

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



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ”

ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ:

7.05070204 – „ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА
ЕЛЕКТРОПРИВОД”,

7.05070207 – „ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОСМНИХ
ВИРОБНИЦТВ”

КРЕМЕНЧУК 2012

Методичні вказівки щодо виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни „Економічне обґрунтування технічних рішень” для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальностей: 7.05070204 – „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, 7.05070207 – „Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв”

Укладачі: доц. В. О. Огарь,
асист. Л. Г.Бойко

Рецензент доц. А. П. Калінов

Кафедра САУЕ

Затверджено методичною радою КрНУ імені Михайла Остроградського

Протокол №____ від_____2012 р.

Голова методичної ради_____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Перелік практичних занять.....	5
Практичне заняття № 1 Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання системи регульованого електропривода для станції перекачування дільниці ПАТ „Укртатнафта”.....	6
Практичне заняття № 2 Техніко-економічна ефективність упровадження автоматичної системи диспетчеризації станції «Кременчук» в умовах компанії „Укрзалізниця”.....	13
Практичне заняття № 3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження віртуального лабораторного стенда у навчальний процес.....	30
Практичне заняття № 4 Визначення економічної ефективності пускових систем синхронних двигунів кар’єрних екскаваторів.....	40
Практичне заняття № 5 Економічна ефективність пускових систем синхронного двигуна компресорних установок.....	50
Практичне заняття № 6 Розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенда	55
Практичне заняття № 7 Визначення витрат створення програмного продукту (сайта).....	65
Практичне заняття № 8 Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електропривода верстата з числовим програмним керуванням.....	75
Практичне заняття № 9 Методика розрахунку економії електроенергії в діючих освітлювальних установках приміщень при проведенні енергетичного аудиту.....	91
Практичне заняття № 10 Оцінка техніко-економічної ефективності системи діагностики асинхронного двигуна.....	100
Практичне заняття № 11 Оцінка собівартості створення апаратного забезпечення для реалізації дискретного та аналогового	

введення/виведення.....	107
Практичне заняття № 12 Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електропривода вентиляторів.....	114
Перелік теоретичних питань щодо самостійної роботи студентів.....	119
Список літератури.....	121

ВСТУП

Знання теоретичних основ техніко-економічних розрахунків для енергоємних та електромеханічних систем необхідно сучасному інженеру–фахівцеві з обслуговування та автоматизації комплексів і систем.

Визначення техніко-економічного ефекту традиційно ускладнюється відсутністю універсальних методик, складність створення яких обумовлена необхідністю всебічного аналізу технологічних, енергетичних, надійнісних аспектів ефективності електромеханічної системи.

Метою проведення практичних занять є закріплення знань, що отримані на лекціях шляхом техніко-економічних розрахунків упровадження того чи іншого енергоресурсозберігаючого рішення.

Унаслідок проведення практичних занять студенти повинні:

- засвоїти принципи оцінювання нової техніки;
- уміти розраховувати різного роду економічні ефекти та оцінювати отриману економічну ефективність;
- навчитися виконувати розрахунки показників надійності та експлуатаційних витрат, порівнювати ефективність можливих варіантів упроваджуваних систем, запропоновувати заходи щодо поліпшення техніко-економічних показників електромеханічних та енергоємних систем.

Методичні вказівки складені на основі матеріалів, що розроблялися викладачами кафедри систем автоматичного управління та електропривода протягом 2007–2012 навчальних років.

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання системи регульованого електропривода для станції перекачування дільниці ПАТ „Укртатнафта”

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо складання техніко-економічного обґрунтування ефективності використання системи регульованого електропривода.

Короткі теоретичні відомості

Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання системи регульованого електропривода виконано для станції перекачування із залізничних цистерн метил-трет-бутилового ефіру установки № 3, дільниці № 4 ПАТ „Укртатнафта”.

Аналіз особливостей технологічної схеми установки № 3, а саме електромеханічного устаткування, що використовується на ній, його працездатності, режимів роботи насосної установки й факторів, від яких вони залежать, енергетичних показників функціонування насосних агрегатів при дросельному регулюванні технологічних параметрів показав, що необхідне регулювання вихідних технологічних параметрів насоса.

Найбільш ефективним способом керування подачею насоса є регулювання продуктивності зміною частоти обертання його робочого колеса за рахунок упровадження регульованого електропривода. При застосуванні регульованого електропривода насосних агрегатів досягається узгоджена робота насоса і його навантаження шляхом регулювання швидкості обертання. При цьому підвищується коефіцієнт корисної дії турбомашини, знижуються енерговитрати й збільшується довговічність робочих елементів.

Раціональною схемою регульованого електропривода насоса є система перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД). Частотно-керований

двигун змінного струму є найбільш економічним способом регулювання швидкості асинхронних короткозамкнених двигунів, оскільки він у всьому діапазоні регулювання працює з малою величиною ковзання ротора.

Такий регульований електропривод дозволяє зберегти високий ККД двигуна, забезпечує як рухові, так і гальмівні режими роботи.

Завдання до теми

Обґрунтувати техніко-економічну ефективність використання системи регульованого електропривода в технологічній установці із груповим характером навантаження й паралельним увімкненням агрегата за варіантами, поданими у табл. 1.1. Розрахувати заробітну плату персоналу для обслуговування устаткування. Уважати режим роботи персоналу – двозмінний.

Таблиця 1.1 – Основні параметри для розрахунку

Варіант	Номінальна потужність двигуна, кВт	Вартість двигуна, грн	Транспортні і монтажні витрати, C_{Tr-M}	Штатна відомість, грн	
				Інженер з експлуатації	Машиніст
1	30	23000	15900,3	1300	1082
2	35	23000	16600,8	1350	1080
3	37	25000	15600,5	1320	1072
4	25	20000	14600,2	1340	1081
5	28	21000	13600,5	1325	1082
6	26	21000	12600,4	1333	1078
7	36	25000	15800,5	1340	1080
8	40	30000	17300,3	1345	1082
9	36	25000	15500,7	1347	1081
10	29	28000	14800,5	1343	1082

Приклад виконання практичного завдання

Основними показниками ефективності технічного рішення слугують наведені річні витрати, (грн/рік):

$$B = E_n K + I = K / T_n + I, \quad (1.1)$$

де $E_n = 1/T_n$ – нормативний коефіцієнт окупності капітальних вкладень (або

коефіцієнт ефективності капітальних вкладень), K – капітальні витрати на одиницю продукції, I – річні витрати (поточні витрати), T_n – нормативний строк окупності капітальних вкладень.

Економічна ефективність:

$$E = (I_1 - I_2) - E_n K_{\Sigma}, \quad (1.2)$$

де I_1, I_2 – поточні (експлуатаційні витрати) за базовим й новим варіантом відповідно; K_{Σ} – сума капітальних витрат відповідно.

Строк окупності капітальних витрат:

$$T = K_{\Sigma} / (I_1 - I_2). \quad (1.3)$$

Поточні витрати I включають відрахування на амортизацію I_A , витрати на обслуговування й ремонт I_P , збиток від змушеного технологічного простою устаткування $З_{II}$, фонд заробітної плати $З$, вартість споживаної електроенергії I_E :

$$I = I_A + I_P + З + I_E + З_{II}. \quad (1.4)$$

Відрахування на амортизацію I_A для електричного устаткування становлять 7,8 % від капітальних вкладень, для насосів і трубопровідної арматури – 15 %, для будівельної частини будинків і споруджень – 2,6 %.

Капітальні витрати K для розглянутої системи регульованого електропривода з перетворювачем частоти, що складаються з вартості комплектуючого нового технічного рішення C_K , транспортних і монтажних витрат C_{TP_M} , прийнятих 7,5% C_K , зведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Капітальні витрати на реалізацію системи регульованого електропривода насосної установки з перетворювачем частоти

Найменування устаткування	Кількість	Вартість, грн
Перетворювач частоти насоса (P = 37 кВт) (за варіантом)	1 шт.	25 000

Продовження табл. 1.2

Датчик швидкості	1 шт.	950
Датчик витрат	1 шт.	1000
Пристрій сполучення з датчиками	1 шт.	150
Кабель монтажний	40 м	400
Кабель силовий	20 м	500
Роз'єднувач	2 шт.	2670
Вартість устаткування C_K		29340,0
Транспортні й монтажні витрати C_{TP_M} (за варіантом)		15600,5
Усього:		44940,5

Витрати на обслуговування й поточний ремонт I_P складаються з витрат на обслуговування й поточний ремонт:

- насосних агрегатів I_{HA} ;
- труб і колекторів I_{TP} ;
- запірно-регулювальних арматур $I_{3-P.A.}$.

$$I_P = I_{HA} + I_{TP} + I_{3-P.A.} \quad (1.5)$$

Витрати на обслуговування й поточний ремонт насосних агрегатів складаються з витрат на заміну підшипникових вузлів $I_{підш} = C_{підш} \cdot k_1$, перемотування електродвигунів $I_{ED} = C_{ED} k_2$ й усунення розбалансувань насосного агрегату (підтяжка, набивання сальників й ін.):

$$I_{Розб.нас.агр} = C_{P.HA} \cdot k_3, \quad (1.6)$$

де $C_{підш}, C_{ED}, C_{розб}, k_1, k_2, k_3$ – вартість комплекту підшипників, перемотування електродвигуна, вартість розбалансованого елемента насосного агрегата й кількість ремонтів за рік відповідно.

Витрати на обслуговування й поточний ремонт труб і колекторів складаються з витрат на заміну 1 м трубопроводу у випадку пориву $I_{П} = C_{TP} \cdot k_4$ й на усунення свищів $I_C = C_M \cdot k_5$, де C_{TP}, C_M, k_4, k_5 – вартість одного метра трубопроводу, вартість матеріалу й кількість ремонтів за рік.

Витрати на обслуговування й поточний ремонт запірно-регулювальних

арматур складаються з витрат на заміну засувки (наприклад, через розрив корпусу засувки) $I_3 = C_3 k_6$, заміну електродвигуна засувки $I_{ЕД.3} = C_{ЕД.3} k_7$ й усунення розбалансувань запірно-регулюючих арматур (підтяжка сальників, механічних частин засувки, зношування ущільнювачів, зношування шестірні приводного редуктора й ін.). $I_{РОЗБ.3} = C_{Р.3} k_8$, де $C_{підш}$, $C_{ЕД}$, $C_{розб}$, k_6 , k_7 , k_8 – вартість засувки, електродвигуна засувки, вартість розбалансованої механічної частини запірно-регулювальних арматур (ущільнювачі, шестірні редуктора й ін.) і кількість ремонтів за рік.

Збиток від простою технологічного устаткування включає витрати на неперекачену кількість ефіру під час простою ділянки, а також витрати на електроенергію (робота насосного агрегата), пов'язані із простоєм даної ділянки.

Дані про витрати на ремонт устаткування для базового й нового варіантів щодо ділянки № 3 наведено в таблиці 1.3, з якої видно, що дросельне регулювання супроводжується значно більшими вартісними витратами на обслуговування устаткування через часті включення (вимкнення) агрегатів (30 – 40 разів на добу), неякісного керування засувкою, що призводять до частої заміни підшипників, зношування ізоляції електричних машин, пориву трубопроводу й т. д.

Таблиця 1.3 – Річні витрати на ремонт устаткування й збиток від простою ділянки № 3

Стаття витрат	Базове, грн	Нове, грн	Економія
Насосний агрегат:			
Заміна підшипників	1050	175	83,3 %
Перемотування електродвигуна	16500	-	100 %
Розбалансування НА	9000	1200	86,7 %
Труби й колектори:			
Пориви	4000	2600	35 %
Свищі	1200	800	33 %
Запірно-регулююча арматура:			
Розбалансування	1248	850	31,9 %

Продовження табл. 1.3

Збиток від простою:			
Дільниця № 3	12000	7400	38,3 %
Суміжні дільниці (№ 1 - 2, № 4)	24000	15600	35 %
Усього:	68998	28625	40373 грн

Фонд заробітної плати I_3 включає річний фонд оплати праці інженерно-технічних працівників $Z_{П}$ і доплати за шкідливість $Z_{П.ш}$ ($Z_{П.ш} = 0,1533Z_{П}$).

Базовий штат обслуговуючого персоналу насосної станції дільниці № 3 включає наступний персонал:

- чотири машиністи;
- два чергові електрики;
- два чергові механіки.

Заробітна плата інженерно-технічних працівників розраховується за системою посадових окладів. Для роботи на дільниці № 3 із системою регульованого електропривода необхідний наступний склад персоналу (табл. 1.4):

- два машиністи;
- черговий електрик;
- черговий механік;
- інженер з експлуатації.

Таблиця 1.4 – Штатна відомість

Найменування спеціальності	Оклад, грн	Кількість
Машиніст (за варіантом)	1082	2
Черговий електрик	960	1
Черговий механік	960	1
Інженер з експлуатації (за варіантом)	1300	1
Разом	5384	5

Річний фонд оплати праці – це сума коштів для оплати праці працівників підприємств.

Виконаємо розрахунок річного фонду оплати праці інженерно-технічних працівників.

$$Z_{II} = \text{Оклад} \cdot 12 = 5384 \cdot 12 = 64608 \text{ грн.} \quad (1.7)$$

Доплата за шкідливість складає:

$$Z_{II.ш} = \frac{Z_{II} \cdot 15}{100} = \frac{64608 \cdot 15}{100} = 9691,20 \text{ грн.} \quad (1.8)$$

Загальний фонд оплати праці працівників отримаємо як:

$$\Phi_{OT} = Z_{II} + Z_{II.ш} = 74299,20 \text{ грн.} \quad (1.9)$$

Значну частину експлуатаційних витрат у системах водовідведення становлять витрати на електроенергію, правильне визначення яких дозволяє здійснити вибір найбільш економічного режиму роботи насосної станції (НС).

У зв'язку з тим, що на сьогодні насосна станція споживає у фактичному режимі роботи за годину $P_{\text{факт}} = 37 \text{ кВт}$ і час роботи становить 24 години на добу, то тоді розрахуємо споживану електроенергію за рік:

$$P_p = P_{\text{факт}} t D, \quad (1.10)$$

де t – час роботи НС на добу, год; D – кількість днів за рік.

$$P_p = P_{\text{факт}} t D = 37 \cdot 24 \cdot 360 = 37384 \text{ кВт/ч.} \quad (1.11)$$

За умови, що 1 кВт/год на сьогодні коштує $T=0,282$ грн, розрахуємо вартість електроенергії за рік:

$$C_{\sigma} = P_p \cdot T, \quad (1.12)$$

$$C_{\sigma} = P_p \cdot T = 37384 \cdot 0,28 = 10542,3 \text{ грн.}$$

Застосування системи регульованого електропривода насосної установки з перетворювачем частоти скоротить витрати електроенергії на 56 %.

$$C_n = C_{\sigma} \cdot 0,44 = 4605,71 \text{ грн.} \quad (1.13)$$

Експлуатаційні витрати базового й нового варіантів зводяться в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Експлуатаційні витрати

Найменування	Базове	Нове	Економія
Відрахування на амортизацію I_A , грн	-	11283,2	-
Вартість ремонту I_p й збиток від простою ділянки № 3, грн	68998	40018,84	58 %
Фонд заробітної плати Z , грн	74299,2	54427,2	33 %
Вартість електроенергії I_E , грн	10542,3	12336,951	56 %
Разом:	153839,50	103204,7	50634,8

Економічну ефективність розрахуємо як:

$$E = (153839,50 - 103204,7) - 0,15 \cdot 44940,5 = 43893,73 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних витрат складе:

$$T = K_x / (I_1 - I_2) = 44940,5 / 50634,8 = 0,88 \text{ року.} \quad (1.14)$$

Тобто в розглянутій технологічній установці із груповим характером навантаження й паралельним увімкненням агрегатів доцільним є використання системи регульованого електропривода з перетворювачем частоти: економічна ефективність 50634,8 грн, строк окупності 8 місяців.

Контрольні питання

1. Назвіть способи керування подачею насосного агрегата. Проведіть їх порівняльний аналіз за економічною ефективністю.
2. Перерахуйте основні етапи розрахунку техніко-економічного обґрунтування ефективності використання системи регульованого електропривода.
3. Поясніть метод розрахунку річного фонду оплати праці.
4. Назвіть основні показники ефективності технічного рішення.
5. Яким чином проводиться розрахунок вартості електроенергії за рік.

Література: [20, ст. 123 – 126].

Практичне заняття № 2

Тема. Техніко-економічна ефективність впровадження автоматичної системи диспетчеризації станції «Кременчук» в умовах компанії «Укрзалізниця»

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо оцінювання техніко-економічної ефективності впровадження автоматичної системи диспетчеризації.

Короткі теоретичні відомості

Для оцінювання економічної ефективності інновацій використовують показники суспільної й комерційної ефективності. Суспільна ефективність розраховується з урахуванням ефекту, що досягає не тільки на залізничному транспорті, але й в інших галузях народного господарства. Комерційна ефективність визначається ефектом, що досягається на рівні галузі, дороги або підприємства й використовується для встановлення техніко-економічної доцільності диспетчеризації.

Розрахунок комерційної ефективності базується на аналізі різниці між припливом і відтоком коштів від інвестиційної, операційної й фінансової діяльності. Показниками ефективності інновацій є чистий дисконтований дохід (або інтегральний ефект), індекс прибутковості, внутрішня норма прибутковості, строк повернення (окупності) витрат.

Розрахунки ефективності централізації оперативного керування виконуються для наступних основних напрямів диспетчеризації, реалізованих на мережі залізниць України:

- заміна існуючих центральних постів комп'ютерними зі збереженням традиційних лінійних пунктів;
- устаткування дільниці комп'ютерною системою кодового керування;
- упровадження на ділянці комп'ютерної системи диспетчерського контролю.

У першому випадку визначається порівняльна економічна ефективність із базовим варіантом – центральний пункт (ЦП) традиційного диспетчерського центру (ДЦ). При модернізації ЦП, тобто заміні комп'ютерними, капітальні

вкладення повинні бути спрямовані на проектування, K_{np}^{yn} ; апаратні засоби K_a^{yn} , програмне забезпечення K_{no}^{yn} , демонтаж устаткування старих систем $K_{\partial m}^{yn}$; монтажні роботи комп'ютерних систем K_m^{yn} , пуско-налагоджувальні роботи K_{nn}^{yn} , навчання персоналу K_o^{yn} .

Сумарні капітальні вкладення:

$$K_{yn} = K_{np}^{yn} + K_a^{yn} + K_{no}^{yn} + K_{\partial m}^{yn} + K_m^{yn} + K_{nn}^{yn} + K_o^{yn}. \quad (2.1)$$

При цьому ефективність складається із:

- залишкової вартості встаткування, що демонтується, $C_{залиш}$;
- зменшення експлуатаційних витрат у результаті скорочення чисельності обслуговуючого персоналу-регулювальників ремонтно-технологічної ділянки завдяки ліквідації реле $C_{ун}$;
- зниження витрат на утримання площ службово-технічних приміщень (періодичне виконання косметичного ремонту, прибирання, плата за обігрів і т. д.) $C_{пл}$;
- зменшення витрат на електроенергію завдяки зниженню енергоспоживання як власне для комп'ютерних систем, так і на освітлення при скороченні площ $C_{ел}$;
- одержання додаткового доходу від площ, що звільняються, (здача в оренду, можливість використання для інших пристроїв або розміщення службового персоналу й т.д.) через невеликі розміри й масу комп'ютерних систем $C_{ен}$;
- зниження втрат під час руху, завдяки подальшій автоматизації й новим функціям при застосуванні комп'ютерних засобів C_p ;
- зміни амортизаційних відрахувань через зменшення основних фондів $C_{ам}$.

Під час нового будівництва ДЦ ділянці до капітальних вкладень центрального поста додаються витрати $K_{пл}$ на будівництво будівлі. Однак

завдяки невеликим розмірам нових комп'ютерних систем їх вдається розмістити в існуючих приміщеннях диспетчерів.

Капітальні вкладення на станціях розподіляються на проектування контрольованих пунктів ДЦ, K_{npi}^{kn} ; устаткування КП на станціях ділянки K_{ai}^{kn} , програмні засоби КП K_{noi}^{kn} ; монтажні роботи K_{mi}^{kn} ; пуско-налагоджувальні роботи K_{nn}^{kn} , навчання обслуговуючого персоналу K_n^{kn} .

Загальні капітальні вкладення в пристрої контрольованих пунктів дільниці:

$$K_{kn} = \sum_{i=1}^m (K_{npi}^{kn} + K_{ai}^{kn} + K_{noi}^{kn} + K_{mi}^{kn} + K_{nn}^{kn}) + K_n^{kn}, \quad (2.2)$$

де m – число станцій дільниці.

Розміри складових капітальних вкладень розраховуються окремо для кожної станції й визначаються числом об'єктів керування, контролю й телевимірювання, що залежить від розмірів станції (числа стрілок) і виду керування (диспетчерське, автономне).

Експлуатаційні витрати при встаткуванні ділянки ДЦ визначаються: витратами під час руху C_g ; витратами на електроенергію C_e ; витратами на тепло C_m , матеріали C_m , амортизаційними відрахуваннями C_a ; витратами на зарплату працівників дистанції сигналізації й зв'язку C_w , служби руху C_p , на утримання приміщень ДСП на станціях C_{nl} .

З упровадженням комп'ютерних систем ДЦ завдяки реалізації нових функцій досягається скорочення втрат у русі, зумовлених помилками персоналу й нераціональною організацією порядку пропуску поїздів внаслідок обмежень інформаційного забезпечення традиційних систем ДЦ із «жорсткою» логікою. Цей експлуатаційний ефект досягається автоматизацією нових функцій ДЦ (спостереження за просуванням поїздів і трансляція їхніх номерів, прогнозування ходу технологічного процесу в ув'язуванні з виконуваною маневровою роботою на ділянці, а також з урахуванням реальних обмежень (зменшення корисної довжини шляхів, закриття ділянок, на яких діють

обмеження швидкості, і т.п.) на основі фактично виконаного графіка руху. Крім того, у сучасних системах ДЦ реалізуються функції підказки й мовного інформування про відмови й передвідаєні стани пристроїв у результаті діагностування, що забезпечує прийняття попереджуваних організаційних заходів, по виключенню затримок у перевізному процесі.

Забезпечення функції контролю ходу технологічного процесу на суміжних полігонах дозволяє оптимізувати підведення поїздів, роботу локомотивів і бригад не на одній ділянці, а на розширеному полігоні регіонального центра керування в цілому. Автоматизація керуючих функцій у нових системах (автодія сигналів, «автопілот») забезпечує своєчасність пропуску поїздів, зменшує час їхніх додаткових зупинок. Скорочення втрат у русі як складова економічного ефекту диспетчеризації найбільш значима й забезпечує зниження не тільки поточних витрат, але й капітальних вкладень в рухомий склад, оскільки раціональне використання ресурсів забезпечує виконання обсягу перевезень меншим парком вагонів і локомотивів.

Впровадження систем ДЦ тягне зміну структури витрат на електроенергію. З одного боку, із впровадженням контрольованих пунктів диспетчерського персоналу споживання електроенергії зростає. Однак, з іншого боку, з переходом станцій на кодове керування зменшується споживання електроенергії на станціях, що пов'язане з вимиканням табло електроциферблату (ЕЦ), а також освітлення в апаратній у чергового по станції. З огляду на низьку споживану потужність сучасними засобами обчислювальної техніки, у підсумку забезпечується економія електроенергії.

При переході на диспетчерське керування скорочуються витрати на обігрів приміщень на постах ЕЦ проміжних станцій. Економічний ефект визначається різницею споживання тепла при цілодобовому знаходженні на станції персоналу чергових (необхідно підтримувати температуру не менш $+18^{\circ}\text{C}$) після переходу станції на диспетчерське керування відповідно до діючих норм для нормального функціонування постових апаратів СЦБ температура повинна бути не менш $+5^{\circ}\text{C}$.

Впровадження на ділянці кодового керування супроводжується ростом технічної оснащеності й тягне збільшення експлуатаційних витрат на матеріали й амортизаційні відрахування. Особливість становлять програмні засоби, вартість яких і включається в основні засоби. Тому C_m і C_a визначаються від вартості основних фондів.

При цьому також, збільшується штат працівників дистанції сигналізації й зв'язку пристроїв ДЦ, що забезпечують ремонт й обслуговування. Додаткова чисельність персоналу визначається з урахуванням використовуваної елементної бази й технічних особливостей впроваджуваної системи. Насамперед, у розрахунках враховується обслуговуючий персонал центрального поста із забезпеченням змінного чергування.

У той же час скорочується чисельність персоналу служби руху – ДСП (на проміжних станціях і роз'їздах, переданих на диспетчерське керування). Причому некоректним є включення в розрахунок ефективності ДЦ скорочення чисельності стрілочників, оскільки ця складова відноситься до ЕЦ. Цей ефект варто враховувати при розрахунках ефективності капітальних вкладень у цілому, з урахуванням будівництва ЕЦ.

Оскільки в основному режимі чергові на станціях відсутні, також скорочуються експлуатаційні витрати на утримання приміщень ДСП (прибирання, косметичний ремонт, видаткові матеріали й т.п.).

При впровадженні систем диспетчерського контролю складові капітальних вкладень на центральному пості й станціях такі ж, як і при впровадженні ДЦ. Додатково при впровадженні диспетчерського контролю до складу капітальних вкладень включаються аналогічні вартості діагностування й моніторингу K_d перегінних пристроїв СУПС - сигнальних установок прохідних світлофорів автоблокування й переїзних установок. Для кожної зі складових включають відповідно витрати на проектування, апаратні засоби, програмне забезпечення, монтаж і пусконаладжувальні роботи, а також на навчання обслуговуючого персоналу:

$$K_{Д} = \sum_{i=1}^n \left(K_{np\ i}^{nep} + K_{a\ i}^{nep} + K_{no\ i}^{nep} + K_{m\ i}^{nep} + K_{nn\ i}^{nep} \right) + \\ + \sum_{i=1}^k \left(K_{np\ i}^{cm} + K_{a\ i}^{cm} + K_{no\ i}^{cm} + K_{m\ i}^{cm} + K_{nn\ i}^{cm} \right) + K_{0}^{Д}$$

де n – число переїздів; k – число сигнальних точок.

Зміну експлуатаційних витрат складуть:

- зменшення витрат під час руху внаслідок скорочення затримок поїздів завдяки можливості своєчасного виявлення й запобігання відмов пристроїв;
- скорочення витрат під час руху через надання диспетчерському персоналу інформації про реальну проїзну ситуацію на ділянці;
- збільшення витрат на зарплату штату працівників дистанції сигналізації й зв'язку $C_{ш}$;
- ріст витрат на електроенергію C_e амортизаційні відрахування C_a , матеріали C_m .

Ефектом називається безпосередній виробничий, корисний кінцевий результат, отриманий від впровадження того або іншого заходу. Ефект може бути вимірний величинами показників, підвищенням техніки безпеки праці й т.п. Досягнення ефекту вимагає певних витрат праці й засобів на посилення потужності, на приріст виробничих основних й оборотних коштів. Витратами можуть бути річні експлуатаційні витрати, капітальні одноразові вкладення й т.п.

Ефективністю називається відношення величини ефекту технічного, експлуатаційної або економічного до величини витрат, що спричиняють одержання цього ефекту.

Можуть бути два види ефективності:

- техніко-експлуатаційна;
- загальноекономічна (абсолютна або відносна, порівняльна).

Техніко-експлуатаційна ефективність характеризується відношенням технічного або експлуатаційного ефекту у вигляді поліпшення технічного параметра або якісного показника до трудових або вартісних витрат.

Техніко-експлуатаційна ефективність характеризується величиною відношення ефекту (поліпшення одного технічного або експлуатаційного параметра-показника) до збільшення додаткових витрат іншого технічного параметра-показника, що спричинили додатковий корисний технічний ефект.

Економічна ефективність виражається рівнем рентабельності, коефіцієнтом ефективності, величиною фондівдачі й ін.

Відносна (порівняльна) ефективність обчислюється лише при виборі двох і більше варіантів рішення певного виробничого або господарського завдання.

У даній практичній роботі, методом порівняльної ефективності, вирішується виробниче завдання по впровадженню економічно вигідного типу пристроїв СЦБ (напівавтоматичного блокування або системи рахунку осей) для проєктованої одноколіїної ділянки залізниці.

Порівняльна економічна ефективність визначається за наведеними витратами E_n (сума річних приведених будівельних й експлуатаційних витрат). При цьому найкращим за грошовими показниками є варіант, що забезпечує мінімум величини E_n , тобто:

$$E_n = K_i E_n + C_i, \quad (2.3)$$

де K_i – капітальні вкладення за кожним порівнюваним варіантом з урахуванням змін оборотних коштів народного господарства; E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, прийнятий 0,1; C_i – експлуатаційні витрати за кожним варіантом.

Завдання до теми

Обґрунтувати техніко-економічну ефективність впровадження автоматичної системи диспетчеризації станції «Кременчук» в умовах компанії «Укрзалізниця», якщо розрахунок штату по службі руху виконується з урахуванням наявності двох станцій IV-го класу. За нормами обслуговування на станціях приймається основний та експлуатаційний штат працівників, що

обслуговує напівавтоматичну систему й систему диспетчеризації при електричній централізації стрілок на проміжних станціях.

На підставі укрупнених норм капітальні витрати на один кілометр шляху в пристрої СЦБ становлять:

- для напівавтоматичного блокування – 126000 грн;
- для системи рахунку осі – 86000 грн.

Для проєктованого одноколісного перегону довжиною 20 км капітальні вкладення складуть:

При напівавтоматичної системи $K_{пав} = 252000$ грн;

При системи диспетчеризації $K_{сд} = 172000$ грн.

Приклад виконання практичного завдання

Важливим вартісним показником ефективності є капітальні вкладення для створення й придбання основних фондів (рухомого складу, будинків, споруджень, силових установок і т.д.). У капітальні вкладення при порівнянні включаються всі грошові витрати на будівництво нових, розширення, реконструкцію, модернізацію діючих основних фондів. Розрахунки капітальних вкладень виконуються за нормативами, цінниками і прейскурантами, а в будівництві розподіляються за главами кошторисів і кошторисно-фінансовими розрахунками. Основними частинами капітальних вкладень є витрати виробничого призначення на будівельні роботи, придбання устаткування, рухомого складу, механізмів і машин, включаючи й монтаж, а також вартість проєктних й дослідних робіт.

Деякі планові заходи при розрахунку їхньої ефективності вимагають урахування не лише прямих капітальних витрат, але й витрат сполучених, тобто витрат в інші галузі народного господарства, викликаних впровадженням даного варіанта.

Аналізуються в розрахунках і витрати в супровідні роботи, тобто в роботи, без яких впроваджуваний захід не досягає ефекту. Ці роботи у своїй більшості мають самостійне техніко-економічне значення, і ефективність їх,

як правило, визначається окремо. Ефект від супровідних робіт підсумовується з ефектом заходу, що викликав ці роботи, у випадку, коли вони здійснюються за кошторисами основного заходу.

Загальною сумою капітальних витрат звичайно користуються при порівняннях варіантів з однаковим обсягом перевезень або продукції. Сумарна економія загальних капітальних вкладень за варіантами складається з економії прямих витрат, пов'язаних тільки з вибором даного варіанта, і при необхідності повних витрат, тобто витрат з урахуванням супутніх і сполучених.

Важливим вартісним показником ефективності є поточні (експлуатаційні) витрати. Вони звичайно розраховуються на вихідний або кінцевий розрахунковий рік або на той й інший, а іноді сумарні за весь розрахунковий строк. У даному проекті до них відносяться експлуатаційні витрати, які залежать від даних пристроїв СЦБ. Тип пристроїв СЦБ визначає витрати на ремонт й амортизацію, утримання штату зайнятого керуванням стрілками й сигналами (сигналістів, чергових по станції).

Таким чином, експлуатаційні витрати C за кожним з варіантів:

$$C_i = C_{pш} + C_{сз} + C_{соц} + C_{ме} + C_{ам}, \quad (2.4)$$

де $C_{pш}$ – фонд заробітної плати робітникам господарств руху й шляхів; $C_{сз}$ – фонд заробітної плати працівникам господарства сигналізації й зв'язку; $C_{соц}$ – відрахування на соціальне страхування працівникам господарств: руху, шляхів, сигналізації й зв'язку; $C_{ме}$ – витрати на матеріали, запасні частини, електроенергію та інші витрати; $C_{ам}$ – амортизаційні відрахування від вартості пристроїв автоматики й зв'язку.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку

Варіант	Посада	Оклад, грн	Кількість посад, шт.	Капітальні вкладення			
				для напівавто- матичного блокування	для системи рахунку осі	При напівавто- матичній системі, $K_{НАС}$	При системі диспетчеризації, $K_{СД}$
1	Начальник станції	3000	1	12600	86000	252000	172000
	Черговий по станції	2000	4				
	Монтер шляху з очищення стрілок	3000	1				
	Електромеханік	2000	1				
	Електромонтер шостого розряду	1950	1				
2	Начальник станції	3100	1	12500	85500	251000	170000
	Черговий по станції	1900	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2900	1				
	Електромеханік	1800	1				
	Електромонтер шостого розряду	1950	1				
3	Начальник станції	2900	1	11500	85700	251200	168000
	Черговий по станції	1930	2				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2800	1				
	Електромеханік	1750	1				
	Електромонтер шостого розряду	1950	2				

Продовження табл. 2.1

4	Начальник станції	3100	1	12900	85000	250000	168000
	Черговий по станції	2100	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	1900	1				
	Електромеханік	1800	1				
	Електромонтер шостого розряду	1900	1				
5	Начальник станції	2900	1	12500	85500	251000	170000
	Черговий по станції	1780	4				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2800	1				
	Електромеханік	1750	1				
	Електромонтер шостого розряду	1900	1				
6	Начальник станції	3000	1	11500	85600	252000	169000
	Черговий по станції	1900	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2900	1				
	Електромеханік	1780	1				
	Електромонтер шостого розряду	1900	1				
7	Начальник станції	3100	1	12800	85700	251500	171000
	Черговий по станції	1930	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2950	1				
	Електромеханік	1820	1				
	Електромонтер шостого розряду	1950	1				

Продовження табл. 2.1

8	Начальник станції	3000	1	11800	85500	251200	172000
	Черговий по станції	1800	4				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2850	1				
	Електромеханік	1820	1				
	Електромонтер шостого розряду	1940	1				
9	Начальник станції	2900	1	11900	86500	250100	168000
	Черговий по станції	1700	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2700	1				
	Електромеханік	1700	1				
	Електромонтер шостого розряду	1850	1				
10	Начальник станції	3000	1	12800	83800	249000	173000
	Черговий по станції	1800	3				
	Монтер шляху з очищення стрілок	2800	1				
	Електромеханік	1850	1				
	Електромонтер шостого розряду	1900	1				

2.1 Розрахунок фондів заробітної плати

Основні завдання планування праці й заробітної плати полягають у забезпеченні росту продуктивності праці; забезпеченні раціонального співвідношення в чисельності персоналу, зайнятого безпосередньо на виробництві, обслуговуванні й у керуванні; стимулюванні роботи кожного працюючого й колективу в цілому; забезпеченні потреби підприємства в кадрах необхідної кваліфікації.

Пристрої автоматики, що вводяться знову, вносять значні зміни у витрати на утримання експлуатаційного штату. Так, при збільшенні зроблених пристроїв СЦБ штат працівників локомотивного господарства й господарства руху зменшується, але при цьому трохи збільшується штат технічних працівників господарства сигналізації й зв'язку.

Розрахунок річного фонду заробітної плати працівниками господарств руху й шляхів $C_{ру}$, а також працівникам господарства сигналізації й зв'язку $C_{сз}$ може бути зроблений за формулою:

$$C_{ру} \text{ або } C_{сз} = 12 \sum (C_i \cdot 3_i \cdot (1 + K_{1i}) \cdot ((1 + K_{2i}))), \quad (2.5)$$

де C_i – чисельність працівників кожної посади; 3_i – місячний тарифний оклад працівника кожної посади; K_{1i} – частка премій і доплат за роботу в нічний час, святкові дні; K_{2i} – частка додаткової заробітної плати (в основному оплата відпустки), від всієї нарахованої заробітної плати.

Значення K_{1i} приймаються:

- для працівників станцій і монтерів шляхів – 0,35;
- для працівників дистанцій СЦБ і зв'язку – 0,42.

Значення K_{2i} приймаються:

- для працівників станцій і монтерів шляхів – 0,06;
- для працівників дистанцій СЦБ і зв'язку – 0,07.

Розрахунок штату по службі руху виконується з урахуванням наявності двох станцій IV-го класу. За нормами обслуговування на станціях приймається:

- один начальник станції – місячний оклад 3000 грн (за варіантом);

– чотири чергові по станції – місячний оклад кожного 2000 грн (за варіантом);

– один монтер шляху з очищення стрілок – місячний оклад 3000 грн (за варіантом).

$$C_{cs} = 12[2 \cdot 3000 \cdot (1 + 0,35) \cdot (1 + 0,06) + 8 \cdot 2000 \cdot (1 + 0,35) \cdot (1 + 0,06) + 2 \cdot 3000 \cdot (1 + 0,35) \cdot (1 + 0,06)] = 480816 \text{ грн.}$$

У будь-якій електронній або електричній системі процес відшукування її несправностей і виявлення причин відмов є найбільш складним і працемістким. При цьому найчастіше, визначним фактором є досвід і кваліфікація обслуговуючого персоналу. Повною мірою це відноситься й до електронної апаратури системи диспетчеризації, що обслуговує експлуатаційний штат працівників, який обслуговує ділянки, обладнані пристроями напівавтоматичного блокування.

Тому, експлуатаційний штат працівників, що обслуговує напівавтоматичну систему й систему диспетчеризації при електричній централізації стрілок на проміжних станціях, складе:

а) один електромеханік – місячний оклад 3000 грн (за варіантом);

б) один електромонтер 6-го розряду – місячний оклад 2000 грн (за варіантом).

$$C_{pш} = [12(1 \cdot 3000 \cdot (1 + 0,42) \cdot (1 + 0,07) + 1 \cdot 2000 \cdot (1 + 0,42) \cdot (1 + 0,07))] = 91164 \text{ грн.}$$

2.2 Розрахунок відрахувань на соціальне страхування

Єдиний соціальний внесок з підприємства складає 36,3% від річного фонду заробітної плати (основної і додаткової) за формулою:

$$C_{соц} = 0,363C_{zc} \text{ або } C_{соц} = 0,363C_{pш}. \quad (2.6)$$

Відрахування на соціальне страхування для працівників господарства руху, шляхів, сигналізації й зв'язку при напівавтоматичній системі:

$$C_{соц} = 0,363 \cdot 480816 + 0,363 \cdot 91164 = 207628,7 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування для працівників господарства руху, шляхів, сигналізації й зв'язку при впровадженні системи диспетчеризації складуть (скоротиться штат чергових до 1 чоловіка й у штаті присутній або електромонтер або електромеханік):

$$C_{соц} = 0,363 \cdot 412410 + 0,363 \cdot 46234 = 166487,7 \text{ грн.}$$

2.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Основні засоби промислового залізничного транспорту в процесі їхнього використання поступово зношуються. Фізичне зношування настає як у результаті експлуатації основних засобів, так й у період знаходження їх у запасі й на консервації.

Фізичне зношування діючих основних фондів (засобів) залежить від ряду факторів:

- якості технічних засобів;
- ступеня їхнього завантаження;
- особливості технологічних процесів;
- ступеня захисту від зовнішніх умов й агресивних середовищ;
- рівня кваліфікації робітників й їхнього відношення до технічних засобів.

Бездіяльні фонди зношуються під дією атмосферних явищ і внутрішніх процесів, що відбуваються в матеріалах, з яких вони виготовлені.

Основні засоби, піддаючись у процесі експлуатації фізичному зношуванню, гублять щорічно частину своєї вартості, рівній тій її величині, що перенесена на вартість продукції, яка виготовлена протягом року.

Технічні засоби підприємства піддаються не тільки фізичному, але й моральному зношуванню. Моральне зношування настає внаслідок появи більш продуктивної й економічної техніки.

У період експлуатації основних засобів настає момент, коли їх необхідно ремонтувати, модернізувати або замінити новими. Для ремонту старої або придбання нової техніки необхідні кошти. Вони накопичуються в процесі експлуатації основних фондів, тому що частина їх вартості

переноситься на вироблену продукцію. Частина вартості, яка накопичується, основних фондів включається в експлуатаційні витрати на виробництво цієї продукції у вигляді амортизації.

Величина вартості, що включається за допомогою амортизації в річні експлуатаційні витрати підприємства промислового залізничного транспорту, являє собою амортизаційні відрахування.

Витрати на амортизаційні відрахування розраховуються як добуток вартості пристроїв, які вводяться, СЦБ на встановлену норму амортизації:

$$C_{ам} = K_i a. \quad (2.7)$$

Норми амортизації встановлюються за кожним видом основних фондів. Величини цих норм затверджуються в таких розмірах, щоб отримані за ними відрахування від первісної вартості основних фондів відповідали їх фізичному й моральному зношуванню. Зайві відрахування завищують собівартість перевезень, а недостатні ведуть до погіршення стану основних фондів, до роботи на підвищене зношування й порушенню їхнього відтворення.

Норма амортизаційних відрахувань від вартості пристроїв для напівавтоматичного блокування дорівнює 5%, для системи розрахунку осі дорівнює 5,3%.

При напівавтоматичному блокуванні амортизаційні відрахування складуть:

$$C_{ам} = 2520000 \cdot 0,5 = 1260000 \text{ грн.}$$

Для системи розрахунку осей амортизаційні відрахування складуть:

$$C_{ам} = 1720000 \cdot 0,053 = 91169 \text{ грн.}$$

2.4 Розрахунок витрат на матеріали, запасні частини, електроенергію та інші витрати

Витрати на матеріали й запасні частини визначаються в розмірі 1,5% від вартості пристроїв, які вводяться, а витрати на електроенергію приймають у розмірі 0,2%.

Інші витрати (по відновленню технічної документації, відрядні, оплати різних послуг й ін.) приймають у розмірі 3% від витрат на заробітну плату працівникам господарства сигналізації й зв'язку.

Звідси:

$$C_m = 0,015K_i + 0,002K_i + 0,03C_{pш}. \quad (2.8)$$

Для напіваавтоматичної системи витрати на матеріали, запасні частини, електроенергію та інші витрати складуть:

$$C_m = 0,015 \cdot 2520000 + 0,002 \cdot 2520000 + 0,03 \cdot 91164 = 90934,92 \text{ грн.}$$

Для диспетчеризації витрати на матеріали будуть:

$$C_m = 0,015 \cdot 1720000 + 0,002 \cdot 1720000 + 0,03 \cdot 91164 = 62934,9 \text{ грн.}$$

2.5 Річні експлуатаційні витрати

Витрати на експлуатаційні витрати при напіваавтоматичній системі складуть:

$$C_{II} = 91169 + 480816 + 115920 + 90934,92 + 207628,7 = 986468,62 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатаційні витрати при системі автоматичної диспетчеризації:

$$C_D = 1260000 + 412410 + 1169 + 62934,92 + 166487,7 = 1903001 \text{ грн.}$$

Таким чином, сумарна економія загальних капітальних вкладень за варіантами складається з економії витрат, пов'язаних тільки з вибором даного варіанта, і при необхідності витрат з урахуванням супутніх і сполучених. Проведено розрахунок економічного ефекту обладнання.

Контрольні питання

1. Наведіть основні напрямки диспетчеризації, які реалізуються в мережі залізниць України.
2. Виділіть основні відмінності економічної ефективності інновацій.
3. Поясніть метод розрахунку капітальних вкладень.
4. Зазначити основні етапи розрахунку експлуатаційних витрат при встаткуванні ділянки ДЦ.

Література: [20], стор.210 – 223.

Практичне заняття №3

Тема. Техніко-економічне обґрунтування впровадження віртуального лабораторного стенду у навчальний процес

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо техніко-економічного обґрунтування впровадження віртуального лабораторного стенду в навчальний процес

Короткі теоретичні відомості

При практичній підготовці майбутніх фахівців з технічних спеціальностей, зокрема, електромеханічного профілю виникає досить серйозна проблема забезпечення експериментальних досліджень лабораторними й науково-дослідницькими комплексами, що дозволяють проводити лабораторні роботи й наукові експерименти. Ця проблема обумовлена рядом причин, серед яких можна виділити наступні:

– недолік засобів, необхідних для модернізації існуючого устаткування і його оснащення сучасними мікропроцесорними й перетворюючими пристроями;

– неможливість створення реальних багатофункціональних комплексів, які дозволяють вивчати системи постійного і змінного струму, їх статичні, динамічні й енергетичні режими;

– більші тимчасові витрати на освоєння нового обладнання, необхідність у кваліфікованих фахівцях, здатних його обслуговувати й супроводжувати.

Рішення цих питань може бути частково забезпечене шляхом використання навчальних комп'ютеризованих комплексів з обов'язковим їхнім розширенням у сферу наукових досліджень. Створення таких комплексів можливо за допомогою спеціального програмного забезпечення, що дозволяє створювати математичні моделі реальних елементів електромеханічних систем.

Створення віртуальних лабораторних комплексів з відповідним методичним забезпеченням, системою тренінгу й контролю знань студентів дозволяє вирішити дане завдання в досить короткий термін з найменшими фінансовими витратами.

Завдання до теми

Обґрунтувати техніко–економічну ефективність впровадження віртуального лабораторного стенду в навчальний процес на кафедрі систем автоматичного управління та електроприводу (САУЕ).

Вихідні дані наведені в табл. 3.1– 3.3.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Значення коефіцієнта q		Мова програмування	Група складності
	Тип завдання	Границі змін коефіцієнта		
1	Задачі обліку	1400-1500	високого рівня	А
2	Задачі оперативного керування	1500-1700	низького рівня	В
3	Задачі планування	3000-3500	високого рівня	Б
4	Різноманітні задачі	4500-5000	низького рівня	Г
5	Комплексні задачі	5000-5500	низького рівня	А
6	Задачі обліку	1450-1500	високого рівня	В
7	Задачі оперативного керування	1550-1750	низького рівня	Г
8	Задачі планування	3020-3800	високого рівня	Г
9	Різноманітні задачі	4800-5200	низького рівня	А
10	Комплексні задачі	5300-5600	низького рівня	Б

Коефіцієнт c визначається з табл. 3.2 на перетинанні груп складності й ступеню новизни.

Таблиця 3.2 – Групи складності й ступені новизни

Мова програмування (за варіантом)	Група складності (за варіантом)	Ступінь новизни			
		А	Б	В	Г
високого рівня	1	1,38	1,26	1,15	0,69
	2	1,30	1,19	1,08	0,65
	3	1,20	1,10	1,00	0,60
низького рівня	1	1,58	1,45	1,32	0,79
	2	1,49	1,37	1,24	0,74
	3	1,38	1,26	1,15	0,69

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт, який враховує кваліфікацію програміста

Стаж програміста	Значення коефіцієнта K
до 2-х років	0,8
від 2 до 3 років	1,0
від 3 до 5 років	1,1-1,2

Продовження табл. 3.3.

від 5 до 10 років	1,2-1,3
понад 10 років	1,3-1,5

Приклад виконання практичного завдання

Витрати на створення віртуального стенда обчислюються за формулою:

$$K_{\epsilon} = Z_{zn} + B_{eom} + B_{лиц}, \quad (3.1)$$

де Z_{zn} – заробітна плата програміста; B_{eom} – вартість ЕОМ; $B_{лиц}$ – витрати на придбання ліцензії.

Оскільки комп'ютери вже використовуються в лабораторіях кафедри САУЕ, то розрахунок їхньої вартості проводитися не буде. Пакет програм LabView придбаний університетом, отже його вартість не враховується.

Працемісткість ($T_{вк}$) розраховується в людино-годинах, визначається за фактично відпрацьованим часом, а час інших етапів визначається розрахунковим шляхом за умовним числом команд Q .

Умовне число команд Q визначається за формулою:

$$Q = q \cdot c, \quad (3.2)$$

де q – коефіцієнт, що враховує умовну кількість команд залежно від типу завдання; c – коефіцієнт, що враховує новизну й складність програми.

Значення коефіцієнта q вибирається з табл. 3.1. Для даного завдання коефіцієнт приймається $q = 4500$.

Програмні продукти за ступенем новизни можуть бути віднесені до однієї з 4-х груп :

- група А – розробка принципово нових завдань;
- група Б – розробка оригінальних програм;
- група В – розробка програм по використанню типових рішень;
- група Г – разове типове завдання.

Для даного завдання ступінь новизни: В.

За ступенем складності програмні продукти можуть бути віднесені до

однієї з 3-х груп:

- алгоритми оптимізації й моделювання систем;
- задачі обліку, звітності й статистики;
- стандартні алгоритми.

Дана задача може бути віднесена до першої групи складності.

Для даної задачі коефіцієнт $c = 1,15$.

За виразом (3.2) умовне число команд дорівнює $Q = 5175$.

Час на підготовку опису задачі T_{no} береться за фактом й складає $T_{no} = 30$ люд.- год.

Час, витрачений на опис задачі T_o :

$$T_o = \frac{Q \cdot B}{50K}, \quad (3.3)$$

де B – коефіцієнт урахування зміни задачі, що залежно від складності задачі й числа змін вибирається в інтервалі від 1,2 до 1,5. Для даного завдання $B = 1,5$; K – коефіцієнт, що враховує кваліфікацію програміста (табл. 3.3).

Для даного завдання коефіцієнт $K = 1,0$, час на опис задачі T_o , тоді:

$$T_o = \frac{5175 \cdot 1,5}{50 \cdot 1,0} = 155,25 \text{ люд.- год.}$$

Час на розробку алгоритму T_a складе:

$$T_a = Q / (50 \cdot K) = 5175 / (50 \cdot 1,0) = 103,5 \text{ люд.- год.}$$

Час на розробку блок-схеми визначається аналогічно:

$$T_{\bar{oc}} = 103,5 \text{ люд.- год.}$$

Час написання програми T_n мовою програмування буде:

$$T_n = 1,5 \cdot Q / (50 \cdot K) = 1,5 \cdot 5175 / (50 \cdot 1,0) = 155,25 \text{ люд.- год.}$$

Час набору програми T_n розраховуємо наступним чином:

$$T_n = Q / 50 = 5175 / 50 = 103,5 \text{ люд.- год.}$$

Час налагодження й тестування програми $T_{нал}$ отримаємо як:

$$T_{нал} = 4,2 \cdot Q / (50 \cdot K) = 4,2 \cdot 5175 / (50 \cdot 1,0) = 465,75 \text{ люд.- год.}$$

Тепер, знаючи час, витрачений на кожному етапі, можна підрахувати загальний час на створення програмного продукту:

$$T_{\Sigma} = T_{no} + T_o + T_a + T_{bc} + T_n + T_n + T_{нал} = \\ = 30 + 155,25 + 103,5 + 103,5 + 155,25 + 103,5 + 465,75 = 1116,75 \text{ люд.- год.}$$

3.1 Розрахунок заробітної плати виконавця робіт по створенню програмного продукту

Середня заробітна плата програміста: 20 грн/год. Витрати на оплату праці програміста складаються із зарплати програміста й відрахувань на соціальні потреби. Відрахування на соціальні потреби містять у собі: єдиний соціальний внесок з підприємства 36,3% в Пенсійний фонд.

Звідси витрати на оплату праці програміста складають:

$$B_{zn} = 1116,75 \cdot 20 \cdot 1,363 = 30442,605 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію ПЕОМ

Основою для розрахунку витрат на утримання й експлуатацію ПЕОМ, які відносяться до розробленого програмного продукту, є собівартість однієї машини-години роботи ПЕОМ.

У табл. 3.4 наведена собівартість компонентів ПЕОМ.

Таблиця 3.4 – Собівартість ПЕОМ

Найменування	Ціна, грн.
Монітор	1100
Материнська плата	370
Процесор	800
Відеокарта	400
Жорсткий диск	500
Оптичний привод	150
Кулер	30
Клавіатура	40
Миша	40
Оперативна пам'ять	230
Усього:	3660

Амортизаційні відрахування визначаються в розмірі 25% від балансової вартості K_{δ} ПЕОМ і становлять:

$$A = K_{\delta} \cdot 25\% = 3660 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію складаються з витрат на силову електроенергію та витрат на електроенергію, що йде на освітлення.

Витрати на силову електроенергію становлять:

$$V_{c.en.} = \Phi_{ef.} \cdot C_e \cdot P = 1590 \cdot 0,281 \cdot 1 = 446,29 \text{ грн.},$$

де $\Phi_{ef.}$ – ефективний річний фонд часу роботи ПЕВМ, ч.; $\Phi_{ef.} = 1590 \text{ год}$, C_e – вартість 1 кВт год, грн.; $C_e = 0,281$ грн., P – сумарна потужність ПЕОМ із периферією, кВт; $P = 0,7 \div 1,2$ кВт залежно від периферії.

Витрати на електроенергію, що йде на освітлення, становлять:

$$V_{осв.} = \Phi_{ef.} \cdot C_e \cdot P_{осв} = 1590 \cdot 0,281 \cdot 0,2 = 89,36 \text{ грн.},$$

де $P_{осв}$ – сумарна потужність, що йде на освітлення, кВт; $P_{осв} = 0,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

Загальні витрати на електроенергію становлять:

$$V_{en.} = V_{c.en.} + V_{осв.} = 446,29 + 89,36 = 535,65 \text{ грн.}$$

Витрати на додаткові матеріали (CD-диски, технічна література) беруться по факту й становлять $M_p = 90 \text{ грн.}$

Витрати на профілактику становлять 2 % від балансової вартості ПЕОМ із периферією $P_{пр} = 915 \cdot 0,02 = 18,3 \text{ грн.}$

Витрати на опалення виробничих площ становлять:

$$V_{оп.} = C_{оп.кв.м.} \cdot S \cdot 12 = 1,9 \cdot 6 \cdot 12 = 136,8 \text{ грн.},$$

де $C_{оп.кв.м.}$ – витрати на опалення 1 м² за місяць, грн.; $C_{оп.кв.м.} = 1,9 \text{ грн}$; S – площа на одну ПЕОМ, 5-7 м².

Інші виробничі витрати беруться в розмірі 30 % від основної заробітної платні працівників, що забезпечують функціонування ПЕОМ і становлять:

$$I = 3634,4 \cdot 0,3 = 1090,32 \text{ грн.}$$

Річні витрати на утримання й експлуатацію однієї ПЕОМ:

$$P_{в.е.} = 915 + 535,65 + 90 + 18,3 + 136,8 + 1090,32 = 2786,07 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї машино-години роботи ПЕОМ становить:

$$C_{м.-г.} = B_{в.е.} / \Phi_{эф} = 2786,07/1590,4 = 1,75 \text{ грн.}$$

Знаючи собівартість однієї машино-години роботи ПЕОМ і час необхідний для створення програмного продукту, що вимагає використання ПЕОМ, можна визначити витрати на утримання й експлуатацію ПЕОМ стосовно розробленого програмного продукту:

$$B_{еом} = C_{м.-г.} \cdot T_{\Sigma 1} = 1,75 \cdot 724,5 = 1267,8 \text{ грн.},$$

де $C_{м.-г.}$ – собівартість однієї машино-години роботи ПЕОМ, *грн*; $T_{\Sigma 1}$ – сумарний час етапів, що вимагають використання ПЕОМ, *год*.

Тоді

$$K_{г} = B_{зн} + B_{еом} = 30442,6 + 1267,8 = 31710,4 \text{ грн.}$$

3.4 Розрахунок річних експлуатаційних витрат дослідницького стенда

Сума річних експлуатаційних витрат дослідницького лабораторного комплексу обчислюється за формулою:

$$EB = ЗП + АВ + P_{мо} + B_e + I, \quad (3.4)$$

де $ЗП$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу за рік, *грн*; $АВ$ – амортизаційні відрахування, *грн*; $P_{мо}$ – витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування, *грн*; B_e – вартість споживаної електроенергії за рік, *грн*.; I – інші витрати, *грн*.

Оскільки витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу присутні як при використанні дослідницького стенда, так і при роботі з фізичним лабораторним стендом, то істотної різниці в розрахунки економічної ефективності вони не вносять, відповідно в поточних розрахунках ними можна знехтувати.

Амортизаційні відрахування:

$$AB = \frac{K_B \cdot a_p}{100\%}, \quad (3.5)$$

де a_p – норма амортизації на повне відновлення, що становить 15%.

$$AB = \frac{31710,4 \cdot 15\%}{100\%} = 4756,5 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$P_{mo} = \frac{K_B p}{100\%}, \quad (3.6)$$

де p – річна норма відрахувань на ремонт й обслуговування, що становить 6,4%.

$$P_{mo} = \frac{31710,4 \cdot 6,4\%}{100\%} = 2029,4 \text{ грн.}$$

Вартість споживаної електроенергії за рік:

$$B_e = Q_e \cdot T_e \cdot C_e. \quad (3.7)$$

$$B_e = 250 \cdot 10^{-3} \cdot 99 \cdot 0,281 = 6,95 \text{ грн.}$$

Інші витрати:

$$I = \frac{1\% \cdot K_B}{100\%}, \quad (3.8)$$

$$I = \frac{1\% \cdot 31710,4}{100\%} = 317,10 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати для віртуального стенду:

$$EB_g = 4756,5 + 2029,4 + 317,10 = 7103 \text{ грн.}$$

3.5 Розрахунок витрат на створення реального стенда

Комплектуючі, з яких складається реальний стенд, наведені в табл.3.5.

Таблиця 3.5 – Комплектуючі реального стенда

Комплектуючі	Кількість, од.	Ціна за 1 од., грн.	Загальна вартість, грн.
Перетворювач частоти	1	5200	5200
Асинхронний двигун	1	4700	4700
ЛАТР 3-х фазний	1	8100	8100
Автоматичні вимикачі	3	100	300
Перемикачі	6	12	72
Вимірювальні пристрої	9	112	1 008
Корпус	1	500	500
Тахогенератор	1	1 402	1 402
Усього			21282

3.6 Розрахунок річних експлуатаційних витрат фізичного стенда

Балансова вартість лабораторного стенда наступна: суму річних експлуатаційних витрат знаходимо аналогічно раніше розрахованому:

Амортизаційні відрахування:

$$AB = \frac{K_B \cdot a_p}{100\%}, \quad (3.9)$$

$$AB = \frac{21282 \cdot 10\%}{100\%} = 2128.2 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на електроенергію для фізичного стенда:

$$B_e = Q_e \cdot T_e \cdot C_e,$$

$$B_e = 3,5 \cdot 99 \cdot 0,281 = 97,36 \text{ грн.}$$

Середні витрати на поточний і профілактичний ремонт фізичного лабораторного стенду становлять 2000 гривень за рік.

Інші витрати:

$$I = \frac{1\% \cdot K_B}{100\%};$$

$$I = \frac{1\% \cdot 2128,2}{100\%} = 212.8 \text{ грн.}$$

Сума річних експлуатаційних витрат становить:

$$EB_c = 2128.2 + 97,36 + 2000 + 212.8 + 21.2 = 4459.56 \text{ грн.}$$

3.7 Визначення економічного ефекту за рахунок використання віртуального стенда

Перша складова економічного ефекту буде полягати в різниці експлуатаційних витрат для фізичного й віртуального стендів, що обчислюється за формулою:

$$E_1 = EB_e - EB_c = 7103 - 4459.56 = 2643.44 \text{ грн.}$$

Для проведення лабораторної роботи необхідно, як мінімум 4 стенди. Використання віртуального комплексу дає можливість виключити необхідність дублювання фізичних стендів, заощадити робочу площу приміщень. Тому значний економічний ефект буде отримано за рахунок скорочення витрат на

придбання фізичних лабораторних стендів.

$$E_2 = N \cdot B_{\phi} - N \cdot K_{\epsilon},$$

де $B_{\phi c}$ – вартість одного фізичного стенду; K_{ϵ} – вартість одиниці віртуального лабораторного комплексу; N – кількість необхідних фізичних стендів для проведення лабораторної роботи, кількість комп'ютерів.

$$E_2 = 4 \cdot 21282 - 4 \cdot 3660 = 70488 \text{ грн.}$$

Третя складова економічного ефекту полягає в скороченні величини збитків при експлуатації дослідницького стенда. При використанні дослідницького стенда виключається можливість виходу з ладу окремих елементів стенда, всі помилки «віртуальні», тому їх можливо усунути без матеріальних витрат. У середньому протягом року на виправлення погрешностей на фізичному стенді витрачається близько 300 грн. Тому $E_3 = 300$ грн.

Сумарний економічний ефект при використанні дослідницького стенда становить:

$$E_{\Sigma} = 2643,44 + 70488 + 300 = 73431,44 \text{ грн.}$$

Строк окупності віртуального лабораторного комплексу:

$$T_{ок} = 31710,4 / 73431,44 = 0,43.$$

Таким чином використання віртуального комплексу дає можливість виключити необхідність фізичних стендів та надати простору в навчальних лабораторіях.

Контрольні питання

1. Пояснити методику розрахунку витрат на утримання ПЕОМ.
2. Пояснити призначення віртуального лабораторного стенду.
3. Виділити основні показники економічного ефекту при використанні віртуального стенда.
4. Пояснити методику розрахунку річних експлуатаційних витрат фізичного стенду.

Література: [19], стор. 210-223.

Практичне заняття №4

Тема. Визначення економічної ефективності пускових систем синхронного двигуна кар'єрних екскаваторів

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо розрахунку економічної ефективності пускових систем синхронного двигуна кар'єрних екскаваторів

Короткі теоретичні відомості

Приведемо основні технологічні передумови й технічні показники, що роблять необхідним застосування систем «м'якого» пуску синхронного двигуна (СД).

1. При виникненні технологічної паузи в роботі екскаватора, СД не відключають від мережі, а залишають працювати в режимі неробочого ходу. Таке обмеження кількості прямих пусків продовжує термін служби СД, але збільшує непродуктивну витрату електроенергії.

2. Основними ушкодженнями синхронних машин при прямому пуску є руйнування пускової обмотки (білячого колеса) за рахунок нагрівання стрижнів до 800°C , а також руйнування ізоляції в статорній обмотці за рахунок істотних механічних і теплових навантажень, обумовлених пусковими струмами.

3. Більші кутові прискорення при прямому пуску приводять до деформації колекторних вузлів машин постійного струму, а також ушкодженню підшипників електричних машин.

4. Прямий пуск СД скорочує термін служби кабельних трас, комутаційних апаратів і струмознімачів, а також силових трансформаторів підстанцій.

5. Прямий пуск погіршує селективність релейного захисту, що підвищує аварійність системи енергопостачання.

6. Неможливість плавного пуску СД приводить до необхідності збільшення загального перетину ліній живлення.

7. Втрати електричної енергії в енергомережі, обумовлені значними

пусковими струмами, стають особливо відчутними для ліній значної довжини.

8. В умовах реальних кар'єрних мереж при запуску СД необхідно обмежувати осідання напруги живлення й забезпечувати селективність релейного захисту шляхом обмеження відношення пускового струму до струму короткого замикання. Зниження зазначеного співвідношення традиційно досягається за рахунок установки трансформатора живлення підвищеної потужності або збільшення навантажувальної здатності лінії живлення шляхом паралельного з'єднання двох незалежних вихідних ланцюгів. Витрати на додаткове устаткування виключаються при плавному пуску СД.

Економічний ефект від застосування системи полегшеного пуску СД для крокуючих екскаваторів включає:

- ефект, обумовлений зниженням витрат на ремонт синхронних двигунів, генераторів й електродвигунів систем привода постійного струму;
- ефект, обумовлений зниженням витрат на паралельне з'єднання двох незалежних вихідних ланцюгів й установку трансформатора живлення більшої потужності;
- ефект, обумовлений зниженням витрати електроенергії;
- ефект, обумовлений скороченням кількості капітальних ремонтів;
- ефект, обумовлений економією кабельно-проводникової продукції в трасах при модернізації;
- ефект, обумовлений модернізацією електроустаткування в системах головних приводів електричних машин і заміною морально застарілих елементів;
- ефект, обумовлений збільшенням терміну служби потужних електричних машин і силового електроустаткування екскаватора й підстанцій живлення;
- ефект, обумовлений відмовою від засобів, необхідних для ліквідації більших аварій при обриві тросів, падінні стріл, ковшів, некерованих розворотів приводів з великою швидкістю, виходом з ладу механічної частини привода, а також відмовою від змушених простоїв потужних екскаваторів у період

ліквідації даних аварій;

– ефект, обумовлений збільшенням продуктивності екскаватора через зниження простоїв (виключення часу демонтажу, що вийшов з ладу електроустаткування, часу монтажу справного устаткування, часу простою двигуна після пуску для охолодження обмоток).

Завдання до теми

Розглянути ефективність використання тиристорної системи пуску синхронного двигуна екскаватора ЕШ-20/90. Дані для розрахунку наведені в табл.4.1 – 4.2.

Таблиця 4.1– Паспортні дані двигуна

Установлена потужність електродвигунів екскаватора ЕШ-20/90, S_y	за варіантом
Приводний синхронний двигун	СДЕ-2-17-69-8
Повна потужність, S	за варіантом
Синхронна швидкість, n	760 об/хв
Номинальний струм статора, I_n	за варіантом
Номинальна напруга статора, U_H	за варіантом
Коефіцієнт корисної дії, η	96,5%
Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0,95
Перевантажувальна здатність двигуна, λ_m	2,0
Кратність пускового струму, k_i	за варіантом
Момент інерції двигуна, J	582,5 кг·м ²
Коефіцієнт попиту, k_n	0,55
Пусковий струм двигуна, I_n	$I_n = I_n k_i$ А
Коефіцієнт використання активної потужності k_{na}	0,65

Втрати через важкий запуск, викликані випаданням інших синхронних двигунів із синхронізму, перекиданням паралельно працюючих електроприводів з асинхронними двигунами в даному варіанті розрахунку не враховуються.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Варіант	Установлена потужність електро-двигунів екскаватора ЕШ-20/90, $S_y, кВт$	Номинальний струм статора, $I_n, А$	Повна потужність $S, кВА$	Кратність пускового струму, k_i	Номинальна напруга статора, $U_H, В$	Витрати на ремонт СД, $B_1, грн$	Витрати на ремонт електро-двигуна, $B_2, грн$	Вартість 1 км проводу А-120, $B_3, грн$	Вартість П/СТ 35/6, $B_4, грн$	Кількість електро-двигунів, $шт$	Сумарна економія потужності крокуючого екскаватора при модернізації, $р_{ек}, кВт$	Не-враховане устаткування, $грн$
1	4195	225	2760	7	5800	45210	12125	31020	2302500	5	165	2210
2	4190	222	2763	6	5700	45200	12123	31022	2322500	6	160	2200
3	4185	220	2756	7	5750	45110	12100	31040	2402500	4	162	2215
4	4180	220	2755	5,9	5810	44210	12115	31000	2302680	8	155	2190
5	4183	222	2760	7	5700	45310	12112	32020	2402520	4	170	2295
6	4175	225	2756	6,2	5755	46210	12103	31000	2304500	6	175	2300
7	4195	222	2765	6,9	5700	44220	12111	31033	2402200	7	168	2280
8	4197	220	2761	7	5810	45440	12000	31444	2302810	5	159	2400
9	4190	225	2758	6	5850	45450	12105	31510	2382500	4	164	2340
10	4189	220	2760	7	5780	45100	12116	31133	2392590	5	169	2410

Приклад виконання практичного завдання

Методику розрахунку ТЕЕ пускової системи проілюструємо на прикладі приводного СД перетворювального агрегату екскаватора ЕШ–15/90.

Синхронний опір двигуна:

$$x_c = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 1575} = 2,19 \text{ Ом.}$$

Розрахунковий струм двигуна:

$$I_p = \frac{S_y \cdot k_{cn}}{\sqrt{3}U_n} = \frac{4190 \cdot 10^3 \cdot 0,55}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 221,75 \text{ А.}$$

З урахуванням додаткового навантаження, параметри трансформатора живлення ТМ-6300/35: $S_n = 6300$ кВА; $\Delta P_{xx} = 9,4$ кВт, $\Delta P_{кз} = 46,5$ кВт, $U_{кз} \% = 7,5$.

Опір розсіювання трансформатора:

$$x_m = \frac{U_n^2 \cdot U_{кз} \%}{100 \cdot S_n} = 0,43 \text{ Ом.}$$

Як приклад розглянемо дволанцюгову лінію довжиною $L = 2,0$ км, кожна фаза якої складається із двох паралельних ланцюгів загальним перетином 240 мм^2 . Опір кожного ланцюга $x_{л} = 1,8$ Ом.

Струм короткого замикання наприкінці лінії:

$$I_{кз} = \frac{U_n}{\sqrt{3}(x_{л} + x_m)} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 2,23} = 1554 \text{ А.}$$

Пусковий струм двигуна:

$$I_n = \frac{U_n}{\sqrt{3}(x_{л} + x_m + x_c)} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 4,43} = 784 \text{ А.}$$

Кратність струму короткого замикання пусковому струму:

$$k_{ni} = \frac{I_{кз}}{I_n} = \frac{1554}{790} = 1,98.$$

Напруга на затискачах двигуна при його пуску:

$$U_{\delta} = \frac{U_n \cdot x_c}{(x_{л} + x_m + x_c)} = \frac{6000 \cdot 2,2}{4,43} = 2,97 \text{ кВ.}$$

Для лінії, що складає із двох паралельних ланцюгів загальним опором $x'_л = 0,9$ Ом, напруга на затискачах синхронного двигуна:

$$U'_\partial = \frac{U_n \cdot x_c}{(x'_л + x_m + x_c)} = \frac{6000 \cdot 2,2}{3,53} = 3,73 \text{ кВ.}$$

Зниження максимального моменту асинхронного двигуна, що має безпосереднє включення біля екскаватора, при пуску СД:

$$k_u = \left(\frac{U_\partial}{U_n} \right)^2 = \left(\frac{3,05}{6,0} \right)^2 = 0,25,$$

$$k'_u = \left(\frac{U'_\partial}{U_n} \right)^2 = \left(\frac{3,72}{6,0} \right)^2 = 0,39.$$

Пусковий струм для дволанцюгової лінії:

$$I'_n = \frac{U_n}{\sqrt{3}(x'_л + x_m + x_c)} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 3,53} = 981 \text{ А.}$$

Струм к.з. і кратність струму к.з. при дволанцюговій лінії:

$$I'_{кз} = \frac{U_n}{\sqrt{3}(x'_л + x_m)} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 1,33} = 2607 \text{ А;}$$

$$k'_{ni} = \frac{I'_{кз}}{I'_n} = \frac{2800}{981} = 2,65.$$

Аналіз отриманих даних показує, що кратність пускового струму й струму короткого замикання вкрай низька, що ускладнює створення селективного захисту, особливо за наявності додаткових паралельних споживачів. Крім того, навіть при використанні дволанцюгової лінії, зниження напруги живлення неприпустимо велике, що виключає усталену роботу асинхронних машин, що підключають наприкінці лінії.

Збільшення потужності трансформаторів живлення незначно впливає на якісні характеристики напруги під час запуску машини. Таким чином, гранично припустима довжина кабелю від підстанції до екскаватора, в умовах енергосистеми нескінченно великої потужності, не перевищує 1-2 км. Для систем обмеженої потужності цей параметр ще менше.

Зниження напруги живлення при пуску не знижує теплове навантаження обмоток, тому що зі зниженням напруги зменшується струм у пусковій обмотці, однак росте час пуску (обернено пропорційно квадрату ступеня зниження напруги живлення). Загальна енергія втрат залишається при цьому незмінною.

При запуску СД від системи полегшеного пуску відхилення напруги в лінії живлення будуть викликані тільки змінами навантаження (орієнтовно приймаємо +5% -10%, тобто 15% від номінальної відповідно до вимог ДЕРЖСТАНДАРТУ 1367).

Тоді, при струмі СД 226 А, припустима довжина лінії 6 кВ:

$$L_{\text{дон}} = \frac{U_n \cdot \Delta U \%}{I_n \cdot x'_l \cdot 100} = \frac{6000 \cdot 15}{226 \cdot 0,9 \cdot 100} = 4,4 \text{ км,}$$

що приблизно в 2 рази вище прийнятих значень. При плавному запуску, з'являється можливість живлення екскаватора від однієї підстанції, що дозволяє одержати додатковий економічний ефект за рахунок відмови будівництва декількох підстанцій 35/6 кВ.

Визначимо економічний ефект на підставі наведених вище даних, які можна виразити в реальних цифрах стосовно до одного крокуючого екскаватора.

Економічний ефект, обумовлений виключенням витрат на ремонт СД (без обліку, монтажу, демонтажу, транспортних витрат):

$$C_{\Sigma 1} = k_{\text{від.сд}} \cdot B_1 = 0,57 \cdot 4561 = 25998 \text{ грн,}$$

де $k_{\text{від.сд}} = 0,57$ – коефіцієнт відмови СД, приведений до року експлуатації;
 $B_1 = 45610$ грн. – витрати на ремонт СД.

Економічний ефект, обумовлений виключенням витрат на ремонт електродвигунів систем привода постійного струму (без обліку монтажу, демонтажу, транспортних витрат):

$$C_{\Sigma 2} = k_{\text{від.Г}} \cdot n \cdot B_2 = 0,6 \cdot 6 \cdot 12020 = 43272 \text{ грн,}$$

де $k_{\text{від.Г}} = 0,6$ – коефіцієнт відмови електродвигунів систем привода постійного

струму приведений до року експлуатації; $n = 6$ – кількість електродвигунів; $B_2 = 12020$ грн – витрати на ремонт електродвигуна.

Економічний ефект від переходу із дволанцюгової на одноланцюгову лінію живлення оцінюється з розрахунку загальної приведеної довжини лінії ($L_{ne} = 15$ км) за весь строк експлуатації, приведеної до одного року:

$$C_{\Sigma 3} = \frac{L_{ne} \cdot B_3 \cdot m \cdot k}{T} = \frac{15 \cdot 30000 \cdot 3 \cdot 1,4}{25} = 75600 \text{ грн,}$$

де $B_3 = 30000$ грн – вартість 1 км проводу А-120; $m = 3$ – число фаз лінії; $T = 25$ років – прийнятий строк експлуатації; $k = 1,4$ – коефіцієнт, що враховує збільшення вартості дволанцюгової лінії в порівнянні з одноланцюговою.

Економічний ефект, обумовлений відмовою від будівництва (пересування) понижуючих підстанцій, приведений до одного року:

$$C_{\Sigma 4} = \frac{b \cdot B_4}{T} = \frac{3 \cdot 2083990}{25} = 250079 \text{ грн,}$$

де $B_4 = 2083990$ грн – вартість П/СТ 35/6; $b = 3$ – приведені число понижуючих підстанцій.

Якщо враховувати вартість трансформаторів, що вводять знову (трансформатор ТМПУ-6300/35 - 209720 грн.), то $B_{\Sigma 4} = 275245$ грн.

Економічний ефект, обумовлений зниженням витрат електричної енергії:

$$C_{\Sigma 5} = P \cdot C = 545342,6 \cdot 0,28 = 152695 \text{ грн.,}$$

де $C = 0,28$ грн – тариф за 1 кВт·ч; P – економія електроенергії в рік, кВт·год:

$$P = p_{ек} \cdot n \cdot t \cdot k_г = 157 \cdot 353 \cdot 24 \cdot 0,41 = 545342,6 \text{ кВт·ч,}$$

де $p_{ек} = 157$ кВт – сумарна економія потужності крокуючого екскаватора при модернізації; $n = 353$ – кількість робочих днів у році; $t = 24$ – тривалість доби в годинах; $k_г = 0,41$ – коефіцієнт використання крокуючих екскаваторів.

Сумарний розрахунковий економічний ефект за один рік експлуатації:

$$\begin{aligned} C_{\Sigma} &= C_{\Sigma 1} + C_{\Sigma 2} + C_{\Sigma 3} + C_{\Sigma 4} + C_{\Sigma 5} = \\ &= 25998 + 43272 + 75600 + 250079 + 152695 = 547644 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Приведений економічний ефект за перший рік (з огляду на виключення

витрат на капітальний ремонт БМУ (36000грн.) і вартості мідного лома (680кг×15 грн = 10200 грн), що знімається з екскаватора при модернізації), складе:

$$C_{n1} = C_{\Sigma} + 46200 = 547644 + 46200 = 593844 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Витрати при впровадженні пускової системи

№ пор.	Найменування устаткування й виконувані роботи	Вартість од., грн	Кількість, шт.	Сума, грн
1	Тиристорний перетворювач із системою керування, реверсивний	30000	3	90000
2	Тиристорний перетворювач із системою керування, нереверсивний	18000	4	72000
3	Система контролю температури двигунів і генераторів	10000	1	10000
4	Система полегшеного запуску синхронних двигунів	20000	1	20000
5	Виконання монтажних і налагоджувальних робіт	150000		150000
6	Невраховане устаткування (за варіантом)	20000		20000
Усього:		E _o =362000		

Річний економічний ефект при нормативному строку амортизації 6,5 року (де $E_n = 0,15$ – норматив окупності капітальних вкладень):

$$E = C_{\Sigma} - E_o \cdot E_n = 547644 - 362000 \cdot 0,15 = 493344 \text{ грн.}$$

Економічний ефект за перший рік експлуатації:

$$E_z = C_{n1} - E_o \cdot E_n = 593844 - 362000 \cdot 0,15 = 539544 \text{ грн.}$$

Витрати на модернізацію окупляться за рахунок отриманого економічного ефекту протягом наступного строку:

$$T_{ок} = 12 \cdot \frac{36200}{593844} = 7 \text{ місяців,}$$

при гарантійному терміні служби устаткування, що вводиться, більше 10 років.

Контрольні питання

1. Виділити основні технологічні передумови й технічні показники, що спричиняють необхідність застосування систем «м'якого» пуску СД.
2. Навести методику розрахунку економічного ефекту пускових систем синхронного двигуна кар'єрних екскаваторів.
3. Виділити основні технологічні передумови й технічні показники, що спричиняють необхідність застосування систем «м'якого» пуску СД.
4. Пояснити поняття «крокуючі екскаватори».

Література: [21], стор.223 – 230.

Практичне заняття №5

Тема. Економічна ефективність пускових систем синхронного двигуна компресорних установок

Мета роботи: набуття навичок та вмінь розрахунку економічної ефективності пускових систем з синхронними двигунами

Короткі теоретичні відомості

Часті пуски турбокомпресорів (ТК) негативно позначаються на працездатності турбомашин. Кожен некерований (прямий) запуск турбокомпресора знижує моторесурс ТК на 50 годин при плановому в 5600 годин. Таким чином, при щоденних запусках протягом року, моторесурс ТК вичерпується триразово. Саме тому тривалість безперервної роботи турбокомпресорів регламентується й становить не менш 25 діб.

Негативні наслідки пускових режимів будуть мінімальні у випадку, якщо процес пуску здійснюється настільки повільно, що виключаються основні причини зниження моторесурса – температурні перепади в робочих колесах ТК. Тривалість пуску при цьому повинна бути в межах 1 – 1,5 хв.

Таким чином, керований пуск дає можливість періодичних зупинок у міжзмінні перерви, вихідні й святкові дні без небезпеки прискореного зношування двигунів, компресорів. При таких остановах потужність із мережі не споживається, на відміну від розвантаження ТК шляхом відключення його

від пневмомережі. У цьому, регламентованому правилами експлуатації режимі, потужність на валу ТК доходить до 30% від номінальної потужності.

Завдання до теми

Розрахувати економічну ефективність пускових систем синхронного двигуна (СД) компресорних установок, якщо $k_3 = 0,3$ – коефіцієнт завантаження двигуна при відключенні компресора від пневмомережі, $t_{мз} = 1$ – тривалість міжзмінної перерви, год, $t_p = 364$ – число робочих днів у році; $c = 0,28$ – вартість однієї $кВт \cdot год$ електроенергії, грн. Час розгону двигуна з використанням впроваджуваного регулятора напруги – $t_p = 60$ с.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Втрати на збудження, ΔP_e , кВт	ККД двигуна, $\eta_{де}$	Кількість агрегатів, n , шт.	Потужність синхронного двигуна, P_n , кВт	Час уведення компресора в роботу, $t_{ев}$, хв	Кількість змін, s	Вартість ТРН, $C_{трн}$, грн	Вартість релейної шафи керування C_p , грн
1	180	0,92	2	1550	10	3	66200	14900
2	190	0,90	3	1600	11	2	66300	14800
3	185	0,93	4	1500	12	3	66100	14750
4	180	0,94	2	1520	13	3	65200	14900
5	190	0,92	2	1450	10	2	66000	14830
6	186	0,90	4	1620	11	2	65400	14500
7	192	0,92	2	1550	11	3	65600	14930
8	186	0,94	3	1600	12	2	66250	15000
9	191	0,92	2	1550	11	3	63200	14800
10	194	0,93	3	1550	12	2	64200	14900

Приклад виконання практичного завдання

Потужність, споживана при неробочому ході одним двигуном компресора:

$$\Delta P_{xx} + \Delta P_d = P_n k_3 \frac{1}{\eta_{де}} + \Delta P_e = 1600 \cdot \frac{0,3}{0,92} + 192 = 713,74 \text{ кВт}. \quad (5.1)$$

Електроенергія, споживана компресорами за добу:

$$P_{\Sigma} = P_H \cdot n \cdot (24 - s \cdot t) + n \cdot s \cdot t \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_g) =$$

$$= 1600 \cdot 7 \cdot (24 - 3) + 7 \cdot 3 \cdot 1 \cdot (521,7 + 192) = 250187,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.2)$$

Вартість споживаної електроенергії за рік до впровадження тиристорного регулятора напруги визначається:

$$C_1 = P_{\Sigma} \cdot t_p \cdot c, \text{ грн}, \quad (5.3)$$

$$C_1 = 250187,7 \cdot 364 \cdot 0,15 = 13660248,4 \text{ грн}.$$

Під час змінної перерви може працювати 1-2 компресора, інші можуть бути зупиненими.

Загальний час розгону одного агрегату складе:

$$t_{\Sigma 1} = t_p + t_{\text{вс}} = 1 + 11 = 12 \text{ хв}. \quad (5.4)$$

Якщо в роботі перебуває 2 компресори, то наступний (третій) уводиться в роботу в 6.12, четвертий – в 6.24, п'ятий – в 6.36, шостий – в 6.48, сьомий – в 7.00. Порядок уведення компресорів зображений на графіку (рис. 6.1):

Час простою всіх двигунів за одну перезміну:

$$t_- = (t_{\Sigma 1} + 2 \cdot t_{\Sigma 1} + 3 \cdot t_{\Sigma 1} + 4 \cdot t_{\Sigma 1} + 5 \cdot t_{\Sigma 1}) = 2 \text{ години}. \quad (5.5)$$

Час не роботи всіх двигунів за добу (при тризмінному режимі роботи):

$$t_{\Sigma -} = 3 \cdot t_- = 3 \cdot 2 = 6 \text{ годин}. \quad (5.6)$$

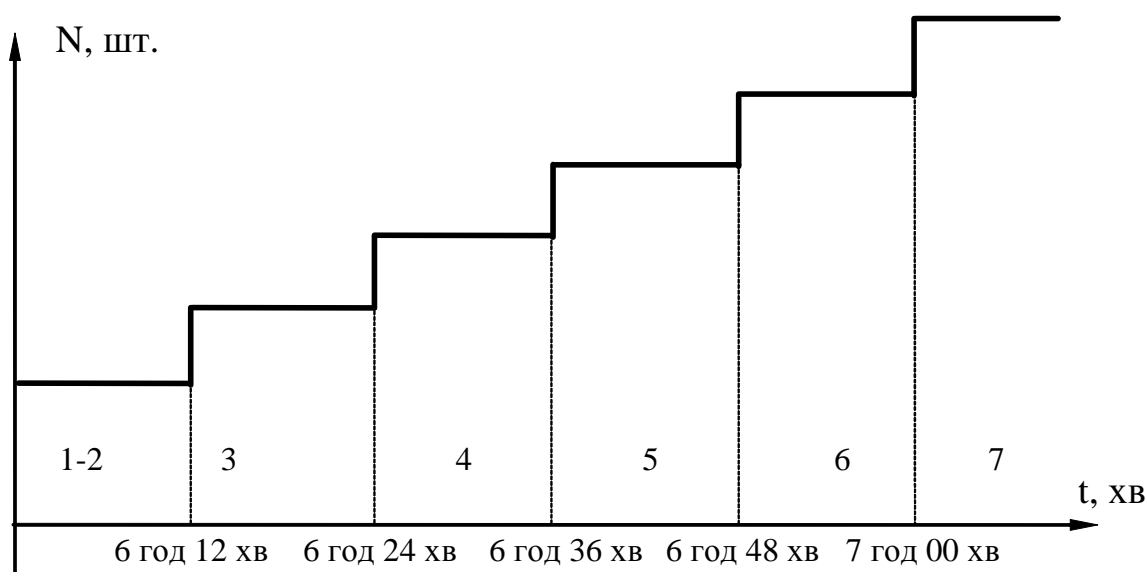


Рисунок 5.1 – Порядок уведення компресорів у роботу

Електроенергія, споживана всіма компресорами за добу, $\text{кВт} \cdot \text{год}$:

$$\begin{aligned}
 W_{\Sigma} &= P_n n (24 - t_{\Sigma-}) + s \sum_1^7 (t - t_{xx}) \cdot (\Delta P_{xx} + P_{\epsilon}) = \\
 &= 1600 \cdot 7 \cdot (24 - 6) + (2 \cdot 713,7 \cdot 1) + (713,7 \cdot (1 - 0,2)) + \\
 &+ (713,7 \cdot (1 - 0,4)) + (713,7 \cdot (1 - 0,6)) + (713,7 \cdot (1 - 0,8)) + \\
 &+ (713,7 \cdot (1 - 1)) = 2445454 \text{ кВт} \cdot \text{год}
 \end{aligned} \tag{5.7}$$

де t_{xx} – час роботи компресора на холостому ходу протягом перерви.

Вартість електроенергії за рік при впровадженні тиристорного регулятора напруги (ТРН):

$$C'_1 = W_{\Sigma} \cdot 364 \cdot 0.15 = 11163236,08 \text{ грн.} \tag{5.8}$$

Вартість комплектуючого устаткування й монтажних робіт для підключення СД визначається в такий спосіб.

Вартість високовольтних вимикачів розраховуємо як:

$$C_k = n_{вим} \cdot c_{вим} = 8 \cdot 27240 = 217920 \text{ грн,} \tag{5.9}$$

де $n_{вим} = 8$ – необхідна кількість високовольтних вимикачів; $c_{вим} = 27240 \text{ грн}$ – вартість одного вимикача.

Вартість ТРН: $C_{трн} = 66240 \text{ грн.}$

Вартість релейної шафи керування: $C_p = 14490 \text{ грн.}$

Вартість кабельної продукції: $C_{каб} = 22045 \text{ грн.}$

Вартість монтажних робіт: $C_{монт} = 7348 \text{ грн.}$

Вартість комплектувального устаткування й монтажних робіт для підключення СД турбокомпресорів:

$$\begin{aligned}
 C_{компл} &= C_{трн} + C_k + C_p + C_{каб} + C_{монт} = \\
 &= 217920 + 14490 + 22045 + 7348 = 328043 \text{ грн.}
 \end{aligned} \tag{5.10}$$

Економія в рік з урахуванням амортизаційних відрахувань (термін служби устаткування 8,5 років):

$$\begin{aligned}
 E &= C_1 - C'_1 - C_{компл} / 8,5 = \\
 &= 13660248 - 11163236 - (66240 + 261803) / 8,5 = 2458419 \text{ грн.}
 \end{aligned} \tag{5.11}$$

Статистичні дані вказують, що 250–300 регламентованих запусків СД

приводять до необхідності середнього, а частіше капітального ремонту СД по зазначених причинах.

Запуск синхронних двигунів від тиристорних регуляторів дозволяє здійснити повністю керований процес, що істотно знижує нагрів обмоток у процесі розгону. Виконані дослідження процесу пуску СД шляхом моделювання на ЕОМ синхронної машини типу СТД і СТМ показують, що перегрів обмоток при керуванні тиристорами не перевищує $110-130^{\circ}\text{C}$, тобто практично вдвічі знижуються екстремальні температури. За таких умов термін служби ізоляції збільшується в 3-4 рази. Це значить, що можна реально збільшити міжремонтний період СД, знизити в 3-4 рази аварійність електричних машин.

Ефективність за рахунок зниження витрат на ремонт компресора може бути отримана в такий спосіб: вартість одного капітального ремонту компресора – 250000 грн; ймовірність виходу з ладу турбокомпресора за рік – 0,3. Вартість ремонту СД – 16000 грн. Імовірність виходу з ладу СД за рік – 0,6. Оплата праці на ремонт компресорного агрегату – 125000 грн.

Тоді витрати на проведення ремонтних робіт складуть:

$$B_p = 250000 \cdot (1 - 0,3) + 125000 + 16000 \cdot (1 - 0,6) = 306400 \text{ грн.}$$

Установка тиристорного регулятора дозволяє збільшити міжремонтний період в 3-4 рази і зменшити витрати на проведення ремонтних робіт:

$$B'_p = 0,25B_p = 76600 \text{ грн.}$$

Ефективність за рахунок зниження витрат на ремонт ТК:

$$E_p = B_p - B'_p = 229800 \text{ грн.}$$

Річна економічна ефективність за рахунок економії електроенергії, ремонтних витрат і матеріалів:

$$E_{\Sigma} = E - B_p = 2458419 - 229800 = 2228619 \text{ грн.}$$

Контрольні питання

1. Виділити основні характеристики компресорної установки.
2. Виділити негативні наслідки пускових режимів компресора.

3. Пояснити метод розрахунку зниження витрат на ремонт компресора.

4. Пояснити за рахунок чого відбувається зниження витрат на ремонт компресора.

5. Пояснити методику розрахунку економічної ефективності пускових систем компресорних установок.

Література: [21], стор.236 – 240.

Практичне завдання №6

Тема. Розрахунок економічної ефективності створення лабораторного стенду

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо розрахунку економічної ефективності створення лабораторного стенду

Короткі теоретичні відомості

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

Лабораторний практикум проводиться в спеціалізованих навчальних лабораторіях. Ефективність даного 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 впровадженням 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 стенду.

Завдання до теми

Провести аналіз й обчислити повну собівартість кінцевого виробу та проаналізувати структуру лабораторного стенда. Визначитися, з яких елементів складається стенд, їх вартість, які витрати при проведенні роботи можуть виникнути. Скласти калькуляцію собівартості готового виробу в промислових умовах. Дані для розрахунку приведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – 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	0,15	30	2,8	0,35	8	7
2	0,20	40	2,6	0,30	9	8
3	0,22	25	2,5	0,32	10	9
4	0,25	28	2,9	0,34	11	10
5	0,10	45	3,0	0,31	12	7
6	0,15	33	2,8	0,36	8	8
7	0,23	50	2,7	0,40	9	10
8	0,25	26	2,6	0,39	10	9
9	0,10	27	2,9	0,41	11	7
10	0,18	42	3,0	0,36	12	8

Приклад виконання практичного завдання

Для того щоб провести аналіз й обчислити повну собівартість кінцевого виробу, необхідно використовувати перелік елементів, які застосовуються при зборці лабораторного стенда наведений у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – 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 ²	80,00	0,2	16,0
Гетинакс	Г111	м ²	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 ²	49,06	0,5	24,53
Трубка ізоляційна	ПВХ	м	4,00	2,0	80
Усього:					232,68

Витрати на покупку комплектуючих наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – 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

Продовження табл. 6.3

7	DD6, DD11	DD7, 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, R30-R34, R5*	R14, R3*- MF-12 1.3 Ом 5%	14	0,055	0,77
15	R6-R13, R23	R15- 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
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	K555ИР8	1	2,75	2,75
8	DD2	K555ЧИ1	1	4,466	4,466
9	DD3	K555ЛЛ1	1	0,7425	0,7425
10	DD4	K555ИД7	1	0,7425	0,7425
11	VD1	KC156A	1	0,9075	0,9075
12	VD2, VD3	KC509Б	2	0,55	1,1

Продовження табл. 6.3

13	VT1	KT503Б	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
А3 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
А4 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
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

Продовження табл. 6.3

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	КC147А	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 блоку 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	R15N104J1НН5	1	0,275	0,275
8	R1	PV36У 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	R15N104J1НН5	2	0,275	0,55
3	C2, C4	ECR 100мкФх25В	2	0,1155	0,231
Блок тиристорного регулятора напруги					
1	31-36	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					

Продовження табл. 6.3

1	VS1-VS8	KY202	6	2,75	16,5
2	31-33	ДО73-17 0,22мкФх630У	3	1,1	3,3
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		Інтерфейс ний 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 наступним чином.

Для виготовлення лабораторного стенда треба 672 години робочого часу. При цьому, для створення стенда необхідна участь наступних працівників відповідної кваліфікації: інженер-електронник (розробка й зборка друкованих плат) – 190 годин, електромонтер 4-го розряду (зборка 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 10 гривень у годину, інженера-електронщика – 15 грн у годину, програміста – 20 грн у годину. Тоді, основна заробітна плата робітників складе:

$$C_{осн} = \sum d_d \cdot t = 190 \cdot 15 + 10 \cdot 272 + 210 \cdot 20 = 5990 \text{ грн},$$

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

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

$$C_{\text{доод}} = 0,15C_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 920,64 = 276,192 \text{ грн.}$$

Загальна заробітна плата складе:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{осн}} + C_{\text{доод}} = 2764,68 + 414,702 = 3179,382 \text{ грн.}$$

Відрахування у фонд соціального страхування становлять 36,3%:

$$O_{\text{сс}} = 0,36C_{\Sigma} = 0,36 \cdot 3179,382 = 1144,57 \text{ грн}$$

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

$$B_{\text{зосн}} = 1,5C_{\Sigma} = 1,5 \cdot 3179,38 = 4769,07 \text{ грн.}$$

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

$$B_i = 0,2C_{\Sigma} = 0,2 \cdot 3179,38 = 635,876 \text{ грн.}$$

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

$$П = B + C_{\Sigma} + O_{\text{сс}} + B_{\text{зосн}} + B_i,$$

$$П = 8970,62 + 3179,38 + 1144,57 + 4769,07 + 635,876 = 18699,516 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості створення технічної документації до лабораторного стенду.

Таблиця 6.4 – 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	2,5грн.
4	Кількість аркушів методичного забезпечення	За варіантом
5	Погодинна оплата учбово-допоміжного персоналу	6 грн.
6	Ціна електроенергії	0,764 грн./кВт
7	Установлена потужність устаткування	За варіантом

Продовження табл. 6.4

8	Погодинна оплата особи відповідального за електронний набір	4,5 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	0,3 грн
13	Установлена потужність спеціалізованого апарата, що копіює	0,5 кВт
14	Кількість копій технічної документації	30 шт

Розглянемо витрати, які виникають при створенні технічної документації відповідно до етапів, які викладені нижче.

1. Створення чорнового варіанта технічної документації:

$$C_u = t_\phi \cdot Z_\phi + C_\phi \cdot K_\phi + C_k \cdot K_k,$$

де C_u – собівартість чорнового варіанта технічної документації, грн.; t_ϕ – час роботи фахівця над чорновим варіантом, рік.; Z_ϕ – погодинна оплата фахівця, грн/год.; C_ϕ – ціна паперу грн/лист; K_ϕ – кількість аркушів, що витрачаються на чорновий варіант, шт.; C_k – середня вартість канцелярських товарів, грн/шт.; K_k – кількість канцелярських товарів, шт.

$$C_u = 20 \cdot 6 + 0,15 \cdot 50 + 2,5 \cdot 4 = 137,5 \text{ грн.}$$

2. Експериментальне підтвердження технічної документації:

$$C_e = t_\phi \cdot Z_\phi + t_{y\phi} \cdot Z_{y\phi} + C_e \cdot K_e,$$

де $t_{y\phi}$ – час роботи учбово-допоміжного персоналу, рік.; $Z_{y\phi}$ – погодинна ставка фахівця учбово-допоміжного персоналу, грн./год.; C_e – вартість електроенергії грн/кВт год; K_e – кількість витраченої електроенергії, кВт.

$$C_e = 20 \cdot 6 + 20 \cdot 4 + 0,764 \cdot 2,8 \cdot 20 = 242,78 \text{ грн.}$$

Варто відзначити, що при проведенні експериментів не враховувалися амортизаційні відрахування на відновлення устаткування.

3. Набір електронного варіанта технічної документації:

$$C_{наб} = t_{наб} \cdot Z_{наб} + C_e \cdot K_e,$$

де $t_{наб}$ – час роботи оператора ЕОМ, год; $Z_{наб}$ – погодинна ставка оператора ЕОМ, грн; C_e , K_e – ціна й кількість електроенергії, що споживає ЕОМ, грн/кВт год.

$$C_{наб} = 20 \cdot 6 + 0,764 \cdot 0,5 \cdot 20 = 127,64 \text{ грн.}$$

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

4. Виправлення електронного варіанта технічної документації:

$$C_v = t_{наб} \cdot Z_{наб} + C_e \cdot K_e.$$

$$C_v = 5 \cdot 4,5 + 0,764 \cdot 0,5 \cdot 5 = 24,41 \text{ грн.}$$

5. Друк кінцевого варіанта технічної документації:

$$C_{кв} = t_d \cdot Z_{наб} + C_e \cdot K_e + C_b \cdot K_b + C_n \cdot K_n,$$

$$C_{кв} = 0,2 \cdot 4,5 + 0,764 \cdot 0,5 \cdot 0,2 + 0,15 \cdot 28 + 0,25 \cdot 30 = 12,68 \text{ грн.}$$

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.

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

$$C_{коп} = 3 \cdot 4,5 + 0,764 \cdot 0,5 \cdot 3 + 0,20 \cdot 840 = 182,65 \text{ грн.}$$

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

$$C_{тд} = C_u + C_e + C_{наб} + C_v + C_{кв},$$

$$C_{тд} = 137,5 + 242,78 + 97,64 + 24,41 + 12,68 = 515,01 \text{ грн.}$$

8. Вартість загальної кількості технічної документації враховує собівартість копіювання:

$$C_{заг} = C_{тд} + C_{коп},$$

$$C_{заг} = 515,01 + 182,65 = 697,66 \text{ грн.}$$

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

Контрольні питання

1. Пояснити призначення лабораторного стенду в навчальному закладі.
2. Пояснити ефективність використання стенду в процесі навчання.
3. В чому полягає сутність методичної документації щодо використання стенду.
4. Назвати витрати, які виникають при створенні технічної документації стенда.
5. В чому полягає розрахунок економічної ефективності щодо створення лабораторного стенду?

Література: [19], стор. 123 – 126.

Практичне заняття №7

Тема. Визначення витрат на створення програмного продукту (сайту)

Мета роботи: Набуття навичок та вмінь щодо визначення витрат на створення програмного продукту

Короткі теоретичні відомості

Однією з найважливіших складових даної групи активів є програмне забезпечення. Відмітимо стрімке зростання ролі даного об'єкту у виробництві протягом останніх років, оскільки компанії постійно здійснюють значні витрати у його розробку, удосконалення, тестування та впровадження у виробництво. Але, незважаючи на це, затверджених на законодавчому рівні детальних рекомендацій щодо порядку обліку таких витрат та умов їх капіталізації не визначено. Тому доцільним вважаємо застосування у даному випадку міжнародного досвіду, викладеного у таких нормативних документах, як SOP (Statement of position) № 98-1 «Облік витрат на програмне забезпечення для комп'ютерів, розроблене або придбане для внутрішнього використання» та SFAS (Statement of financial accounting standard) №86 «Облік затрат на

програмне забезпечення для комп'ютерів, що підлягають продажу, оренді або іншій формі реалізації».

Витрати, пов'язані із створенням веб-сайту, умовно поділені за кількома складовими:

- планування;
- розробка застосування та інфраструктури;
- розробка графічного дизайну;
- розробка змісту.

Після власне розробки сайту починається операційна стадія. Витрати цієї стадії повинні списуватися до витрат звітного періоду.

Витрати на першій стадії (техніко-економічні обґрунтування, визначення специфікацій обладнання і програмного забезпечення, оцінка альтернативних продуктів і постачальників) повинні бути віднесені до витрат в тому періоді, в якому були списані.

Капіталізувати можна лише ті витрати, які відносяться до стадій розробки. Щоб капіталізувати в балансі витрати на створення сайту, підприємство повинно переконливо продемонструвати виконання всіх критеріїв визнання НМА. При цьому особлива увага приділяється критерію отримання майбутніх економічних вигід.

7.1 Визначення витрат на створення програмного продукту (сайту)

Витрати на створення програмного продукту складаються з витрат по оплаті праці розробника програми і витрат по оплаті машинного часу при налаштуванні програми:

$$Z_{cnn} = Z^{zn}_{cnn} + Z^{mch}_{cnn} + Z_{zag} + Z_{no}, \quad (7.1)$$

де Z_{cnn} – затрати на створення програмного продукту; Z^{zn}_{cnn} – затрати на оплату праці розробника продукту; Z^{mch}_{cnn} – затрати на оплату машинного часу; Z_{zag} – загальні витрати; Z_n – витрати на оплату праці перекладача.

1) Витрати на оплату праці розробника програми визначаються шляхом множення працємісткості створення програмного продукту на середню годинну

оплату праці програміста (з урахуванням коефіцієнта відрахувань на соціальні потреби):

$$Z_{cnn}^{3n} = t \cdot T_{cod}. \quad (7.2)$$

Працемісткість розробки програмного продукту можна визначити таким чином:

$$t = t_o + t_a + t_{\delta} + t_n + t_{\partial} + t_{нал}, \quad (7.3)$$

де t_o – витрати праці на підготовку опису завдання; t_a – на розробку алгоритму рішення задачі; t_{δ} – на розробку блок-схеми алгоритму рішення задачі; t_n – на складання програми по готовій блок-схемі; t_{∂} – на підготовку документації завдання; $t_{нал}$ – на налагодження програми на ЕОМ.

$$t_{\delta} = Q \cdot B / (75 \dots 85 \cdot K), \quad (7.4)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці унаслідок недостатнього опису завдання, уточнень і деякого не доопрацювання, $B = 1,2 \dots 5$; K – коефіцієнт кваліфікації розробника, для тих, що працюють до 2 років $K = 0,8$.

У зв'язку з тим, що при вивченні опису даного завдання було потрібно багато уточнень і доопрацювань в описі коефіцієнт B приймаємо рівним 4.

Витрати праці на розробку алгоритму рішення задачі t_a , люд-год:

$$t_a = Q / (60 \dots 75 \cdot K). \quad (7.5)$$

Витрати праці на розробку блок-схеми алгоритму рішення задачі t_{δ} , люд-год:

$$t_{\delta} = Q / (60 \dots 75 \cdot K). \quad (7.6)$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі t_n , люд-год:

$$t_n = Q / (60 \dots 75 \cdot K). \quad (7.7)$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ при комплексному налагодженню завдання:

$$t_{нал} = 1.5 \cdot t_{нал}^A, \quad (7.8)$$

де $t_{нал}^A$ – витрати праці на налагодження програми на ЕОМ при автономному налагодженні одного завдання:

$$t_{нал}^A = Q / (40 \dots 50 \cdot K). \quad (7.9)$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються:

$$t_{\partial} = t_{\partial p} + t_{\partial o}, \quad (7.10)$$

де $t_{\partial p}$ – витрати праці на підготовку матеріалів в рукописі:

$$t_{\partial p} = Q/(150...200 \cdot K), \quad (7.11)$$

де $t_{\partial o}$ – витрати на редагування, друк і оформлення документації:

$$t_{\partial o} = 0.75 \cdot t_{\partial p}. \quad (7.12)$$

Разом відрахування на соціальні потреби складають 39,2%. Звідси витрати на оплату праці програміста складають (грн):

$$Z_{cnn}^{\partial} = t \cdot T_{\partial o d} \cdot B_c, \quad (7.13)$$

де B_c – відрахування на соціальні потреби.

Середня заробітна плата програміста в сучасних ринкових умовах може варіюватися в широкому діапазоні. Для розрахунку візьмемо середню годинну оплату праці, яка складає $T_{\partial o d} = 12$ грн./година, що складає 1920 грн./міс при 8-ми годинному робочому дні і 5-ти денному робочому тижні.

Витрати на оплату праці програміста складаються із зарплати програміста і відрахувань на соціальні потреби. Відрахування на соціальні потреби включають:

- державне соціальне страхування з тимчасовою втратою працездатності;
- відрахування до пенсійного фонду;
- державне соціальне страхування на випадок безробіття;
- державне страхування від нещасних випадків.

Витрати на оплату машинного часу при налагодженні програми визначаються шляхом множення фактичного часу налагодження програми на ціну машина-година орендного часу:

$$Z_{cnn}^{m\partial} = C_{\partial o d} \cdot t_{EOM}, \quad (7.14)$$

де $C_{\partial o d}$ – ціна машино-години орендного часу, грн/год; t_{EOM} – фактичний час налагодження програми на ЕОМ.

Фактичний час налагодження обчислюється за формулою:

$$t_{EOM} = t_n + t_{\partial o} + t_{\partial}, \quad (7.15)$$

де t_n – час на створення програми за розробленою блок-схемою; $t_{до}$ – витрати на редагування, друк і оформлення документації; $t_{д}$ – час на підготовку документації.

Ціну машино-години знайдемо за формулою:

$$C_{год} = \frac{Z_{eom}}{T_{eom}}, \quad (7.16)$$

де Z_{eom} – повні витрати на експлуатацію ЕОМ протягом року; T_{eom} – дійсний річний фонд часу ЕОМ, год/рік.

Загальна кількість днів в році – 365, число святкових і вихідних днів – 119.

Час простою в профілактичних роботах визначається як щотижнева профілактика по 4 години.

Разом річний фонд робочого часу ЕОМ складає:

$$T_{EOM} = (D_p - D_{вс}) \cdot t_{рd} - 1.5 t_n, \quad (7.17)$$

де D_p – загальна кількість днів на рік; $D_{вс}$ – загальна кількість вихідних і святкових днів; $t_{рd}$ – тривалість робочого дня; t_n – час простою в профілактичних роботах.

Повні витрати на експлуатацію ЕОМ можна визначити за формулою:

$$Z_{EOM} = Z_{зн} + Z_{ам} + Z_{ел} + Z_{вм} + Z_{пр} + Z_{ів}, \quad (7.18)$$

де $Z_{зн}$ – річні витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн./рік; $Z_{ам}$ – річні витрати на амортизацію, грн./рік; $Z_{ел}$ – річні витрати на електроенергію, споживану ЕОМ, грн./рік; $Z_{вм}$ – річні витрати на допоміжні матеріали, грн./рік; $Z_{пр}$ – витрати на поточний ремонт комп'ютера, грн./рік; $Z_{ів}$ – інші річні витрати та накладні витрати, грн./рік.

Сума річних амортизаційних відрахувань визначається за формулою:

$$Z_{ам} = C_{бал} \cdot H_{ам}, \quad (7.19)$$

де $C_{бал}$ – балансова вартість комп'ютера, грн./шт; $H_{ам}$ – норма амортизації % ($H_{ам} = 25\%$).

Балансова вартість ЕОМ включає відпускну ціну, витрати на транспортування, монтаж устаткування і його наладку:

$$C_{\text{бал}} = C_{\text{рин}} + Z_{\text{уст}}, \quad (7.20)$$

де $C_{\text{рин}}$ – ринкова вартість комп'ютера, грн./шт.; $Z_{\text{уст}}$ – витрати на доставку і установку комп'ютера, грн./шт.

Витрати на установку і наладку склали приблизно 10% від вартості комп'ютера, грн.:

$$Z_{\text{уст}} = 10\% \cdot C_{\text{рин}}. \quad (7.21)$$

Вартість електроенергії, споживаної за рік, визначається за формулою:

$$Z_{\text{ел}} = P_{\text{еом}} \cdot T_{\text{еом}} \cdot C_{\text{ел}} \cdot A, \quad (7.22)$$

де $P_{\text{еом}}$ – сумарна потужність ЕОМ; $C_{\text{ел}}=0,71$ грн – вартість 1кВт·год електроенергії; A – коефіцієнт інтенсивного використання потужності машини.

Витрати на поточний і профілактичний ремонт приймаються рівними 5% від вартості ЕОМ:

$$Z_{\text{пр}} = 0,05 \cdot C_{\text{бал}}. \quad (7.23)$$

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу складаються з основної заробітної плати, додаткової і відрахувань на заробітну плату:

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{зн}}^{\text{осн}} + Z_{\text{зн}}^{\text{дод}} + Z_{\text{зн}}^{\text{відр}}. \quad (7.24)$$

Сума основної заробітної плати визначається виходячи із загальної чисельності тих, що працюють в штаті:

$$Z_{\text{зн}}^{\text{осн}} = 12 \cdot \sum Z_{\text{окл}}^i, \quad (7.25)$$

де $Z_{\text{окл}}^i$ – тарифна ставка і-го працівника в місяць, грн. У штат обслуговуючого персоналу повинні входити інженер-програміст і оператор.

Завдання до теми

Розрахувати витрати на створення Web-сайту. Дані для розрахунку наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Початкові дані для розрахунку

Варіант	Сер. годинна оплата програміста, $T_{год}, год$	Ціна комп'ютера, $C_{ринь}, грн$	Сумарна потужність ЕОМ, $P_{еом}, к Вт$	Умовне число операторів, $Q, люд-год$	ЗП інженера-програміста, $грн/міс$	ЗП оператора, $грн/міс$
1	12	5132	0,24	2800	1500	1200
2	11	6125	0,45	3100	1600	1100
3	13	4256	0,35	2200	1800	1300
4	15	5246	0,4	3500	1700	1400
5	18	4325	0,35	3800	2000	1500
6	19	3951	0,3	2900	1700	1300
7	17	3682	0,24	1800	1500	1100
8	12	4562	0,35	4000	1600	1200
9	11	2358	0,24	3700	1800	1400
10	16	3568	0,3	2400	1900	1600

Приклад виконання практичного завдання

Складові витрат, можна обчислити через умовне число операторів Q . У нашому випадку число операторів у налагодженій програмі $Q = 2800$.

Оцінити витрати праці на підготовку опису завдання неможливо, оскільки це пов'язано з творчим характером роботи, замість цього оцінюються витрати праці на вивчення опису завдання з урахуванням уточнення опису і кваліфікації програміста.

Таким чином, отримаємо:

$$t_e = 2800 \cdot 4 / (80 \cdot 0,8) = 175 \text{ (люд-год)}.$$

Витрати праці на розробку алгоритму рішення задачі t_a , люд-год:

$$t_a = 2800 / (68 \cdot 0,8) = 51,47 \text{ (люд-год)}.$$

Витрати праці на розробку блок-схеми алгоритму рішення задачі t_b , люд-год:

$$t_b = 2800 / (68 \cdot 0,8) = 51,47 \text{ (люд-год)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі t_n , люд-год:

$$t_n = 2800 / (68 \cdot 0,8) = 51,47 \text{ (люд-год)}.$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ при комплексному налагодженню завдання:

$$t_{нал} = 1,5 \cdot t_{нал}^A,$$

де $t_{нал}^A$ – витрати праці на налагодження програми на ЕОМ при автономному налагодженні одного завдання:

$$t_{нал}^A = 2800 / (45 \cdot 0,8) = 77,77 \text{ (люд-год)}.$$

Звідси:

$$t_{нал} = 1,5 \cdot 77,77 = 116,65 \text{ (люд-год)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються:

$$t_{др} = 2800 / (180 \cdot 0,8) = 19,44 \text{ (люд-год)},$$

$t_{до}$ – витрати на редагування, друк і оформлення документації:

$$t_{до} = 0,75 \cdot 19,44 = 14,58 \text{ (люд-год)}.$$

Тоді визначаються витрати на підготовку документації:

$$t_{д} = 19,44 + 14,58 = 34,02 \text{ (люд-год)}.$$

Отже, загальну працемісткість програмного продукту можемо розрахувати за формулою (7.3):

$$t = 175 + 51,47 + 51,47 + 51,47 + 116,65 + 34,02 = 480,08 \text{ люд-год}.$$

Звідси витрати на оплату праці програміста складають:

$$Z_{снп}^{зн} = 480,08 \cdot 12 \cdot 0,392 = 2258,29 \text{ (грн)}.$$

Витрати на оплату машинного часу при налагодженні програми визначаються шляхом множення фактичного часу налагодження програми на ціну машина-година орендного часу:

$$t_{еом} = 51,47 + 14,58 + 34,02 = 100,07 \text{ (год)}.$$

Разом річний фонд робочого часу ЕОМ складає:

$$T_{еом} = (365 - 119) \cdot 8 - 4 \cdot 1,5 = 1962 \text{ (год)}.$$

Комп'ютер, на якому велася робота, був придбаний за ціною $C_{рин} = 5132$ грн., витрати на установку і наладку склали приблизно 10% від вартості комп'ютера, грн.:

$$Z_{уст} = 0,1 \cdot 5132 = 513,2 \text{ (грн.)}$$

Отже балансова вартість ЕОМ складе:

$$C_{бал} = 5132 + 513,2 = 5645,2 \text{ (грн./шт.)}$$

Сума річних амортизаційних відрахувань буде:

$$Z_{ам} = 5645,2 \cdot 0,25 = 1411,3 \text{ (грн./год.)}$$

Тоді розрахункове значення витрат на електроенергію:

$$Z_{эл} = 0,24 \cdot 1962 \cdot 0,71 \cdot 0,98 = 327,63 \text{ (грн.)}$$

Витрати на поточний і профілактичний ремонт приймаються рівними 5% від вартості ЕОМ:

$$Z_{пр} = 0,05 \cdot 5645,2 = 282,26 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали, необхідні для забезпечення нормальної роботи ЕОМ складають близько 1% від вартості ЕОМ:

$$Z_{ом} = 0,01 \cdot 5645,2 = 56,45 \text{ грн.}$$

Інші непрямі витрати, пов'язані з експлуатацією ЕОМ, складаються з амортизаційних відрахувань на будівлі, вартості послуг сторонніх організацій і складають 5% від вартості ЕОМ:

$$Z_{ін} = 0,05 \cdot 5645,2 = 282,26 \text{ грн.}$$

У штат обслуговуючого персоналу повинні входити інженер-програміст з місячним окладом 1500 грн. і оператор з окладом 1200 грн. Тоді, враховуючи, що даний персонал обслуговує 25 машин, маємо витрати на основну заробітну плату обслуговуючого персоналу:

$$Z_{осн}^{зн} = 12 (1500 + 1200)/25 = 1296 \text{ грн.}$$

Сума додаткової заробітної плати складає 20÷30% від основної заробітної плати:

$$Z_{дод}^{зн} = 0,25 \cdot 1296 = 324 \text{ грн.}$$

Сума відрахувань на соціальні потреби складає 39,2% від суми додаткової і основної заробітних плат:

$$Z_{відр}^{зн} = 0,392 (1296 + 324) = 635,04 \text{ грн.}$$

Тоді річні витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу згідно формули (8.24) складуть:

$$Z_{zn} = 1296 + 324 + 635,04 = 2255,04 \text{ грн.}$$

Повні витрати на експлуатацію ЕОМ протягом року складуть:

$$Z_{eom} = 2255,04 + 1411,3 + 327,63 + 282,26 + 282,26 + 56,45 = 4614,94 \text{ грн.}$$

Тоді ціна машино-години, що орендується буде:

$$C_{zod} = 4614,94 / 1962 = 2,35 \text{ грн.}$$

А витрати на оплату машинного часу складуть:

$$Z^{MЧ}_{cnn} = 2,35 \cdot 100,07 = 235,16 \text{ грн.}$$

3) Витрати на послуги перекладача

На послуги перекладача ціна змінюється в залежності від кваліфікації робітника і складності заказу. У даному випадку були використані послуги перекладача, який перекладав текст з української мови на англійську. Вартість 1 сторінки перекладу, яка складається із 1800 знаків з пробілами і розділовими знаками коштує 50 гривень. Вартість перекладу включає комп'ютерний набір, друк на папері і надання електронної копії.

В результаті було перекладено 45 сторінок. Отже загальна сума вартості перекладу складається з добутку кількості перекладених сторінок на вартість однієї сторінки:

$$Z_n = 45 \cdot 50 = 2250 \text{ грн.}$$

4) Загальні витрати – це витрати на освітлення, опалювання, комунальні послуги і тому подібне. Вони приймаються рівними одній третині основної зарплати розробника програми тобто 752,76 грн.

Тоді витрати на створення програмного продукту складуть:

$$Z_{cnn} = 2258,29 + 235,16 + 2250 + 752,76 = 5496,21 \text{ грн.}$$

Витрати на створення даного програмного продукту склали 5496,21 грн. Проте, дві третини витрат складають витрати на оплату праці програміста. Понизити ці витрати можна шляхом підвищення ефективності праці програміста за рахунок використання сучасніших ЕОМ для роботи, підвищення зручності робочого місця і інших чинників. Також при дбайливішому і акуратнішому відношенні до комп'ютерної техніки можливо понизити витрати

на ремонт, а так само зменшити залучення додаткового персоналу на обслуговування комп'ютерів.

Контрольні питання

1. Назвати складові витрат на програмний продукт (сайт).
2. Пояснити призначення сайту.
3. Що таке тарифна система оплати праці?
4. З чого складаються відрахування на соціальні потреби?
5. Що входить до розрахунку витрат на оплату праці?

Література: [10], стор. 103 – 126.

Практичне заняття №8

Тема. Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електроприводу верстату з числовим програмним керуванням

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо техніко – економічного обґрунтування застосування регульованого електроприводу

Короткі теоретичні відомості

Модернізація токарського верстата із ЧПК 16A20 полягає в тому, що буде повністю замінений застарілий електропривод «Розмір 2М-5-21» на сучасні високопродуктивні частотно-регульовані привода з векторним управлінням фірми Lenze. Заміна системи приводів верстата викликана необхідністю підвищення точності, продуктивності, забезпечення більш якісної обробки деталі, надійності й економічності.

При технологічній підготовці виробництва одним з важливих моментів, що забезпечують надійність роботи верстата, є випробування його в штучно створених умовах, близьких до умов експлуатації.

Застосування нових приводів для керування двигунами токарського верстата моделі 16A20 дає ряд переваг:

– верстат дозволяє оперативно перенастроюватися на різні режими робіт;

– новий привод дозволить створити ряд програмних блокувань і захистів, а також стежити за параметрами датчиків і системою верстата в цілому, попереджаючи аварійні ситуації і блокуючи роботу приводів у випадку виникнення неполадок;

– продуктивність верстата 16A20 значно зросла, що пояснюється зняттям з людини функцій керування процесом;

– наслідком підвищення продуктивності є зниження собівартості одиниці виробу.

Проектований електропривод у порівнянні з базовим варіантом має наступні переваги:

– встановлений асинхронний комплектний електропривод «Розмір 2М-5-21» застарів і не задовольняє умовам точності й швидкодії, крім того, давно знятий з виробництва;

– сучасні приводи з векторним управлінням фірми Lenze серії 8200 Vector і 8400 Vector оптимально підходять для керування й повністю задовольняють критеріям точності й швидкодії;

– можливе зменшення розряду виконуваних робіт;

– зменшення витрат часу на здійснення основної операції на 0,03 г;

– зниження витрати на ремонт, експлуатацію й обслуговування устаткування, яке використовується, з 205 до 167 нормогодин (на 29%);

– зменшення часу на здійснення операції дозволить робітникам одержувати преміальні надбавки (до 25%);

– вартість нового придбаного обладнання збільшиться, однак буде окуплена до встановленого нормативного строку.

Завдання до теми

Розрахувати економію витрат від модернізації електропривода верстата. Вихідні дані для економічних розрахунків наведені в табл. 8.1, 8.2.

Таблиця 8.1 - Вихідні дані

№ пор.	Найменування даних	Варіант									
		1		2		3		4		5	
		Б	Н	Б	Н	Б	Н	Б	Н	Б	Н
1	Число оброблених на верстаті деталей, A_z , шт.	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , чол.-г.	2	1.97	1,8	1.7	2	1,98	1,9	1,7	2	1,8
3	Вартість устаткування електропривода, K , грн.	72302	70803	72300	70800	72300	70800	73000	72800	72001	71008
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , грн.	2505	2250	2566	2350	2555	2100	2605	2305	2100	2000
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	20	20	19	19	18	18	20	20	19	19
6	Кількість поточних ремонтів за рік	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6
7	Ціна одиниці продукції, C_i , грн.	16000	17000	15000	16000	16200	17000	16300	17000	16380	17000

Б – базовий варіант

Н – новий варіант

Продовження табл. 8.1

№ пор.	Найменування даних	Варіант									
		6		7		8		9		10	
		Б	Н	Б	Н	Б	Н	Б	Н	Б	Н
1	Число оброблених на верстаті деталей, A_z , шт.	3001	3002	3002	3003	3000	3002	2999	3002	3000	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , чол.-г.	2	1.97	1,8	1.7	2	1,98	1,9	1,7	2	1,8
3	Вартість устаткування електропривода, K , грн.	71302	70803	72400	70820	72320	70700	73200	72600	72000	71066
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , грн.	2500	2240	2546	2360	2545	2110	2600	2300	2102	1899
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	19	19	19	19	18	18	20	20	19	19
6	Кількість поточних ремонтів за рік	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6
7	Ціна одиниці продукції, C_i , грн.	16200	17200	15500	16600	16300	17400	16400	17200	16390	17200

Приклад виконання практичного завдання

Розрахуємо зміну витрат від модернізації електропривода верстата.

Модернізація електропривода верстата дозволяє скоротити витрати часу на випуск річної програми валів. Для розрахунків використаємо дані табл. 8.1 – 8.2.

Таблиця 8.2 – Вихідні дані економічних розрахунків

Найменування даних	Базовий варіант	Новий варіант
Годинна тарифна ставка верстатника, $C_{год}$, грн.	12	9,5
Годинна тарифна ставка ремонтника, $C_{год.рем}$, грн.	8	8
Коефіцієнт корисної дії, η , %	85	95
Коефіцієнт використання устаткування за часом, $K_{в.у.}$	0,8	0,8
Працемісткість ремонтних робіт кожного з видів устаткування, T_i , чол.-г.		
- перетворювач	20	15
- трансформатор	15	10
- кабельна мережа	10	7
- блок введення	6	5
- блок вентилятора	4	3
Кількість за рік середніх ремонтів	2	
Кількість за рік капітальних ремонтів	1	
Маса кожного типу устаткування:		
- електродвигунів, кг	155	140
- перетворювача	370	270
Коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату, K_δ	1,3	
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соцстрах, $K_{страх.}$	1,375	
Коефіцієнт, що враховує преміальну доплату, $K_{прем}$	-	1,25
Коефіцієнт, що враховує амортизаційні відрахування, K_a	8,7	
Коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт, $K_{рем}$	0,45	0,35
Вартість 1 кВт електроенергії, S_e , грн.	0,71	

Витрати часу на випуск річної програми по базовому варіанту:

$$T_{\text{баз}} = A_{\text{г.баз}} \cdot t_{\text{баз}}, \quad (8.1)$$

$$T_{\text{баз}} = 3000 \cdot 2 = 6000 \text{ люд.год.}$$

За новим варіантом:

$$T_{\text{нов}} = A_{\text{г.нов}} \cdot t_{\text{нов}}, \quad (8.2)$$

$$T_{\text{нов}} = 3000 \cdot 1,97 = 5910 \text{ люд.год.}$$

Унаслідок підвищення якості різання економія за часом складе:

$$E_{\text{ч}} = T_{\text{баз}} - T_{\text{нов}}, \quad (8.3)$$

$$E_{\text{ч}} = 6000 - 5910 = 90 \text{ люд.год.}$$

Розрахуємо зміну витрат у вартісному вираженні. Має місце зміна витрат на зарплату.

У базовому варіанту витрати на зарплату верстатникам склали:

$$З_{\text{баз}} = T_{\text{баз}} \cdot C_{\text{час.баз}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{страх}}, \quad (8.4)$$

$$З_{\text{баз}} = 6000 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,375 = 128700 \text{ грн.}$$

У новому варіанті

$$З_{\text{нов}} = T_{\text{нов}} \cdot C_{\text{час.нов}} \cdot K_{\text{д.нов}} \cdot K_{\text{страх.нов}} \cdot K_{\text{прем.нов}}, \quad (8.5)$$

$$З_{\text{нов}} = 5910 \cdot 9,5 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1,25 = 125400 \text{ грн.}$$

Економія по зарплаті верстатників буде дорівнювати:

$$E_{\text{зар}} = З_{\text{баз}} - З_{\text{нов}}, \quad (8.6)$$

$$E_{\text{зар}} = 128700 - 125400 = 3300 \text{ грн.}$$

У базовому варіанті витрати на зарплату ремонтників:

$$З_{\text{баз.рем}} = 205 \cdot 8 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1,55 = 4544 \text{ грн.}$$

У новому варіанті:

$$З_{\text{нов.рем}} = 167 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,375 \cdot 1,15 \cdot 1,25 = 3037 \text{ грн.}$$

Якщо врахувати, що у зв'язку з модернізацією кількість поточних ремонтів може бути зменшено, економія по зарплаті ремонтників складе:

$$E_{\text{зар.рем}} = З_{\text{баз.рем}} - З_{\text{нов.рем}},$$

$$E_{зар.рем} = 4544 - 3037 = 1507 \text{ грн.}$$

Витрати на установку, ремонт і обслуговування устаткування системи електропривода у базовому варіанті:

$$P_{баз} = K_{о.баз} + K_{о.баз} \cdot K_{а.баз} + K_{о.баз} \cdot K_{б.рем}, \quad (8.7)$$

$$P_{баз} = 72300 + 72300 \cdot 0,087 + 72300 \cdot 0,45 = 111125,1 \text{ грн.}$$

У новому варіанті:

$$P_{нов} = K_{о.нов} + K_{о.нов} \cdot K_{а.нов} + K_{о.нов} \cdot K_{б.рем}, \quad (8.8)$$

$$P_{нов} = 70800 + 70800 \cdot 0,087 + 70800 \cdot 0,45 = 108819,6 \text{ грн.}$$

Економія по витратах на ремонт, установку й обслуговування устаткування:

$$E_{рем} = P_{баз} - P_{нов}, \quad (8.9)$$

$$E_{рем} = 111125,1 - 108819,6 = 2305,5 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат у вартісному вираженні складе:

$$E_{річ} = 37800 \text{ грн.}$$

Розрахуємо приватні показники, що характеризують доцільність здійснення модернізації верстата.

У базовому варіанті:

Фондовіддача:

$$f_{о}^{баз} = A_{з}^{баз} / K_{о}^{баз}, \quad (8.10)$$

$$f_{о}^{баз} = 3000 / 72300 = 0,0415 \text{ шт. / грн.}$$

Фондоємність:

$$f_{е}^{баз} = K_{о}^{баз} / A_{з}^{баз}, \quad (8.11)$$

$$f_{е}^{баз} = 72300 / 3000 = 24,1 \text{ грн / шт.}$$

Працемісткість:

$$T_{чел.ч}^{баз} = T^{баз} / K_{в.н}, \quad (8.12)$$

$$T_{чел.ч}^{баз} = 6000 / 1 = 6000 \text{ люд.год.}$$

У новому варіанті:

Фондовіддача:

$$f^{нов}_o = A^{нов}_z / K^{нов}_o, \quad (8.13)$$

$$f^{нов}_o = 3000 / 70800 = 0,0423 \text{ шт.} / \text{ грн.}$$

Фондоємність:

$$f^{нов}_e = K^{нов}_o / A^{нов}_z, \quad (8.14)$$

$$f^{нов}_e = 70800 / 3000 = 23,6 \text{ грн} / \text{ шт.}$$

Працевісткість:

$$T^{нов}_{чол.г} = T^{нов} / K_{в.н}, \quad (8.15)$$

$$T^{нов}_{чол.г} = 5910 / 1,15 = 5139 \text{ люд.год.}$$

Індекс фондovіддачі й фондоємності відповідно буде дорівнювати:

$$I_{\phi o} = f^{нов}_o / f^{баз}_o, \quad (8.16)$$

$$I_{\phi o} = 0,0423 / 0,0415 = 1,02, \text{ (збільшення на 2\%).}$$

$$I_{\phi e} = f^{нов}_e / f^{баз}_e, \quad (8.17)$$

$$I_{\phi e} = 23,6 / 24,1 = 0,97, \text{ (зниження на 3\%).}$$

Із проведених розрахунків варто зробити висновок, що показники доцільності здійснення модернізації мають тенденцію до поліпшення: збільшення фондovіддачі на 2 % і зниження фондоємності на 3%. Це свідчить про те, що верстат буде функціонувати ефективніше.

Розрахуємо капітальні витрати на електроустаткування базового варіанта.

До основного устаткування відносять двигуни потужністю 11 кВт, і два по 4 кВт і електропривод асинхронний глибокорегульований комплектний «Розмір 2М-5-21». Загальна ціна електроустаткування – $C_{об} = 72300$. Тоді витрати на будівельно-монтажні роботи електроустаткування складуть:

$$S_{смп} = C_{об} \cdot 0,1, \quad (8.18)$$

$$S_{смп} = 72300 \cdot 0,1 = 7230 \text{ (грн).}$$

Заробітна платня будівельно-монтажних робітників:

$$З_{смп} = 0,5 \cdot (0,1 C_{об}), \quad (8.19)$$

$$З_{смп} = 0,5 \cdot (0,1 \cdot 72300) = 3615 \text{ грн.}$$

Разом по устаткуванню маємо:

$$S_{об} = Ц_{об} + S_{смп}, \quad (8.20)$$

$$S_{об} = 72300 + 7230 = 79530 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати по доставці устаткування:

$$S_{мп} = 0,04 Ц_{об} \cdot , \quad (8.21)$$

$$S_{мп} = 0,04 \cdot 72300 = 2892 \text{ грн.}$$

Заготівельно-складські витрати:

$$S_{зс} = Ц_{об} \cdot 0,012 = 72300 \cdot 0,012 = 867 \text{ грн.} \quad (8.22)$$

Разом загальна сума капітальних витрат по базовому варіанту:

$$K_{баз} = S_{об} + S_{мп} + S_{зс}, \quad (8.23)$$

$$K_{баз} = 79530 + 2892 + 867 = 83289 \text{ грн.}$$

Розрахуємо капітальні витрати на електроустаткування нового варіанта, до якого відносять двигун потужністю 11 кВт і два двигуна по 4 кВт, частотно-регульований привод 8200 Vector і 2 приводи подач 8400 Stateline, мережевий дросель ELN3-0055H055, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі й енкадер Autonics E40S-6-300-3-5-2с.

Загальна сума електроустаткування $Ц_{об} = 70800$ грн.

Витрати на будівельно-монтажні роботи складуть 10 % від загальної суми:

$$S_{смп} = 0,1 Ц_{об},$$

$$S_{смп} = 0,1 \cdot 70800 = 7080 \text{ грн.}$$

Зарплата будівельно-монтажних робітників:

$$З_{смп} = 0,5 \cdot S_{смп},$$

$$З_{смп} = 0,5 \cdot 7080 = 3040 \text{ грн.}$$

Разом по устаткуванню маємо:

$$S_{об} = Ц_{об} + S_{смп},$$

$$S_{об} = 70800 + 7080 = 77880 \text{ (грн.)}$$

Транспортні витрати по доставці устаткування:

$$S_{тр} = 0,04C_{об},$$

$$S_{тр} = 0,04 \cdot 70800 = 2832 \text{ грн.}$$

Заготівельно-складські витрати:

$$S_{зс} = C_{об} \cdot 0,012 = 70800 \cdot 0,012 = 849 \text{ грн.}$$

Разом загальна сума капітальних витрат за новим варіантом:

$$K_{баз} = S_{об} + S_{тр} + S_{зс},$$

$$K_{баз} = 77880 + 2832 + 849 = 81561 \text{ грн.}$$

Розходження в сумах капітальних вкладень пояснюється різницею у вартості устаткування. Щоб не ускладнювати розрахунки, продуктивність верстата для обох варіантів узятя однакова.

Експлуатаційні витрати при застосуванні тієї або іншої системи електропривода визначаються технологічною собівартістю, що складається з наступних статей:

- амортизаційні відрахування C_a ;
- витрати на споживану електроенергію C_e ;
- витрати на ремонт електроустаткування C_p ;
- інші витрати.

Річні амортизаційні відрахування за кожним в варіантів визначаються за формулою:

$$C_a = (N_a \cdot C_{об}) / 100,$$

де N_a – норма амортизаційних відрахувань (беремо 8%, якщо розглядається машинобудівний виробничий об'єкт); $C_{об}$ – вартість основного обладнання.

Амортизаційні відрахування за базовим варіантом:

$$C_{a.баз} = 8 \cdot 72300 / 100 = 5784 \text{ грн.}$$

За новим варіантом:

$$C_{a.нов} = 8 \cdot 70800 / 100 = 5664 \text{ грн.}$$

До амортизаційних відрахувань на устаткування варто додати відрахування на площу, тоді одержимо повні амортизаційні відрахування за рік.

По базовому варіанті відрахування на площу складуть:

$$C_{a.пл}^{баз} = 8 \cdot 2500 / 100 = 200 \text{ грн.}$$

по новому варіанту:

$$C_{a.пл}^{баз} = 8 \cdot 2250 / 100 = 180 \text{ грн.}$$

Норма амортизації взята усереднена – 8% для всіх об'єктів.

Повні амортизаційні відрахування по базовому варіанту:

$$C_a^{баз} = C_{a.баз} + C_{a.пл}^{баз},$$

$$C_a^{баз} = 5784 + 200 = 5984 \text{ грн.}$$

по новому варіанту:

$$C_a^{нов} = C_{a.нов} + C_{a.пл}^{нов},$$

$$C_a^{нов} = 5664 + 180 = 5844 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на споживану електроенергію:

$$C_e = (P / \eta) \cdot T_{ef} \cdot K_v \cdot K_m,$$

де P – номінальна потужність електродвигуна, що використовується у верстаті, кВт; η – коефіцієнт корисної дії електроустаткування; T_{ef} – ефективний фонд часу роботи, год; K_v – коефіцієнт використання за часом; K_m – коефіцієнт використання по потужності; C_e – вартість 1 кВт год електроенергії, грн./кВт год.

Коефіцієнт корисної дії електроустаткування обчислюємо як добуток коефіцієнтів корисної дії двигуна й перетворювача.

Для базового варіанта коефіцієнт корисної дії дорівнює 85%, для нового варіанта – 95%. Коефіцієнт використання за часом для обох варіантів прийmemo рівним 0,8. Коефіцієнт використання по потужності по базовому варіанту – 0,92, по новому – 0,62. Вартість електроенергії дорівнює 0,71 грн/кВт год.

Ефективний фонд часу за обома варіантами при роботі цеху в одну зміну за рік складе:

$$T_{ef} = 8 \cdot 22 \cdot 12 = 2112_{год}.$$

Підставимо вихідні дані у формулу, визначимо витрати на електроенергію за обома варіантами:

– за базовим варіантом:

$$C_e = (19 / 0,85) \cdot 2112 \cdot 0,8 \cdot 0,97 \cdot 0,45 = 16485_{грн}.$$

– за новим варіантом:

$$C_e = (19 / 0,95) \cdot 2112 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 0,45 = 9428_{грн}.$$

Розрахуємо витрати на поточний ремонт.

Поточний ремонт електроустаткування виконується на місці його установки з відключенням від мережі, силами змінного ремонтного персоналу, що обслуговує даний агрегат (устаткування).

Витрати на поточний ремонт електроустаткування містять наступні статті:

– основна заробітна платня робітників з нарахуваннями C_{zn} ;

– вартість використовуваних матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів C_m ;

– цехові й загальнозаводські витрати C_{zag} .

Для визначення зарплати робітників-ремонтників необхідно знати трудомісткість ремонтних робіт і ефективний фонд часу одного робітника.

Працемісткість ремонтних робіт визначають із графіків планово-попереджувальних ремонтів.

З табл. 8.1 маємо, що працемісткість ремонтних робіт за базовим варіантом становить 205 чол.-год, за новим – 167 чол.-год.

Ефективний фонд часу одного робітника складається із днів, що залишилися після вирахування з 365 календарних днів вихідних і святкових днів, а також днів, що стосуються інших невиходів на роботу. Зайнятість за часом – 0,96.

Ефективний фонд часу дорівнює:

$$T = 8 \cdot (365 - 104) \cdot 0,96 = 2004,5_{год}.$$

Заробітна платня визначається через працемісткість ремонтів і тарифну годинну ставку електромонтера, що становить 10 грн./год.

По базовому варіанту тарифна зарплата:

$$C_{\text{зн.баз}}^m = 10 \cdot 205 = 2050 \text{ грн.}$$

по новому варіанту:

$$C_{\text{зн.нов}}^m = 10 \cdot 167 = 1670 \text{ грн.}$$

До нарахувань зарплати відносять премії (20% від тарифної зарплати), додаткова зарплата (10% від тарифної зарплати), інші доплати (10% від тарифної зарплати). У підсумку нарахування досягають 40% від тарифної зарплати. Щоб визначити повну суму виплат по зарплаті робітником, необхідно тарифну зарплату помножити на коефіцієнт 1.4.

Таким чином, сума повних виплат по зарплаті в базовому варіанті:

$$C_{\text{зн.баз}} = C_{\text{зн.баз}}^m \cdot 1,4,$$

$$C_{\text{зн.баз}} = 2050 \cdot 1,4 = 2870 \text{ (грн.)}$$

по новому варіанту:

$$C_{\text{зн.нов}} = C_{\text{зн.нов}}^m \cdot 1,4,$$

$$C_{\text{зн.нов}} = 1670 \cdot 1,4 = 2338 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал і комплектуючі вироби становлять:

– при капітальному ремонті - 50% від тарифної зарплати;

– при середньому ремонті - 35% від тарифної зарплати;

– при поточному ремонті - 15% від тарифної зарплати.

Для базового варіанта витрати на матеріали й комплектуючі будуть дорівнювати:

$$C_{\text{м.баз}} = 2050 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,15) = 3998 \text{ грн.}$$

по новому варіанті:

$$C_{\text{м.нов}} = 1670 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,15) = 3257 \text{ грн.}$$

Цехові й загальнозаводські витрати досягають 80% від тарифної зарплати.

Їхня величина по базовому варіанті:

$$C_{\text{заг.баз}} = 2050 \cdot 0,8 = 1640 \text{ (грн.)}$$

по новому варіанті:

$$C_{заг.баз} = 1670 \cdot 0,8 = 1336(\text{грн}).$$

У кошторисі річних експлуатаційних витрат інші витрати приймаються в розмірі 1% від суми капітальних вкладень:

для базового варіанта:

$$C_{пр.баз} = 0,01 \cdot K_{баз},$$

$$C_{пр.баз} = 0,01 \cdot 83289 = 833(\text{грн}).$$

для нового варіанта:

$$C_{пр.нов} = 0,01 \cdot K_{нов},$$

$$C_{пр.нов} = 0,01 \cdot 81561 = 816(\text{грн}).$$

Для аналізу експлуатаційних витрат отримані дані представимо в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування, грн.	5984	5844
Витрати на електроенергію, грн.	16485	9428
Заробітна плата, грн. (суму повних виплат по зарплаті множимо на кількість ремонтників)	4920	4008
Витрати на матеріали, грн.	3998	3257
Цехові й загальнозаводські витрати, грн.	1640	1336
Інші витрати, грн.	833	816
Разом експлуатаційні витрати, грн.	33860	24689

Розрахунок ефективності проектованої системи

У зв'язку з тим, що величини капітальних вкладень і експлуатаційних витрат при впровадженні нової (удосконаленої) системи електропривода верстата стали менше, ніж при базовій системі, то для визначення ефективності й доцільності вироблених змін варто розрахувати порівняльні показники.

Відносна економія капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$\lambda_k = ((K_{баз} - K_{нов}) / K_{баз}) \cdot 100\%,$$

$$\lambda_k = ((83289 - 81561) / 83289) \cdot 100\% = 2,07\%.$$

Для порівняння експлуатаційних витрат використаємо показник відносної економії (зменшення) витрат:

$$\lambda_e = ((E_{\text{баз}} - E_{\text{нов}}) / E_{\text{баз}}) \cdot 100\%,$$

$$\lambda_e = ((33862 - 24689) / 33862) \cdot 100\% = 27\%.$$

Наведені витрати за базовим варіантом склали:

$$Z_{\text{пр.баз}} = E_{\text{баз}} + E_n \cdot K_{\text{баз}},$$

$$Z_{\text{пр.баз}} = 33862 + 0,15 \cdot 83289 = 46355 \text{ (грн)}.$$

за новим варіантом:

$$Z_{\text{пр.нов}} = E_{\text{нов}} + E_n \cdot K_{\text{нов}},$$

$$Z_{\text{пр.нов}} = 24689 + 0,15 \cdot 81561 = 36923 \text{ (грн)}.$$

Строк окупності капітальних витрат на модернізацію електропривода верстата складе:

$$T_o = K_{\text{нов}} / E_p,$$

$$T_o = 81561 / 37800 = 2,15 \text{ (года)}.$$

Строк окупності нижче нормативного, впровадження нової системи доцільно.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначає економію від зниження експлуатаційних витрат, одержувану на кожну гривню капітальних вкладень:

$$E = 1 / T_e = 1 / 2,15 = 0,46.$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності більше нормативного ($E > E_n$, $0,46 > 0,15$), виходить, впроваджувана система електропривода ефективна.

Річний економічний ефект складе:

$$E_p = E - E_n \cdot K_{\text{нов}},$$

$$E_p = 37800 - 0,15 \cdot 81561 = 25566 \text{ (грн)}.$$

Таким чином, за результатами обчислень нова система електропривода, впроваджувана у верстат ефективніше базової з технічної й економічної точок зору.

Контрольні питання

1. Назвати методику розрахунку техніко – економічного обґрунтування регульованого електроприводу верстату.
2. Виділити переваги застосування нових приводів для керування токарським верстатом.
3. Назвати недоліки щодо застосування проектного електроприводу.
4. Пояснити переваги модернізації елеткроприводу верстата.
5. Виділити основні витрати поточного ремонту електроустаткування.
6. Назвати завдання від впровадження нової ситсеми електропривода.

Література: [11], с. 100 – 120; [12], с. 102 – 150.

Практичне заняття №9

Тема. Методика розрахунку економії електроенергії в діючих освітлювальних установках приміщень при проведенні енергетичного аудиту

Мета роботи: набуття навичок та умінь розрахунку економії електроенергії в освітлювальних установках приміщень

Короткі теоретичні відомості

Останнім часом, у зв'язку із зростанням цін на енергоносії, актуальною стає їх економія. Першим етапом процесу економії енергії є проведення комплексного енергетичного обстеження об'єкта (енергоаудит) і розробка на його основі економічно доцільних заходів щодо економії енергії. Дані заходи розробляються для кожного окремого типу споживача енергії: опалення, технологія, освітлення, вентиляція, тощо. Спочатку проводиться аналіз стану систем енергоспоживання, а потім - розрахунок економії енергії за певними методиками.

Система освітлення є вагомим споживачем електроенергії, особливо в адміністративних будинках (до 80%). Тому застосування запропонованої методики набуває великого значення при енергоаудиті.

Для аналізу стану системи освітлення обстежуваного об'єкта необхідно зібрати наступну інформацію:

- тип і кількість існуючих світильників;
- тип, кількість і потужність використовуваних ламп;
- режим роботи системи штучного освітлення;
- характеристики поверхонь приміщень (коефіцієнти відбиття);
- рік установки світильників;
- періодичність чищення світильників;
- фактичний і нормований рівень освітленості;
- значення напруги електромережі освітлення на початку і в кінці вимірювань, освітленості;
- розміри приміщення;
- середній фактичний термін служби ламп;
- фактичне і нормоване значення коефіцієнта природної освітленості.

Потім, проводиться розрахунок показників енергоспоживання на підставі перерахованих вище даних, отриманих у результаті інструментального обстеження об'єкта.

Встановлена потужність P_i , Вт:

$$P_i = P_l \cdot K_{пра} \cdot N, \quad (9.1)$$

де P_i – потужність освітлювальної установки і-го приміщення на обстежуваному об'єкті; $K_{пра}$ – коефіцієнт втрат у пускорегулювальній апаратурі освітлювальних приладів; P_l – потужність лампи; N – кількість однотипних ламп в освітлювальній установці і-го приміщення.

Річне і питоме енергоспоживання W_P :

$$W_P = \sum_{i=1}^n W_{P_i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{P_i} \cdot \kappa_{\theta_i}, \quad (9.2)$$

де W_p – сумарне річне споживання електроенергії; W_{p_i} – річне споживання ОУ і-го приміщення; T_{p_i} – річне число годин роботи системи і-го приміщення; κ_{θ_i} – коефіцієнт використання встановленої електричної потужності в ОУ і-го приміщення ($\kappa_{\theta_i} = 1$).

$$W_{\Pi} = \frac{W_P}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (9.3)$$

де W_p – річне питомих використання електроенергії, S_i – площа і-го приміщення в досліджуваному об'єкті.

Питомі показники енергоспоживання або встановленої потужності (кВт / м²) дозволяють на основі норм наближено ($\pm 20\%$) оцінити загальний потенціал економії енергії.

Для більш точної оцінки по кожному заходу необхідно виконати розрахунок економії електроенергії за нижче приведеною методикою.

Значення напруги мережі:

$$U_{cp} = (U_1 - U_2) / 2, \quad (9.4)$$

де U_1, U_2 – значення напруги мережі на початку і наприкінці вимірювання.

Для урахування відхилення фактичної освітленості від нормативних значень визначаємо коефіцієнт приведення:

$$k_{ni} = E_{fi} / E_{ni}, \quad (9.5)$$

де k_{ni} – коефіцієнт приведення освітленості і-го приміщення; E_{fi} – нормоване значення освітленості в і-му приміщенні; E_{ni} – фактичне значення освітленості в і-му приміщенні.

Потенціал річної економії електроенергії в ОУ обстежуваного приміщення розраховується за формулою:

$$\Delta W_A = \sum_{i=1}^n k_{ni} \cdot \sum_{i=1}^f \Delta W_i^k. \quad (9.6)$$

До основних заходів проведення енергетичного обстеження відносяться:

1. Перехід на інший тип джерела світла з більш високою світловіддачею (лм/Вт). Економія електроенергії ΔW_i , кВтг/рік в результаті даного заходу визначається за формулою:

$$\Delta W_i = W_{Ai}^- (1 - k_{uci} k_{3ni}), \quad (9.7)$$

де k_{uci} – коефіцієнт ефективності заміни типу джерела світла; k_{3ni} – коефіцієнт запасу враховує зниження світлового потоку лампи протягом терміну служби (при заміні ламп з близьким за значенням k_{3n} , але з різною ефективністю, k_{3n} виключається або коригується, крім випадку, коли обстеження проводилося після групової заміни джерел світла).

$$k_{uc} = \eta / \eta_N, \quad (9.8)$$

де η – світловіддача існуючого джерела світла, (лм/Вт); η_N – світловіддача пропонованого до установки джерела світла, (лм/Вт).

2. Підвищення ККД існуючих освітлювальних приладів внаслідок їх чищення. Економія електроенергії в результаті даного заходу визначається за формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi} k_{ci}, \quad (9.9)$$

де k_{ci} – коефіцієнт ефективності чищення світильників.

$$k_{ci} = 1 - (y_c + \beta_c e^{-(t/tc)}), \quad (9.10)$$

де y_c , β_c , tc – постійні для заданих умов експлуатації світильників; t – тривалість експлуатації світильників між двома найближчими чистками.

3. Підвищення ефективності використання відбитого світла. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% і більше (фарбування в більш світлі тони, побілка, мийка) дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості від природного та штучного освітлення. Ефективність даного заходу залежить від великої кількості факторів: розміри приміщення, коефіцієнти відображення поверхонь приміщення, розташування світлоприймачів, коефіцієнт природної освітленості

(КПО), режим роботи людей в приміщенні, світлорозподіл і розташування світильників. Тому більш точне значення економії електроенергії можна отримати на підставі світлотехнічного розрахунку методом коефіцієнта використання.

4. Підвищення ефективності використання електроенергії при автоматизації управління освітленням.

Ефективність даного заходу є багатофакторною, методика розрахунку економії електроенергії складна для використання при енергообстеженні, але може бути рекомендована при необхідності точної оцінки.

На підставі досвіду впровадження систем автоматизації економію від даного заходу можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi} (k_{zai} - 1), \quad (9.11)$$

де k_{zai} – коефіцієнт ефективності автоматизації управління освітленням, який залежить від рівня складності системи управління.

У таблиці 9.1 представлені значення K_{zai} для підприємств і організацій зі звичайним режимом роботи.

Таблиця 9.1 – Показники рівня складності системи автоматичного управління освітлення

№ пор.	Рівень складності системи автоматичного управління освітленням	k_{zai}
1	Контроль рівня освітленості та автоматичне включення і відключення освітлення при критичному значенні Е	1,1-1,15
2	Зонне управління освітленням (включення і відключення освітлення дискретно, в залежності від зонного розподілу природного освітлення)	1,2 -1,25
3	Плавне управління потужністю і світловим потоком світильників в залежності від розподілу природного освітлення	1,3 -1,4

5. Установка енергоефективної пускорегулювальної апаратури (ПРА)

$$\Delta W_i = W_{gi}(1 - K_{nrai}^n / K_{nrai}) \quad (9.12)$$

де K_{nrai} – коефіцієнт втрат в ПРА існуючих світильників системи освітлення і-го приміщення; K_{nrai}^n – коефіцієнт втрат в встановлюваних ПРА.

6. Заміна світильників є найбільш ефективним комплексним заходом, тому що включає в себе заміну ламп, підвищення ККД світильника, оптимізацію світлорозподілу світильника і його розташування. Для точної оцінки економії електроенергії необхідно проводити світлотехнічний розрахунок освітленості для передбачуваних до установки світильників методом коефіцієнта використання або точковим методом. За розрахунковим значенням встановленої потужності (з світлотехнічного розрахунку) економія електроенергії визначається за формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi} - P_i^N T_{gi}, \quad (9.13)$$

де P_i^N – встановлена потужність після заміни світильників; T_{gi} – річне число годин роботи системи штучного освітлення і-го приміщення.

За спрощеної оцінки (при заміні світильників на аналогічні за світлорозподілом і розташуванням) розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{Ui}(1 - k_{uci} \cdot k_{zni} \cdot k_{ci} \cdot k_{cbi} \cdot K_{nrai}^N / K_{nrai}), \quad (9.14)$$

де k_{cbi} – коефіцієнт враховує підвищення ККД світильника.

$$k_{cbi} = q_i / q_i^N, \quad (9.15)$$

де q_i – паспортний ККД існуючих світильників; q_i^N – паспортний ККД передбачуваних до установки світильників.

Розрахунок економії електроенергії при заміні світильників враховує заходи № 1,2,5, тому їх слід виключати при розрахунку загальної економії електроенергії в і-му приміщенні.

У разі великої кількості однотипних приміщень в обстежуваній будівлі зі схожими за параметрами, станом, і заходам ОУ розрахунок проводиться за допомогою питомих показників економії електроенергії:

$$\Delta W^j = \Delta W_i^j / S_i^j, \quad (9.16)$$

де ΔW^j – питома економія електроенергії для і-типу приміщення; ΔW_i^j – розрахункова економія електроенергії для і-го приміщення; S_i^j – площа і-го приміщення.

Загальна економія електроенергії в системах освітлення обстежуваного об'єкта визначається за формулою:

$$\Delta W_g = \sum_{j=1}^N \Delta W_{yd}^j \cdot S^j, \quad (9.17)$$

де S^j – загальна площа приміщень і-го типу; N – кількість типів приміщень.

За представленою вище методикою зроблено розрахунок економії електроенергії на об'єктах, де проводився енергоаудит. У середньому економічно реальний потенціал економії електроенергії в системах освітлення склав 15-20%.

Завдання до теми

Проаналізувати стан системи освітлення адміністративних будівель. Зробити енергетичне обстеження об'єкта. Дані для розрахунку приведені у табл. 9.2.

Таблиця 9.2 - Початкові дані для розрахунку

№ вар	Режим роботи	Кількість світильників, шт	Розміри приміщення, м	Рівень складності системи автоматичного управління освітленням	Середньозважений коефіцієнт відбиття	Кількість годин роботи штучного освітлення на рік, год
1	1 зміна	15	5x13x3	1,1	0,3	1300
2	2 зміна	10	5x9x3	1,15	0,2	3420

Продовження табл. 9.2

3	1 зміна	14	5x11x3	1,35	0,4	1300
4	2 зміна	16	5x14x3	1,4	0,1	3420
5	1 зміна	17	5x15x3	1,3	0,3	1300
6	2 зміна	12	5x12x3	1,2	0,1	3420
7	1 зміна	10	5x9x3	1,25	0,2	1300
8	2 зміна	14	5x11x3	1,3	0,4	3420
9	1 зміна	16	5x14x3	1,25	0,3	1300
10	2 зміна	17	5x15x3	1,4	0,2	3420

Приклад виконання практичного заняття

Система освітлення фінансового відділу адміністративної будівлі виконана світильниками типу НУО 02 2x40 з ККД = 52%: використовувані лампи типу ЛБ40ст $\eta = 75$ лм/Вт; режим роботи – 1 зміна (з 8 до 17 годин); кількість світильників – 15 штук; розміри приміщення – 5x15x3 метри; середньозважений коефіцієнт відбиття поверхонь приміщення $\rho = 3$; нормована освітленість – 300 лк; фактична освітленість – 250 лк; кількість годин роботи штучного освітлення на рік $T_{\Sigma} = 1300$ годин; напруга мережі під час вимірювань $U_c = 220$ В; коефіцієнт природної освітленості відповідає нормі, коефіцієнт використання 0,92; на момент вимірювання пройшло 360 днів з дня останньої чистки.

Розрахунок:

1. Встановлена потужність складе:

$$P = P_n \cdot K_{пра} \cdot N = 40 \cdot 1,2 \cdot 30 = 1440 \text{ Вт.}$$

2. Річне енергоспоживання буде:

$$W_p = P \cdot T_{pi} \cdot k_{\epsilon_i} = 1440 \cdot 1300 \cdot 0,92 = 1872 \text{ кВтгод/рік.}$$

2. Економія за рахунок переходу на люмінесцентні лампи зниженої потужності типу TL – D · 36/8, c, n_N = 93 лм/Вт складе:

$$\Delta W_1 = W_{p_i} (1 - k_{\epsilon_i}) = 1872 \cdot (1 - 0,81) = 356 \text{ кВтгод/рік}$$

3. Економія за рахунок чищення світильників складе:

$$K_{ci} = 1 - (y_c + B_c e^{-t/t_c}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03$$

$$\Delta W_2 = W_g k_c = 1872 \cdot 0,03 = 56 \text{ кВтгод/рік}$$

5. Економія енергії при підвищенні коефіцієнта поверхонь приміщення до $p = 0,5$ (фарбування, побілка) складе 10% або $\Delta W_3 = 187 \text{ кВтгод/рік}$.

6. Економія енергії в результаті впровадження системи автоматичного включення і відключення освітлення складе:

$$\Delta W_4 = W_p (k_{zai} - 1) = 1872(1,1 - 1) = 187 \text{ кВтгод/рік}$$

7. Економія енергії внаслідок встановлення ПРА складе:

$$\Delta W_5 = W_g (1 - K_{пра}^N) = 1872 (1 - 0,92) = 150 \text{ кВтгод/рік}$$

8. Економія за рахунок встановлення нових світильників з більш високим ККД 75 %, але з аналогічним світлорозподілом:

$$\Delta W_6 = W_g (1 - k_{cb}) = (1 - 0,52) / 0,75 = 580 \text{ кВтгод/рік}$$

2. Загальний резерв економії енергії складе:

$$\Delta W_{\Sigma} = k_p \sum_{k=1}^f \Delta W_i^k = 250/300 \cdot 1516 = 1263 \text{ кВтч/рік}$$

Контрольні питання

1. Пояснити проведення аналізу стану систем енергоспоживачів.
2. Назвати необхідні дані для аналізу стану системи освітлення.
3. Виділити основні етапи аналізу системи освітлення.
4. Виділити заходи проведення енергетичного обстеження системи освітлення.
5. Пояснити економічний ефект при впровадженні системи автоматизації управління освітленням.

Література: [7], стор. 123 – 126, [8], стор. 153 – 200.

Практичне заняття №10

Тема. Оцінка техніко-економічної ефективності системи діагностики асинхронного двигуна

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо оцінки техніко-економічної ефективності системи діагностики асинхронного двигуна

Короткі теоретичні відомості

Економічна ефективність окремих видів нової техніки визначається на основі загальних єдиних принципів, основний з них – принцип порівняння ефекту і витрат.

Розрізняють загальну (абсолютну) і порівняльну економічну ефективність проектного приладу. Порівняльна економічна ефективність розраховується для вибору варіанту розв'язання технічних задач; вона показує, наскільки один варіант приладу економічніше іншого.

Абсолютна економічна ефективність обчислюється для визначення фактичної ефективності капітальних вкладень в проєктований прилад в народному господарстві.

Критерієм порівняльної економічної ефективності є мінімум наведених витрат. Наведені витрати за кожним варіантом представляють собою суму поточних витрат (собівартості) і капітальних вкладень, наведених до однакової розмірності відповідно до нормативу ефективності. Найбільш економічний варіант нової техніки є той, якому відповідають якнайменші наведені витрати при однаковому об'ємі корисної роботи, що виконується.

Надійність електричних двигунів промислових електроприводів у всіх галузях промисловості, вкрай низька. В окремих випадках, щорічно виходить з ладу і ремонтується до 30% парку електричних машин, які використовуються на виробництві. У переважній більшості, після ремонту, вони повертаються на підприємство й експлуатуються до наступного виходу з ладу. Кількість ремонтів може складати 3-4 при часі наробітку на відмовлення протягом 0,5-1,5 року. Низька надійність електричних машин обумовлена не тільки недостатньою якістю електричної енергії, але і неякісним ремонтом і старінням

конструкційних матеріалів. Це виражається в збільшенні втрат у сталі і міді, у зниженні ефективного потоку, що веде до зниження навантажувальної здатності, зниженні ресурсу працездатності. Діагностика параметрів, визначення реальної працездатності електричних машин – задача безпосереднього забезпечення збереження електричного устаткування.

Актуальність наукових розробок у напрямі діагностики двигунів постійного і змінного струму визначається тим положенням, в якому знаходиться парк електричних машин більшості промислових підприємств України. Статистика показує, що електричні машини мають низьку надійність, що визначає рівень витрат на періодичне відновлення їх працездатності. Слід сказати, що дана ситуація обумовлена не лише неякісним ремонтом, але і старінням конструкційних матеріалів. В умовах практичної відсутності даних про реальний стан двигунів, вони експлуатуються в неномінальних режимах, тобто з перевантаженнями, що веде до істотного скорочення їх ресурсу працездатності. Діагностика параметрів, визначення реальної працездатності електричних машин – завдання безпосереднього забезпечення збереження електричного устаткування.

Вимоги до надійності і економічної ефективності виробництва і експлуатації електричних машин і електроенергетичних систем в цілому безперервно зростають. Дослідження електромеханічних процесів важливе для нормальних і аварійних режимів. Одним з найбільш прогресивних шляхів для дослідження впливу несправностей асинхронних двигунів слід визнати використання адекватних математичних моделей, що відображають реальні фізичні процеси. Аналіз втрат в асинхронному двигуні за наявності пошкоджень обмоток ротора (а саме, обривів стрижнів ротора) дозволяє зробити висновок про технічний стан двигуна та визначити термін служби обладнання.

Для оцінки економічних збитків внаслідок аварійного виходу асинхронного двигуна по причині появи дефектів обмотки ротора пропонується

визначити економічний ефект, який отримують при ремонті пошкодженого асинхронного двигуна.

При такій оцінці слід виходити з величини гріючих втрат, а також електроенергії, що витрачається при цьому для працюючого електродвигуна з пошкодженим ротором.

Завдання до теми

Проаналізувати вартість нового двигуна і порівнявняти з вартістю витрат на ремонт, а також на втрати електроенергії при використанні пошкодженого двигуна. Визначити економічний ефект і зробити порівняльну оцінку ефективності методу та провести попередній техніко-економічний розрахунок.

Дані витрат для розрахунку приведено в таблиці 10.1, які взяті на основі статистичних даних по ремонтним цехам виробництва.

Таблиця 10.1 – Витрати внаслідок аварійного виведення двигуна

Варіант	P_2 , кВт	Сумарний економічний ефект, E_{Σ}	Економія коштів, C_{E2}
1	1	95	25
2	4	380	100
3	3	100	20
4	4	280	60
5	1	90	15
6	3	95	20
7	4	110	50
8	1	250	80
9	3	350	100
10	4	200	85

Приклад виконання практичного заняття

В процесі експлуатації асинхронні двигуни часто працюють в важких умовах зовнішнього середовища. Негативні явища, які виникають внаслідок цього, знижують термін служби обладнання. Найбільш частими факторами, що впливають на термін служби електричних машин, є температура обмотки, вплив електричного поля, механічні зусилля, вплив зовнішнього агресивного

середовища. Внаслідок наявності вище приведених факторів виникає теплове старіння ізоляції обмоток.

Для визначення терміну служби ізоляції асинхронного двигуна використовується «правило восьми градусів», згідно якого перевищення температури $\Delta\Theta$ на кожні вісім градусів вище гранично допустимої скорочує термін служби ізоляції вдвічі. Аналітично дане правило записується наступним чином:

$$\tau = T_0 \cdot e^{-K \cdot \Theta}, \quad (10.1)$$

де τ – термін служби ізоляції при температурі Θ ; Θ – температура нагріву ізоляції; T_0 – умовний термін служби ізоляції при $\Theta = 0$ ($T_0 = 6,225 \cdot 10^4$ років при $\tau = 7$ років і $\Theta = 105^\circ \text{C}$); K – коефіцієнт терміну служби ізоляції.

Дані приведено для асинхронних двигунів класу ізоляції А. Тому, враховуючи, що при зниженні класу ізоляції її старіння відбувається швидше для даної температури, величина $\Delta\Theta$ складає для класу ізоляції В 10°C .

На основі аналізу результатів моделювання втрат в асинхронному двигуні за наявності пошкоджень обмоток ротора можна зробити висновок про вплив додаткових втрат у двигуні при наявності обривів стрижнів ротора.

Як відомо, наявність теплових втрат у двигуні збільшує температуру обмоток асинхронного двигуна пропорційно величині цих втрат, тобто:

$$\Delta P_{\Sigma H} \approx \Theta_H, \quad (10.2)$$

де $\Delta P_{\Sigma H}$ – номінальні теплові втрати в асинхронному двигуні; Θ_H – номінальне значення температури обмоток.

З урахуванням вищесказаного доцільним є розрахунок відносного значення теплових втрат при наявності обривів стрижнів ротора. Середнє значення додаткових втрат при наявності пошкоджень обмоток ротора складає 79 Вт.

Отже, при наявності обривів стрижнів ротора значення теплових втрат зростає на 8,6%, що зумовлює підвищення температури обмоток також на 8,6%.

Таким чином, з урахуванням підвищення температури обмоток отримуємо термін служби ізоляції для двигуна, що має пошкодження:

$$\tau = 6.225 \cdot 10^4 \cdot e^{-0.0728 \cdot 115 \cdot 1.086} \approx 7 \text{ років.} \quad (10.3)$$

З прайс-листів вартості двигунів знаходимо, що новий асинхронний двигун потужністю 4 кВт можна придбати за 330 у.о. У розрахунку на національну валюту отримуємо 2775 грн. При виявленні пошкодження двигун підлягає ремонту. В даному випадку капітальний ремонт двигунів складає 95 грн/кВт, середній ремонт складає 25 грн/кВт. Таким чином, витрати на капітальний ремонт для двигуна потужністю 4 кВт складають 380 грн., витрати на середній ремонт – 100 грн.

З урахуванням того, що в двигуні є пошкодження, а саме – наявність обривів стрижнів ротора, мають місце гріючі втрати, які спричиняють додаткові витрати електроенергії.

Сумарний економічний ефект складається:

$$E_{\Sigma} = C_{E1} + C_{E2}, \quad (10.4)$$

де C_{E1} – економія за рахунок підвищення терміну служби двигуна, яка складає:

$$C_{E1} = 380 - 100 = 280 \text{ грн.}; \quad (10.5)$$

C_{E2} – економія коштів за рахунок виключення простоїв за відсутності будь-яких пошкоджень.

Даний параметр розраховуємо, виходячи з прорахунку електроенергії, яка витрачається додатково на гріючі втрати за наявності обривів стрижнів ротора. За отриманими даними в ході математичного моделювання з'ясуємо, що за наявності пошкодження обмотки ротора в двигуні за кожну годину його роботи втрачається 79 Вт потужності.

Враховується, що двигун бере участь в технологічному процесі 250 днів на рік по 8 годин на добу. Капітальний ремонт двигуна у зв'язку з пошкодженнями обмоток ротора проводиться в середньому 3 рази в рік. З урахуванням вартості електроенергії (тариф для виробництва складає 0,282 грн за кВт/год), вартості старого двигуна (20% від вартості нового), а також

вартості капітального ремонту двигуна (380 грн) можна обчислити річні витрати на додаткову електроенергію за наявності пошкоджень або ж економію засобів за рахунок виключення простоїв:

$$\begin{aligned} Z_z &= 0.079 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 0.2436 + 3 \cdot 380 + 0,2 \cdot 2775 = \\ &= 38,488 + 1140 + 701,6 = 1733,5 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (10.6)$$

Таким чином, сумарний економічний ефект складає 2160 грн.

Річний економічний ефект складе:

$$E_{\Gamma} = E_{\Sigma} - E_H C_C \quad (10.7)$$

де $E_H = 0,2$ – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень; C_C – витрати на впровадження комплексу.

Річний ефект від впровадження нового устаткування складає:

$$E_{\Gamma} = 2160 - 0,2 \cdot 2775 = 1605 \text{ грн.}$$

З урахуванням розрахованого ефекту можна отримати термін окупності нового устаткування:

$$T_{OK} = \frac{E_{\Gamma}}{K_B} = \frac{1458}{2775} = 0,578 \text{ р.} \quad (10.8)$$

Таким чином, можна стверджувати, що наявність пошкоджень електричних машин спричиняє збільшення втрат потужності, і як наслідок необхідність використання додаткових енергоресурсів. З урахуванням ступеню пошкодження проведення капітальних ремонтів обладнання можна або скоротити, або проводити повну заміну несправних двигунів на нове устаткування. Очевидно, що при меншому ступеню пошкоджуваності втрати потужності асинхронного двигуна менші, а тому при своєчасному реагуванні на наявність дефекту можна скоротити затрати коштів на заміну несправного обладнання новим.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Розраховано термін служби ізоляції асинхронного двигуна з урахуванням наявності обривів стрижнів ротора. За результатами розрахунку термін служби ізоляції асинхронного двигуна складає приблизно 5,7 років.

2. Досліджено вплив обривів стрижнів ротора на значення гріючих втрат і як наслідок, збільшення витрат енергоресурсів. Проведено розрахунок економічного ефекту та терміну окупності обладнання.

Контрольні питання

1. Назвіть види електричних машин та надайте характеристику використання цих машин.
2. Поясніть та порівняйте види економічної ефективності нової техніки.
3. Які фактори впливають на термін служби електричних машин?
4. Назвіть фактори, які забезпечують збереження електричного устаткування на підприємстві.
5. Назвіть етапи розрахунку економічного ефекту системи діагностики асинхронного двигуна.

Література: [20], стор. 223 – 226, [21], стор. 230 – 240.

Практичне заняття №11

Тема. Оцінка собівартості створення апаратного забезпечення для реалізації дискретного та аналогового вводу/виводу

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо техніко-економічних розрахунків впровадження комп'ютеризованих комплексів у навчальний процес

Короткі теоретичні відомості

Техніко-економічна ефективність нової техніки це – її об'єктивна оцінка і аналіз з метою встановлення мінімальних вимог необхідних для розробки і виготовлення функціонуючої техніки, за наявності сумарних витрат суспільної праці і поліпшення основних параметрів цієї техніки.

Проведемо розрахунок затрат на розробку фізичних моделей апаратної частини програмно-логічного контролера методом калькулювання.

Калькулювання – це розрахунок собівартості продукції. Собівартість є базою для визначення ціни виробленої продукції, виконаних робіт та послуг. Правильно складена калькуляція дозволяє реально оцінити можливі витрати на

різні види продукції та вибрати саме ту, котра дає максимальний прибуток. Собівартість однієї продукції розраховують методом ділення всіх витрат на кількість випущеної за місяць продукції.

Класифікація витрат на виробництво – роз'єднання та об'єднання різних витрат в окремі групи однорідних за окремою ознакою; виконується з метою планування, урахування та аналізу господарської діяльності для виявлення джерел зниження собівартості.

Виробничі та невиробничі витрати

До виробничих належать усі види витрат, пов'язані тією або іншою мірою з процесом виготовлення продукції. Невиробничі витрати включають витрати з реалізації продукції (витрати на тару та упаковку, доставку продукції на станцію або пристань, завантаження її у вагон, витрати на рекламу, відрахування організаціям, що займаються збутом продукції), а також відповідно до практики планування і врахування – витрат на масову підготовку кадрів, стандартизацію виробу, технічну пропаганду, витрати на НДР у тій частині, у котрій вони не покриваються спеціальними асигнуваннями або за рахунок прибутку підприємства.

Калькуляційні витрати на виробництво за їх економічним змістом передбачають об'єднання витрат у групи: сировина та основні матеріали; основна заробітна плата; додаткова заробітна плата; відрахування на соціальне страхування; амортизація оборотних засобів; виробничо-грошові витрати; загальногосподарські витрати; витрати, внаслідок недбалого виконання робіт; інші виробничі витрати.

При укрупнених розрахунках перші чотири види витрат об'єднують у спільну групу матеріальних витрат, а п'ятий й шостий вид – у групу заробітна плата “з нарахуваннями”. Таке групування витрат застосовується при складанні кошторису витрат, планування зниження собівартості, визначення її структури, а також використовується при нормуванні оборотних засобів.

Капітальні витрати за статтями калькуляції – групування їх залежно від призначення витрат і місця їх виробництва. Вони виходять з того, що одні

витрати безпосередньо пов'язані з технологічним процесом, інші – з обслуговуванням виробництва та керування. На практиці капітальні витрати за статтями калькуляції на виробництві застосовують при визначенні собівартості одиниці продукції, а також для планування і врахування витрат на конкретних цехах і дільницях.

Ділення витрат на прямі й непрямі здійснюють за способом ділення їх на собівартість окремих видів продукції, напрацьованих на даному підприємстві. Прямі – це такі витрати, котрі нормуються на одиницю продукції та можуть бути прямо поділені на окремі види (одиниці виробу). До них належать основні матеріали, технологічне паливо, технічна енергія, заробітна плата основних виробничих робітників. Непрямі витрати пов'язані з роботою підприємства.

Непропорційні (умовно-постійні) витрати – це така абсолютна величина, котра безпосередньо не міняється із зміною об'єму виробництва. Ця класифікація потрібна при визначенні ефективності застосування нової техніки, аналізі господарської діяльності промислового підприємства, а також плануванні зниження собівартості.

Завдання до теми

Провести техніко – економічний розрахунок впровадження проектного контролера. Вихідні дані наведені у табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Вартість елементів та їх комплектуючих

Найменування	Марка	Ціна, грн			
		Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Конденсатори	Керамічні SMD	0,22	0,4	0,25	0,34
Резистори	SMD 0805	1,11	0,15	0,12	0,13
Мікросхема	LM324	1,23	1,01	1,15	1,30
Затискачі	JIKE 126V	2	2,20	1,88	2,06
Транзистор	TLP280	4,4	4,06	4,5	4,25

Вартість основних і комплектуючих матеріалів беруться згідно з прейскурантами за принциповими схемами аналогових та дискретних каналів вводу-виводу. Для виконання розрахунку необхідні значення основних матеріалів $B_{осн}$ і комплектуючих $B_{ком}$ виробів. Визначення витрат основних матеріалів $B_{осн}$ зведені у табл. 11.2 11.5, комплектуючих $B_{ком}$ у табл. 11.6.

Приклад виконання практичного заняття

Розрахунок витрат на придбання комплектуючих та основних матеріалів необхідних для виготовлення пристрою, розраховуємо за формулою (11.1):

$$B = B_{осн} + B_{ком}, \quad (11.1)$$

де $B_{осн}$ – витрати основних матеріалів; $B_{ком}$ – витрати комплектуючих матеріалів, необхідних для виготовлення пристрою.

Витрати основних матеріалів розраховуються для кожної із чотирьох плат окремо:

$$B_{осн} = B_{осн1} + B_{осн2} + B_{осн3} + B_{осн4}, \quad (11.2)$$

де $B_{осн1}$ – витрати основних матеріалів плати аналогового вводу; $B_{осн2}$ – витрати основних матеріалів плати аналогового виводу; $B_{осн3}$ – витрати основних матеріалів плати дискретного вводу/виводу; $B_{осн4}$ – витрати основних матеріалів плати дискретного виводу.

Таблиця 11.2 – Вартість матеріалів плати аналогового вводу

Назва	Марка	Кількість	Ціна, грн.	Сума
Конденсатори	Керамічні SMD	2	0,3	0,4
Резистори	SMD 0805	4	0,11	0,4
Мікросхема	LM324	1	1,25	1,22
Затискачі	JIKE 126V	4	2	6
Всього				8,02

Таблиця 11.3 – Вартість матеріалів плати аналогового виводу

Назва	Марка	Кількість	Ціна, грн.	Сума
Конденсатори	Керамічні SMD	7	0,2	1,4
Резистори	SMD 0805	2	0,1	0,2
	Перемінний PVZ2A	2	1,1	2,2
Мікросхема	LM358	1	1,11	1,11
	MCP4921	1	14,34	14,34
Затискачі	JIKE 126V	3	2	6
Всього				25,25

Таблиця 11.4 – Вартість матеріалів плати дискретного вводу

Назва	Марка	Кількість	Ціна, грн.	Сума
Резистори	SMD 0805	3	0,1	0,3
Транзистор	TLP280	1	4,02	4,02
Діод	P6KE6.8CA	1	0,91	0,91
Затискачі	JIKE 126V	3	2	6
Всього				11,3

Таблиця 11.5 – Вартість матеріалів плати дискретного виводу

Назва	Марка	Кількість	Ціна, грн.	Сума
Конденсатори	Керамічні SMD	2	0,2	0,4
Резистори	SMD 0805	2	0,1	0,2
Транзистор	BC817-40	1	4,02	4,02
Діоди	P6KE6.8CA	1	0,91	0,91
	1N4148	1	0,2	0,2
Реле	FTR-LYAA-005	1	44,3	44,3

Продовження табл. 11.5

Затискачі	JIKE 126V	3	2	6
Всього				56,03

Таблиця 11.6 – Вартість комплектуючих матеріалів

Найменування матеріалів	Марка	Оптова ціна на м ² , кг, м, грн	Норма витрат на виріб	Сума затрат, грн
Стеклотекстоліт	КАСТ	238,10	0,032	10
Припій	F60010E24	250,5	0,018	4,6
Хлорне залізо	ХРЖ-1	30	0,05	1,5
Всього				29,6

Отже, витрати на придбання матеріалів розраховуємо за формулою 11.1:

$$B = 100,6 + 29,6 = 130,2 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата на виготовлення схем аналогово та дискретного вводу-виводу програмованого контролера розраховується як:

$$B_o = \frac{(B_{осн.} + B_{ком.}) \cdot \Pi_{оз}}{\Pi_г}; \quad (11.4)$$

де $\Pi_{оз}$ – питома вага основної заробітної плати в собівартості виробів; $\Pi_г$ – питома вага витрат на основні та закуплені матеріали.

Коефіцієнти $\Pi_{оз}$ і $\Pi_г$ для пристроїв автоматизації технологічних процесів відповідно до рівня наступні: $\Pi_г = 30\%$, $\Pi_{оз} = 20\%$.

$$З_o = 130,6 \cdot \frac{0,2}{0,3} = 86,77 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата, що містить у собі оплату відпусток, скорочення робочого дня і т. д:

$$З_{дод} = \frac{З_o \cdot H_{дод.}}{100}. \quad (11.5)$$

Коефіцієнт $H_{дод}$ звичайно складає 20%.

$$З_{дод} = 86,67 \cdot \frac{0,2}{1} = 17,33 \text{ грн.}$$

Відрахування в фонди соціального страхування B_c , грн.:

$$B_c = \frac{(З_o + З_{дод.}) \cdot H_c}{100}. \quad (11.6)$$

$H_c = 39,2\%$.

$$B_c = (87,66 + 17,83) \frac{0,392}{1} = 40,56 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість пристрою складе::

$$C_г = З_{осн.} + З_{ком.} + З_o + З_{дод.} + B_c, \quad (11.7)$$

$$C_г = 100,6 + 29,6 + 86,67 + 17,33 + 40,56 = 274,76 \text{ грн.}$$

Невиробничі витрати складуть:

$$НВ_г = \frac{C_г \cdot H_г}{100}, \quad (11.8)$$

Звичайно $H_г = 3 - 5\%$.

$$HB_{\epsilon} = 274,76 \cdot \frac{0,04}{1} = 11 \text{ грн.}$$

Для створення програмованого логічного контролера необхідно розробити відповідно апаратне та програмне забезпечення.

Для визначення економічної ефективності необхідно знати повну собівартість пристрою:

$$C_n = C_{\epsilon} + HB_{\epsilon} = 274,76 + 11 = 285,76. \quad (11.9)$$

Із цієї суми затрати на матеріали становлять 130,6 грн. Оскільки дана розробка аналогових та дискретних каналів вводу-виводу існувала як основна практична робота студентів університету і необхідна для виконання навчального плану, то собівартістю пристрою можна вважати лише матеріальні затрати.

Одним із аналогів на ринку автоматизації є програмовані логічні контролери фірми Moeller серії EASY800. Середня вартість яких становить близько 256 € – 280 €, тобто до 3200 грн. Але проєктований контролер має у 2 рази більше виходів, що є досить суттєвою перевагою. При тому, дана собівартість розрахована для одиночного екземпляра. При виготовленні у кількості, принаймні, від 10 шт. і більше відчутно знижується вартість компонентів. Також суттєво знижується вартість виготовлення друкованих плат, оскільки найдорожчим є виготовлення трафарету. Проведений аналіз показав, що при виготовленні аналогових та дискретних каналів вводу-виводу ПЛК у кількості від 10 шт., його вартість зменшується близько 40%, а це становить 78,36 грн від затрат на матеріали.

Отже, можна сказати, що розробка аналогових та дискретних каналів вводу/виводу є економічно вигідною.

Контрольні питання

1. Дати пояснення поняття «техніко – економічна ефективність».
2. Назвати кваліфікації витрат.
3. Що таке калькулювання та собівартість?
4. Для чого створюється комп'ютеризований комплекс або пристрій?

5. Що таке невиробничі витрати?

Література: [4], стор. 163 – 178.

Практичне завдання №12

Тема. Техніко-економічне обґрунтування застосування регульованого електроприводу вентиляторів

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

Короткі теоретичні відомості

У сучасних методиках по визначенню економічної ефективності до нової техніки відносять: 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 й 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 впроваджені (або вже впроваджені) результати науково-дослідницьких і прикладних робіт, винаходів, раціоналізаторських пропозицій й 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 в порівнянні 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. Таким чином, економічна ефективність розглядається як сукупність всіх показників економічної оцінки 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; $N_o = 365$ – днів у році; $\Delta P_e = 565$ – економія потужності при регулюванні, кВт, Коефіцієнт корисної дії перетворювача $\eta_n \approx 0,96$.

Дані для розрахунку приведені у табл. 12.1.

Варіант	Потужність двигуна, P_H , кВт	Ступінь відкриття заслонки, C_o
1	2550	0,80
2	2555	0,85
3	2564	0,86
4	2500	0,87
5	2556	0,84
6	2540	0,81
7	2650	0,82
8	2670	0,81
9	2657	0,84
10	2588	0,85

Приклад виконання практичного заняття

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

Межі положень дросельних заслінок при стабільній роботі 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:

– при повністю відкритому напрямному апарату:

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

– при відкритому на 50% напрямному апарату:

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

– при закритому напрямному апарату:

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

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

Таким чином, для двигуна з великою потужністю коефіцієнт завантаження буде менше.

Допоміжним режимом для машин по виробництву окатишів 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 при

навному способі регулювання продуктивності вона (продуктивність) пропорційна ступеню відкриття дросельної залежності C_0 . Тоді при потужності 85% від номінальної маємо $87 \div 90\%$ ступінь відкриття заслінки. Таким чином, продуктивність вентилятора дорівнює $87 \div 40\%$ від номінальної.

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

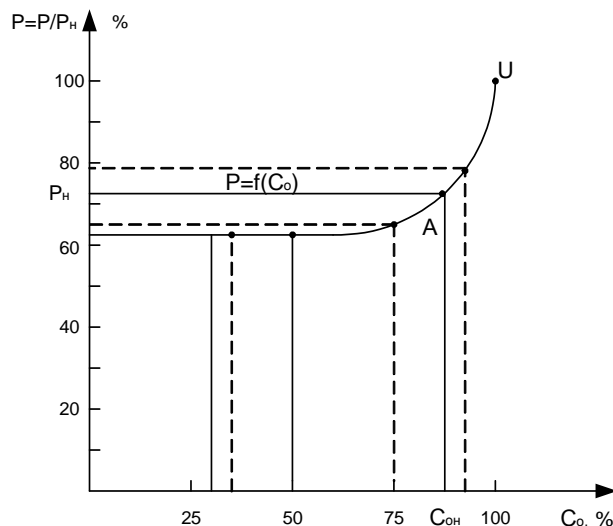


Рисунок 12.1 – Дослідна крива споживаної потужності у функції ступеня відкриття дросельної заслінки (C_0 – ступінь відкриття; $P = P/P_n$ – відносна активна потужність)

У такий спосіб заданий технологічний режим може бути отриманий при $87 \div 90\%$ швидкості обертання й повністю відкритій дросельній заслінці.

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

Потужність, споживана вентилятором при відкритій заслінці, але з меншою швидкістю обертання визначається за формулою:

$$P_{в\omega} = P_n \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^3 = P_n (\nu)^3 = P_n (0,87)^3. \quad (12.1)$$

З урахуванням формули 12.1, можна також записати:

$$P_{в\omega} = P_n (C_0)^3, \quad (12.2)$$

при керуванні дросельною заслінкою:

$$P_{вр} = P_n \cdot C_0, \quad (12.3)$$

зниження споживаної потужності безпосередньо вентилятором визначається за формулою:

$$\Delta P_e = P_{ep} - P_{e\omega} = P_n (C_0 - C_0^3), \quad (12.4)$$

при $P_n = 2570$ кВт; $C_0 = 0,87$:

$$\Delta P_e = 2570(0,87 - 0,87^3) = 543,555.$$

У такий спосіб при використанні регульованого електропривода формально може бути зекономлена потужність ΔP_e залежно від ступеня відкриття заслінки

При $C_0 = 0,87$; $\Delta P_e = 575$ кВт;

– $C_0 = 0,9$; $\Delta P_e = 493$ кВт;

– $C_0 = 0,95$; $\Delta P_e = 270$ кВт;

– $C_0 = 0,97$; $\Delta P_e = 246$ кВт;

– $C_0 = 1,0$; $\Delta P_e = 0$ кВт.

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

При роботі регульованого електропривода варто враховувати потужність втрат всіх елементів, що входять у структуру перетворювальних пристроїв:

- розподільчого трансформатора живлення. Коефіцієнт його корисної дії становить $\eta_T = 0,97 \div 0,98$, причому частина із цих втрат не залежить від навантаження;
- перетворювача частоти, що включає випрямний й інвертований модулі. Втрати перетворювача практично пропорційні струму в першому ступені. Коефіцієнт корисної дії перетворювача $\eta_n \approx 0,96 \div 0,95$.

Отже, сумарний ККД системи складе:

$$\eta_c = \eta_T \cdot \eta_n = (0,97 \div 0,98) \cdot (0,96 \div 0,95) = 0,95 \div 0,94. \quad (12.5)$$

Втрати на перетворення енергії максимальні при максимальній швидкості двигуна. Втрати при керуванні напрямним апаратом мінімальні при

максимальній 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 рисунку 12.2. Якщо врахувати, що при роботі двигуна в області частот $47 \div 50$ Гц його ККД практично не змінний, то можна визначити граничну точку, при якій більш вигідна робота установки з нерегульованим електроприводом.

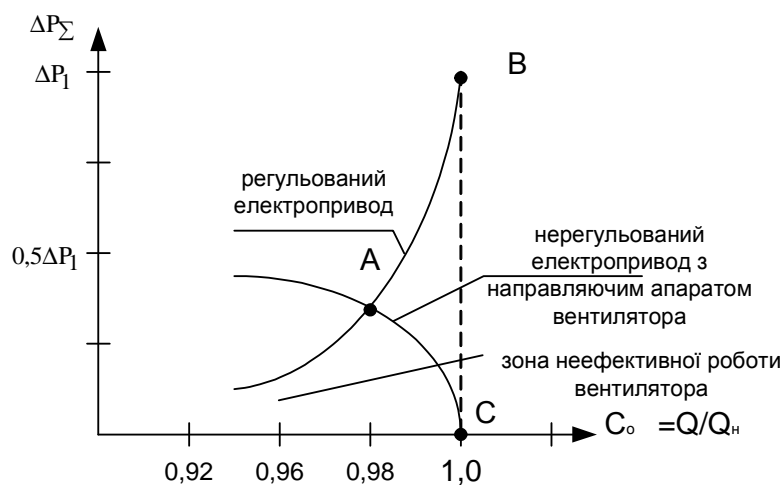


Рисунок 12.2 – Діаграма ефективності робочого вентилятора

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

Розрахунок показує, що при ступені відкриття заслонки $0,98 \div 0,975$ регульований електропривод повинен переводитися на нерегульований варіант шляхом підключення двигунів на мережу й відключення перетворювача частоти.

При зміні швидкості обертання момент (струм двигуна) пропорційний квадрату швидкості. Отже, якщо максимальним технологічним режимом є нинішній (при ступені відкриття дросельної заслінки 87%) момент на валу буде дорівнює $0,76$ номінального.

Отже, потужність перетворювача частоти складе:

$$P_{пч} = 0,76 \cdot P_n = 0,76 \cdot 2740 \approx 2100 \text{ кВт.} \quad (12.6)$$

Якщо технологічне відкриття заслінки C_0 (на цей режим настроюється технологія при нерегульованому електроприводі), то момент перетворювача частоти:

$$P_{nc} = \frac{C_0^2}{100} \cdot P_n. \quad (12.7)$$

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:

$$\Delta P_p = \Delta P_e t_c n N_d, \quad (12.8)$$

де $t_c = 8$ – тривалість зміни, год; $n = 3$ – кількість змін; $N_d = 365$ – днів у році; $\Delta P_e = 575$ – економія потужності при регулюванні, кВт.

$$\Delta P_p = 575 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 365 = 5037 \text{ МВт год.}$$

Тоді річний економічний ефект буде:

$$E_p = \Delta P_p T_e, \quad (12.9)$$

де $T_e = 0,355$ – тариф на електроенергію, грн.

$$E_p = 5037 \cdot 10^6 \cdot 0,355 = 1788135 \text{ грн.}$$

Загальна сума капіталовкладень (вартість перетворювача частоти):

$$K_e = K_{nc} K_e, \quad (12.10)$$

де $K_{nc} = 827098$ вартість перетворювача частоти, євро; $K_e = 10.05$ – курс євро.

Тоді $K_e = 827098 \cdot 10.05 = 8312334$ грн.

Строк окупності:

$$T_{ok} = \frac{K_e}{E_p} = \frac{8312334}{1788135} = 4,5 \text{ років.} \quad (12.11)$$

Контрольні питання

1. Пояснити поняття «нова техніка» та назвати виділити її аспекти.
2. Виділити межі положень дросельних заслонок.
3. Охарактеризувати режими роботи вентиляторів.

4. Пояснити методику розрахунку режиму роботи вентилятора.
5. Пояснити техніку – економічну ефективність застосування приводу вентилятора.

Література: [16], стор. 204 – 260.

Перелік теоретичних питань щодо самостійної роботи студентів

Питання для самоопрацювання

Тема №1 Основні напрями науково-технічного прогресу і види нової техніки. Економічна ефективність. Види економічного ефекту.

Питання для самоперевірки

1. Пояснити поняття економічного ефекту.
2. Виділити види економічного ефекту.
3. Визначити сутність економічної ефективності.
4. Назвати відмінності первинного від інтегрального економічного ефекту.
5. Охарактеризувати методику визначення експлуатаційних витрат.

Література: [1], стор. 121 – 140, [2], стор. 45 – 80.

Тема №2 Показники технічного рівня і ефективності нової техніки та технологій. Сутність економічної ефективності. Критерії і показники економічної ефективності.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть в чому полягає економія загальних капітальних вкладень.
2. Пояснити економічну ефективність нової техніки.
3. Дати визначення сумарному економічному ефекту.
4. Охарактеризувати методику розрахунку економічного ефекту обладнання.
5. Перелічити відмінності якісної та кількісної оцінки нової техніки.

Література: [2], стор. 53 – 69, [3], стор. 44 – 78, [6], стор. 255 – 288.

Тема №3 Узалагнюючі показники економічної ефективності.
Сумарний економічний ефект. Нормативний коефіцієнт ефективності.
Економічні результати.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризувати основні показники економічного ефекту при використанні віртуального стенда.
2. Пояснити поняття «сумарний економічний ефект».
3. Як визначається нормативний коефіцієнт ефективності?
4. Пояснити призначення економічної ефективності нової техніки.

Література: [8], стор. 123 – 209, [9], стор. 144 – 158, [12], стор. 199 – 222.

Тема №4 Економічна ефективність та її показники. Термін окупності додаткових витрат на підвищення якості продукції. Економічний ефект у виробника.

Питання до самоперевірки

1. Привести нормативний термін окупності додаткових витрат.
2. Пояснити оптимальне значення показників якості продукції.
3. Пояснити відмінності показника якості продукції від збитку продукції.
4. Дати визначення граничному значенню показника якості продукції.
5. Назвати властивості річного економічного ефекту.

Література: [1], стор. 50 – 60, [2], стор. 70 – 100, [3], стор. 55 – 68, [4], стор. 300 – 325.

Тема №5 Порядок складання техніко-економічного обґрунтування.
Розрахунок річного обсягу продукції. Розрахунок експлуатаційних витрат.

Питання до самоперевірки

1. Назвати основні елементи розрахунку економічного ефекту на прикладі впровадження автоматизованого електроприводу.
2. Охарактеризувати методику розрахунку показників надійності.
3. Перелічити відмінності розрахунку річного обсягу продукції та експлуатаційних витрат.
4. Охарактеризувати методику розрахунку економічного ефекту.

5. Дати визначення техніко – економічній ефективності.

Література: [9], стор. 255 – 270, [10], стор. 150 – 180, [13], стор. 65 – 75.

Тема №6 Розрахунок параметрів енергетики. Можливості споживачів у завданнях економії енергоресурсів. Економічна ефективність режиму енергопостачання.

Питання до самоперевірки

1. Охарактеризувати стан електроенергетики на даний час в країні.
2. Назвати способи керування енергією.
3. Виділити основні можливості споживачів при завданнях економії енергоресурсів.
4. Пояснити економічну ефективність режиму енергопостачання на підприємстві.
5. Охарактеризувати методику розрахунку вартості електроенергії

Література: [15], стор. 223 – 226, [16], стор. 230 – 240.

Тема №7 Фактори й резерви підвищення ефективності технічного рішення. Технічний розвиток та техніко-технологічні інновації. Науково-технічні передумови енергоресурсозбереження в електромеханічних системах.

Питання до самоперевірки

1. Назвати особливості розвитку техніко-технологічних інновацій.
2. Охарактеризувати основні показники оцінки техніко-організаційного рівня виробництва.
3. Надати характеристику науково-технічним передумовам енергоресурсозбереження в електромеханічних системах.
4. Пояснити поняття «технічне рішення».
5. Дати характеристику основним факторам підвищення економічної ефективності.

Література: [11], стор. 90 – 126, [12], стор. 155 – 180, [14], стор. 70 – 100.

Тема №8 Методика економічної оцінки впровадження засобів електрифікації й автоматизації виробництва. Умови вибору найбільш економічного ефективного варіанта технічного рішення.

Питання до самоперевірки

1. Назвати основні етапи розрахунку техніко – економічного обґрунтування регульованого електроприводу.
2. Дати характеристику основним показникам засобів електрифікації й автоматизації технологічних процесів.
3. Виділити основні умови вибору ефективного варіанта технічного рішення з економічної точки зору.
4. Назвати основні етапи економічної оцінки автоматизації виробництва.
5. Виділити основні вимоги до економічної оцінки.

Література: [9], стор. 223 – 226, [17], стор. 90 – 140.

Тема №9 Методика оцінки рівня технічної оснащеності й ефективності Аналіз економічної ефективності виробництва. Оцінка стану енергетичної служби підприємства.

Питання до самоперевірки

1. Назвати методи й завдання економічного аналізу.
2. Надати оцінку технічної оснащеності й рівня електрифікації виробництва.
3. Проаналізувати стан економічної ефективності виробництва.
4. Виділити основні функції енергетичної служби підприємства.
5. Обґрунтувати основні завдання щодо рівня технічної оснащеності.

Література: [6], стор. 253 – 276, [7], стор. 250 – 260.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Продиус І. П., Філіпова С. В., Захарченко В. І., Балан О. С. Економіка підприємства. Короткий курс. Навчальний посібник. – Харків: Одісей, 2004. – 192 с.
2. Продиус Ю. І., Гончарук А. Г. Економіка виробництва: Навчальний посібник для студентів економічних і технічних спеціальностей усіх форм навчання. – Одеса: Астропринт, 1998. – 180 с.
3. Сапиро Е. С. Экономический анализ качества продукции. – М.: Экономика, 1988. – 93 с.
4. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства: Підручник. – К.: КНЕУ, 2000. – 528 с.
5. Зайцев А. Н. Экономика промышленного предприятия. – 3-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 358 с.
6. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: ИКФ „ЭКМОС”, 2002. – 304 с.
7. Варнеке Х. Расчет затрат для инженеров/Х. Варнеке, Х. Буллингер, Р. Хихерт, А. Фегеле; пер. с нем. – М.: 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. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: ИКФ, 2002. – 304 с.
10. Жежеленко И. В. и др. Эффективные режимы работы электротехнологических установок. – К.: Техніка, 1987. – 183 с.
11. Ильинский Н. Ф. Энергосбережение в электроприводе. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 127 с.
12. Ильинский Н. Ф., Москаленко В.В. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. – М.: Академия, 2008. – 208 с.

13. Кузнецов Б. В. Расчеты экономии электроэнергии. – Мн.: Беларусь, 1983. – 80 с.
14. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках / Лезнов Б. С. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
15. Можаяева С. В. Экономика энергетического производства. – СПб.: Лань, 2003. – 208 с.
16. Овчаренко А. С., Розинский Д. И. Повышение энергоэффективности электроснабжения промышленных предприятий. – К.: Техника, 1989. – 287 с.
17. Рей Д. Экономия энергии в промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
18. Рыбин А. И., Закиров Д. Г. Экономия электроэнергии при эксплуатации воздушных компрессорных установок. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 72 с.
19. Перекрест А.Л., Коренькова Т.В., Родькин Д.И. Системы активного регулирования параметров насосных комплексов: Монография. – К.: ЧП Щербатых А.В., 2011. – 179 с.
20. Черный А.П., Гладирь А.И., Осадчук Ю.Г. и др. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов: Монография. – К.: ЧП Щербатых А.В., 2005. – 272 с.
21. Черный А.П., Гладирь А.И., Осадчук Ю.Г. и др. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов: Монография. – К.: ЧП Щербатых А.В., 2006. – 277 с.

Методичні вказівки щодо виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни „Економічне обґрунтування технічних рішень” для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальностей: 7.05070204 – „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, 7.05070207 – „Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв”

Укладачі: доц. В.О. Огарь,
асист. Бойко Л.Г.

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, 39614