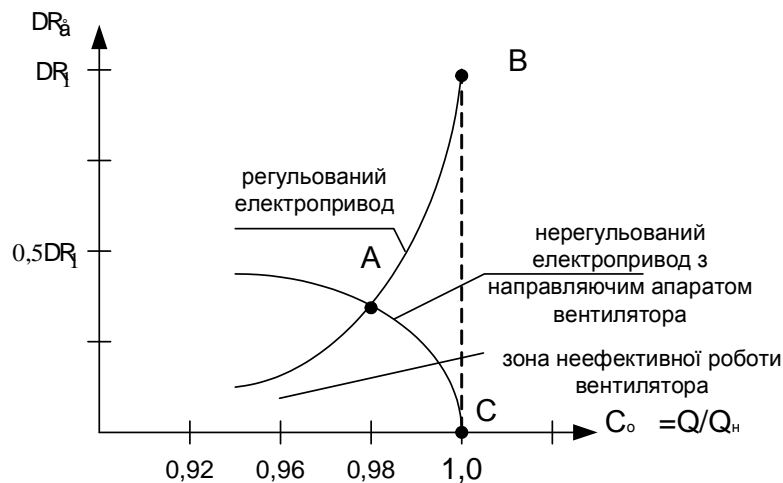


Рисунок 4.2 – Діаграма ефективності робочого вентилятора

Це можливо тоді, коли втрати потужності в дросельній заслінці будуть менше втрат потужності в перетворювальному устаткуванні.

Розрахунок показує, що за умови ступеня відкриття заслінки 0,98, 0,975, регульований електропривод повинен переводитися на нерегульований варіант

шляхом підключення двигунів на мережу й відключення перетворювача частоти.

Під час зміни швидкості обертання момент (струм двигуна) пропорційний квадрату швидкості. Отже, якщо максимальним технологічним режимом є нинішній (у разі ступеня відкриття дросельної заслінки 87 %) момент на валу буде дорівнює 0,76 номінального.

Отже, потужність перетворювача частоти складе:

$$P_{nc} = 0,76 \times P_n = 0,76 \times 2740 \approx 2100 \text{ кВт.} \quad (4.6)$$

Якщо технологічне відкриття заслінки  $C_0$  (на цей режим настроюється технологія у разі нерегульованого електропривода), то момент перетворювача частоти:

$$P_{nc} = \frac{C_0^2}{100} \times P_n. \quad (4.7)$$

З урахуванням отриманих даних виконаємо розрахунок економічної ефективності за рахунок регулювання, але без урахування споживання реактивної потужності й збільшення терміну служби устаткування.

Річна економія електроенергії складе:

$$DP_p = DP_e t_c n N_d, \quad (4.8)$$

де  $t_c = 8$  – тривалість зміни, год;  $n = 3$  – кількість змін;  $N_d = 365$  – днів у році;

$DP_e = 575$  – економія потужності під час регулювання, кВт.

$$DP_p = 575 \times 8 \times 3 \times 365 = 5037 \text{ МВт год.}$$

Тоді річний економічний ефект буде:

$$E_p = DP_p T_e, \quad (4.9)$$

де  $T_e = 2,26$  – тариф на електроенергію, грн.

$$E_p = 5037 \times 10^6 \times 2,26 = 11383620 \text{ грн.}$$

Загальна сума капіталовкладень (вартість перетворювача частоти):

$$K_e = K_{nc} K_e, \quad (4.10)$$

де  $K_{nc} = 827000$  вартість перетворювача частоти, євро;  $K_e = 31,82$  – курс євро.

Тоді  $K_{\hat{a}} = 827000 \times 31,82 = 26315140$  грн.

Строк окупності:

$$T_{ok} = \frac{K_v}{E_p} = \frac{899551,4}{11383620} = 2,3 \text{ років.} \quad (4.11)$$

### Контрольні питання

1. Пояснити поняття «нова техніка» та виділити її аспекти.
2. Виділити межі положень дросельних заслінок.
3. Охарактеризувати режими роботи вентиляторів.
4. Пояснити методику розрахунку режиму роботи вентилятора.
5. Пояснити техніко-економічну ефективність застосування приводу вентилятора.

**Література:** [16, с. 204 – 260].

### Практичне заняття № 5

**Тема. Розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенда**

**Мета роботи:** набуття навичок і вмінь щодо розрахунку економічної ефективності створення лабораторного стенда.

#### Короткі теоретичні відомості

Лабораторний практикум – це потенційно найбільш значущий і результативний компонент природничо-наукової, загальнопрофесійної й спеціальної підготовки в галузі техніки й технологій, призначений для набуття навичок роботи на реальному устаткуванні, з аналогами якого майбутній фахівець матиме справу у своїй практичній діяльності.

Лабораторний практикум проводиться в спеціалізованих навчальних лабораторіях. Ефективність цього виду занять багато в чому визначається можливостями навчального закладу: в оснащенні навчальних лабораторій сучасним устаткуванням; у виборі номенклатури об'єктів експериментального вивчення й змісту лабораторних робіт; у реалізації ефективних технологій виконання робіт і т. д.

Останнім часом, у зв'язку із широким упровадженням комп'ютерних моделюючих систем, активно дискутується питання про необхідність збереження традиційної форми виконання лабораторних робіт на фізичних лабораторних стендах. Особливо часто це обговорюється для простих об'єктів. Тому у даній практичній роботі проведемо розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенда.

### Завдання до теми

Провести аналіз й обчислити повну собівартість кінцевого виробу та проаналізувати структуру лабораторного стенда. Визначити, з яких елементів складається стенд, їх вартість, які витрати під час проведення роботи можуть виникнути. Скласти калькуляцію собівартості готового виробу в промислових умовах. Дані для розрахунку наведено у додатку Е.

### Приклад виконання завдання

Для того щоб провести аналіз й обчислити повну собівартість кінцевого виробу, необхідно використовувати перелік елементів, які застосовуються під час складання лабораторного стенда. Їх наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість основних матеріалів

Найменування матеріалу	Марка	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн	Норма витрат на виріб	Сума витрат, грн
1	2	3	4	5	6
Скло-текстоліт	СФ-1-50	м <sup>2</sup>	80,00	0,2	16,0
Гетинакс	Г111	м <sup>2</sup>	72,00	0,25	18,0
Припій	ПОС-61	кг	50,00	0,1	5,00
Провід	УР-432	м	1,25	30,0	37,5
Провід	ПЕТВ	м	0,3	40,0	12,0
Хлорне залізо		кг	16,00	0,1	1,60
Стрічка ізоляційна	1ШОЛ	рул.	2,50	5	7,50
Емаль	ПФ-218	кг	6,00	1,3	7,8
Кріпильні вироби		кг	12,50	0,22	2,75
Куточок	25 ´ 25 ´ 3	м	4	5	20
Лист заліза Ст.1	1250´ 2500´ 2	м <sup>2</sup>	49,06	0,5	24,53
Трубка ізоляційна	ПВХ	м	4,00	2,0	80
Усього:					232,68



Витрати на придбання комплектуючих наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вартість покупних комплектуючих

№ пор.	Позначення	Тип	Кіл.	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
A1 Плата системи керування					
1	C1-C4, C8-C11, C14, C15	R15N300J1HH5	10	0,275	2,75
2	C5-C7, C12, C13, C18	R15N104J1HH5	20	0,275	5,5
3	C16, C17, C19, C20	R15N105J1HH5	4	0,275	1,1
4	ZQ1-ZQ5	HC-49U	5	1,3915	6,9575
5	DD1	mcр130	1	5,5	5,5
6	DD2, DD3	PIC16F877 – 20I/P	2	43,15	86,3
7	DD6, DD7, DD11	PIC16F873-20I/SP	3	41,74	125,22
8	DD4	K555ЛН1	1	0,539	0,539
9	DD5	K555ЧИ1	1	0,7425	0,7425
10	DD8	K555ИР8	1	4,466	4,466
11	DD9	K555ЛЛ1	1	0,7425	0,7425
12	DD10	MAX232	1	4,66	4,66
13	DD12	K555ИД7	1	0,8965	0,8965
14	R1-R5, R14, R30-R34, R3*-R5*	MF-12 1.3 Ом 5 %	14	0,055	0,77
15	R6-R13, R15-R23	MF-12 350 Ом 5 %	17	0,055	0,935
16	R24-R29	MF-12 Ом 5 %	7	0,055	0,385
17	R35	MF-12 1,5 Ом 5 %	1	0,055	0,055
18	R36	MF-12 22 Ом 5 %	1	0,055	0,055
19	R37	MF-12820 Ом 5 %	1	0,055	0,055
20	R1*	MF-12 22 кОм 5 %	1	0,055	0,055
21	R2*	MF-12 620 Ом 5 %	1	0,055	0,055
22	VD2-VD10	L-513LRD	10	0,088	0,88
23	VD11-VD18	L-513VGC	10	0,6105	6,105
24	VD1	KC156A	1	0,55	0,55
25	VD19	КД522	10	0,55	5,5
26	VT1	КТ315	5	0,55	2,75
27	SA1	Кнопка без фіксації	1	2,75	2,75
28	J0-J4	PLDR 80-G	1	5,5	5,5
29	Панелька	DIP40	4	0,4235	1,694
30	Панелька	DIP28	6	0,374	2,244
A2 Плата підсилювачів					
1	C3,C10,C11	ECR 470мкФх25В	4	0,2915	1,166
2	C1-C2	ECR 100мкФх25В	4	0,1155	0,462
3	C4-C6	R15N104J1HH5	4	0,275	1,1

Продовження табл. 5.3

4	C7-C9	R15N060J1HH5	3	0,275	0,825
5	R1-R5	MF-12 1кОм 5 %	5	0,275	1,375
6	R4-R6	MF-100 40 Ом 0,1 %	3	0,55	1,65
7	DD1	K555IP8	1	2,75	2,75
8	DD2	K555ЧИ1	1	4,466	4,466
9	DD3	K555JЛ1	1	0,7425	0,7425
10	DD4	K555ИД7	1	0,7425	0,7425
11	VD1	KC156A	1	0,9075	0,9075
12	VD2, VD3	KC509B	2	0,55	1,1
13	VT1	KT503B	1	0,55	0,55
14	DA1	7905	1	0,825	0,825
15	DA2	7805	1	0,825	0,825
	B1-B6	Підмодулі В	6		
16	C1	R15N030J1HH5	1	0,275	1,65
17	C2	R15N060J1HH5	1	0,275	1,65
18	C3. C4. C6. C7	R15N104J1HH5	4	0,275	6,6
19	C5	R15N300J1HH5	1	0,275	1,65
20	DD1	AD5260BRU50	6	16,5	99
21	DA1. DA2	KP140УД1408А	6	3,26	19,56
22	R1- R4	MF-12 1,5кОм 0,5 %	4	2,75	66
23	R5, R7, R8	MF-12 10 кОм 0,5 %	3	2,75	8,25
24	R6	PV36Y 10 кОм 10 %	6	3,76	22,56
25	R9. R10	MF-12 1кОм 5 %	2	0,275	3,3
26	VD1- VD4	КД102 (103, 104, 109)	4	0,3575	8,58
27	VD5-VD7	KC156A	3	0,55	9,9
A3 Плата синхронізації					
1	C1-C9	R15N060J1HH5	9	0,275	2,475
2	C10-C12	R15N104J1HH5	3	0,275	0,825
3	R1 R10 R11 R17 R21.R24	MF-12 1,3 кОм 5 %	6	0,055	0,33
4	R18- R20	MF-12 1 кОм 5 %	3	0,055	0,165
5	R12-R14	MF-25 200 Ом 0,1 %	3	0,11	0,33
6	R2, R15, R22	PRW-5W 40 кОм	6	2,75	16,5
7	R3, R16, R23	PRW-5W 4 кОм	3	2,75	8,25
8	R4-R9	MF-300 20 кОм 0,1 %	6	2,75	16,5
9	R25-R30	MF-12 1,3 кОм 5 %	6	0,055	0,33
10	BV1-BV3	LV 25-P	3	280	1680
11	DD1-DD6	PVR1301N	6	63,38	380,28
12	Панелька	DIP16	6	0,088	0,528
13	K1	ПП21-003-УХЛ4	1	27,26	27,26
A4 Плата зв'язку					
1	C2, C3	R15N300J1HH5	2	0,275	0,55
2	C1	R15N104J1HH5	1	0,275	0,275
3	C12-C19	ДО73-17 0,1мкФ 220В	8	0,55	4,4
4	ZQ1	HC-49U	1	13,915	13,915

Продовження табл. 5.3

5	R1	MF-12 1,3 кОм 5 %	1	0,055	0,055
6	R18-R25	MF-12 550 Ом 5 %	8	0,055	0,44
7	R2-R9	MF-50 2 Ом 5 %	8	0,275	2,2
8	R10-R17	MF-50 620 Ом 5 %	8	0,275	2,2
9	R26-R33	MF-50 50 Ом 5 %	8	0,275	2,2
10	R36-R43	MF-12 5 кОм 5 %	3	0,055	0,165
11	R34	MF-12 12 кОм 5 %	4	0,055	0,22
12	R35	MF-12 12 кОм 5 %	3	0,055	0,165
13	DD1	PIC16F877-20I/P	1	43,15	43,15
14	DD2-DD9	ДО293КП13П	8	35,65	285,2
15	VD1-VD8	KC147A	8	0,4455	3,564
16	VD9	1N5408	3	0,3355	1,0065
17	VT1	КТ315Б	2	0,055	0,11
18	VT2	КТ815М	2	0,98	1,96
19	Панелька	DIP40	2	0,43	0,86
А5 Плата блока живлення					
1	C1,C2	ДО73-17 0,47мкФ'630В	2	0,6985	1,397
2	C3	ECR 470мкФ'50В	1	1,452	1,452
3	C4, C5, C7-C12	ECR 470мкФ'25В	8	0,2915	2,332
4	C14-C15, C20	ECR 100мкФ'25В	3	0,1155	0,3465
5	C16	ECR 10мкФ'25В	1	0,0715	0,0715
6	C6	ECR 2000мкФ'25В	1	5,5	5,5
7	C13,318,319	R15N104J1HH5	1	0,275	0,275
8	R1	PV36Y 2,7 кОм 10%	1	3,85	3,85
9	R8	MF-12 100 Ом 5%	1	0,055	0,055
10	R2-R7	MF-300 12 Ом 5%	6	0,055	0,33
11	VD1-VD36	1N5408	36	0,3355	12,078
12	DA1	7815	1	0,825	0,825
13	DA2	7915	1	0,825	0,825
14	DA3	SD1083	1	16,5	16,5
15	TP1	Трансформатор 6*7/6*1/15*2	1	150	150
16	TP2	Трансформатор 24*1/9	1	110	110
17		Радіатор Н15-003	2	5,5	11
18		Радіатор Н100-004	3	5,5	16,5
А6 Блок датчиків струму					
1	BA1-BA3	LA 25 NP	3	140	420
2	C1, C3	R15N104J1HH5	2	0,275	0,55
3	C2, C4	ECR 100мкФх25В	2	0,1155	0,231
Блок тиристорного регулятора напруги					
1	B1-36	ДО73-17 0,22мкФх630В	6	1,1	6,6
2	R1-R6	PRW-10W 33 Ом	6	2	12
3	VS1-VS6	1N5408	6	0,3355	2,013
Блок тиристорних ключів					
1	VS1-VS8	KY202	6	2,75	16,5
2	31-33	ДО73-17 0,22мкФх630У	3	1,1	3,3

Продовження табл. 5.3

3	R1-R3	PRW-10W 33 Ом	3	2	6
Усього по платах:					3846,34
1	A1-A6	Виготовлення друкованих плат	6	280	1680
2	Корпус	Varioset 19' 84TE, 6HE	1	490	490
3	АЦП	L-780-84	1	2520	2520
4		Сполучні шнури	4	11,2	44,8
5		Інтерфейсний кабель	20	7,84	156,8
Усього:					8737,94

Витрати на придбання комплектуючих й основних матеріалів, необхідних для виготовлення лабораторного стенда, складуть:

$$B = B_{осн} + B_{ком} = 232,68 + 8737,94 = 8970,62 \text{ грн.}$$

Розрахуємо заробітну плату таким чином.

Для виготовлення лабораторного стенда треба 672 години робочого часу. При цьому для створення стенда необхідна участь таких працівників відповідної кваліфікації: інженер-електронник (розробка й складання друкованих плат) – 190 годин, електромонтер 4-го розряду (складання й монтаж устаткування) – 272 години, програміст (розробка й налагодження програмного забезпечення) – 210 годин. Витрати на заробітну плату виконавця містять у собі витрати на основну і додаткову заробітну плату. Годинна тарифна ставка електромонтера 4-го розряду становить 19,34 гривень на годину, інженера-електронника – 70,34 грн на годину, програміста – 78,50 грн на годину. Тоді, основна заробітна плата робітників складе:

$$C_{осн} = S d_d \cdot t = 190 \cdot 70,34 + 19,34 \cdot 272 + 210 \cdot 78,50 = 35110,08 \text{ (грн)},$$

де  $d_d$  – годинна тарифна ставка відповідного працівника;  $t$  – час, необхідний для виконання роботи.

Додаткова заробітна плата, становить 15 % від основної, тоді:

$$C_{дод} = 0,15 C_{осн} = 0,15 \cdot 35110,08 = 5266,512 \text{ (грн)}.$$

Загальна заробітна плата складе:

$$C_S = C_{осн} + C_{дод} = 35110,08 + 5266,512 = 40376,59 \text{ (грн)}.$$

Відрахування до фонду соціального страхування становлять 36,3 %:

$$O_{cc} = 0,36C_S = 0,363 \cdot 40376,59 = 14656,70 \text{ (грн)}.$$

Загальногосподарські витрати становлять 50 % від заробітної плати і будуть дорівнювати:

$$B_{zocn} = 1,5C_S = 1,5 \cdot 40376,59 = 60564,89 \text{ (грн)}.$$

Інші виробничі витрати становлять 20 % від заробітної плати, тож отримаємо:

$$B_i = 0,2C_S = 0,2 \cdot 40376,59 = 8075,32 \text{ (грн)}.$$

Повна собівартість містить у собі витрати на придбання основних і комплектуючих матеріалів, заробітну плату виконавця, відрахування до фонду соціального страхування, загальногосподарські витрати й інші види витрат та розраховується за формулою:

$$П = B + C_a + O_{cc} + B_{zocn} + B_i,$$

$$П = 8970,62 + 40376,59 + 14656,70 + 60564,89 + 8075,32 = 132644,12 \text{ (грн)}.$$

*Розрахунок собівартості створення технічної документації до лабораторного стенда.*

Таблиця 5.4 – Початкові дані для розрахунку

№ пор.	Найменування	Вартість, грн/кількість
1	Погодинна оплата фахівця	За варіантом
2	Ціна паперу	За варіантом
3	Середня вартість канцелярських товарів	10 грн
4	Кількість аркушів методичного забезпечення	За варіантом
5	Погодинна оплата навчально-допоміжного персоналу	19,34 грн
6	Ціна електроенергії	2,26 грн/кВт
7	Установлена потужність устаткування	За варіантом
8	Погодинна оплата за електронний набір	19,34 грн
9	Установлена потужність електронного устаткування	0,5 кВт
10	Ціна друку сторінки чорно-білого тексту	За варіантом
11	Погодинна оплата редактора	За варіантом
12	Ціна однієї копії чорно-білого тексту	0,65 грн
13	Установлена потужність спеціалізованого апарата, що копіює	2 кВт
14	Кількість копій технічної документації	30 шт

Розглянемо витрати, які виникають під час створення технічної документації відповідно до етапів, що викладені нижче.

1. Створення чорнового варіанта технічної документації:

$$C_{\text{ч}} = t_{\text{ф}} \cdot Z_{\text{ф}} + C_{\text{б}} \cdot K_{\text{б}} + C_{\text{к}} \cdot K_{\text{к}},$$

де  $C_{\text{ч}}$  – собівартість чорнового варіанта технічної документації, грн;  $t_{\text{ф}}$  – час роботи фахівця над чорновим варіантом, років;  $Z_{\text{ф}}$  – погодинна оплата фахівця, грн/год;  $C_{\text{б}}$  – ціна паперу, грн/аркуш;  $K_{\text{б}}$  – кількість аркушів, що витрачаються на чорновий варіант, шт.;  $C_{\text{к}}$  – середня вартість канцелярських товарів, грн/шт.;  $K_{\text{к}}$  – кількість канцелярських товарів, шт.

$$C_{\text{ч}} = 20 \cdot 19,34 + 0,18 \cdot 50 + 10 \cdot 4 = 435,8 \text{ (грн)}.$$

2. Експериментальне підтвердження технічної документації:

$$C_{\text{е}} = t_{\text{ф}} \cdot Z_{\text{ф}} + t_{\text{уд}} \cdot Z_{\text{уд}} + C_{\text{е}} \cdot K_{\text{е}},$$

де  $t_{\text{уд}}$  – час роботи навчально-допоміжного персоналу, років;  $Z_{\text{уд}}$  – погодинна ставка фахівця навчально-допоміжного персоналу, грн/год.;  $C_{\text{е}}$  – вартість електроенергії грн/кВт год;  $K_{\text{е}}$  – кількість витраченої електроенергії, кВт.

$$C_{\text{е}} = 20 \cdot 19,34 + 20 \cdot 4 + 2,26 \cdot 20 \cdot 2 = 557,2 \text{ (грн)}.$$

Варто зазначити, що під час проведення експериментів не враховувалися амортизаційні відрахування на відновлення устаткування.

3. Набір електронного варіанта технічної документації:

$$C_{\text{наб}} = t_{\text{наб}} \cdot Z_{\text{наб}} + C_{\text{е}} \cdot K_{\text{е}},$$

де  $t_{\text{наб}}$  – час роботи оператора ЕОМ, год;  $Z_{\text{наб}}$  – погодинна ставка оператора ЕОМ, грн;  $C_{\text{е}}$ ,  $K_{\text{е}}$  – ціна й кількість електроенергії, що споживає ЕОМ, грн/кВт год.

$$C_{\text{наб}} = 20 \cdot 19,34 + 2,26 \cdot 2 \cdot 20 = 447,2 \text{ (грн)}.$$

Зазначимо, що при цьому не враховуються амортизаційні засоби на відновлення комп'ютерної техніки.

4. Виправлення електронного варіанта технічної документації:

$$C_{\bar{z}} = t_{\text{наб}} \cdot Z_{\text{наб}} + C_e \cdot K_e.$$

$$C_{\bar{z}} = 5 \cdot 19,34 + 2,26 \cdot 2 \cdot 5 = 119,3 \text{ (грн).}$$

5. Друк кінцевого варіанта технічної документації:

$$C_{\text{кв}} = t_{\bar{d}} \cdot Z_{\text{наб}} + C_e \cdot K_e + C_{\bar{b}} \cdot K_{\bar{b}} + C_n \cdot K_n,$$

$$C_{\text{кв}} = 0,2 \cdot 19,34 + 2,26 \cdot 2 \cdot 0,2 + 0,75 \cdot 28 + 0,65 \cdot 30 = 45,27 \text{ (грн).}$$

При цьому не враховується вартість можливої недостачі під час друку, а також вартість амортизаційних відрахувань на відновлення устаткування для друку.

6. Копіювання оригіналу технічної документації.

$$C_{\text{кон}} = t_{\text{кон}} \cdot Z_{\text{кон}} + C_e \cdot K_e + C_{\text{кон}} \cdot K_{\text{кон}},$$

$$C_{\text{кон}} = 3 \cdot 19,34 + 2,26 \cdot 2 \cdot 3 + 0,65 \cdot 840 = 617,58 \text{ (грн).}$$

7. Собівартість створення технічної документації становить суму всіх витрат, розрахованих вище:

$$C_{\text{тд}} = C_{\text{ч}} + C_e + C_{\text{наб}} + C_{\bar{z}} + C_{\text{кв}},$$

$$C_{\text{тд}} = 435,8 + 557,2 + 447,4 + 119,3 + 45,27 = 1604,77 \text{ (грн)}$$

8. Вартість загальної кількості технічної документації враховує собівартість копіювання:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{тд}} + C_{\text{кон}},$$

$$C_{\text{заг}} = 1604,77 + 617,58 = 2222,35 \text{ (грн).}$$

У результаті проведених розрахунків отримана повна собівартість технічної документації, що становить 697,66 грн.

### Контрольні питання

1. Пояснити призначення лабораторного стенда в навчальному закладі.
2. Пояснити ефективність використання стенда в процесі навчання.
3. У чому полягає сутність методичної документації щодо використання стенда?
4. Назвати витрати, які виникають під час створення технічної документації стенда.

5. У чому полягає розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенда?

**Література:** [19, с. 123 – 126].

### **Практичне завдання № 6**

**Тема. Техніко-економічне обґрунтування заміни малозавантажених двигунів електроприводу виробничих механізмів**

Мета: набуття навичок розрахунку терміну окупності двигуна під час його заміни залежно від коефіцієнтів завантаження та відпрацьованого часу за рік; раціонального вибору замінюваного обладнання

#### **Короткі теоретичні відомості**

Аналіз роботи діючих електроприводів (ЕП) показав, що більшість приводних двигунів мають завищену номінальну потужність порівняно з тією, що необхідна від електроприводу для реалізації технологічного процесу. В європейській практиці прийнято вважати, що коефіцієнт навантаження (коефіцієнт використання) двигунів  $k_n$ , визначається відношенням потужності навантаження двигуна  $P_c$  до його номінальної потужності  $P_{ном}$ , складає близько 0,6. В Україні цей коефіцієнт ще нижче та лежить у межах 0,3 – 0,5.

Окрім того, ЕП ряда робочих машин та виробничих механізмів частину свого циклу працюють із малими механічними навантаженнями або на неробочому ході. До них належать, наприклад, ЕП оброблювальних станків, ковальсько-пресового устаткування, підйомно-транспортних механізмів.

В обох розглянутих випадках відповідно до існуючих залежностей ККД та коефіцієнта потужності  $\cos \phi$  від  $k_n$  двигуни під час недовантаженості працюють із невисоким ККД, а асинхронні двигуни – і зі зниженим коефіцієнтом потужності  $\cos \phi$ . Підвищення цих показників призводить до зниження втрат енергії в ЕП та системі електропостачання й може бути досягнуто, наприклад, заміною малозавантажених двигунів двигунами меншої потужності.



## Завдання до теми

Виконати розрахунок терміну окупності двигунів меншої потужності серії АІР залежно від коефіцієнтів завантаження та відпрацьованого часу за рік, отримані числові значення занести до табл. 6.1.

Проаналізувати отримані результати та зробити висновок щодо раціонального вибору замінюваного обладнання.

Дані для розрахунків наведено у додатку Ж.

### Порядок виконання завдання

Визначити оптимальне навантаження двигуна типу 4А180S4 та навантаження, за якого економічно доцільно його замінити на двигун меншої потужності.

Двигун 4А180S4 має такі номінальні дані: потужність  $P_{ном} = 22$  кВт; напруга 380/220 В; ковзання  $s_{ном} = 0,02$ ; струм статора  $I_{1ном} = 41,2$  А; ККД  $\eta_{ном} = 90\%$ ;  $\cos\phi_{ном} = 0,87$ ; активні опори обмоток статора  $R_1 = 0,219$  Ом та приведені ротора  $R_2 = 0,112$  Ом. Вартість двигуна складає  $C_{вст} = 14740$  грн. Нормативний строк служби (строк амортизації)  $T_{ок} = (KB_{нов} + KB_{ост} - KB_{лікв}) / (c_e T_e DP_{екон} + (C_{вст} - C_{нов}) p_a)$  років; строк служби до модернізації  $T_p = 15$  років; норма амортизації  $p_a = 6,4\%$  на рік.

Слід урахувати такі умови:

- 1) двигуни меншої потужності вибираються із серії АІР;
- 2) як тариф електроенергії приймається вартість за 1 кВтгод спожитої електричної енергії для промислових та прирівняних до них комерційних, непромислових груп споживачів й сільськогосподарських споживачів-виробників (на 2017 рік), що рівний 2,24 грн;
- 3) заробітна плата обслуговуючого персоналу після модернізації не змінюється;
- 4) врати на демонтаж діючого двигуна не враховуються;
- 5) витрати на транспортування приймаються у розмірі 35 % від його вартості;

б) двигун, що замінюється, стає резервним на підприємстві, та його ліквідаційна вартість дорівнює нулю;

Визначаємо швидкість неробочого ходу, номінальну швидкість та момент двигуна 4A180S4:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= 2\pi f_1 / p = 2 \times 3,14 \times 50 / 2 = 157 \text{ (рад/с)}, \\ \omega_{ном} &= \omega_0 (1 - s_{ном}) = 157(1 - 0,02) = 154 \text{ (рад/с)}, \\ M_{ном} &= P_{ном} / \omega_{ном} = 22000 / 154 = 143 \text{ (Нжм)}, \end{aligned} \quad (6.1)$$

де  $f_1$  – частота мережі, Гц;  $p$  – кількість пар полюсів.

Знайдемо для номінального режиму загальні, змінні та постійні втрати потужності:

$$\begin{aligned} V_{ном} &= M_{ном} \omega_0 s_{ном} (1 + R_1 / R_2) = \\ &= 143 \times 157 \times 0,02 (1 + 0,219 / 0,112) = 1327 \text{ (Вт)}, \\ DP_{ном} &= P_{ном} (1 - h_{ном}) / h_{ном} = 22000 (1 - 0,9) / 0,9 = 2444 \text{ (Вт)}, \\ K &= DP_{ном} - V_{ном} = 1117 \text{ (Вт)}. \end{aligned} \quad (6.2)$$

Оптимальне навантаження двигуна визначається за формулою:

$$k_{н.опт} = \sqrt{K / V_{ном}} = \sqrt{1117 / 1327} = 0,92. \quad (6.3)$$

ККД двигуна при цьому навантаженні відповідно до (6.2) складає:

$$\begin{aligned} h &= k_n P_{ном} / (k_n P_{ном} + K + k_n^2 V_{ном}) = \\ &= 0,92 \times 22000 / (0,92 \times 22000 + 1117 + 0,92^2 \times 1327) = 0,903. \end{aligned} \quad (6.4)$$

Визначимо залишкову вартість встановленого двигуна:

$$C_{зал} = C_{вст} (1 - T_p / T_{сл}) = 14740 (1 - 15 / 20) = 3685 \text{ (грн)}. \quad (6.5)$$

Визначимо термін окупності під час заміни цього двигуна для коефіцієнтів навантаження  $k_n = 0,25; 0,5; 0,75$  та часу роботи двигуна за рік 1500, 3000, 4500 та 6000 год.

Термін окупності розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (KB_{нов} + KB_{ост} - KB_{лікв}) / (c_e T_e DP_{екон} + \\ &+ (C_{вст} - C_{нов}) p_a), \end{aligned} \quad (6.6)$$

де  $KB_{нов}$  – капітальні витрати на новий двигун, грн:

$$KB_{нов} = C_{нов} + B_{дем} + B_{тр} + B_{монт} + B_{налаг}, \quad (6.7)$$

де  $C_{нов}$  – вартість нового двигуна, грн;  $B_{дем}$ ,  $B_{тр}$ ,  $B_{монт}$ ,  $B_{налаг}$  – витрати відповідно на демонтаж замінюваного двигуна, на транспортування, монтаж та пусконаладжувальні роботи для нового двигуна, грн;  $(C_{вст} - C_{нов})p_a$  – різниця між амортизаційними відрахуваннями до та після модернізації.

Відповідно до умов завдання  $B_{дем} = B_{тр} + B_{монт} + B_{налаг} = 1,35C_{нов}$ .

Отже,

$$\begin{aligned} B_{дем} &= B_{тр} + B_{монт} + B_{налаг} = 1,35C_{нов} = \\ &= 1,35 \cdot 4199 = 5668,65 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Тоді (6.6) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (1,35C_{нов} + 3685) / (1,3T_p DP_{екон} + \\ &+ 0,064(14740 - C_{нов})). \end{aligned} \quad (6.8)$$

При  $T_p = 1500$  год на рік  $T_{ок}$  дорівнює:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (1,35 \cdot 4199 + 3685) / (1,3 \cdot 1500 \cdot 0,267 + \\ &+ 0,064(14740 - 4199)) = 7,8 \text{ років.} \end{aligned} \quad (6.9)$$

При  $T_p = 3000$  год на рік  $T_{ок}$  дорівнює:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (1,35 \cdot 4199 + 3685) / (1,3 \cdot 3000 \cdot 0,267 + \\ &+ 0,064(14740 - 4199)) = 5,5 \text{ років.} \end{aligned} \quad (6.10)$$

При  $T_p = 4500$  год на рік  $T_{ок}$  дорівнює:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (1,35 \cdot 4199 + 3685) / (1,3 \cdot 4500 \cdot 0,267 + \\ &+ 0,064(14740 - 4199)) = 4,2 \text{ років.} \end{aligned} \quad (6.11)$$

При  $T_p = 6000$  год на рік  $T_{ок}$  дорівнює:

$$\begin{aligned} T_{ок} &= (1,35 \cdot 4199 + 3685) / (1,3 \cdot 6000 \cdot 0,267 + \\ &+ 0,064(14740 - 4199)) = 3,4 \text{ років.} \end{aligned} \quad (6.12)$$

Таблиця 6.1 – Дані розрахунку терміну окупності під час заміни двигуна

Показник	Значення коефіцієнта навантаження, $k_n$		
	0,25	0,5	0,75
Потужність навантаження при даному $k_n$ , кВт	5,5	11	15,4
Втрати потужності в замінюваному двигуні, кВт	1,2	1,45	1,87
Двигун для заміни	112M4	132M4	160S4
Втрати потужності у новому двигуні у номінальному режимі, кВт	0,933		
Вартість нового двигуна, грн	4199		
Зниження втрат потужності у разі заміни, кВт	0,267		
Термін окупності при $T_p = 1500$ год на рік	7,8		
Термін окупності при $T_p = 3000$ год на рік	5,5		
Термін окупності при $T_p = 4500$ год на рік	4,2		
Термін окупності при $T_p = 6000$ год на рік	3,4		

Уточнення розрахунку терміну окупності може бути виконано за рахунок урахування втрат потужності у системі електропостачання та ліквідаційної вартості замінюваного двигуна. Урахування цих чинників призведе до деякого зниження терміну окупності.

Наприклад, якщо замінюваний двигун буде після демонтажу реалізовано за своєю залишковою вартістю, тоді термін окупності установки нового двигуна АІР112М4 при  $k_n=0,25$  та  $T_p = 6000$  год складе приблизно два роки.

### Контрольні питання

1. Поясніть залежність терміну окупності від втрат потужності у системі електропостачання та ліквідаційної вартості замінюваного двигуна.
2. Поясніть термін «залишкова вартість». Як він визначається?
3. Як впливає на двигун недовантаженість? До яких економічних втрат це призводить?

**Література:** [8, с. 60–64; 9, с. 67–78].

## **Практичне завдання № 7**

### **Тема. Розрахунок основних техніко-економічних показників холодильно-компресорного цеху**

Мета: набуття навичок із розрахунку основних техніко-економічних показників холодильно-компресорного цеху.

#### **Короткі теоретичні відомості**

Холодильні машини й установки призначені для штучного зниження та підтримки зниженої температури нижче температури навколишнього середовища від 10 °С і до -153 °С у заданому охолоджуваному об'єкті. Відведення і перенесення тепла здійснюється за рахунок споживаної при цьому енергії. Варто враховувати, що устаткування, що працює з тиском 6 – 8 атм (6 атм) має втрати на осушування 0,25 атм (+0,25 атм), втрати на фільтрах 0,25 атм (+0,25 атм) і втрати в мережах 0,25 атм (+ 0,25 атм). Тобто компресор, що працює в діапазоні 6,75 – 7,25 атм надлишкового тиску, відмінно справляється з поставленим завданням. Економія у цьому випадку становить 3 атм, а зниження тиску на 1 атмосферу дає близько 6 % економії електроенергії й знижує витік на 12 %.

Для завдання мінімального робочого тиску в мережі необхідно: орієнтування на мінімально припустимий робочий тиск устаткування; правильний вибір перетину трубопроводів; своєчасне обслуговування фільтрів; використання компресорів із сучасною системою регулювання; використання єдиної системи регулювання для компресорної системи. Усунення витоків може дати більший, ніж здається на перший погляд, ефект. Досить часто після усунення основних витоків споживання повітря знижується на 30 – 50% і більше.

Одним з найбільш радикальних способів розв'язання цієї проблеми є децентралізація компресорної системи за допомогою багатофункціональних компресорів. Такі компресори поєднують у єдиному кожусі цілої системи вироблення й підготовку стисненого повітря: компресор, кінцевий охолоджувач, вологомаслосепаратор, осушувач повітря, магістральний фільтр, систему автоматичного електронного керування й моніторингу, очищення конденсату, систему рекуперації тепла й інші опції. Окрім усього перерахованого вище,

компресор повинен володіти ще двома важливими якостями – надійністю й більшими міжсервісними інтервалами.

У разі централізованої системи подачі повітря для видалення вологи необхідно використати адсорбційне сушіння. При всіх перевагах цієї системи вартість повітря при цьому зростає на 20 – 25 % за рахунок витрат енергії на регенерацію адсорбенту й додаткової втрати тиску. У процесі стискання більша частина витраченої енергії перетворюється на тепло, при цьому основна частина тепла розсіюється через масляну систему. У разі установки додаткового блока рекуперації енергії 70 % спожитої енергії може бути повернуте у вигляді гарячої води з температурою 80 °С. У разі використання блока рекуперації енергії загальна вартість компресорної системи може бути зменшена на 40 %. Необхідною умовою для застосування цієї системи є наявність постійного споживача гарячої води.

### Завдання до теми

Виконати розрахунок основних техніко-економічних показників холодильно-компресорного цеху. Вихідні дані для розрахунків наведені у додатку К.

### Порядок виконання завдання

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ пор.	Обладнання	Кількість	Вартість, грн
1	Компресор А40-7-2	4	10000
2	Компресор А110-7-3	2	2403
3	Компресор ТКА 280	2	2200
4	Водяний насос	2	1800
5	ГПВ 320	2	362
6	ПС 80 ПС 3	1	454
7	Ресивер 3,5 РД	2	677
8	Ресивер ДРГ	2	652
9	Ресивер 0,75 РД	2	711
10	150 ОЖ	3	532
11	Мо 150 М	1	845
	Загальна вартість $V_{\text{зар}}$ :		60505

### Розрахунок річного виробітку холоду

Річний виробіток холоду  $Q_{\text{холод.рік}}$  визначається за формулою:

$$Q_{\text{холод.рік}} = SQ_0T \text{ (кДж)}, \quad (7.1)$$

де  $SQ_0$  – сумарна робоча холодопродуктивність компресорів у стандартному режимі;  $T_k$  – кількість годин роботи компресорів за рік (18–22 за добу).

Тоді:

$$\begin{aligned} SQ_0 &= Q_{01} + Q_{02} + Q_{03} + Q_{04} + Q_{05} + Q_{06} = \\ &= 44,6 + 44,6 + 44,6 + 44,6 + 140 + 140 = 458,4 \text{ (кВт)}, \end{aligned} \quad (7.2)$$

де  $Q_{01}$ ,  $Q_{02}$ ,  $Q_{03}$ ,  $Q_{04}$  – робоча холодопродуктивність компресорів марки А-40-7-2;  $Q_{05}$ ,  $Q_{06}$  – робоча холодопродуктивність компресорів марки А 110-7-3 у стандартному режимі;

$$T_k = tN = 21 \times 365 = 7665 \text{ (год.)}, \quad (7.3)$$

де  $t$  – кількість годин роботи протягом доби, год.;  $N$  – кількість днів роботи протягом року;

$$Q_{\text{холод.рік}} = 458,4 \times 7665 = 3513636 \text{ кДж/рік}. \quad (7.4)$$

Розрахунок капітальних витрат за формулою:

$$K = B_{\text{заг}} + B_{\text{транс}} + B_{\text{мон}} + B_{\text{буд.роб}}, \quad (7.5)$$

$$K = 60505 + 60505 \times 0,05 + 60505 \times 0,15 + 60505 \times 0,083 = 77627,92 \text{ (грн)},$$

де  $B_{\text{заг}}$  – загальна вартість устаткування, грн;  $B_{\text{транс}}$  – вартість транспортно-заготівельних витрат (5% від загальної вартості устаткування), грн;  $B_{\text{мон}}$  – вартість монтажу й налагодження устаткування (13 % від загальної вартості устаткування), грн.;  $B_{\text{буд.роб}}$  – вартість будівельних робіт, пристрій фундаменту устаткування (8,3 % від загальної вартості устаткування), грн.

### Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати складаються з витрат на амортизацію, поточного ремонту, витрати на електроенергію.

Амортизація визначається за формулою:

$$A = \frac{KH_A}{100} = \frac{77627,92 \cdot 12}{100} = 9315,35 \text{ (грн)}, \quad (7.6)$$

де  $K$  – капітальні витрати, грн;  $H_A$  – норма амортизаційних відрахувань (12 %).

Витрати на поточний ремонт устаткування визначається за формулою:

$$B_{\text{поточ.ремонт}} = \frac{KH_{\text{ПР}}}{100} = \frac{77627,92 \cdot 5}{100} = 3881,40 \text{ (грн)}, \quad (7.7)$$

де  $H_{\text{ПР}}$  – норма відрахувань на поточний ремонт (5 % від капітальних витрат).

Розрахунок витрат на силову електроенергію для привода компресорів, насосів і інших струмоприймачів визначається за формулою:

$$\begin{aligned} B_{\text{ел.}} &= P_{\text{С}} K_1 K_2 K_3 K_4 T \text{Ц} = \\ &= 126 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 21 \cdot 2,24 = 2330,04 \text{ (грн)}, \end{aligned} \quad (7.8)$$

де  $P_{\text{С}} = 126$  кВт – загальна потужність електродвигунів холодильних машин, кВт/год.;  $K_1 = 0,6$  – коефіцієнт завантаження електродвигуна холодильної машини в часі;  $K_2 = 0,7$  – коефіцієнт завантаження електродвигунів за потужністю холодильної машини;  $K_3 = 1,04$  – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі промислового підприємства;  $K_4 = 0,9$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів;  $t = 21$  – кількість годин роботи електродвигунів;  $\text{Ц} = 2,24$  – вартість 1кВт/год. електроенергії, грн.

Тоді за рік:

$$B_{\text{С}} = B_{\text{ел.}} \cdot 12 = 2330,04 \cdot 12 = 27960,87 \text{ (грн.)}, \quad (7.9)$$

Витрати на сировину й матеріали визначаються залежно від марки машин, норм витрати масла, вартості матеріалів.

Річна потреба в мастилi на заповнення віднесення масла з компресорів визначається за формулою:

$$\begin{aligned} V_{\text{м}} &= q_{\text{м}} T K_{\text{м}} K_{\text{ч}} = \\ &= 0,6 \cdot 7665 \cdot 0,5 \cdot 0,85 = 1954,57 \text{ (кг/рік)}, \end{aligned} \quad (7.9)$$

де  $q_{\text{м}} = 0,6$  – кількість відпрацьованого масла компресором за годину, кг;  $T$  – кількість годин роботи компресора за рік, год.;  $K_{\text{м}} = 0,5$  – коефіцієнт масловідділення;  $K_{\text{ч}} = 0,85$  – коефіцієнт робочого часу компресора.



Річна вартість мастила визначається за формулою:

$$B_m = V_m C_m = 1954,57 \cdot 22,47 = 43919,18 \text{ (грн.)}, \quad (7.10)$$

де  $C_m = 22,47$  – ціна 1 кг мастила, грн.

Орієнтовні норми витрат мастила для аміачних компресорів, фреонів і турбокомпресорів наведені в додатку Ж.

Річна витрата аміаку  $V_A$  для поповнення системи на приймається:

- для систем безпосереднього охолодження – 1,0 кг;
- для системи ропного охолодження – 0,51 кг;
- для систем змішаного охолодження – 0,86 кг.

Вартість аміаку:

$$B_A = V_A C_A = 1 \cdot 283,13 = 283,13 \text{ (грн.)}, \quad (7.11)$$

де  $V_A = 1,0$  – витрата аміаку, кг;  $C_A = 283,13$  – ціна 1 кг аміаку, грн.

Потреба хлористого натрію, що розраховується з витрати на 1 м<sup>2</sup> охолодженої поверхні випарника, така.

Норми витрати:

- за умови відкритої ропної системи – 360 кг/м<sup>2</sup>;
- за умови закритої ропної системи – 60 кг/м<sup>2</sup>;

$$V_{XH} = SH_{XH} = 5 \cdot 360 = 1800 \text{ (кг)}, \quad (7.12)$$

де  $S = 55$  – площа охолоджувальної поверхні, м<sup>2</sup>;  $H_{XH} = 360$  – норма витрати, кг/м<sup>2</sup>.

Вартість хлористого натрію:

$$B_{XH} = V_{XH} C_{XH} = 1800 \cdot 4,25 = 7650 \text{ (грн.)}, \quad (7.13)$$

де  $C_{XH} = 4,25$  – ціна 1 кг хлористого натрію, грн.

Витрата води на охолодження конденсаторів урахується під час використання водопровідної води. У разі оборотного водопостачання витрата води розраховується тільки на заповнення втрат на охолоджувальних пристроях, якщо вода взята з міського водопроводу.

Річна витрата свіжої води, що подається на конденсатори й компресори, визначається за характеристикою градирень, тому що під час зрошення вода несеться вітром:

$$Q_B = q_B S Q_0 T n = 0,178 \times 458,4 \times 21 \times 2 = 3427 \text{ (м}^3\text{/рік)}, \quad (7.14)$$

де  $q_B$  – питома норма витрати води (0,178 витрата свіжої води на градирні ГПВ – 320 л/г);  $S Q_0$  – сумарна холодопродуктивність, кВт;  $T$  – число годин роботи компресорів у році за певної температури кипіння аміаку, год.;  $n$  – число одночасно працюючих компресорів за даної температури кипіння (дві градирні).

Вартість спожитої води визначається за формулою:

$$B_B = Q_B C_B = 3427 \times 6,05 = 20733,35 \text{ (грн)}, \quad (7.15)$$

де  $C_B$  – ціна за 1 м<sup>3</sup>, грн.

*Примітка:* У разі оборотного водопостачання витрату води на заповнення втрат приймають 5–10 % від циркулюючої води в системі.

#### *Розрахунок річного фонду оплати праці*

Розрахунок вести за погодинно-преміальною системою оплати праці, ураховуючи: % премії – 50 %; % єдиний соціальний податок – 36,3 %.

Кількість обслуговуючого персоналу вибрати залежно від варіанта (додаток Ж).

Таблиця 7.2 – Промислово–виробничий персонал

Посада	Оклад, грн	Кількість працівників, к
Начальник цеху	5700	1
Машиніст	4200	1
Слюсар ремонтник	3400	1
Черговий електрик	3200	1
Усього за місяць:	16500	–

Річний фонд оплати праці визначається за формулою:

$$ЗП_{осн} = ЗП_M K_M k = 16500 \times 12 = 19800 \text{ (грн)}, \quad (7.16)$$

де  $ЗП_M$  – заробітна плата за місяць, грн;  $K_M = 12$  – кількість місяців зайнятості працівника, грн;  $k$  – кількість робітників у групі.

Розрахунок фонду додаткової заробітної плати розраховується за формулою:

$$ЗП_{дод} = \frac{ЗП_{осн} \%_{премії}}{100} = \frac{19800 \times 50}{100} = 99000 \text{ (грн)}. \quad (7.17)$$

Загальний фонд оплати праці визначається за формулою:

$$ЗП_{заг.} = ЗП_{осн} + ЗП_{дод} = 19800 + 99000 = 118800 \text{ (грн)}. \quad (7.18)$$

Розрахунок єдиного соціального податку

$$ЄСВ = \frac{ЗП_{осн} 36,3\%}{100} = \frac{19800 \times 36,3}{100} = 7187,4 \text{ (грн)}. \quad (7.19)$$

Тоді:

$$ЗП_{С} = ЗП_{заг} + ЄСЗ = 118800 + 71874 = 190674 \text{ (грн)}. \quad (7.19)$$

Розрахунок собівартості холоду проводиться на рівні цехової собівартості, тому що холод вироблений у компресорному цеху, зазвичай, не виступає у вигляді товарного (кінцевого) продукту підприємства, а витрачається в інших технологічних цехах підприємства з метою переробки або зберігання харчових продуктів. Як одиниця продукції холоду використовується звичайно 1000 кВт.

Розрахунок собівартості одиниці холоду проводиться шляхом розподілу річних витрат за кожною статтею на річну холодопродуктивність цеху ( $Q$  – загальний обсяг холоду).

Таблиця 7.3 – Зведена відомість загальних витрат

Найменування статей	Витрати, грн
Капітальні витрати	77627,92
Сировина й матеріали	51852,31
Вода виробнича	20733,35
Фонд оплати праці	190674
Єдиний соціальний податок	7187,4
Витрати на електроенергію	27960,87
Витрати на амортизацію	3177
Витрати на поточний ремонт	1323,80
Усього ДВ:	380536,65

Визначаємо економію електроенергії від зниження втрат під час виключення магістральних трубопроводів подачі повітря та від автоматичного регулювання продуктивності нових компресорів, що складає 12 %:

$$B_{\phi} = 0,12B_{ел} = 27960,87 \times 0,12 = 3355,30 \text{ (грн)}. \quad (7.20)$$

Тоді маємо економію:

$$DB_{ел} = B_{ел} - B_{\phi} = 27960,87 - 3355,30 = 24605,57 \text{ (грн)}. \quad (7.21)$$

Визначимо економію палива від децентралізації компресорного господарства із установленням локальних компресорів з урахуванням втрат в електричній мережі на транспортування електроенергії до вводу струмоприймачів підприємства:

$$\begin{aligned} DB_{нал} &= DB_{ел}(1 + k_{втрат})b10^2 = 24605,57(1 + 0,105) \times 0,6 \times 10^2 = \\ &= 163467 \text{ (грн.)}, \end{aligned} \quad (7.22)$$

де  $k_{втрат} = 0,105$  – коефіцієнт втрат в електричній мережі на транспортування електроенергії;  $b = 0,6$  – питома витрата палива на віддачу електроенергії.

Строк окупності проекту:

$$\begin{aligned} T_{окуп} &= \frac{DB}{DB_{\Sigma}} = \frac{DB}{DB_{ел} + DB_{нал}} = \\ &= \frac{380536,65}{24605,57 + 163467} = \frac{380536,65}{165932,57} = 2,3 \text{ (року)}. \end{aligned} \quad (7.23)$$

**Висновки:** проведений аналіз дозволяє зробити висновок про доцільність цієї розробки.

### Контрольні питання

1. Наведіть основні техніко-економічні показники холодильно-компресорного цеху.
2. Із яких показників складається фонд заробітної плати?
3. Поясніть поняття «амортизаційні відрахування».
4. Яким шляхом досягається економія електроенергії та палива? Як визначається строк окупності проекту?

**Література:** [1, с. 152–161; 2, с. 67–78; 3, с. 187–195].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Продіус І. П. Економіка підприємства : навч. посібник / І. П. Продіус, С. В. Філіпова, В. І. Захарченко, О. С. Балан. – Харків : Одісей, 2004. – 192 с.
2. Продіус Ю. І. Економіка виробництва : навч. посібник для студ. економічних і технічних спец. усіх форм навч. / Ю. І. Продіус, А. Г. Гончарук. – Одеса : Астропринт, 1998. – 180 с.
3. Сапиро Е. С. Экономический анализ качества продукции / Е. С. Сапиро. – Москва : Экономика, 1988. – 93 с.
4. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник / С. Ф. Покропивний. Київ: КНЕУ, 2000. – 528 с.
5. Зайцев А. Н. Экономика промышленного предприятия / А. Н. Зайцев. – 3-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2000. – 358 с.
6. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК : учеб. пособие для студ. выс. уч. заведений / В. Т. Водяников. Москва : ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304 с.
7. Варнеке Х. Расчет затрат для инженеров / Х. Варнеке, Х. Буллингер, Р. Хихерт, А. Фегеле; пер. с нем. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 307 с.
8. Вагин Г. Я. Экономия энергии в промышленности : учеб. пособие / Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов. – Н. Новгород : НИЦЭ, 1998. – 220 с.
9. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК: учебн. пособие для студ. выс. уч. заведений / В. Т. Водяников. – Москва : ИКФ, 2002. – 304 с.
10. Жежеленко И. В. и др. Эффективные режимы работы электро-технологических установок / И. В. Жежеленко. – Київ : Техніка, 1987. – 183 с.
11. Ильинский Н. Ф. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 127 с.
12. Ильинский Н. Ф. Электропривод : энерго- и ресурсосбережение / Н. Ф. Ильинский, В. В. Москаленко. – Москва : Академия, 2008. – 208 с.
13. Кузнецов Б. В. Расчеты экономии электроэнергии / Б. В. Кузнецов. – Минск : Беларусь, 1983. – 80 с.

14. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках / Б. С. Лезнов. – Москва : Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
15. Можаяева С. В. Экономика энергетического производств / С. В. Можаяева. – Санкт–Петербург : Лань, 2003. – 208 с.
16. Овчаренко А. С. Повышение энергоэффективности электроснабжения промышленных предприятий / А. С. Овчаренко, Д. И. Розинский. – Киев : Техника, 1989. – 287с.
17. Рей Д. Экономия энергии в промышленности / Д. Рей. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
18. Рыбин А. И. Экономия электроэнергии при эксплуатации воздушных компрессорных установок / А. И. Рыбин, Д. Г. Закиров. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 72 с.
19. Перекрест А. Л. Системы активного регулирования параметров насосных комплексов : моногр. / А. Л. Перекрест, Т. В. Коренькова, Д. И. Родькин. – Кременчуг : ЧП Щербатых А.В., 2011. – 179 с.
20. Черный А. П. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов: моногр. / А. П. Черный, А. И. Гладырь, Осадчук Ю.Г. и др. – Кременчуг : ЧП Щербатых А.В., 2006. – 277 с.
21. Зайцев И. Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник 3 изд. перер. и доп. – М. : ИНФРА- М, 2001 – 358 с. – (Серия «Высшее образование»).
22. Карташова В. Н. Экономика организации (предприятия) : учебник для средних специальных учебных заведений./ В. Н. Карташова, А. В. Приходько. – М. : Приор - издат. – 2004. – 160 с.
23. Сафронов Н. А. Экономика организации (предприятия): Учебник для спец. учеб. заведений / Н. А. Сафронов. – М. : Экономист, 2004 – 251 с.
24. Экономика предприятия : учебник/ под ред. А. Е. Карлика, М. Л. Шухгалтер. – М: ИНФРА. – М, 2002. – 432 с. (Серия «Высшее образование»).

Зразок оформлення титульної сторінки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Звіт

до практичного заняття з навчальної дисципліни  
**«ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ  
ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ»**

Виконав:

студент групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Перевірив:

\_\_\_\_\_

Кременчук 201\_

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників відповідно до варіанта

№ пор.	Показник	Варіант														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Загальна потужність електродвигунів холодильних машин, $P_S$ , кВт/год.;	126	140	133	156	121	149	177	160	145	155	155	170	130	125	122
2	Коефіцієнт завантаження електродвигуна холодильної машини, $K_1$	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7
3	Коефіцієнт завантаження електродвигунів по потужності холодильної машини, $K_2$	0,7	0,75	0,8	0,75	0,8	0,7	0,72	0,7	0,77	0,78	0,71	0,79	0,74	0,74	0,78
4	Коефіцієнт враховуючої втрати електроенергії в мережі промислового	1,04	1,08	1,06	1,05	1,08	1,07	1,05	1,08	1,04	1,06	1,08	1,05	1,06	1,04	1,07



	підприємства, $K_3$															
5	Коефіцієнт корисної дії електро- двигунів, $K_4$	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
6	Кількість годин роботи компресорів за рік, $T_{\epsilon}$ , год.	18	21	22	20	19	20	18	22	21	18	18	22	22	20	21
7	Вид системи охолодження	безпосереднього охолодження					ропного охолодження					змішаного охолодження				

Таблиця В.1 – Вихідні дані щодо продуктивності виконавця

Вид роботи	Продуктивність команд/години														
	варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Вивчення опису задачі, формулювання постановки задачі	80	60	72	82	78	66	70	65	85	62	73	75	75	68	82
Розробка алгоритмів розв'язання задачі	25	20	22	25	20	22	25	20	22	25	20	22	25	20	22
Складання схеми програми	15	14	10	11	17	12	15	12	17	15	14	13	11	15	18
Розробка програми	20	21	25	23	25	30	27	28	30	35	20	22	22	25	20
Наладка програми	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5
Оформлення документації	20	25	22	15	20	20	25	22	15	20	20	25	22	15	20

Таблиця В.2 – Розрахунок заробітної плати

Посада	Оклад, грн														
	варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Керівник проекту	30000	35000	40000	33000	45500	32300	38900	25600	33300	45550	50500	35900	41500	36600	33000
Програміст	20000	25000	27000	30000	27800	25500	32000	22000	30000	40550	45000	28000	40000	35000	30000

Таблиця В.3 – Вихідні дані для розрахунку трудовитрат

Вид роботи	Розрахункова кількість людино-діб														
	варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Вивчення опису задачі, формулювання постановки задачі, $T_{of}$	2,56	2,58	2,60	2,55	2,57	2,59	2,61	2,56	2,54	2,55	2,60	2,56	2,58	2,59	2,54
Розробка алгоритмів розв'язання задачі, $T_a$	10,25	10,40	10,40	10,45	10,52	10,27	10,33	10,44	11,25	9,95	10,15	11,15	11,25	10,55	10,85
Складання схеми програми, $T_c$	13,66	13,89	13,56	14,16	12,96	12,63	13,61	14,55	13,66	13,89	13,56	14,16	12,96	12,63	13,66
Розробка програми, $T_n$	10,25	10,33	10,44	11,25	9,95	10,15	11,15	11,25	10,55	10,85	10,33	10,44	11,25	9,95	10,15
Наладка програми, $T_o$	40,98	41,18	40,58	41,22	40,45	40,67	40,89	42,08	40,45	40,99	39,97	40,14	40,44	43,00	41,28
Оформлення документації, $T_d$	10,25	10,45	10,52	10,27	10,33	10,45	10,25	10,40	10,40	10,45	10,25	10,40	10,40	10,45	10,25

Таблиця Г.1 – Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потужність електродвигуна $P_n$ , кВт	45	55	75	90	110	132	55	90	75	45	90	55	75	55	110
Час роботи в номінальному режимі $T_{спож1}$ , годин на місяць	224	252	280	232	240	256	216	264	248	224	232	256	280	232	248
Час роботи в режимі розвантаження $T_{спож2}$ , годин на місяць	86	94	96	82	98	77	92	99	88	102	80	93	70	85	90
Час роботи на неробочому ходу, % від номінальної потужності	63	65	64	62	65	56	61	55	69	69	61	55	69	62	57
Вартість обладнання, тис. грн	365	455	555	299	332	415	383	390	402	475	360	380	633	499	500

Таблиця Д.1 – Дані для розрахунку

Варіант	Потужність двигуна, $P_H, кВт$	Ступінь відкриття заслінки, $C_o$
1	1500	0,80
2	2500	0,85
3	4000	0,86
4	6000	0,87
5	8000	0,84
6	12000	0,81
7	1500	0,82
8	2500	0,81
9	4000	0,84
10	6000	0,85
11	8000	0,83
12	12000	0,87
13	1500	0,87
14	2500	0,87
15	4000	0,87

Таблиця Е.1 – Початкові дані для розрахунку

Варіант	Ціна паперу	Кількість аркушів методичного забезпечення	Установлена потужність устаткування, кВт	Ціна друку сторінки чорно-білого тексту	Погодинна оплата фахівця, грн	Погодинна оплата редактора, грн
1	0,18	60	1,5	0,75	19,34	20,34
2	0,18	40	2,2	0,75	20,44	19,54
3	0,18	48	3	0,75	21,31	20,50
4	0,18	52	4	0,75	19,82	22,34
5	0,18	44	5,5	0,75	22,11	19,34
6	0,18	56	7,5	0,75	23,41	22,34
7	0,18	52	11	0,75	19,50	23,34
8	0,18	48	18,5	0,75	20,34	19,99
9	0,18	48	22	0,75	21,80	21,87
10	0,18	62	5,5	0,75	24,12	21,92
11	0,18	54	1,5	0,75	20,44	19,54
12	0,18	50	2,2	0,75	21,31	20,50
13	0,18	60	3	0,75	19,82	20,34
14	0,18	52	4	0,75	22,11	21,34
15	0,18	46	11	0,75	20,34	20,99

Таблиця Ж.1 – Дані для розрахунку

Показник	AIP132M4	AIP160S4
Потужність $P_{ном}$ , кВт	11	15
ККД $\eta_{ном}$ , %	87,5	89,4
$\cos\varphi_{ном}$	0,79	0,85
Вартість двигуна $C_{нов}$ грн	6611	9995

Таблиця К.1 – Промислово-виробничий персонал

Варіант	Посада	Оклад, грн	Кількість працівників, к
1	Начальник цеху	6000	1
	Машиніст	4500	1
	Слюсар-ремонтник	4400	2
	Черговий електрик	4200	1
2	Начальник цеху	5800	1
	Машиніст	4000	2
	Слюсар-ремонтник	3200	2
	Черговий електрик	3200	1
3	Начальник цеху	5100	1
	Машиніст	4300	1
	Слюсар-ремонтник	3300	1
	Черговий електрик	3200	2
4	Начальник цеху	6100	1
	Машиніст	4000	1
	Слюсар-ремонтник	3400	2
	Черговий електрик	3300	2
5	Начальник цеху	5900	1
	Машиніст	4400	1
	Слюсар-ремонтник	3500	1
	Черговий електрик	3200	2
6	Начальник цеху	6600	1
	Машиніст	4800	1
	Слюсар-ремонтник	3800	1
	Черговий електрик	3800	1
7	Начальник цеху	6000	1
	Машиніст	4200	1
	Слюсар-ремонтник	3300	2
	Черговий електрик	3600	1
8	Начальник цеху	5600	1
	Машиніст	3900	1
	Слюсар-ремонтник	3200	2
	Черговий електрик	3200	1
9	Начальник цеху	5900	1
	Машиніст	4600	1
	Слюсар-ремонтник	3200	2
	Черговий електрик	3900	1
10	Начальник цеху	6300	1
	Машиніст	4200	1
	Слюсар-ремонтник	4000	1
	Черговий електрик	3200	2



Продовження табл. К.1

11	Начальник цеху	6000	1
	Машиніст	4600	1
	Слюсар-ремонтник	3200	2
	Черговий електрик	4000	1
12	Начальник цеху	6150	1
	Машиніст	4250	1
	Слюсар-ремонтник	3700	1
	Черговий електрик	3700	1
13	Начальник цеху	6200	1
	Машиніст	4400	1
	Слюсар-ремонтник	3950	1
	Черговий електрик	3200	2
14	Начальник цеху	6330	1
	Машиніст	4200	1
	Слюсар-ремонтник	4100	1
	Черговий електрик	3500	1
15	Начальник цеху	6000	1
	Машиніст	4600	1
	Слюсар-ремонтник	3300	2
	Черговий електрик	3250	2

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Техніко-економічне оцінювання технічних рішень» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізаціями: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» (освітньо-професійна програма підготовки за освітнім ступенем «магістр»)

Укладачі: к. т. н., доц. В. О. Огарь,  
асист. Н. В. Зачепа

Відповідальний за випуск завідувач кафедри САУЕ Д. Й. Родькін

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600