

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
„ ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В
ПУНКТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СИЛОВОГО
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ»

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент Синявський О.Ю.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

Шимко Я.О.
(підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент Коробський В.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦЕНТ, К.Т.Н.

/ОКУШКО О.В./

вчене звання і ступінь

підпис

” _____ ”

число

місяць

2025 р.
рік

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Шимку Ярославу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Тема бакалаврської роботи: «Заходи з підвищення енергоефективності в пункті
технічного обслуговування силового електрообладнання»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026.05.30
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- 1) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- 2) Правила будови електроустановок (електрообладнання спеціальних установок).
- 3) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- 4) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 5) Правила користування електричною енергією.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації завдань, вирішуваних у роботі.
- 2) Технологічна частина.
- 3) Електротехнічна частина роботи.
- 4) Спеціальне завдання: «Розробка енергозберігаючих засобів і організаційних заходів на пункті технічного обслуговування».
- 5) Охорона праці.
- 6) Висновки. Список використаних джерел.
- 7) Додатки.

Перелік графічних документів (за потреби):

- 1) ПТО і РЕО. План приміщення з нанесенням силового електрообладнання.
- 2) ПТО і РЕО. План приміщення з нанесенням електричних освітлювальних мереж.

3) Принцип роботи сонячного колектору. Загальний вигляд.

Основні організаційні заходи з енергозбереження на пункті ТО і РЕО.

4) Функціональна схема сонячної системи тепlopостачання пункту ТО і РЕО.

Дата видачі завдання _____ 03 листопада 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Коробський В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Шимко Я.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ

В сучасному світі, переважна більшість видів діяльності всіх соціальних та економічних суб'єктів (населення, бізнес, державний сектор) потребують енергії. Згідно з прогнозом Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency) до 2040 року споживання енергії збільшиться ще на 30% через суттєве підвищення енергопотреб в країнах, що розвиваються. При цьому, передовим центром впровадження енергоефективності є сьогодні і залишатиметься надалі Європейський Союз.

Забезпечення енергетичної безпеки України в умовах ринкової економіки потребує вирішення певних стратегічних проблем, серед яких чільне місце займає проблема ефективності використання енергії. Україна більш ніж на 50% залежить від імпорту паливно–енергетичних ресурсів (ПЕР).

Проблему ефективного використання палива, його економії без сумніву можна вважати головним важелем у подоланні кризи в економіці, досягнення соціальної, психологічної і політичної рівноваги у суспільстві.

Отримавши в червні 2022 року статус кандидата на членство в ЄС Україна юридично закріпила своє європейське майбутнє, а підготовка до членства передбачатиме завершення всеохоплюючої трансформації всіх сфер. Серед них однією із пріоритетних є, безумовно, енергоефективність та енергозбереження на рівні європейських стандартів.

Після ратифікації 14.07.2016 року Паризької кліматичної угоди Україна приєдналась до цієї міжнародної ініціативи протидії глобальному потеплінню, однією з головних причин якого вважається зростання викидів парникових газів в атмосферу. Основне завдання Паризької угоди – утримання приросту глобальної середньої температури в межах 1,5-2 градусів Цельсія вище індустриальних рівнів. Відповідно до договору його учасники зобов'язуються знижувати парникові викиди по відношенню до показника за 1990 рік шляхом Національно визначених внесків (НВВ).

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Відповідно до Другого національно-визначеного внеску (НОВ2) Україна націлена знизити викиди CO₂ на 65% до 2030 року від рівня 1990 року. Даний внесок України до Паризької угоди – це, по суті, концепція розвитку держави для досягнення екологічно і економічно доцільних перевтілень в усіх секторах економіки: енергетиці, промисловості, транспорті, будівлях, сільському і лісовому господарствах та управлінні відходами.

Військові дії в Україні, на жаль, вносять корективи у реалізацію даної концепції, але ні в якому разі не можуть завадити руху держави в даному напрямку. На Конференції з відновлення у м. Лугано (Швейцарія), Україна представила план будівництва 30 ГВт "зеленої" енергетики до 2032 року, що потребуватиме \$130 млрд інвестицій. План Відновлення спрямований на прискорення стійкого економічного зростання, енергетичну незалежність та Зелений курс.

План відновлення України, представлений в м. Лугано, на першому етапі до кінця 2023 року передбачає підвищення енергоефективності в секторі будівель на 5% (шляхом здійснення маловитратних заходів в існуючих будівлях та відбудови зруйнованих будівель до високого класу енергоефективності).

На етапі відновлення економіки 2023-2025 роки в плані ставиться завдання запровадження та забезпечення постійного вдосконалення системи енергетичного менеджменту на державному і муніципальному рівні, а також на підприємствах, зокрема відповідно до вимог стандартів та міжнародних угод - Підвищення енергоефективності в секторі будівель на 13% (шляхом відбудови зруйнованих будівель до рівня NZEB та термомодернізації найбільш енерговитратних будівель).

До переліку енергозберігаючих заходів можуть входити:

- впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання;
- проведення енергетичних обстежень, розроблення бізнес-планів з питань енергозбереження;
- виконання проектно-конструкторських робіт з урахуванням завдань з енергозбереження;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- закупівля, доставка, монтаж та введення в експлуатацію енергоефективного обладнання;
- оснащення місцевих підприємств житлово-комунального господарства сучасними засобами обліку, контролю та управління використанням паливно-енергетичних ресурсів і води;
- нормування обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів і води, моніторинг та перевірка досягнутого рівня енергозбереження;
- підготовка та перепідготовка кадрів, безпосередньо пов'язаних з реалізацією енергозберігаючих заходів.

Обґрунтування доцільності та ефективності реалізації енергозберігаючих заходів:

- обґрунтування доцільності та техніко-економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів на етапі їх включення до місцевої програми розвитку житлово-комунального господарства є обов'язковим;
- аналіз запропонованих енергозберігаючих заходів щодо підтвердження доцільності та ефективності їх реалізації здійснюється Спостережною радою з енергозбереження органу місцевого самоврядування як невід'ємна складова стратегічних планів розвитку підприємств житлово-комунального господарства;
- порядок та строки проведення аналізу щодо підтвердження досягнутого рівня економії паливно-енергетичних ресурсів та води узгоджуються підприємствами з енергосервісними компаніями, іншими інвесторами на етапі укладання договорів;
- проведення енергетичного обстеження для визначення фактичних обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів та води на момент укладання договорів і обґрунтування висновків щодо рівня підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та води є обов'язковим;

- витрати на проведення енергетичних обстежень є обґрунтованими і зараховуються до витрат Фонду енергозбереження підприємств на реалізацію енергозберігаючих заходів.

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи визначено на основі аналізу діяльності об'єкту проектування та завдання кафедри ЕЕЕ:

- проаналізувати стан експлуатації електроустановок;
- вибрати технологічне обладнання для пункту ТО і ПР електрообладнання;
- розробити електротехнічну частину пункту;
- розробити енергозберігаючі засоби і організаційні заходи на пункті ТО і РЕО.

Метою бакалаврської роботи є розробка основних положень електрифікації виробничо-технологічних процесів та енергозберігаючих засобів і організаційних заходів на пункті ТО і РЕО.

Об'єкт дослідження – система електрообладнання, технологічні процеси на пункті технічного обслуговування з ремонту силового електрообладнання, енергозберігаючі засоби і організаційні заходи.

Предметом дослідження є фізико-механічні процеси, що відбуваються в системі електрообладнання і, які призводять до несправностей та відмов, та процеси, що відбуваються в сонячних геліоколекторах.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний. Теоретичні дослідження стану електрообладнання базуються на загальній теорії перехідних процесів та теорії математичного моделювання і теорії інформації.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз існуючої ремонтно-обслуговуючої бази

В сільськогосподарському підприємстві створена і існує енергетична служба. До її недоліків слід віднести :

- відсутність сучасної ремонтно-обслуговуючої бази;
- недостатню забезпеченість запасними частинами і ремонтним фондом;
- недостатню чисельність та низьку дисципліну персоналу.

Ці недоліки призводять до того, що серійне електрообладнання має фактичний термін служби нижчий, ніж той, що гарантує завод-виробник.

Врешті-решт, недоліки в організації енергетичної служби призводять до збільшення собівартості продукції, що виробляється в господарстві.

2.2 Обґрунтування і вибір проекту пункту технічного обслуговування і поточного ремонту енергетичного обладнання (ПТО і РЕО)

Найбільш широке розповсюдження набули проекти пунктів технічного обслуговування і ремонту енергообладнання в господарствах на 4200 умовних ремонтів на рік (18060 люд.-год/рік) і на 2100 умовних ремонтів на рік (9030 люд.-год/рік).

Вказаний пункт ТО і РЕО призначений для проведення технічного обслуговування, поточного ремонту електричного, теплового, теплосилового, холодильного обладнання, усунення раптово виникаючих пошкоджень і несправностей, сушіння, просочування і фарбування, підготовчо-монтажних, налагоджувальних і зварювальних робіт.

Поточному ремонту підлягають малогабаритні електроустановки, а також окремі деталі і збірні одиниці різноманітних видів енергообладнання.

До складу ПТО і РЕО входять наступні виробничі і допоміжні приміщення:

1. Бокс для стоянки спецавтомобіля типу «Lanos-Pickup». В боксі передбачено ТО і дрібний ремонт спецавтомобіля. Є оглядова яма, слюсарний

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

верстат, секції стелажа для збереження запасних частин і слюсарних інструментів, підйомних гідравлічний з ручним приводом.

2. Дільниця фарбування. Призначена для можливості фарбування електрообладнання після виконання ТО і ПР (якщо необхідно). В приміщенні розташована камера для фарбування, шафа для малярних інструментів, фарборозпилювач тощо.

3. Дільниця просочування і сушіння. Вона призначена для виконання робіт з просочування і сушіння обмоток асинхронних електродвигунів, трансформаторів, автотрансформаторів та інших виробів. Є стелаж, сушильна шафа, ванна для миття, витяжна шафа тощо.

4. Приміщення складу. Призначений для зберігання інструменту, монтажних належностей, запасних частин, обладнання яке пройшло ТО або ПР, або демонтовано для проходження ТО або ПР.

5. Ремонтно-монтажна дільниця. Є основним виробничим приміщенням. В ній проводиться основний об'єм робіт з розбирання, дефектування, миття та очищення обладнання. Типовим проектом передбачено встановлення стендів для ремонту і регулювання ПРА, освітлювальних установок, електродвигунів, пароводозабірної арматури, перевірки приладів автоматики, установки для миття, консольного підвісного крану та іншого підвісного обладнання.

6. Дільниця заготовлення конструкцій. Проводяться не складні роботи з ремонту ремонтнопридатних деталей та вузлів, а також свердлильні та шліфувальні, зварювальні та інші роботи.

7. Побутові приміщення.

8. Кабінет майстра.

9. Венткамера. В ній встановлено витяжний вентилятор для відсмоктування пилу та шкідливих парів із приміщень пункту.

10. Електрощитова, в ній встановлені електросилові розподільчі пункти та освітлювальні щитки.

Характеристика основних і допоміжних приміщень ПТО і РЕО наведена в табл. 2.1.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Характеристика основних і допоміжних приміщень ПТО і РЕО

Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщень			
		за умовами оточуючого середовища	за ступенем враження електричним струмом	за ступенем вогнестійкості	за надійністю електропостачання
Бокс для стоянки автомобіля	54,1	сухе	без підвищеної безпеки	В	ІІІ
Дільниця фарбування	11,5	сухе	без підвищеної безпеки	А	ІІ
Дільниця просочування і сушіння	17,6	сухе	з підвищеною небезпекою	А	ІІ
Склад	34,7	сухе	без підвищеної небезпеки	В	ІІ
Ремонтно монтажна дільниця	67,3	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Дільниця заготівлі конструкцій	35,5	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Кабінет майстра	9,3	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
Побутові приміщення:					
- кімнати спецодягу	18,0	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
- душова	5,25	особливо вологе	з підвищеною небезпекою	Д	ІІІ
- тамбур	10,4	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
- санвузол	9,0	вологе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
Венткамера	56,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Електрощитова	10,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ

2.3 Визначення складу дільниць пункту технічного обслуговування

Пункт технічного обслуговування повинен забезпечувати:

- проведення ПР електрообладнання згідно переліку робіт передбачених системою ПЗР і ТО;

- зберігання матеріалів і запасних частин в об'ємах необхідних для безперебійного забезпечення ТО або робіт з поточному ремонту;
- зберігання технічної документації, захисних засобів, інструментів і пристосувань.

Для проведення робіт з ТО та ПР необхідно передбачити наступні ділянки:

- ремонтно-монтажна;
- заготівлі конструкцій;
- фарбування;
- просочування і сушіння;
- витратний склад

Загальна виробнича площа кожної ділянки визначається за формулою:

$$F_{\text{уч}} = P \cdot f_p + F_{\text{об}}, \quad (2.1)$$

де P – кількість робочих місць чи стандартних приладів на одне робоче місце;

f_p – питома площа на одне робоче місце, м^2 ; $f_p = 17 \text{ м}^2$;

$F_{\text{об}}$ - сумарна площа контуру, що займає технологічне і допоміжне обладнання, м^2 .

Визначаються необхідні площі конкретних виробничих ділянок.

1. Ремонтно-монтажна ділянка:

$$P=3, f_p=17 \text{ м}^2, F_{\text{об}}=13,25 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{д1}}=3 \cdot 17 + 13,25 = 64,3 \text{ м}^2.$$

2. Ділянка заготівлі конструкцій:

$$P=2, f_p=17 \text{ м}^2, F_{\text{об}}=5,3 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{д2}}=2 \cdot 17 + 5,3 = 39,3 \text{ м}^2.$$

3. Ділянка просочування і сушіння:

$$P=1, f_p=17 \text{ м}^2, F_{\text{об}}=4,3 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{д3}}=1 \cdot 17 + 4,3 = 21,3 \text{ м}^2.$$

4. Ділянка фарбування:

$$P=1, f_p=9 \text{ м}^2, F_{\text{об}}=2,7 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{уд4}}=1 \cdot 9 + 2,7 = 11,7 \text{ м}^2.$$

5. Склад:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$F_{\partial 5}=34.7 \text{ м}^2.$$

6. Кабінет інженера – електрика:

$$F_{\partial 6}=9,3 \text{ м}^2.$$

7. Венткамера. $F_{\partial 7}=56 \text{ м}^2$, вентилятори встановлені в двох приміщеннях площею 35 м^2 і 21 м^2 .

8. Кімната спецодягу:

$$P=11, f_p=1 \text{ м}^2, F_{\partial 6}=7 \text{ м}^2;$$

$$F_{\partial 8}=11 \cdot 1 + 7 = 18 \text{ м}^2.$$

9. Душова:

$$F_{\partial 9}=9 \text{ м}^2.$$

10. Санвузол:

$$F_{\partial 10}=5,25 \text{ м}^2.$$

11. Електрощитові:

$$F_{\partial 11}=10 \text{ м}^2.$$

12. Тамбур:

$$F_{\partial 12}=10,4 \text{ м}^2.$$

Експлікація приміщень наведена на слайдах презентації та графічній частині роботи (листи №1 та №2).

2.4 Вибір технологічного обладнання

Розміщення обладнання на окремих ділянках проведено з урахуванням послідовності ремонту і механізації передавальних операцій.

Для налагодження електрообладнання, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації застосовують пересувну електролабораторію ЕНЛ – на базі автомобіля «Lanos-Pickup». Джерелом живлення є зовнішня мережа 220В/380В; кількість персоналу - 2 працюючих.

Лабораторія комплектується інструментами та приладами за допомогою яких виконуються вимірювання опору ізоляції обмоток електричних машин та іншого обладнання, випробування силових кабелів напругою до 10 кВ, вимірювання опору на постійному струмі, контурів заземлення і заземлюючих

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

пристроїв, визначення групи з'єднання обмоток трансформаторів, полярності обмоток електричних машин тощо.

В додатку Б (табл. Б.1) наведена специфікація основного технологічного обладнання, встановленого на ділянках та в приміщеннях пункту. Перелік інструментів для оснащення пункту ТО і ПР та пересувної електролабораторії наведено також в додатку Б (табл. Б.2).

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЛУЖБИ

3.1 Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища

В роботі здійснюється перевірка електродвигунів за потужністю, частотою обертання, електричною модифікацією, конструктивним виконанням, способом монтажу, часом розгону, нагріванням під час пуску, на відповідність умовам навколишнього середовища.

Для перевірки параметрів електродвигуна візьмемо вентиляційне обладнання, а саме електродвигун приводу витяжного вентилятора відцентровому промисловому вентилятору ВР 287-46 (ВЦ 14-46) №2,5 НЖ, який розміщений на ділянці просочування і фарбування.

Технічні дані вентилятора :

- подача $L = 1760 \text{ м}^3/\text{год} = 0,488 \text{ м}^3/\text{с}$;
- тиск $p = 48 \text{ кг/м}^2 = 470,4 \text{ Па}$;
- частота обертання $n = 2780 \text{ об/хв}$.

Оскільки частота обертання вентилятора $n = 2780 \text{ об/хв}$, то необхідно вибрати двигун з синхронною частотою обертання $n_c = 3000 \text{ об/хв}$.

Навантаження на електродвигун стає, режим роботи електродвигуна тривалий - S1. Конструктивне виконання електродвигуна згідно з [23] приймаємо ІМ 1081 - двигун на лапах з двома підшипниками, з одним циліндричним кінцем валу, положення в просторі будь-яке. Ступінь захисту електродвигуна від впливу навколишнього середовища IP54.

Потужність, кВт, споживана вентилятором, визначається за формулою :

$$P_{\text{в}} = L \cdot p / (1000 \cdot \eta_{\text{в}}), \quad (3.1)$$

де L - подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;

p - тиск вентилятора, Па;

$\eta_{\text{в}}$ - ККД вентилятора, $\eta_{\text{в}} = 0,8$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Звідси:

$$P_v = 0,488 \cdot 470,4 / (1000 \cdot 0,8) = 0,29 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна для приводу вентилятора визначається за формулою:

$$P_{\text{дв.ном}} \geq K_{\text{зан}} \cdot P_v / \eta_{\text{пер}}, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{зан}}$ - коефіцієнт запасу, який залежить від типу і потужності електродвигуна, $K_{\text{зан}} = 1,5$;

$\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі; оскільки вал електродвигуна і вал вентилятора з'єднані жорстко, то $\eta_{\text{пер}} = 1$.

$$P_{\text{дв.ном}} = 1,5 \cdot 0,29 / 1 = 0,435 \text{ кВт.}$$

Вибирається електродвигун загальнопромислового виконання з найближчою більшою номінальною потужністю - АИР63В2У2.

Паспортні дані електродвигуна :

$$P_{\text{н.дв.}} = 0,55 \text{ кВт;} \quad I_n = 1,31 \text{ А;} \quad \eta = 75\%;$$

$$\cos \varphi = 0,85; \quad N_n = 2730 \text{ об/хв.;} \quad M_{\text{пуск}}/M_n = 2,2;$$

$$M_{\text{min}}/M_n = 1,8; \quad \mu_k = M_{\text{max}}/M_n = 2,2; \quad J_p = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Виконується перевірка вибраного електродвигуна на відповідність робочій машині, тобто відцентровому промислового вентилятору ВР 287-46 (ВЦ 14-46) №5 НЖ.

Використовуючи каталожні дані електродвигуна [23], побудуємо його природну механічну характеристику $M_{\text{дв.}} = f(n)$ за п'ятьма точками.

1 точка - неробочий хід

$$M_I = 0; \quad s_I = 0;$$

2 точка - номінальний режим роботи

$$M_3 = M_n; \quad s_2 = s_n;$$

$$M_n = 9550 \cdot P_{\text{н.дв.}} / n_n, \quad (3.3)$$

де M_n - номінальний обертовий момент електродвигуна, Н·м;

$P_{\text{н.дв.}}$ - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

n_n - номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$s_n = (n_c - n_n)/n_c, \quad (3.4)$$

де s_n - номінальне ковзання двигуна;

n_c - синхронна частота обертання, об/хв..

Підставивши дані в формули (3.3) та (3.4), отримаємо:

$$M_n = 9550 \cdot 0,55 / 2730 = 1,92 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_n = (3000 - 2730) / 3000 = 0,09.$$

3 точка - точка максимального моменту

$$M_3 = M_{max}; s_3 = s_{max} = s_{кр};$$

$$M_{max} = \mu_k \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Нм}.$$

$$s_{кр} = \frac{s + \sqrt{s_{кр} \frac{\mu_{кр} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \frac{\mu_{кр} - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (3.5)$$

де $\mu_1 = M_{max}/M_{пуск}$, визначається як $\mu_1 = (M_{max}/M_n) / (M_{пуск}/M_n) = 2,2/2,2 = 1$.

Оскільки $\mu_1 = 1$, то формула (3.5) для розрахунку не підходить. Знаходимо $s_{кр}$ за довідниковими даними.

Таким чином, $M_{max} = 4,22 \text{ Нм}$; $s_{кр} = 0,54$.

4 точка - точка мінімального моменту:

$$M_4 = M_{min}; s_4 = 0,8.$$

$$M_{min} = 1,8 \cdot M_n = 1,8 \cdot 1,92 = 3,456 \text{ Нм}. \quad (3.6)$$

5 точка - точка пускового моменту:

$$M_5 = M_{пуск}; s_5 = 1;$$

$$M_{пуск} = \mu_n \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Нм}. \quad (3.7)$$

Визначимо дані для побудови штучної механічної характеристики $M'_{\partial в} = f(n)$ при зниженні напруги у споживача на $-5\% U_{ном}$.

При цьому використовується формула :

$$M' = (0,95)^2 \cdot M, \quad (3.8)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

де M - відповідні значення моментів електродвигуна, Нм.

Одержимо:

$$M'_{ном} = (0,95)^2 \cdot 1,92 = 1,73 \text{ Нм};$$

$$M'_{max} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Нм};$$

$$M'_{min} = (0,95)^2 \cdot 3,456 = 3,12 \text{ Нм};$$

$$M'_{пуск} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Нм}.$$

Другу штучну механічну характеристику $M''_{\partial в} = f(n)$ визначають відхилення моментів:

$$\Delta M_{кр(max)} = -10\%; \quad \Delta M_{min} = -20\%; \quad \Delta M_{пуск} = -15\%.$$

Тоді

$$M''_{max} = 0,9 \cdot M_{max} = 0,9 \cdot 4,22 = 3,798 \text{ Нм};$$

$$M''_{min} = 0,8 \cdot M_{min} = 0,8 \cdot 3,456 = 2,76 \text{ Нм};$$

$$M''_{пуск} = 0,85 \cdot M_{пуск} = 0,85 \cdot 4,03 = 3,43 \text{ Нм};$$

$$M''_н = M_н = 1,92 \text{ Нм}.$$

Розрахункові дані для побудови механічних характеристик електродвигуна АИР63В2У3 зводяться до табл. 3.1.

Механічну характеристику (рис. 3.1) робочої машини, в нашому випадку це - вентилятор, будуємо, використовуючи рівняння:

$$M_c = M_{ном} + (M_{с.ном} - M_{пoch}) \cdot (\omega / \omega_n)^x, \quad (3.9)$$

де M_c - момент статичних опорів вентилятора при частоті обертання n , Нм;

$M_{пoch}$ - момент статичних опорів тертя, Нм;

$M_{с.ном}$ - момент статичних опорів при номінальній частоті обертання вентилятора $n_{ном}$, Нм;

x - показник степеню, що характеризує групу машин. Для вентилятора $x = 2$.

$$M_{с.ном} = M_{н. \partial в} = 1,92 \text{ Нм};$$

$$M_{пoch} = 0,1 \cdot M_{с.ном} = 0,1 \cdot 1,92 = 0,192 \text{ Нм}. \quad (3.10)$$

Тоді

$$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30 = 3,14 \cdot 2780 / 30 = 290,98 \text{ рад/с}. \quad (3.11)$$

Підставимо різні значення частоти обертання n в формулу (3.9) і зводимо до табл. 3.2.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

**Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна
АИР63В2У2**

s	0	0,09	0,54	0,8	1	Найменування характеристики
M , Нм	0	1,92	4,22	3,456	4,22	природна $M = f(\omega)$
M' , Нм	0	1,73	3,81	3,12	3,64	штучна, при $\Delta U = -5\%$
M'' , Нм	0	1,92	3,798	2,76	3,43	штучна, при відхиленні моментів ΔM

Таблиця 3.2

**Дані для побудови механічної характеристики вентилятора
ВР 287-46 (ВЦ 14-46) №2,5 НЖ**

ω , рад/с	31,4	62,8	94,2	125,6	157,0	188,4	219,8	251,2	282,6	314,0
M , Н·м	0,21	0,27	0,37	0,51	0,69	0,91	1,18	1,48	1,82	2,20

На основі даних табл. 3.1 та табл. 3.2 будуємо механічні характеристики електродвигуна і вентилятора. Характеристики зображені на рис. 3.1.

На основі цих характеристик будуємо динамічну характеристику $M_{дин} = f(\omega)$:

$$M_{дж} = M_{ов} - M_c \quad (\text{побудована на рис. 3.1}).$$

Використовуючи динамічну характеристику $M_{дин} = f(\omega)$ визначаємо тривалість пуску електродвигуна t_n .

Для цього розбиваємо характеристику по осі ординат на рівні ділянки і для кожної ділянки графічно визначаємо середнє значення динамічного моменту. Тривалість пуску електродвигуна в цьому випадку:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (3.12)$$

де Δt_i - час пуску двигуна на i -тій ділянці, с;

$$\Delta t_i = j_{np} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta M_{i\text{сеп}}}, \quad (3.13)$$

де j_{np} - приведений момент інерції до валу електродвигуна, кг·м²;

$\Delta \omega_i$ - частота обертання на i -тій ділянці, рад/с;

$\Delta M_{i\text{сеп}}$ - середній динамічний момент на i -тій ділянці, Нм (рис. 3.1)-

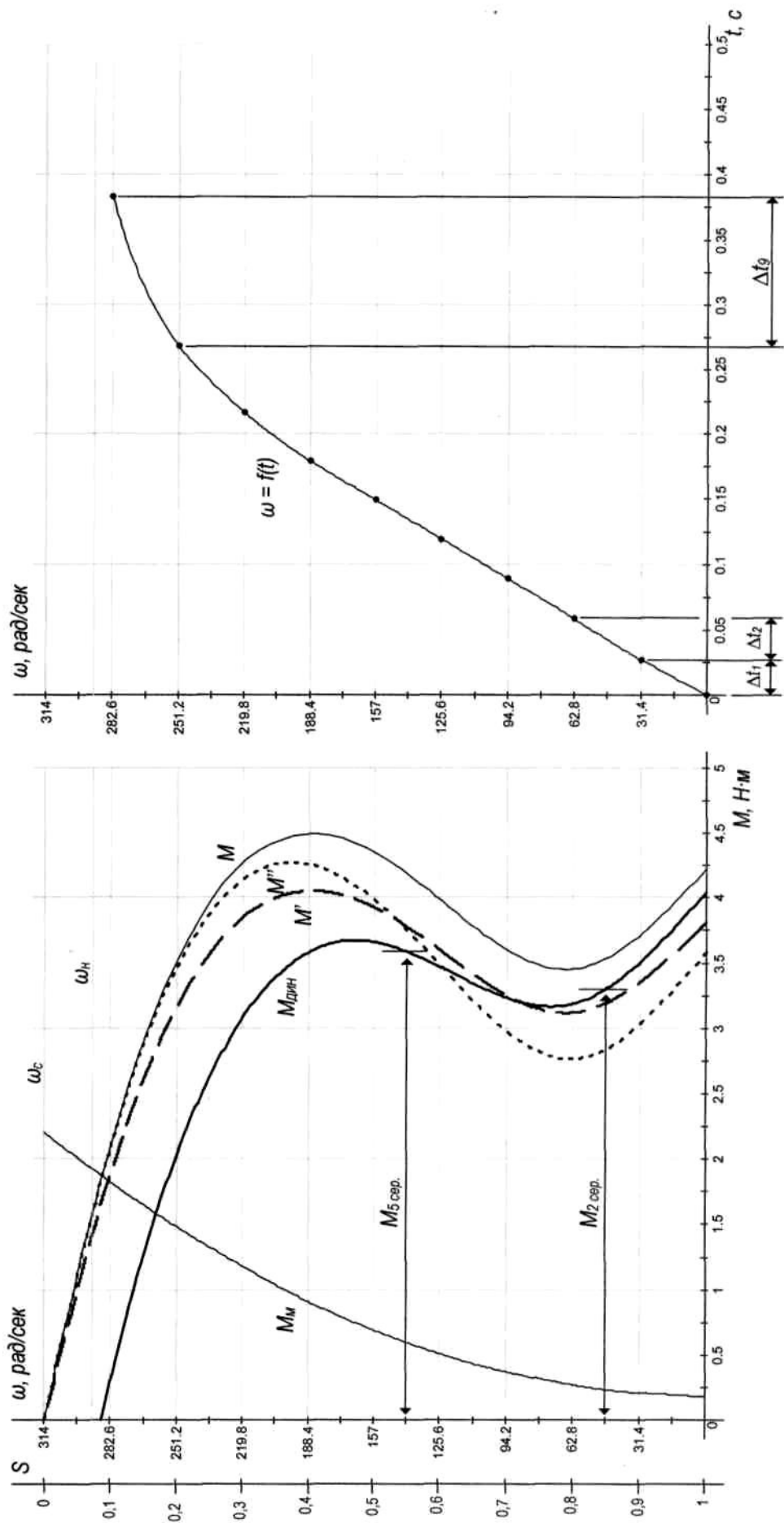


Рис. 3.1. Механічні характеристики електродвигуна АИР63В2У3. Визначення тривалості пуску електропривода графо-аналітичним способом.

$$j_{np} = J_{p.m} + J_{\partial\partial}, \quad (3.14)$$

де $J_{p.m}$ - момент інерції робочої машини, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$J_{\partial\partial}$ - момент інерції ротора двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$$J_{\partial\partial} = 0,9 \cdot 10^{(-3)} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Момент інерції робочої машини - вентилятора визначається за формулою:

$$J_{p.m} = m \cdot \rho^2, \quad (3.15)$$

де m - маса робочого колеса вентилятора, кг ;

ρ - радіус інерції робочого колеса вентилятора, м .

$$\rho^2 = R^2 / 2, \quad (3.16)$$

R - радіус робочого колеса вентилятора, м . $R = 0,125\text{м}$.

Тоді, підставивши в (3.16), отримаємо:

$$\rho^2 = 0,125^2 / 2 = 0,0078\text{м}^2.$$

Далі за формулою (3.15) отримаємо:

$$J_{p.m} = 0,3 \cdot 0,0078 = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{np} = 2,34 \cdot 10^{-3} + 0,9 \cdot 10^{-3} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Знаючи, що $\Delta \omega_1 \dots \Delta \omega_9 = 31,4 \text{ рад/с}$ та підставляючи дані в формулу (3.13), результати розрахунків заносимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахунок тривалості пуску електродвигуна

$\omega, \text{с}^{-1}$	$M_{icep}, \text{Нм}$	$t, \text{с}$	$t_n, \text{с}$
31,4	3,74	0,027	
31,4	3,28	0,031	
31,4	3,19	0,031	
31,4	3,38	0,030	
31,4	3,57	0,028	
31,4	3,3	0,030	
31,4	2,74	0,037	
31,4	1,93	0,052	
31,4	0,88	0,115	0,381

Отже, тривалість пуску електродвигуна $t_n = 0,381\text{с}$.

Визначимо збільшення температури обмотки статора протягом одного пуску, $\theta_{\text{пуск}}, [^{\circ}\text{C}]$:

$$\theta_{\text{пуск}} = V_t \cdot t_n, \quad (3.17)$$

де V_t - швидкість нагрівання обмотки статора, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$, $V_t = 8,1 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

Тоді

$$\theta_{\text{пуск}} = 8,1 \cdot 0,381 = 3,09^{\circ}\text{C}.$$

Клас нагрівостійкості ізоляції двигуна В, що відповідає допустимій температурі нагрівання обмотки статора 130°C [8].

Температура обмотки під час пуску збільшиться на $3,09^{\circ}\text{C}$, отже двигун не буде перегріватися.

3.2 Вибір пускозахисних апаратів та низьковольтних комплектних пристроїв керування

Якщо здійснювати реалізацію проекту ПТО і РЕО, то вказані в ньому апарати керування захисту електрообладнання мають відповідати вимогам ПУЕ і ПТЕ [8, 10]. Проводиться перевірка і вибір пускозахисної апаратури для одного з електроприводів - приводу витяжного вентилятора, встановленого в ремонтно-монтажній дільниці.

Паспортні дані електродвигуна АИР80В4У3: $P_{\text{н.дв.}} = 1,5\text{кВт}$; $I_{\text{н.}} = 3,6\text{ А}$; $\eta = 77\%$; $\cos \varphi = 0,83$; $n_{\text{н}} = 1395\text{ об/хв}$.

Умови вибору автоматичного вимикача в колі живлення двигуна:

1. $U_{\text{авт}} \geq U_{\text{мережі}}$;
2. $I_{\text{н.авт.вим}} \geq I_{\text{н.дв.}}$;
3. $I_{\text{т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$;
4. $I_{\text{ел.м.розр(відсічки)}} \geq I_{\text{неспр}}$;

У наведених нерівностях:

$U_{\text{авт}}, U_{\text{мер}}$ - відповідно номінальні напруги автоматичного вимикача і мережі, В;

$I_{н.авт.вим}$, $I_{н.дв}$ - відповідно номінальні струми автоматичного вимикача і електродвигуна, A ;

$I_{т.р}$ - струм теплового розчіплювача, A ;

$I_{неспр}$ - струм неспрацювання електромагнітного розчіплювача, A ;

$I_{відсічки}$ - струм відсічки електромагнітного розчіплювача, A .

Дані вибраного автоматичного вимикача ВА47-29-34. $U_{авт} = 500V$;
 $I_{н.авт.вим} = 16 A$; $I_{н.р.} = 4 A$.

Тоді:

$$I_{у.е.р} = 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 5 \cdot 3,6 = 27,3 A;$$

$$I_{відсічки} = 12 \cdot I_{н.р} = 12 \cdot 4 = 48 A.$$

Перевірка умов вибору :

$$1. U_{авт} = 500 V > U_{мер} = 380 V;$$

$$2. I_{н.авт.вим} = 16 A > I_{роб} = 3,6 A;$$

$$3. I_{н.р.} = 4 A > I_{роб} = 3,6 A;$$

$$4. I_{е.м.в.} = 48 A > 27,3 A.$$

5. За конструктивним виконанням автоматичний вимикач триполюсний, з електромагнітним розчіплювачем максимального струму; без допоміжних контактів. Ступінь захисту оболонки вимикача - IP30.

Повне позначення автоматичного вимикача : ВА47-29-34УЗВ.

Для дистанційного керування роботою двигуна вибираємо електромагнітний пускач серії ПМЛ, виконуючи такі умови вибору:

$$1. U_{пуск} \geq U_{мережі};$$

$$2. I_{н.пускера} \geq I_{н.дв};$$

$$3. I_{т.р.} \geq I_{н.дв};$$

$$I_{нагр.сл} \geq I_{н.дв} \text{ з наступним регулюванням струму неспрацювання на } I_{н.дв}.$$

За конструктивним виконанням:

$$4. U_{кот} = U_{к.к};$$

де $U_{пуск}$ - номінальна напруга пускера, V ;

$I_{н.пускера}$ - номінальний струм пускера, A ;

$I_{т.р}$ - номінальний струм теплового реле, A ;

$U_{кот}$, $U_{к.к}$ - відповідно напруга котушки і кола керування, V .

Перевіримо умови вибору:

$$1. U_{пуск} = 660V > U_{мер} = 380V;$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$2. I_{н.пуск} = 10A > I_{н.дв} = 3,6 A;$$

$$3. I_{тр.} = 10A > I_{н.дв} = 3,6 A .$$

4. Пускач з електротепловим реле, нереверсивний; ступінь захисту IP54, з кнопками “Пуск” і “Стоп”; кліматичне виконання О.

$$5. U_{ком} = 220 B = U_{к.к} = 220 B.$$

Повне позначення пускача ПМЛ – 1220.О4В.

Електротеплове реле РТЛ -1007.Об з діапазоном регулювання номінальної сили струму неспрацювання 2,6...4 А. Номінальна сила струму реле 25 А.

Отже, умови вибору виконуються.

Розрахунок внутрішніх електричних мереж зводиться до вибору перерізу струмоведучих жил проводів і кабелів за тривало-допустимим струмом. Розрахунковий струм - 3,6 А. Розподільча мережа виконується кабелем АВРГ 1(4х2,5). Тривало-допустимий струм кабелю АВРГ перерізом 2,5 мм² дорівнює 19 А [22].

Тоді, умова $I_{тр.доп.} = 19 A > I_{с.р.} = 3,6 A$, - виконується.

За умовою для тривало-допустимих струмів проводів з номінальними даними захисних апаратів:

$$I_{тр.доп.} / I_{н.с.р} > 1.$$

Для розподільчої мережі електродвигуна і вимикача ВА47-29-34УЗВ:

$$19 / 4 = 4,75 >> 1.$$

Тобто, умова виконується.

Для інших електроприймачів внутрішні розподільчі мережі вибираються аналогічно, а результати вибору зводяться до розрахунково-монтажної таблиці яка наведена в матеріалах презентації та на листу №1 графічної частини проекту.

Виходячи з умов навколишнього середовища, кількість груп електроприймачів, їх потужності, вибираємо головний розподільчий пункт і групові розподільчі пункти. В якості головного розподільчого пункту, приймається комплектний розподільчий пункт ПР 8501-096IP21У3 з шістьма автоматичними вимикачами ВА47-29-34; групових розподільчих пунктів - ПР8501-067IP21У3 з шістьма автоматичними вимикачами ВА 47-29-34 на лініях, що відходять.

Дані про вибір розподільчих пунктів заносимо в розрахунково-монтажну таблицю та на план пункту (лист №1 графічної частини).

3.3 Розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі

Застосування штучного освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності людей в умовах недостатнього природного освітлення. В приміщеннях ПТО і РЕО передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення, загальне і місцеве;
- переносне.

Напруга мережі робочого освітлення 220В, напруга живлення ламп 220В, переносного освітлення 36В.

Освітлення приміщень прийняті згідно з нормами. Робоче освітлення здійснюється світильниками з люмінесцентними лампами і лампами розжарювання. Переносне освітлення передбачене світильниками РП 6-2/36, від щита зі знижуючим трансформатором ЯТП-0.25.

Освітлювальний щиток вибирається типу ОЩВ 25-6 з сімома автоматичними вимикачами ВА47-2914.

Групові освітлювальні мережі виконані кабелем АВРГ, що прокладені по будівельних конструкціях на скобах і на тросу. Провід АПВ прокладено в сталевих трубах. Вид освітлення для приміщень ПТО і РЕО – робоче. Для ремонтно-монтажної ділянки приймаємо систему комбінованого освітлення, а для всієї решти приміщень – систему загального рівномірного освітлення.

Для приміщень ділянок просочування, сушіння, фарбування в якості джерел світла приймаємо світильники вибухозахисного виконання зі світлодіодними лампами, в туалеті, душовій, венткамері, коридорі, тамбурах, електрощитовій – подовжені світильники ОПАЛ-SL зі стрічковими світлодіодними лампами G13, а для решти приміщень - незахищені подовжені світильники ОПАЛ-SL зі стрічковими світлодіодними лампами (найкращі за показником ціна-якість).

Світлотехнічні розрахунки здійснюються для ремонтно-монтажної ділянки. Розрахунок проводиться методом використання коефіцієнту

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

світлового потоку з наступною перевіркою точковим методом. Для приміщень – електрощитової, гардеробу, туалету, душової, коридору, тамбура – методом питомої потужності.

Розрахунковий світловий потік для всього приміщення визначимо за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (3.17)$$

де Φ - розрахунковий світловий потік лампи, *лм*;

E - нормована освітленість, *лк*;

S - площа приміщення, *м²*;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,15$;

k - коефіцієнт запасу, для ламп розжарювання $k = 1,15$;

N - кількість світильників, *шт.*;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Подовжені світильники зі стрічковими світлодіодами у виробничих приміщеннях доцільно розміщувати рядами паралельно довгій стороні приміщення. Враховуючи конусне світлорозподілення прийнятих світильників, приймаємо відносну відстань між рядами світильників $\lambda = 1,4$.

Тоді отримаємо відстань між рядами світильників, *м*.

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (3.18)$$

де L - відстань між світильниками, *м*;

H_p - розрахункова висота, *м*.

$$H_p = H - (h_{p.n.} + h_{св}), \quad (3.19)$$

$$h_{св} = 2,2 \text{ м};$$

$$h_{p.n.} = 0,8 \text{ м}.$$

Тоді, $H_p = 6 - (0,8 + 2,2) = 3,0 \text{ м}$; $L = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ м}$.

Кількість рядів світильників:

$$N_p = (B - 2l) / L + 1, \quad (3.20)$$

де B – ширина приміщення, *м*; $B = 5,7 \text{ м}$;

l – довжина від крайнього світильника до стіни, *м*;

$$l = (0,8 - 0,5) \cdot L = 0,3 \cdot 4,2 = 1,26 \text{ м};$$

$$N_p = ((5,7 - 2 \cdot 1,26) / 4,2) + 1 = 1,76 \text{ шт.}$$

Приймається $N_p = 2$ ряди. Кількість світильників в ряду:

$$N_c = ((A - 2l) / L) + 1, \quad (3.21)$$

де A – довжина приміщення, м; $A = 16,7$ м.

$$N_c = ((16,7 - 2 \cdot 1,26) / 4,2) + 1 = 4,2 \text{ шт.}$$

Приймається $N_c = 5$ шт.

Визначається фактична відстань між світильниками:

$$L_{\phi c} = (A - 4 \cdot l_0) / 4 = ((16,7 - 4 \cdot 1,24) / 4) = 2,94.$$

де l_0 – довжина світильника, м; $l_0 = 1,24$ м.

Загальна кількість світильників: $N = N_p \cdot N_c = 2 \cdot 5 = 10 \text{ шт.}$

Коефіцієнт використання світлового потоку знаходимо залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбивання, індексу приміщення:

$$i = A \cdot B / (H_p(A+B)) = 16,7 \cdot 5,7 / (3 \cdot (16,7 + 5,7)) = 1,43. \quad (3.22)$$

Враховуючи матеріали стелі, стін, підлоги, приймається значення коефіцієнту відбивання: $\rho_1 = 70\%$ - стелі, $\rho_2 = 50\%$ - стін, $\rho_3 = 30\%$ - підлоги;

За таблицями [21] знаходиться η - коефіцієнт використання світлового потоку: $\eta = 0,41$.

Підставивши дані в формулу (3.17), отримаємо:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 67,3 \cdot 1,7}{8 \cdot 0,43} = 8392,9 \text{ лм.}$$

Приймаються світильники фірми ЕВРОСВЕТ типу 52Вт Опал-SL з стрічковими алюмінієвими світлодіодами з чіпами 2835, 6400К, 1200мм, світловий потік яких складає $F_n = 4500 \text{ лм.}$

Сумарний світловий потік 2 світильників:

$$\Phi_c = 2 F_n = 2 \cdot 4500 = 9000 \text{ лм.}$$

Згідно ДБН освітленість, створена додатковим місцевим освітленням на столах і верстатах повинна складати при освітленості 300 лк, світлодіодними лампами - 2600 лк.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		29

Приймаються для місцевого освітлення світильники МЛ-2х80, які встановлюють на стіні, створюють при розмірі світлової плями 600х1000 мм освітленість 800 лк.

Для допоміжних приміщень розрахунок освітленості здійснюємо методом питомої потужності за формулою:

$$P = \omega \cdot S / N, \quad (3.23)$$

де P - потужність ламп, $Вт$;

ω - питома потужність загального рівномірного освітлення, $Вт/м^2$;

N – кількість світильників, *шт.*;

S – площа приміщення, $м^2$.

Розраховується освітлення для приміщення венткамери (№12 на плані на позначці 2,8 м).

Попередньо приймаються світильники зі світлодіодними лампами (наприклад, типу НСП02). Норма освітленості для венткамери $E=75$ лк [26]. Коефіцієнт відбивання для стелі, стін, підлоги відповідно дорівнює: $\rho_1=50\%$, $\rho_2=30\%$, $\rho_3=10\%$; площа - $S=32м^2$.

Визначається індекс приміщення:

$$i = A \cdot B / (A_p(A + B)) = 5,8 \cdot 5,5 / (2,5 \cdot (5,8 + 5,5)) = 1,13.$$

Згідно вимог [20] визначається значення ω , знаючи площу приміщення, висоту підвісу світильників, освітленість робочої поверхні і коефіцієнти робочої поверхні: $\omega=1,1$ $Вт/м^2$. Тоді:

$$P = 1,1 \cdot 32 / 1 \cdot 3 = 11,7 \text{ Вт}.$$

Приймаються світлодіодні лампи типу MEGALAMP, потужністю 12 Вт, що аналогічні за світловим потоком лампам розжарювання потужністю 100Вт. Розрахунок освітлення для решти приміщень здійснюється аналогічним способом. Результати розрахунків заносяться до світлотехнічної відомості (табл. 3.9).

Живлення світильників здійснюється від розподільчого пункту ОЩВ 25-6 з лінійними автоматичними вимикачами на групах ВА47-2914.

Здійснюється вибір перерізу проводів проводиться для групи №4, яка живить світильники. Для групи $P_{уст}=0,86$ кВт.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунковий струм групи (з урахуванням втрат в ПРА для люмінесцентних ламп):

$$I_p = 1000 \cdot 0,9 \cdot P / U \cdot \cos \varphi = 860 \cdot 0,9 / 220 \cdot 0,85 = 3,7 \text{ A.} \quad (3.24)$$

Розрахунок внутрішніх електричних мереж зводиться до вибору перерізу проводів і кабелів за тривало-допустимим струмом:

$$I_{\text{тр.доп}} > I_n.$$

Проводка виконується проводом АППВ 3(1х2,5) на тросу, переріз струмоведучої жили - 2,5 мм² з $I_{\text{тр.доп}} = 19 \text{ A}$ [22].

Для решти груп розрахунок проводиться аналогічно, а результати розрахунків зводяться до розрахунково-монтажної таблиці освітлювальної мережі (лист №2 графічної частини).

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАСОБІВ І ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА СТАНЦІЇ

4.1. Сонячні колектори для опалення та води

Сонячні колектори – це інноваційна технологія, яка перетворює сонячну енергію в тепло. Але як саме працює сонячна батарея?

Принцип роботи сонячної батареї досить непростий. Адже для роботи сонячного колектору необхідна не тільки сама панель, але й цілий ряд допоміжних пристроїв, які беруть участь у роботі колектора. Сонячний колектор працює на одному з видів відновлюваної енергії - сонце. З появою нових технологій стало можливо перетворювати сонячну енергію в теплову і електричну.

Системи геліотермальних збирачів використовують для основного або додаткового джерела опалення приміщень, а також для приготування гарячої води. Існує кілька видів геліоколекторів серед них найбільш ефективними вважаються:

- плаский (панельний);
- трубчастий (вакуумний).

Плаский сонячний нагрівач складається з алюмінієвого або мідного адсорбенту, в якому циркулює теплоносій. Нижня частина адсорбенту покривається теплоізоляційним матеріалом. На протилежну сторону адсорбенту кладуть шар з прозорого загартованого скла з пониженим вмістом металів. Самий верхній шар складається з прозорого захисного шару. Чим більше площа поглинаючої панелі, тим більше сонячної енергії він здатний переробити в теплову. Якщо є нестача теплової потужності, то тоді розташуйте поруч ще одну панель. При попаданні променів сонця на площину панелі, через скло нагрівається теплоносій в адсорбенті і циркулює далі по трубосистемі.

Наприклад, пласка панель з розміром 2018x1037x89 см і площею адсорбера 1,82 м², за добу нагріває 170 літрів води.

Трубчастий геліотермальний нагрівач теплоносія складається з металевого каркаса, на якому закріплені скляні елементи колектора. Скляний елемент - це вакуумна колба, в середині якої поміщений металевий адсорбер, заповнений теплоносієм. Вакуум служить теплоізоляцією, що дає можливість ефективного використання трубчастого колектора при температурі -30оС. Як стверджують виробники, більш ефективно збирають енергію сонця - трубчасті колектори. Вакуумний збірник сонячної енергії з корисною площею поверхні в 1,6м2 (15 трубок) здатний нагріти 150 літрів води на добу. Для збільшення потужності колектора необхідно до існуючої конструкції додати потрібну кількість вакуумних труб або встановити поруч ще один колектор.

Геліотермальні нагрівачі води безпечні і не містять в своїх конструкціях шкідливих речовин, що дозволяє їх використовувати як в промисловості, так і в побуті. В якості теплоносія використовують воду, змішану з антифризом. Плaskі і трубчасті геліоколектори здатні витримувати як високі, так і низькі температури повітря, добре захищені від дощу, граду, снігу, конструкції ємностей для адсорбера не схильні до корозії. Геліотермальні збирачі дозволяють більш ефективно використовувати безкоштовне джерело енергії. В системі сонячного колектора обов'язково повинна бути акумулююча ємність. Залежно від потреб акумулююча ємність може мати один або два контури для акумулювання води. Двоконтурна накопичувальна ємність використовується в опалювальних системах, а також при приготуванні гарячої води. Також в системі повинен бути розширювальний бак для компенсації тиску теплоносія в колекторі. При надмірному нагріванні теплоносія в колекторі, він може закипіти і пошкодити конструкцію.

Принцип сонячного колектору досить простий, але в той же час вимагає високого ступеню уваги до деталей (рис. 4.1, лист №3 графічної частини). Адже, якщо щось не врахувати, то можливе значне зниження ефективності роботи. Наприклад, вакуумний сонячний колектор і плаский сонячний колектор мають

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

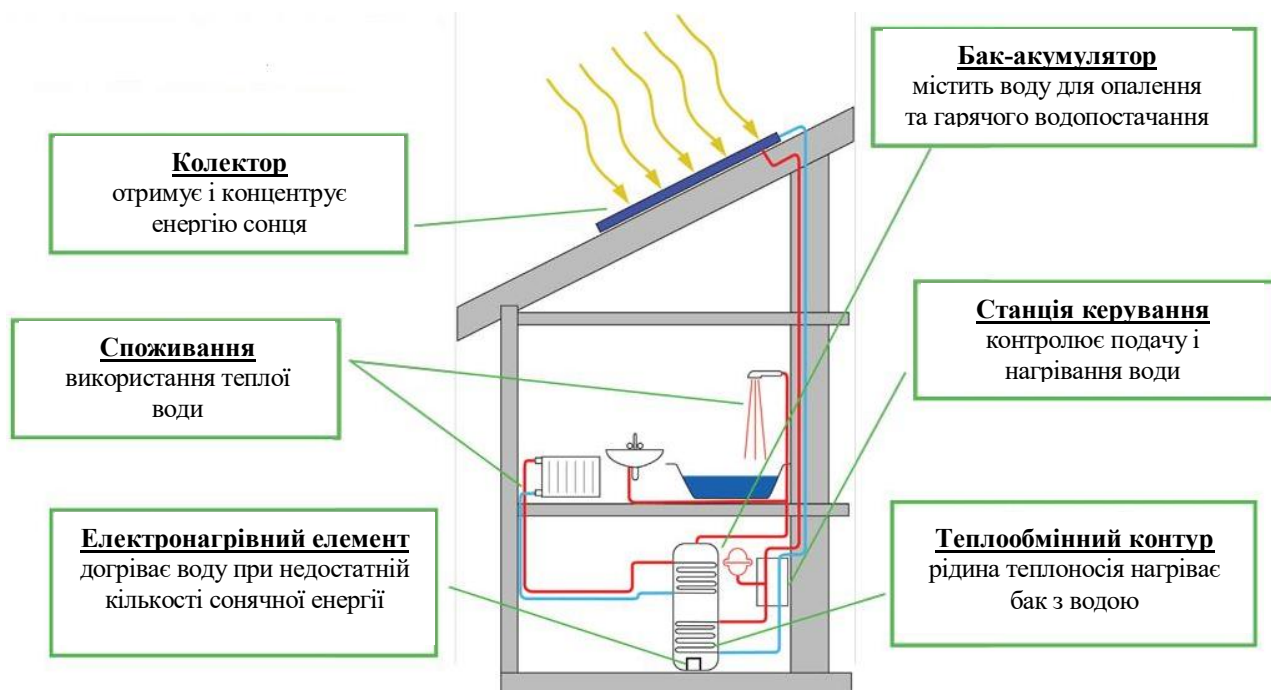


Рис.4.1. Принцип роботи сонячного колектору.

невеликі відмінності в принципі дії. Вакуумний сонячний колектор має переваги в ефективності роботи, у порівнянні з плоским сонячним колектором в міжсезоння і взимку:

- справа в тому, що мідна трубка у вакуумному колекторі ізолювана вакуумом з усіх боків, що забезпечує мінімальні втрати тепла. Це особливо відчувається у зимовий період;
- принцип сонячної батареї вакуумного типу дозволяє змінювати трубки окремо, при цьому на роботу інших трубок поломка одного не впливає. У плоскому сонячному колекторі поломка однієї трубки призведе до несправності всього колектору;
- за рахунок круглої форми абсорбера, вакуумний сонячний колектор вбирає набагато більше сонячного світла, не відбиваючи його. Плaskі сонячні колектори відбивають велику частину світла рано вранці та пізно ввечері.

4.2 Розробка енергозберігаючої сонячної системи теплопостачання станції

4.2.1. Актуальність енергозбереження.

Проблема економії енергоресурсів є важливим питанням як у промисловості, так і в сільському господарстві. Цю проблему вирішують в декількох напрямках. Один з них – це використання поновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної.

В Україні надходження сонячного випромінювання складає 3500...5200 МДж/м². Вся територія України придатна для розвитку сонячного теплопостачання.

Сонячна енергія, як джерело енергетичного ресурсу має свої особливості: низька температура і невелика густина теплового потоку, непостійність в часі (на протязі доби, року), залежність її значень поблизу землі від випадкових факторів. Це затримує технічне рішення питання про ефективне використання енергії.

Системи, які використовують випромінювання сонячної енергії діляться на пасивні та активні. Більшою ефективністю володіють активні системи. Найбільш простим приймачем сонячної енергії в активних системах є простий геліоколектор.

В якості теплоносія використовується вода, антифриз, повітря. Плоский геліоколектор є основним елементом теплопостачання від енергії сонця.

Геліоколектор складається із наступних елементів: корпус з теплоізоляцією, пластина геліокотел, скло, теплоізоляція, основа, захисна плита, штуцер.

Сонячна енергія, яка потрапляє на геліоколектор, поглинається і передається теплоносію, циркулюючому через геліоколектор. Частина цієї енергії втрачається в результаті теплообміну з навколишнім середовищем. За допомогою плоских геліоколекторів отримують низько потенційне тепло, яке використовується в цілях тепловодопостачання.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Для стабільного тепловодопостачання в системах сонячного теплопостачання встановлюють теплоаккумулятор. Якщо вода в теплоаккумуляторі не нагрівається від сонячного колектора, то систему комплектують додатковим джерелом енергії (електричний нагрівач, тепловий насос).

4.2.2. Принцип роботи сонячної електричної системи теплопостачання станції.

Функціональна схема сонячної електричної системи теплопостачання станції ТО і РЕО приведена на листі №4 графічної частини і вона працює за таким принципом.

Із сонячного колектора 1, нагріта вода по трубопроводу надходить до теплоаккумулятора ТА, в якому температура води повинна бути постійною. При зниженні температури води в теплоаккумуляторі, різниця температур в сонячному колекторі і в теплоаккумуляторі фіксується регулятором різниці температур РРТ1, який видає сигнал комутуючому пристрою КП2 на включення приводу помпи Н1. Помпа відкачує холодну воду з теплоаккумулятора і автоматично заповнює його гарячою. Якщо циркулююча вода не встигає нагрітися в колекторі, то це фіксується регулятором різниці температур РРТ2 за допомогою теплоопорів Т2 і Т4. На виході РРТ2 утворюється сигнал до комутуючого пристрою КП1, який вмикає привід регульованого клапану К_П. В залежності від положення регулятора клапана регулюється потік води через сонячний колектор, а відповідно і температуру води на виході з колектора.

Вода від теплоаккумулятора до теплоприймачів подається за допомогою помпи Н2. При зниженні температури теплоносія в теплоприймачах – від термоопору Т5 сигнал надходить на регулятор температури РТ1, який видає сигнал керування на комутуючому пристрою КП3, що включає привід помпи. Помпа подає нагріту воду з теплоаккумулятора до теплоприймачів.

Якщо вода в теплоаккумуляторі холодна не нагрівається від сонячного колектора, то від термоопору Т6 сигнал надходить до регулятора температури РТ2, який комутуючим пристроєм КП4 включає електричний водонагрівач ЕК.

Температуру теплоносія, що надходить до теплоприймачів, можна задавати регуляторами температури РТ1, РТ2.

4.3.3. Розрахунок сонячної теплоустановки для нагрівання води.

Приймаємо розташування станції - 45° північної широти. Розрахунковий місяць – липень. Вибираємо двохзахисний колектор. Кут нахилу $\beta = 30^\circ$. температура водопровідної води ($t_{\text{хол}}$) становить 8 °С. Добові розрахункові витрати води $G_{\text{доб}} = 5500$ л/добу.

Добові затрати на нагрівання води, МДж/добу:

$$Q_{\text{доб}} = c \cdot G_{\text{доб}} (t_{\text{гар.}} - t_{\text{хол.}}) 10^{-3}, \quad (4.1)$$

де c – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С);

$t_{\text{гар.}}$, $t_{\text{хол.}}$ – температура гарячої та холодної води, °С.

$$Q_{\text{доб}} = 4,2 \cdot 5500 \cdot (12 - 8) \cdot 10^{-3} = 92 \text{ МДж/добу.}$$

Площу колектора визначають за формулою :

$$A = \frac{Q_{\text{доб}}}{\eta \sum_i q_{\text{РАД}i}} \quad (4.2)$$

де η – к.к.д. установок;

$q_{\text{РАД}i}$ – годинна інтенсивність сонячної радіації, Вт·год./м².

К.к.д. установки:

$$\eta = 0,8 \left\{ f(Q) - \frac{i \cdot u [0,5(t_{\text{ВИХ}} - t_{\text{ВХ}}) - t_c]}{\sum_i q_{\text{РАД}i}} \right\}, \quad (4.3)$$

де $f(Q)$ – зведена оптична характеристика колектора для подвійнозаскленого колектора, $f(Q) = 0,63$;

i – кількість годин, год.;

$t_{\text{ВИХ}}$, $t_{\text{ВХ}}$ – температура теплоносія на виході і вході колектора, які є на 5 °С вищі ніж $t_{\text{гар.}}$, $t_{\text{хол}}$ відповідно;

t_c – середня температура, $t_c = 25,2^\circ\text{С}$;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

U – зведений коефіцієнт тепловитрат сонячного колектора,

$$U = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

Для визначення $q_{\text{рад},i}$ за табл. 4.11 [9] знаходимо $P_s = 1,04$ і за формулою:

$$P_g = \cos^2 \beta/2 = \cos^2 15^\circ = 0,93, \quad (4.4)$$

де P_s , P_g – коефіцієнт розміщення сонячного колектора відповідно для прямої та розсіяної радіації.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Величини для розрахунку надходження сонячної радіації

Параметри	Години дня								
	8 - 9	9 - 10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
I_s , Вт/м ²	267	394	487	545	568	557	499	441	407
I_g , Вт/м ²	128	162	186	209	209	220	209	197	180
$q_{\text{рад}}$, Вт/м ²	396	561	673	761	785	784	713	642	587
t , ⁰ С	24,6	24,9	25,3	25,5	25,5	25,5	25,6	25,5	24,5

З табл. 4.1:

$$\sum q_{\text{рад},i} = 5902 \text{ Вт} \cdot \text{год.}/\text{м}^2 = 21,6 \text{ МДж}/(\text{добу} \cdot \text{м}^2).$$

Середня температура $t_c = 25,2$ ⁰С.

Отримані значення підставляємо в формулу (4.3):

$$\eta = 0,8 \left\{ 0,63 - \frac{9 \cdot 5[0,5 \cdot (17 + 13) - 25,2]}{5902} \right\} = 0,44.$$

Необхідна площа поглинальної поверхні колектора становить:

$$A = \frac{92}{0,44 \cdot 21,6} = 10 \text{ м}^2.$$

Об'єм бака – акумулятора визначаємо за формулою:

$$V = (0,06 \dots 0,08) A = 0,08 \cdot 10 = 0,8 \text{ м}^3.$$

З розрахунку отримали, що для забезпечення теплом пункт ТО і РЕО для технологічних потреб, площа поглинальної поверхні колектору повинна бути 10 м^2 , об'єм бака-акумулятора – $0,8 \text{ м}^3$.

4.2 Основні принципи енергозбереження в агропромисловому комплексі

Енергія завжди відігравала особливу роль у житті людства. Всі види його діяльності пов'язані з витратами енергії [28, 29]. Так, на самому початку свого еволюційного розвитку людини була доступна тільки енергія м'язів його тіла. Пізніше людина навчилася отримувати і використовувати енергію вогню. Черговий виток еволюційного розвитку людського суспільства приніс можливість використовувати енергію води і вітру – з'явилися перші водяні і вітряні млини, водяні колеса, парусні судна, що використовують силу вітру для свого переміщення. У XVIII столітті була винайдена парова машина, в якій теплова енергія, отримана в результаті спалювання вугілля або деревини, перетворювалася в енергію механічного руху. У XIX столітті була відкрита вольтова дуга, електричне освітлення, винайдений електродвигун, а потім і електрогенератор, – що і стало початком століття електрики. XX століття явило собою справжню революцію в освоєнні людством способів одержання і використання енергії: будуються теплові, гідравлічні, атомні електростанції величезної потужності, споруджуються лінії передачі електричної енергії високої, над – і ультрависокої напруги, розробляються нові способи виробництва, перетворення та передачі електроенергії (керована термоядерна реакція, магнітогідродинамічний генератор, надпровідникові турбогенератори і т. д.), створюються потужні енергосистеми. В цей же час з'являються потужні системи нафто – і газопостачання.

Таким чином, навколишній світ володіє воістину невичерпним джерелом різних видів енергії. Деякі з них ще повною мірою не використовуються і в

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

нинішній час – енергія Сонця, енергія взаємодії Землі і Місяця, енергія термоядерного синтезу, енергія тепла Землі.

Зараз енергія відіграє вирішальну роль у розвитку людської цивілізації. Існує тісний взаємозв'язок між витратою енергії і обсягом випущеної продукції. На жаль, більшість енергії, споживаної людиною, перетворюється на даремне тепло через низьку ефективність використання наявних енергетичних ресурсів.

Енергозбереження – процес багатогранний і охоплює різні сфери людської діяльності. По суті, це спосіб життя народу, суспільства, виробляє певний психологічний алгоритм поведінки. Розвиток економіки республіки як суверенної держави неможливо без вироблення національної ідеї, психології бережного і економного використання наявних енергетичних і сировинних ресурсів, використання напрацьованого досвіду в цій галузі іншими країнами. І це – найважливіше на сьогодні сфера діяльності, ресурс підвищення конкурентоспроможності промислового виробництва, спосіб інтеграції економіки у міжнародний ринок [8-10].

Традиційно споживання енергії поділяють на три напрямки: споживання електроенергії, споживання теплоенергії, спалювання палива. Сучасне енергозбереження базується на трьох основних принципах:

- по-перше, не настільки жорстка економія електроенергії, наскільки її раціональне використання, включаючи пошук і розробку нових джерел енергозабезпечення;
- по-друге, повсюдне використання як побутових, так і промислових приладів обліку і регулювання витрати електричної і теплової енергії;
- по-третє, впровадження новітніх технологій, що сприяють скороченню енергоємності виробництва.

Виходячи з цього, в енергозбереженні виділяють наступні групи заходів, що забезпечують ефективне енерговикористання та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів:

- науково-технічні;
- організаційно-економічні;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- нормативно-технічні;
- інформаційні;
- правові.

Науково-технічні заходи з енергозбереження спрямовані на розробку і використання у виробництві нових способів і пристроїв, що відрізняються високою енергоефективністю.

Організаційні заходи з енергозбереження поділяються на *організаційно-масові* та *організаційно-технічні*.

Однією з умов забезпечення дбайливого та раціонального використання палива та енергії, скорочення їх втрат у виробництві є здійснення на підприємствах організаційно-масової роботи, спрямованої на економію паливно-енергетичних ресурсів. Форми і методи цієї роботи різноманітні і на кожному конкретному підприємстві мають свої особливості.

Основним призначенням **організаційно-масової** роботи є доведення до всіх членів трудового колективу пункту ТО і РЕО державного значення економного і дбайливого використання палива і енергії, недопущення їх втрат на всіх ділянках виробництва, залучення в роботу по економії кожного працівника підприємства, організація роботи громадських організацій щодо виявлення та усунення місць втрат, вишукування і використання резервів економії, преміювання персоналу за економію і прийняття суворих заходів до марнотратників палива, теплової та електричної енергії.

Основними напрямками організаційно-масової роботи по економії енергоресурсів є:

- прийняття зобов'язань станцією, цехами, відділами, службами та індивідуально робітниками і ІТП по економії палива, теплової та електричної енергії;
- розробка і реалізація особистих планів енергетиків та інших категорій працівників підприємств і організацій;
- створення та організація роботи комісій сприяння раціональному використанню енергії;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- розгляд питань економії паливно-енергетичних ресурсів постійно діючими виробничими нарадами;
- підвищення технічних знань в питаннях економії енергії окремих категорій робітників у школах передового досвіду, організованих на підприємствах і в організаціях;
- обмін досвідом з передовими підприємствами;
- організація спеціальних нарад і семінарів з енергетиками підприємств, міністерств та відомств з залученням науково-дослідних, проектних інститутів та інших організацій;
- проведення громадських конкурсів на кращу пропозицію по економії палива та енергії;
- активізація на підприємствах розробки раціоналізаторських пропозицій з економії енергоресурсів;
- відображення питань економії енергії в комплексній системі управління якістю виробництва;
- розробка і застосування положень про преміювання персоналу за економію електричної і теплової енергії та використання вторинних енергетичних ресурсів;
- організація роботи груп контролю щодо виявлення осередків марнотратства у використанні енергії, систематичне проведення ними спільно з енергетиками рейдів по перевірці завантаження енергетичного та технологічного обладнання, використання стисненого повітря, освітлення, виявлення витoku пари і гарячої води, наявності холостого ходу устаткування тощо.

Програми організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з економії палива, теплової та електричної енергії розробляються на всіх рівнях управління і групуються за основними напрямками економії стосовно виробництва продукції: удосконалення технології виробництва; поліпшення використання та структури виробничого обладнання; поліпшення використання палива та енергії

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

у виробництві; підвищення якості сировини і застосування менше енергоємних його видів; інші заходи.

При розробці ОТЗ необхідно використовувати інформацію з економії електро— і теплоенергії, що публікується в періодичній пресі, технічних журналах і довідниках, а також раціоналізаторські пропозиції, впроваджені на інших підприємствах, інформацію про нові матеріали, вироби та обладнання.

Плани організаційно-технічних заходів поділяються на основні і додаткові. Розробка основного плану ОТЗ спрямована на зниження питомих норм витрати енергії на величину, встановлену директивними вказівками керуючих організацій. Основний план заходів розробляється передуює планованому періоду рік, додатковий — протягом поточного року. Мета додаткового плану ОТМ — забезпечити виконання завдань щодо отримання додаткової економії енергії. У розробці планів ОТЗ повинні брати участь керівники відділів, служб, цехів, дільниць, технологи, конструктори, механіки, економісти, передові робітники підприємств. Ефективність основних і додаткових заходів, тобто запланована економія енергії, повинна підтверджуватися звітними даними.

Економічні заходи щодо ефективного енерговикористання включають в себе систему гнучких цін на енергоносії та універсальні тарифи; податкову політику і заходи матеріального стимулювання економічного енергоспоживання.

До **нормативно-технічних заходів** з енергозбереження відносять дії зі створення відповідних стандартів та інших нормативно-технічних і керівних документів щодо забезпечення ефективного енерговикористання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

Інформаційні заходи з енергозбереження включають в себе проведення інформаційно-технічних семінарів, виставок, конференцій, симпозіумів з даної тематики, а також інформування населення через засоби масової інформації (преса, телебачення, радіо) про основні діях щодо раціонального використання

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

енергії, як на виробництві, так і в побуті. Все вищевідзначені заходи з енергозбереження повинні бути підкріплені відповідною правовою базою.

У технічній сфері поряд з пошуком резервів на діючих підприємствах необхідно, перш за все, зібрати і вивчити всю інформацію про світовий досвід з енергозбереження. Одночасно слід виявити найбільш прийнятних постачальників енергозберігаючого обладнання, визначити, що можна виробляти у себе, і тим самим створити ринок енергетичного обладнання на конкурентних засадах.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Перелік основних нормативних документів

1. Закон України "Про охорону праці". Постанова Верховної ради України від 14.11.92 №2695-ХІІ. Із змінами, внесеними згідно із Законами N 1331-IV (1331-15) від 25.11.2003, ВВР, 2004, № 14, ст.205, № 1344-IV (1344-15) від 27.11.2003, ВВР, 2004, № 17-18, ст.250, № 2285-IV (2285-15) від 23.12.2004, ВВР, 2005, № 7-8, ст.162, № 2505-IV (2505-15) від 25.03.2005, ВВР, 2005, № 17, № 18-19.
2. Закон України "Про пожежну безпеку". Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 №3747-ХІІ.
3. ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.
4. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд
5. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення."
6. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту
7. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ).
8. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
9. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
10. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом № 4 Держнаглядохоронпраці України від 09.01.98. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за №93/2533.
11. НПАОП 40.1-1.07-01 Правила експлуатації електрозахисних засобів. Затверджено наказом № 253 Мінпраці України від 05.06.01.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

12. НПАОП 0.00-4.21-04 Типове положення про службу охорони праці. Затверджено наказом №255 Держнаглядохоронпраці України від 15.11.04. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01.12.04 за №1526/10125. Внесено зміни наказом № 236 Держгірпромнагляду України від 02.10.2007. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18.10.2007 за № 1191/14458.

13. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, Затверджено наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці № 15 від 26.01.2005. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 р. за № 231/10511.

14. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затв.наказом Міністерством охорони здоров'я України від 31.03.94 №45. Зареєстроване в Міністерстві юстиції України 21.06.94 за №136/345.

15. Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. НПАОП 0.00-6.02-04. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 р. №1112.

16. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18.11.96 №667/1692. Введене в дію 29.11.1996.

5.2 Визначення категорій та класів виробничих приміщень

Від рівня кваліфікації і ретельності виконання електромонтерами вимог електробезпеки під час монтажу та експлуатації електроустановок залежить безпека виробничого персоналу.

З безпекою праці тісно пов'язані пожежна безпека та блискавкозахист, оскільки пожежі, які виникають на виробництві, а також грозові розряди, загрожують не лише матеріальним цінностям, але і життю людей.

З урахуванням стану охорони праці на об'єкті проектування в проекті розроблені заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів, вибрані необхідні індивідуальні засоби захисту, виконаний

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

розрахунок заземлюючого пристрою споживчої трансформаторної підстанції, блискавкозахисту ПТО і РЕО, вибрані засоби пожежогашіння.

Особи, що працюють з шкідливими речовинами, періодично проходять медичний огляд. Робітники забезпечуються спецодягом та захисними засобами. Однак, порушення правил техніки безпеки все ще трапляються, що нерідко призводить до травматизму людей, зниження їх працездатності. Тому, необхідно більше уваги приділяти охороні праці, навчанню людей, підвищенню контролю відповідальних осіб за дотриманням правил техніки безпеки на виробництві.

Пункт технічного обслуговування та ремонту енергообладнання (ПТО і РЕО) має побутові та виробничі приміщення, що загалом забезпечують комфортні умови праці та відпочинку персоналу.

Характеристика виробничих приміщень пункту за вибухо- і пожежонебезпекою, вогнестійкістю та ймовірністю ураження електричним струмом наведена в табл. 5.1. Характеристика окремих виробничих приміщень щодо можливої дії шкідливих та небезпечних факторів на людину наведена у табл. 5.2.

За технологією виконуваних робіт персонал ПТО і РЕО має справу з такими агресивними речовинами як кислота, луг, сульфат свинцю (при обслуговуванні та ремонті акумуляторних батарей), а також розчинниками, лаками та емалями (при ремонті електродвигунів і пускозахисної апаратури).

Таблиця 5.1

Категорії приміщень, виробництв, класи виробничих зон та санітарний клас

Найменування приміщення	Площа, м ²	Категорія приміщень			
		за умовами навколишнього середовища	за ступенем ураження ел.струмом	за ступенем вогнестійкості	за надійністю електропостачання
Бокс для стоянки автомобіля	54,1	сухе	без підвищеної безпеки	В	ІІІ
Дільниця фарбування	11,5	сухе	без підвищеної безпеки	А	ІІ
Дільниця просочування і сушіння	17,6	сухе	з підвищеною небезпекою	А	ІІ

Склад	34,7	сухе	без підвищеної небезпеки	В	II
Ремонтно-монтажна дільниця	67,3	сухе	з підвищеною небезпекою	В	II
Дільниця заготівлі конструкцій	35,5	сухе	з підвищеною небезпекою	В	II
Кабінет майстра	9,3	сухе	без підвищеної безпеки	Д	III
Побутові приміщення:					
- кімнати спецодягу	18,0	сухе	без підвищеної безпеки	Д	III
- душова	5,25	особливо вологе	з підвищеною небезпекою	Д	III
- тамбур	10,4	сухе	без підвищеної безпеки	Д	III
- санвузол	9,0	вологе	без підвищеної безпеки	Д	III
Венткамера	56,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	II
Електрощитова	10,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	II

Таблиця 5.3

Перелік небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Найменування приміщень	Небезпечні та шкідливі виробничі чинники						
	рухомі машини та механізми	висока загазованість	високий рівень шуму	висока вологість повітря	хімічні та токсичні речовини	фізичні перевантаження персоналу	високий рівень напруги в електромережі
Дільниця просочування та сушіння	-	+	-	+	+	+	+
Дільниця фарбування	-	+	-	+	+	+	+
Ремонтно-монтажна дільниця	+	+	+	-	-	+	+
Витратний склад	-	-	-	-	-	-	-
Дільниця заготівлі конструкцій	+	+	+	-	-	+	+

5.3 Розробка комплексу заходів щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

5.3.1 Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

Розроблені у проекті організаційні та технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів мають за мету:

- захист від проникнення до обертових частин машин - передбачено огороження;
- запобігання вибуху в разі виникнення небезпечної концентрації пари на ділянках просочування, сушіння та фарбування – передбачено встановлення вибухобезпечних світильників і монтаж електропроводки в сталевих трубах;
- видалення з приміщень шкідливих газів та забезпечення припливу свіжого повітря - передбачена система вентиляції, яка складається з витяжних та припливних вентиляторів;
- захист споруди від прямих ударів блискавки - передбачений монтаж блискавкоприймальної сітки на даху споруди;
- забезпечення пожежобезпечності - передбачено встановлення пожежних кранів та вогнегасників;
- захист від дотику до струмовідних частин електрообладнання - передбачене захисне заземлення та занулення металевих частин і використання захисних засобів;
- забезпечення робочих місць місцевим освітленням.

5.3.2 Вибір індивідуальних засобів захисту. Безпечна робота експлуатаційного персоналу енергетичної служби господарства досягається не тільки організаційними та технічними заходами, але і наявністю високоефективних індивідуальних засобів захисту.

Необхідну кількість захисних засобів, спецодягу, взуття та інших індивідуальних засобів захисту визначаємо, виходячи з чисельності обслуговуючого

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

персоналу, кількості виробничих дільниць і характеру виконуваних робіт від форми обслуговування електрообладнання та виду захисних засобів.

Результати проведених розрахунків наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Розрахунок необхідної кількості захисних засобів на один рік
для ПТО і РЕО**

Назва захисних засобів	Марка, тип	Кількість
1. Показчик напруги комбінований	УНК-0,4	4
2. Показчик напруги понад 1000 В у комплекті з універсальною штангою	УВНБУ-6-35	1
3. Сигналізатор напруги індивідуальний касковий	СНИК 6 - 10	2
4. Ізолювальні кліщі	КИ-1000	3
5. Струмовимірювальні кліщі	Ц-4501	3
6. Килимки діелектричні	-	4
7. Переносне захисне заземлення	ПЗЗ-1,5	2
8. Переносне захисне заземлення для ПЛ напругою до 1 кВ, виконаних самоутримними ізольованими проводами(СИП)	ЗПЛ-1 СИП	2
9. Монтерські лази	КЛМ-1	2
10. Запобіжний монтерський пояс з сумкою електромонтера	ПМ-НЛЖ	2
11. Рукавички діелектричні безшовні		4 пари
12. Діелектричні калоші	-	4 пари
13. Комплект інструменту з ізольованими рукоятками до 1000 В	КСИ-2	4
14. Попереджувальні плакати та знаки безпеки для електроустановок	-	по 4 кожного знаку

5.4 Пожежна безпека

На основі аналізу категорії виробництва і виробничих приміщень з вибухо - і пожежобезпеки проектом передбачено обладнання, яке зменшує до мінімуму можливість виникнення вибухів та пожеж.

Для виявлення і знищення пожежі передбачено:

- встановлення у виробничих приміщеннях комбіноване повідомлення (КП), що реагує на підвищення температури;
- у виробничих приміщеннях передбачено встановити ящики для зберігання ганчірок, матеріалів для очищення;

- у найбільш пожежонебезпечних приміщеннях вимикачі встановлено на зовнішніх стінках;
- при виникненні пожежі вмикається автоматично все електрообладнання.

Проектом передбачається автоматичне і дистанційне вимикання вентиляційних систем при пожежі, а також неможливість вмикання зварювального і зарядного апаратів без увімкнення вентиляції.

Проводиться розрахунок необхідної кількості води:

$$Q = \frac{3600 \cdot g \cdot t_n}{1000} \quad (5.2)$$

де t_n - тривалість пожежі;

g - витрати води на 1 пожежу, $g = 10$.

$$Q = \frac{3600 \cdot 10 \cdot 1}{1000} = 360 \text{ м}^3.$$

На території розташована пожежна водойма об'ємом 500 м³. Під'їзд до будівлі забезпечений в будь - яку пору року. Для евакуації людей передбачено запасні виходи.

Результати розрахунку потрібної кількості засобів пожежогасіння наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Розрахунок потрібної кількості засобів пожежогасіння

Найменування засобу пожежогасіння	Тип, марка	Кількість	Місце встановлення
Пінні вогнегасники	ОХП	2	біля входу в майстерню на щиті
Ящики з піском, багри, лопати		1	
Хімічні, пінні вогнегасники	ОХП	2	кузня, електрозварна
Ящики з піском, лопати		1	
Вогнегасник	ОХП	2	дільниця миття
Вогнегасник хімічний	ОХП	1	аккумуляторна
Вогнегасник кислотний	ОУ-5	1	
Вогнегасник хімічний	ОХП	1	дільниця фарбування
Ящики з піском, лопата		1	

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи проведено аналіз експлуатації енергетичного обладнання господарства, розроблено основні положення організації енергетичної служби господарства, розроблені питання електрифікації технологічних процесів пункту, включаючи вибір апаратів керування і захисту: електромагнітний пускач типу ПМЛ, з електротепловим реле типу РТЛ, автоматичний вимикач ВА 47Г29-34 та комплектних пристроїв керування типу ПР8501.

Здійснено перевірку основних параметрів двигунів електроприводу технологічного обладнання ПТО і РЕО та вибрано асинхронний електродвигун серії АИР.

Освітлювальна проводка виконується кабелем АВРГ на тросу, освітлювальний щиток приймається типу ОЩВ 25-6 з автоматичними вимикачами ВА 47-29-12. Для освітлення використанні енергозберігаючі подовжені світильники ОПАЛ-SL зі стрічковими світлодіодними лампами G13, а для решти приміщень - незахищені подовжені світильники ОПАЛ-SL зі стрічковими світлодіодами та світлодіодні лампи типу MEGALAMP.

Для гарячого водопостачання і тепlopостачання станції використано сонячну електричну систему, яка дасть значну економію палива. В результаті розрахунку отримали, що для забезпечення теплом пункту ТО і РЕО для технологічних потреб, площа поглинальної поверхні колектору повинна бути 10 м^2 , об'єм бака-акумулятора – $0,8 \text{ м}^3$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року №2388-VI.

2 Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, №15, ст.126).

3 Закон України №555-IV від 20.02.2003 р. «Про альтернативні джерела енергії».

4 ДБН А.2.2. –1 – 2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище(ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

5 ДБН А.2.2. –3 – 2012 Склад та зміст проектної документації.

6 ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

7 ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

8 Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

9 ДНАОП 0.00.–1.32–01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок.–К.: ПП «Фірма Гранмна», 2001.–117 с.

10 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.

11 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 №4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533ДНАОП 0.00.–1.32–01.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмна”, 2001. – 117 с.

12 Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.1996 №28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 №910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за №1399/11679.

13 Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий / Госагропром СССР. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.

14 Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. / Г.Б.Іноземцев, В.В.Козирський, М.Т.Лут, І.П.Радько, О.Ю. Синявський. – К.: Вид – во ТОВ «АграрМедіаГруп», 2014. – 526 с.

15 Лут М.Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ / М.Т.Лут, О.В.Мірошник, І.М.Трунова. – Харків, Факт, 2018. – 438 с.

16 Безпека праці в сільських електроустановках: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.Т.Лут, І.П.Радько, В.Г.Тракай, А.І.Чміль. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

17 Клименко Б.В. Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник / Б.В.Клименко. – Харків: Вид-во «Точка», 2012.- 340 с.

18 Червінський Л.С. Электричне освітлення та опромінення: Посібник / Л.С.Червінський, Л.О.Сторожук. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214с.

19 Трикоз В.О., Постол Ю.О. Енергоефективність та енергозбереження. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

20 Чернецький В.А., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Питання

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

енергозбереження в освітленні. Матеріали І Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 56-57

21 Болтянська Н.І., Комар А.С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. Тези міжн. наук.-пр. форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції». ТДАТУ. 2019. С. 36–39.

22 Інформація про діючі проекти Міжнародної технічної допомоги та енергоефективність

<https://saee.gov.ua/uk/activity/mizhnarodne-spivrobitnytstvo/proekty>

23 Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України

https://saee.gov.ua/uk/content/energoserbis_1

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.016.ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Електрообладнання та пристрої станції, які застосовуються для проведення ПР і ТО енергообладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, ГОСТ	Габарити, мм	Кіль- кість, шт.	Встановлена потужність, кВт
1	2	3	4	5	6
1	Камера для фарбування	К0.00.000.ЦИТЕПр. в-ва	1832x920x1726	1	
2	Фарборозпилувач	СО-71А		1	
3	Шафа сушильна	СНОЛ-3,5Х3,5 35/343	1400x350	1	40
4	Шафа сушильна	ЦЕП-282А		1	7.5
5	Ванна для миття (рухома)	ОМ-1316	1250x620x960	2	
6	Шафа витяжна для сушильного бака	ШВ.00.000.ЦИТЕП	1530x1270x2560	1	
7.	Таль рухома черв'якова	ГОСТ 1106-74		1	
8	Ванна для нагрівання підшипників	ОКС-1513	1360x500x850	1	30
9	Пристрій для миття заглибних насосів	ОРГ-4990	1200x500x1000	1	3,5
10	Установка для миття		1000x500x1000		3,72
11	Стенд для ремонту ПРА		1540x900x1270	1	4,5
12	Стенд для ремонту і перевірки опромінювальних і освітлювальних установок	Э37Н.000.ВНИИПЭ М с.г.	1600x900x1300	1	2,2
14	Компресор гаражний рухомий	Модель 1136В2		1	1,5
15	Верстат станда для ремонту асинхронних двигунів	Э36ИВНИИПЭМ с.г.		1	
16	Силовий пункт станда	Э40Н ВНИИПЭМ с.г.	510x260x600	1	30
17	Верстат слюсарний	5105.000.ГОСНИТ И	1500x600x600		
18	Верстат настільний свердлильний	НС-12А		1	0,6
19	Прес гідравлічний	2153 Ми		1	0,8

Продовження табл. А.1.

1	2	3	4	5	6
20	Стіл монтажний металічний	OPF 1468-01 ГОСНИТИ	1200x800x600	1	
21	Кран підвісний	0,5-51-4,5-6- 2201.380 ГОСТ 7890-76		1	1,23
22	Кран консольно-поворотний	ОПТ-1153		1	0,87
23	Трансформатор пайки мідних проводів	ОС3-3105	400x500x500	1	3,0
24	Стіл для електрозварювальних робіт	ОКС-7523	1100x750x715	1	
25	Трансформатор зварювальний рухомий	ТД-300-2У2 5157.000	640x490x715	1	19,4
26	Верстат обдирувально-шліфувальний	ЗБ534	1000x665x1230	1	4,6
27	Установка пиловловлююча	ЗІЛ-900М		1	1,5
28	Гідравлічна установка для згинання труб	РТГ-2		1	

**Перелік інструментів для оснащення ПТО і РЕО і пересувної
електролабораторії**

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, марка	Кількість	
			на ПТОРЕ	на електро- лабораторію
1	2	3	4	5
1	Прилад комбінований	Ц4313	2	1
2	Фазовказівник універсальний	Ц517	1	1
3	Кліщі електровимірювальні	Ц4501	1	1
4	Мегаомметр	М01100/3-4	1	1
5	Секундомір електричний	ПВ-5311	1	1
6	Манометр пружний	МО	1	1
7	Вимірювач опору заземлення (з комплектom обладнання П412ВМ)	М416	-	1
8	Термометр лабораторний	ТЛЗ-4	1	1
9	Міст постійного струму	Р333	-	1
10	Динамометр	ДПУ-0,001	1	1
11	Тахометр часовий зразковий	715СК	1	1
12	Люксметр	ДЕ-355	1	1
13	Вакуумметр	ВО1215	1	1
14	Термометр опору платиновий	ТСА-309	1	1
15	Переносний вимірювальний комплект	К-506	1	-
16	Амперметр	Э39(0,5-10А)	1	-
17	Вольтметр	Э59 (0-150- 300-600)	1	-
18	Прилад для виміру опору петлі “фаза-нуль”	М417	-	1
19	Набір інструменту для механіка	ПІМ-582А	1	1
20	Тиски паралельні	ГОСТ 4045-77	1	-

Норми резервного запасу електрообладнання в господарстві

Найменування електрообладнання	Категорія надійності електропостачання	Кількість обладнання однакового типорозміру шт.	Норма запасу		
			% від експлуатаційного парку	мінімальна кількість, шт.	оптимальна кількість, шт.
1	2	3	4	5	6
1. Електродвигуни 3 ^х фазні асинхронні $n_0=3000$ об/хв потужність, кВт					
до 1,1		38	4	2	3
до 3,0		21	8	1	2
до 5,5		13	4	2	3
до 11,0		7	8	1	2
до 22,5		5	10	0	1
до 40,0		1	10	0	1
$n_0=1500$ об/хв потужність, кВт					
до 1,1		22	4	2	3
до 3,0		9	4	2	3
до 5,5		5	4	2	2
до 11,0		4	4	2	1
до 22,5		1	4	2	1
$n_0=1000$ об/хв потужність, кВт					
до 1,1		9	8	1	1
до 3,0		5	4	2	1
до 5,5		2	8	1	1
до 11,0		1	10	0	0
до 22,5		0	10	0	0
$n_0=750$ об/хв потужність, кВт					
до 1,1		0	10	0	0
до 3,0		2	10	0	0
до 5,5		0	8	1	0
до 11,0		0	10	0	0
2. Електромагнітні пускачі на номінальний струм, А	I-II-III				
до 3		203	4	3	8
до 10		218	4	3	8
до 25		399	4	3	16
до 50		76	6	1	5
до 100		11	10	0	1

1	2	3	4	5	6
3. Автоматичні вимикачі на номінальний струм, А	I-II-III				
до 50		345	3	2	10
до 100		126	5	1	6
4. Рубильники та перемикачі на ном. струм, А	I-II-III				
до 100		90	4	1	4
до 250		55	4	1	2
5. Вимикачі пакетні	I-II-III	87	4	1	3
6. Кнопки управління, універсальні ключі та перемикачі	I-II-III	514	3	2	15
7. Реле теплові	I-II-III				
- двох полюсні		244	5	1	12
- трьохполюсні		374	5	1	18
8. Електро-термічне обладнання	I-II-III				
- електро-нагрівачі місткістю 200 л		25	5	1	1
- установки електро-калориферні потужністю 40кВт	II-III	24	5	1	1
9. Прилади для вимірювання і регулювання температури та тиску	II-III	10	10	1	1
10. Прилади для виміру рівня рідини	II-III	7	5		0