

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНІ 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
” ”
число місяць рік 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОРІВНИКУ НА 100 ГОЛІВ»**

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

Титарчук В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Ph.D Сподоба М.О.
(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
„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

З А В Д А Н Н Я
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Титарчуку Василю Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

Тема бакалаврської роботи: «Удосконалення електрообладнання технологічних процесів у корівнику на 100 голів»

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026.05.25
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської 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.
- 6) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації завдань, вирішуваних у роботі.
- 2) Технологічна частина
- 3) Електротехнічна частина.
- 4) Спеціальне завдання: «Автоматизація керування системою опалювання приміщення».
- 5) Обслуговування і ремонт енергетичного обладнання.
- 6) Охорона праці.
- 7) Основні техніко-економічні показники.
- 8) Висновки.
- 9) Список використаних джерел.

Перелік графічних документів (за потреби):

1. Схема розміщення силового електрообладнання корівника.
2. Схема розміщення освітлювального електрообладнання корівника.
3. Схема електрична принципова твердопаливного котла.
4. Схема з'єднань шафи керування твердопаливного котла

Дата видачі завдання _____ 10 листопада 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Сподоба М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Титарчук В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркуш	№ прим.	Примітка
1	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Пояснювальна записка		1	
2	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ЕМ	Схема розміщення силового електрообладнання корівника	1	1	
3	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ЕО	Схема розміщення освітлювального електрообладнання корівника	1	1	
4	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.Е1	Схема електрична принципова твердопаливного котла	1	1	
5	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010. Е4	Схема з'єднань шафи керування твердопаливного котла	1	1	

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ТП			
Змн	Арк	№ докум.	Підпис.	Дата	Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи			
Розроб.	Титарчук							
Перевір.	Сподоба							
Н.конт	Коробський							
Затверд	Окушко О. В				EEE-230026СТ			

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ, ВИРІШУВАНИХ У РОБОТІ.....	7
1.1. Характеристика господарства.....	7
1.2. Аналіз рівня електрифікації господарства.....	9
1.3. Характеристика приміщення.....	11
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА І ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1. Вибір технологічного обладнання.....	13
2.2. Розрахунок і вибір електродвигунів.....	20
2.3. Розрахунок силової електропроводки.....	22
2.4. Розрахунок і вибір освітлювальних установок.....	23
2.5. Розрахунок освітлювальної проводки.....	28
2.6. Визначення розрахункової потужності на вводі.....	31
2.7. Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища.....	33
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИМ КОТЛОМ.	41
3.1. Розробка та аналіз функціональної схеми	41
3.2. Розробка та аналіз функціонально-технологічної схеми	42
3.3. Розробка та аналіз принципової електричної схеми.....	43
3.4. Вибір електрообладнання схеми керування.....	45
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	53
4.1. Розробка заходів по економії електричної енергії.....	53
4.2. Розробка заходів по компенсації реактивної потужності.....	54
4.3. Визначення економічних показників автоматизації об'єкта.....	57

РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЇ.....	61
5.1. Заходи з техніки безпеки при експлуатації установки.....	61
5.2. Заходи з охорони навколишнього середовища.....	63
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

ВСТУП

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є модернізація та автоматизація твердопаливного котла для забезпечення відповідних технологічних процесів у корівнику та проведення модернізації твердопаливного котла.

Україна має великий потенціал для розвитку сільського господарства, і забезпечення стабільного розвитку цієї галузі є великим завданням для країни. Зростання продуктивності та ефективності у сільському господарстві сприятиме не тільки забезпеченню продовольчої безпеки, але й стимулюванню економічного зростання та підвищенню рівня життя селянського населення.

Рівень електрифікації сільського господарства в Україні є показником розвитку аграрного сектора. Електроенергія в сільському господарстві змінює вирішальну роль у використанні сучасних технологій, автоматизації процесів, забезпеченні комфорту та підвищенні ефективності виробництва.

На сьогоднішній день рівень електрифікації в сільському господарстві України є досить високим, але всі ще окремі регіони та господарства, які потребують додаткових засобів для забезпечення доступу до електроенергії.

Забезпечення стабільного та надійного електропостачання сільського господарства має стратегічне значення для розвитку аграрного сектору

Вирішальним фактором в забезпеченні подальшого розвитку електрифікації народного господарства в сучасних умовах є підготовка кваліфікованих спеціалістів, що знають організацію експлуатації і технічні прийоми обслуговування електроустановок.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ, ВИРІШУВАНИХ У РОБОТІ

1.1 Характеристика господарства

У Київській області розташоване сімейне господарство з повністю інтегрованим циклом виробництва та стадом у 100 голів корів. Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових та бурякових культур і має добре розвинене тваринництво. У господарстві працює шість осіб. Середня відстань до орних земель становить 3 кілометри. Відстань до обласного центру — 135 км, до районного центру — 16 км, до залізничної станції — 17 км. Загальна площа земель господарства становить 40 гектарів, з яких 38 гектарів — орні землі. З точки зору рельєфу, земля розташована на рівнинній місцевості.

Таблиця 1.1

Врожайність і виробництво продукції рослинництва

Вид культур	Площа, га.	Врожайність, ц/га.	Валовий збір, ц.
Озима пшениця	22	40	880
Ячмінь	20	39	780
Овес	8	20	160
Кукурудза	6	38,2	229,2
Кормові буряки	8	653	5224
Цукрові буряки	3	330	990

В господарстві є 71 голів ВРХ. Добовий приріст телят на відгодівлі становить в середньому 320 грамів. Поголів'я свиней на відгодівлі - 16 голів. Добовий приріст в середньому становить 280 грамів. Решта показників тваринництва наведені в табл. 1.2 Тварин ВРХ утримують в 1 приміщенні на 25 корів і 46 голів молодняка ВРХ . Свині утримуються в 1 свинарнику на 25 голів.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Крім того у фермерському господарстві є гараж з майстернею.

Наявність сільськогосподарської техніки господарства наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.2

Наявність поголів'я тварин.

Вид тваринництва	Поголів'я	Продукція		
		Вид	На 1 голову	Кількість
Корови	100	Молоко	4000 кг.	100000 кг.
Телята на відгодівлі	46	М'ясо	450 кг.	20700 кг.
Свині на відгодівлі	16	М'ясо	140 кг.	2240 кг.
Свиноматки	2	Поросята	11,5 шт	23гол.

Таблиця 1.3

Характеристика сільськогосподарської техніки в господарстві

Назва	Одиниці виміру	Кількість
Автомобілі всього:	шт.	3
З них: легкові	шт.	1
вантажні	шт.	2
Трактори	шт.	3
Комбайни зернозбиральні	шт.	1
Кормозбирач - "Рось"	шт.	1

Економічні показники, що характеризують виробничу діяльність господарства наведено в табл. 1.4

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Економічні показники господарства.

Показники	Одиниці виміру	Кількість
Валова продукція с.г.	грн..	19350,6
Валовий дохід	грн..	14560,6
Чистий дохід	грн..	11560,6
Прибуток	грн..	3000
Рентабельність	%	17

1.2. Аналіз рівня електрифікації господарства

Електропостачання ферми здійснюється за допомогою кабелів АС-35 через повітряну лінію напругою 10 кВ. На фермі встановлено одну трансформаторну підстанцію потужністю 100 кВА зі змішаним навантаженням. На фермі використовується 14 електродвигунів типів АІР і 4А та їх модифікацій загальною потужністю 25 кВт. Електрообладнання ферми наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Характеристика кількості електричного обладнання

Назва	Одиниці виміру	Кількість
Електродвигунів всього	шт.	14
В рослинництві	шт.	2
В тваринництві	шт.	11
В інших галузях	шт.	1
Зварювальні трансформатори	шт.	1
Електроводонагрівачі	шт.	2
Світильники для опромінення	шт.	2
Світильники з л. р .	шт.	36
Світильники з л. л .	шт.	44

Загальне річне споживання електричної енергії господарством становить

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

близько 43,6 тисяч кіловат годин. Споживання електроенергії господарствам по галузям наведено в табл. 1.6

Таблиця 1.6

Споживання електричної енергії

Назва споживачів	Кількість, кВт/год
Загально – річне споживання електричної енергії	43600
В рослинництві	12000
В тваринництві	18000
Комунально – побутове споживання	3600
В інших галузях	2000

Довжина ліній електропередачі напругою 0,4 кВ на фермі становить приблизно 1 км, а ліній напругою 10 кВ — 0,3 км.

Рівень електрифікації енергетичного обладнання визначає: термін експлуатації обладнання; надійність захисних та контрольних пристроїв; якість виробничого процесу; а також безпеку людей і тварин.

За експлуатацію електрообладнання на фермі відповідає один електрик. Кожен електрик відповідає за 110–150 нормативно-одиниць. Електрик самостійно організовує та планує технічне обслуговування, ремонт та експлуатацію електрообладнання. Він складає річний графік технічного обслуговування та ремонту відповідно до вимог системи ППРЕКС.

Як правило, технічне обслуговування та ремонт виконуються одночасно для всього електрообладнання в межах однієї установки.

Основною метою технічного обслуговування є підтримання електрообладнання в робочому стані.

Під час технічного обслуговування виконуються такі операції: очищення, огляд, перевірка приміщень, стану заземлення та контактів з'єднань проводів. Крім того, під час технічного обслуговування електричних машин перевіряються з'єднання з працюючою машиною.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Під час технічного обслуговування пускового та захисного обладнання перевіряються механічні системи та ущільнення дугогасильних камер. Профілактичне технічне обслуговування є одним із найважливіших компонентів системи ППРЕКС. Своєчасне профілактичне технічне обслуговування дозволяє підтримувати технічний стан електрообладнання на необхідному рівні,

1.3. Характеристика приміщення

Молочно - тваринницька ферма знаходиться на території фермерського господарства. До складу входять корівник на 25 голів в якому знаходиться відділення для утримання корів, телят, денник для молодняка, в прибудові є приміщення для коренеплодів, доїльна зала з переддоїльною площадкою, молоко-мийне приміщення, фуражна, електрощитова, вакуумнасосна, котельня, зооветеринарне приміщення, допоміжне приміщення.

Проект передбачає, що в приміщенні розмірами 43,5х12х3,5 м може бути розміщено до 25 голів ВРХ, телята віком до 20 днів – 2 голови, від 21 дня до 3 місяців - 6 голів, від 3 – 6 місяців – 7 голів, від 6 до 9 місяців – 4 голів, від 9 до 12 місяців - 3 голів, від 12 до 15 місяців – 3 голів, від 15 до 18 місяців – 3 голів, нетелі – 4 голів, бички – 14 голів. Прибудова до стійлового приміщення має розміри 9х27,5х3,5м.

Утримання корів на прив'язі. Стійла розміщені в два поздовжні ряди, утворюючи один кормовий та два гнойових проходи. Приміщення корівника по класу середовища відноситься до особливо вологих з хімічно - активним середовищем, у відношенні враження електричним струмом - до особливо небезпечних. Роздача кормів передбачається мобільним кормороздавачем. Напування тварин з групових автонапувалок ПА-1А по одній на дві голови.

Доїння корів механізоване і проводиться 2 рази на добу в доїльному залі, здійснюється за допомогою доїльної установки АДМ-Ф-4 в молокопровід, по якому молоко надходить в приміщення для прийому та обробки молока.

Видалення гною з приміщення проводиться щоденно за допомогою

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

скребкових конвеєрів типу КСГ-7-02 в напівприцеп, що знаходиться під похилим транспортером зовні приміщення.

Первина обробка молока проводиться за допомогою резервуара – охолодника МРА –0,6, який знаходиться в приміщенні, що поруч з стійловим приміщенням.

Корівник обслуговує сім'я з 2 працюючих.

Приміщення для утримання тварин ВРХ по категорії електропостачання належить до II. По умовах навколишнього середовища приміщення відноситься до вологого з хімічно – активним середовищем, по степені ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних. Ступінь вогнестійкості будівлі I, категорія виробництва по пожежній небезпеці “В”. Будівля обладнана грозозахистом. Для захисту обслуговуючого персоналу всі струмоведучі частини електрообладнання заземлені і занулені.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА І ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір технологічного обладнання

Утримання корів і молодняку ВРХ прив'язне, комбібоксове. Розміри прийняті довжиною 1700 - 1800 мм, шириною 900 мм. Тварин старших 1 року утримують на прив'язі в стійлах, а молодняк в групових клітках безприв'язно. Фронт годування на одну голову складає 0,6 м. Будівля має один кормовий і два гнойових проходи.

При сприятливих погодніх умовах тварини утримуються на вигульній площадці з твердим покриттям. Основні робочі процеси автоматизовані і частково механізовані. Роздача грубих, соковитих кормів, силосу, концентрованих кормів та подрібнені коренеплоди з мінеральними добавками передбачається за допомогою роботи Lely Vector технічна характеристика наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика Lely Vector

Найменування показників	Величина
Вантажопідъемність, кг	600
Об'єм, м ³	2
Розміри, м	
довжина	1.65
ширина колії	1.2
висота	1.9
Маса, кг	1400

Водопостачання фермерського господарства здійснюється за допомогою безбаштової водонасосної установки. Керування водонасосною установкою здійснюється від шафи керування, що живиться від трансформаторної підстанції.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

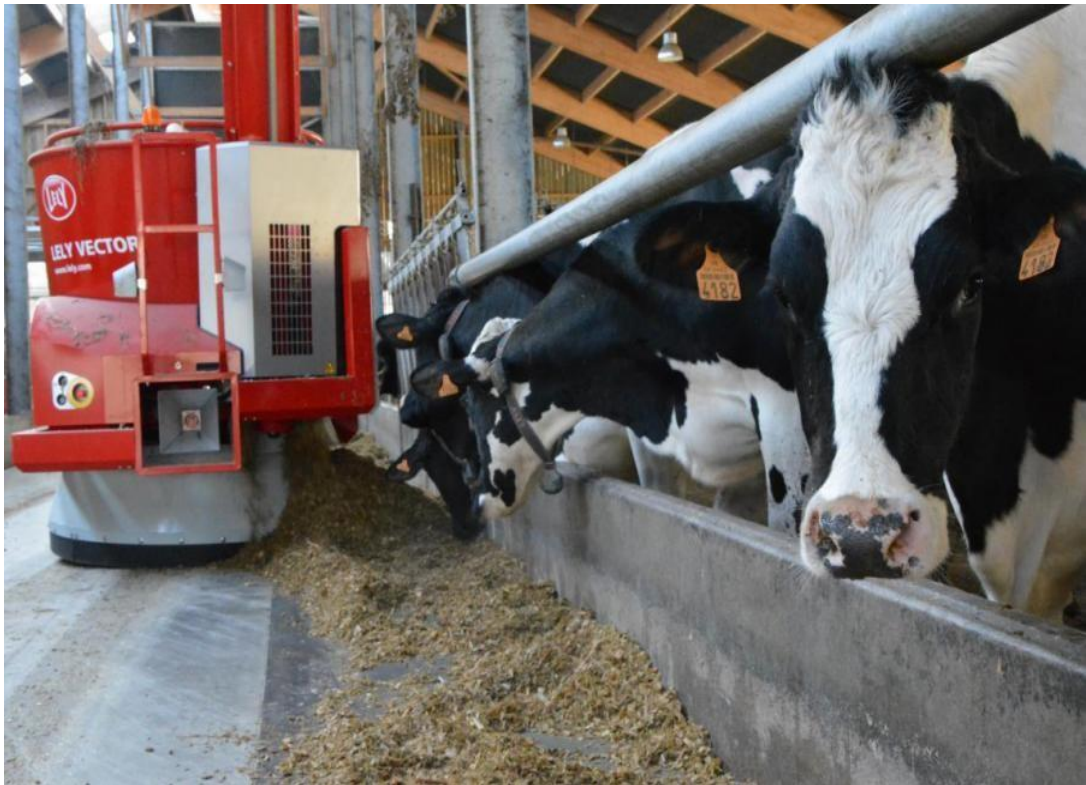


Рис. 2.1. Роздача грубих, соковитих кормів, силосу, концентровани корма та подрібнені коренеплоди з мінеральними добавками передбачається за допомогою робота Lely Vector

Напування тварин здійснюється за допомогою групових автонапувалок ПА-1А встановлених із розрахунку одна поїлка на дві голови.

Таблиця 2.2

Технічна характеристика автопоїлки ПА-1А

Показник	Одиниці виміру	Величина
Місткість	Дм ³	1,9
Робочий тиск на ввіді в поїлку	МПа	0,039
Пропускна здатність клапанного механізму при робочому тиску	Дм ³ /с	0,08
Сила натискання на ричаг при робочому тиску води	Н	2,5
Маса	кг	3,7

Вентиляція приміщення здійснюється витяжними вентиляторами, що входять в комплект вентиляційного обладнання “Клімат-47М”.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

Технічна характеристика обладнання “Клімат 47М-02”

Показник	Одиниці виміру	Величина
Кількість вентиляторів в комплекті	шт..	8
Подача повітря при тиску 20 Па	тис. м³/год	$80 \pm 5,0$ 5,0
Встановлена потужність	кВт	430
Маса	кг	

Обігрів повітря в приміщенні в холодну пору року здійснюється котлом, що знаходиться в допоміжному приміщенні (див на графічному листі №1).

Щоб вибрати потужність котла виконаємо розрахунки. Знаходимо необхідну подачу повітря у зимовий період:

$$L = N \cdot m \cdot L_1; \quad (2.1)$$

N- середньорічна кількість тварин, N = 50 гол; m- середня маса тварини, m = 250 кг; L₁- норма повітрообміну взимку, L₁ = 0,20 м³/год.

$$L = 50 \cdot 250 \cdot 0,20 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо теплову потужність;

$$P_n = \frac{(g \cdot Y + C \cdot p \cdot L) \cdot (t_b - t_3) - Q_T - Q_M}{3600 \cdot \eta_k}. \quad (2.2)$$

де g — теплова характеристика приміщення, для утеплених приміщень = 2,1...2,9 кДж/(м³· год· °C);

Y - внутрішній об'єм приміщення, м³ ,

$$Y = (12 \cdot 72 \cdot 3,2) + (12 \cdot 27,5 \cdot 3,2) = 2764 + 1056 = 3820 \text{ м}^3;$$

C — теплоємність повітря,

$$C = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C});$$

p-розрахункова плотність повітря,

$$\rho = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3; t_b - \text{розрахункова температура повітря в середині приміщення, } ^\circ\text{C}; t_b = 10^\circ\text{C}; t_3 - \text{розрахункова зовнішня температура повітря,}$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

$^{\circ}\text{C}$; $t_3 = -20^{\circ}\text{C}$; Q_T - тепловиділення тваринами, кДж/год;

$$Q_T = 50 \cdot 2282 \cdot 0,86 = 98126 \text{ кДж/год};$$

Q_M - потужність інших установок, які стоять в приміщенні, кДж/год;

$$Q_M = 0 \text{ кДж/год}; \eta_k - \text{к.к.д. повітрянагрівної установки, } \eta_k = 0,9..0,95.$$

$$P_p = \frac{(2,5 \cdot 3820 + 1 \cdot 1,3 \cdot 2,5 \cdot 103) \cdot (10 - (-20)) - 98126 - 0}{3600 \cdot 0,9} = 52,7 \text{ кВт}.$$

Для опалення приміщень ми обрали твердопаливний котел KLIMOSZ DUO 55 з автоматичною подачею палива (Польша), який також може спалювати традиційне тверде паливо в ручному режимі. Чавунний ретортний пальник призначений для спалювання пелет, зокрема еко-горохового вугілля та пелет із лушпиння. Технічні характеристики пелетного котла KLIMOSZ DUO 55 наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4.

Технічна характеристика котла KLIMOSZ DUO 55

Найменування	Показник
Номінальна потужність (еко-горошок), кВт	55/50
Номінальна потужність (пелети), кВт	50/48
Площа теплообмінника котла, м ²	5,8
ККД (еко-горошок),%	86,8
ККД (пелети),%	84,9
Діапазон регульованої потужності (еко-горошок)	16,5 ÷ 55
Діапазон регульованої потужності (пелети)	14,5 ÷ 48
Споживання палива при номінальній потужності (еко-горошок 27 MJ/kg), кг/год	8,3
Споживання палива при номінальній потужності (пелети 18 MJ/kg), кг/год	13,0

Продовження табл. 2.4.

Обсяг бункера палива, дм ³	505
---------------------------------------	-----

Приблизний час спалювання при номінальній потужності (еко-горошок 27 MJ/kg), дні	5,5
Приблизний час спалювання при номінальній потужності (пелети 18 MJ/kg), дні	3,5
Температура продуктів згоряння, 0C	120 ÷ 220
Маса, кг	840
Водний обсяг, дм3	148
Димова тяга, Па	16,5 ÷ 55
Макс. робочий тиск води, бар	14,5 ÷ 48
Рекомендована робоча температура опалювальної води, 0C	8,3

Доїння корів виконується за допомогою доїльної установки Lely Astronaut A4 роботизована доїльна система, яка дозволяє контролювати багато факторів індивідуально для кожної корови, включаючи і такі, що не піддаються контролю при використанні традиційних систем доїння Технічна характеристика доїльної установки наведена в табл. 2.5.

Таблиця 2.5.

Технічна характеристика доїльної установки Lely Astronaut A4

Найменування показника	Величина
Кількість корів, голів	55-70
Кількість операторів, чел..	1
Продуктивність оператора, гол/ час	8
Встановлена потужність, кВт	3
Тип вакуум насоса	Роторний (сухий або масляний)
Подача, м³/год	180-300
Кількість	2



Рис. 2.2. Доїльна установка Lely Astronaut A4

Видалення гною з приміщення проводиться щоденно за допомогою Lely Discovery це автоматичний робот для прибирання гною в корівнику, який працює самостійно за заданим маршрутом. Він оснащений системою навігації, що дозволяє рухатися без направляючих, і регулярно очищає підлогу, підтримуючи чистоту та гігієну. Використання робота зменшує потребу в ручній праці та сприяє покращенню умов утримання і здоров'я корів.

Технічна характеристика робота Lely Discovery наведена в табл. 2.6.

Для переробки коренеплодів ми використовуємо універсальний подрібнювач кормів AZK-T-1.

У табл 2.7 наведено перелік обладнання для переробки, яке використовується у приміщенні для утримання великої рогатої худоби.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		18

Технічна характеристика установки Lely Discovery

Показник	Одиниці виміру	Величина
Кількість обслуговуваних тварин		60–120
Продуктивність (площа прибирання)	м ² /год	1000–1500
Час роботи	год/добу	10–14
Встановлена потужність	кВт	0,2–0,6
Напруга живлення	В	24
Швидкість руху	м/хв	10
Місткість бака	л	100
Вага	кг	300



рис. 2.3. Автоматичний робот для прибирання гною Lely Discovery

Перелік технологічного обладнання

Найменування технологічного процесу	Тип	Кількість
Роздача кормів	Lely Vector	1
Напування	ПА-1А	14
Доїння корів	Lely Astronaut A4	1
Прибирання гною	Lely Discovery	1
Переробки коренеплодів	АЗК-Т-1	1
Вентиляція	Клімат-47М-02	1
Обігрів приміщення	KLIMOSZ DUO 55	1

2.2. Розрахунок і вибір електродвигунів

Електродвигун, необхідний для приводу насоса, підбирається з урахуванням таких основних характеристик: тип струму; напруга; режим роботи; електрична схема; конструкція та спосіб кріплення; кліматичний клас та спосіб монтажу; ступінь захисту від дотику персоналу до деталей під напругою або рухомих деталей усередині корпусу двигуна, а також від проникнення твердих сторонніх предметів і води в корпус; частота обертання; та потужність.

Електродвигун підбирається за типом струму залежно від типу джерела живлення та вимог насоса до характеристик двигуна.

Двигун підбирається за напругою так, щоб його номінальна напруга відповідала напрузі, до якої він буде підключений.

Електродвигун підбирається за режимом роботи (постійний, періодичний або повторно-періодичний) відповідно до режиму роботи насоса, який він повинен приводити в дію.

Двигун підбирають за його електричною конфігурацією (з високим пусковим моментом, з великим ковзанням, багатошвидкісний або з фазним ротором) залежно від пускового моменту насоса, характеру навантаження, маси обертових елементів системи та необхідності зміни швидкості обертання.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Електродвигун підбирають за його конструкцією та способом кріплення залежно від конструктивних особливостей робочої машини та передавальних пристроїв, а також умов експлуатації електроприводу.

Двигун підбирають за його кліматичним класом відповідно до кліматичних умов регіону

Розрахункову потужність двигуна установки визначаємо за формулою 2.3;

$$P_{роз.} = \frac{K_з \cdot Q_{нас} \cdot H_p}{\eta_{пер} \cdot \eta_{нас}}; \quad (2.3)$$

де $K_з$ – коефіцієнт запасу,

$K_з = 2$; $Q_{нас.}$ – подача насоса, $4.7 \text{ м}^3/\text{год.} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;

$H_{нас}$ – висота підйому води, кПа, для насоса $H_{нас} = 14.83 \text{ м} = 143,1 \text{ кПа}$;

$\eta_{нас.}$ – коефіцієнт корисної дії насоса; для відцентрових $\eta_{нас.} = 0,8$;

$\eta_{пер.}$ – коефіцієнт корисної дії передачі, $\eta_{пер} = 1$.

$$P_{роз.} = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 143,1}{0,8 \cdot 1} = 0.468 \text{ кВт}$$

Насос комплектується електродвигуном АИР71А2У2 з такими технічними характеристиками $P_n = 0,75 \text{ кВт}$; $n = 2840 \text{ об/хв.}$; $I_n = 1,77 \text{ А}$, $\eta_{дв.} = 0,75$, $\cos \varphi = 0,83$, $I_p/I_n = 6,1$.

Насос оснащений електродвигуном АИР71А2У2 з такими технічними характеристиками: $P_n = 0,75 \text{ кВт}$; $n = 2840 \text{ об/хв.}$; $I_n = 1,77 \text{ А}$, $\text{ККД} = 0,75$, $\cos \varphi = 0,83$, $I_p/I_n = 6,1$.

Цей електродвигун живиться від мережі змінного струму з частотою 50 Гц і напругою 380 В. Номінальний режим роботи двигуна — S1, а тип конструкції за способом кріплення — IM8241. Категорія розміщення та кліматичне виконання — У2.

Електродвигуни для решти технологічного обладнання підбираємо аналогічним чином і вносимо дані до табл 2.8.

2.3. Розрахунок силової електропроводки

Безперебійна робота електроприладів, а також безпека людей і тварин

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

залежать від довговічності та надійності електропроводки.

Тип електропроводки, марка та спосіб прокладення дроту або кабелю обираються з урахуванням призначення, вартості та архітектурних особливостей будівлі; умов навколишнього середовища; характеристик та режиму роботи електроприладів; а також правил техніки безпеки та протипожежної безпеки.

Ізоляція проводів та кабелів завжди повинна відповідати номінальній напрузі електроустановки, а захисні оболонки — агресивності середовища та способу монтажу.

Площа поперечного перерізу струмопровідних жил проводу (кабелю) вибирається з урахуванням таких умов:

Тривало допустимий за нагріванням струм навантаження повинен бути неменшим максимального тривалого робочого струму електричного кола, тобто $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}(I_{\text{ном}})$.

- Вибраний по нагріву провід (кабель) перевіряємо на відповідність його перерізу апарату захисту за умовою: $I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3$,

де K_3 – кратність допустимого тривалого струму провідника по відношенню до номінального струму або струму спрацювання захисного апарату (для вимикачів з тепловим розчіплювачем $K_3=1$, Л-3);

I_3 – сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату (для вимикачів з тепловим розчіплювачем $I_3=I_{\text{розч.ном.}}$).

Визначивши площу перерізу проводу(кабелю) по двох умовах, вибираємо більшу. При цьому враховуємо, що ПУЕ дозволяє при виборі площі перерізу по другій умові, приймати найближчій менший переріз.

Для прикладу виберемо тип і переріз проводу для двигуна насоса $I_{\text{н}} = 1,77\text{А}$

Вибір площі провідника вибираємо по умові 2.6:

$$I_{\text{доп...}} = I_{\text{роз.}} \quad (2.6)$$

де $I_{\text{доп...}}$ – допустимий струм провідника, А; $I_{\text{роз.}}$ - тривалий розрахунковий струм, А.

Для проводу ВВГ (1х2,5) допустимий струм $I_{\text{доп...}} = 19\text{А}$, що відповідає умові.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

$$19A > 1,77A.$$

За умовою відповідності апарату захисту 2.7:

$$I_{\text{доп...}} = k_{3..} \cdot I_{3.} \quad (2.7)$$

де $k_{3..}$ – коефіцієнт захисту, $k_{3..} = 1$; $I_{3.}$ – значення струму апарату захисту, А,
 $I_{3.} = I_{\text{розч.авт.}} = 2A.$

$$19A > 1 \cdot 2 = 2A.$$

Умова виконується, тобто провід ВВГ(1х2,5) вибраний вірно. Провід в приміщенні прокладемо в сталених трубах. Для живлення установки станції керування враховуючи умови вибору проводів і кабелів вибираємо кабель ВВГ, передбачено прокладання кабелю відкрито.

За розрахунковий струм приймаємо номінальний струм установки ($I_{\text{розр}} = 1,77A$).

Умовам 2.4.1 і 2.4.2 відповідає кабель ВВГ (3х2,5+1х1,5); $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$
 Перевіряємо вибраний кабель по умові 2.6

$$19A > 1,77A$$

По умові 2.7

$$19A > 1 \cdot A;$$

$$19 \text{ А} > 2A$$

Отже як бачимо, умови виконуються, кабель вибраний вірно. Решту проводів і кабелів установок вибираємо аналогічно. Дані розрахунків дивимося на листі 1 графічної частини

2.4. Розрахунок і вибір освітлювальних установок.

Електричне освітлення у сільськогосподарських приміщеннях застосовують для створення достатньої освітленості робочих місць, при якій забезпечується нормальний хід протікання технологічних процесів.

Для освітлення приміщень для утримання тварин, а також кімнат для персоналу, де постійно перебувають працівники, ми використовуємо люмінесцентні лампи. Лампи розжарювання застосовуються для освітлення

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

інших допоміжних приміщень, де люди не перебувають постійно, а також для зовнішнього освітлення.

Ми обираємо стандартні рівні освітленості для сільськогосподарських об'єктів відповідно до типу використовуваного джерела світла, як зазначено в «Промислових стандартах освітлення сільськогосподарських підприємств, будівель та споруд» [3].

Для приміщень 2 та 9 ми обираємо світильники ЛСП-15-2х40-001-U3.5 (ступінь захисту IP53). Для решти приміщень (НСП21) та для зовнішнього освітлення ми обираємо світильники НСП03 (IP53).

При розміщенні світильників враховуємо архітектурні особливості приміщення, розташування вікон, будівельних конструкцій, технологічного обладнання тощо. Світильники з точковими джерелами світла розміщуємо у вершинах квадратів та прямокутників. Світильники з люмінесцентними лампами встановлюємо у переривчастих рядах.

Кількість світильників у приміщенні визначається виходячи з найсприятливішої відносної відстані між ними, з урахуванням відомих параметрів приміщення: довжини, ширини та проектної висоти.

Наприклад, визначимо кількість світильників у приміщенні для утримання тварин.

Розрахункову висоту підвісу світильників визначаємо за формулою:

$$H_p = H - h_z - h_p, \quad (2.8)$$

де H – висота приміщення, м;

h_z – висота звисання, що залежить від конструкції світильника, $h_z=0,2\dots0,8$ м [2];

h_p – рівень робочої поверхні від підлоги.

$$H_p = 3,5 - 0,3 - 0 = 3,2 \text{ м.}$$

Визначаємо оптимальну відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (2.9)$$

де λ – найвигідніша відносна відстань між світильниками (для кривої Д $\lambda = 1,4\dots1,6$ [2].

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$L=(1,4...1,6) \cdot 3,2 = 4,48...5,12 \text{ м.}$$

Приймаємо $L = 4,8 \text{ м.}$

Визначаємо кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B}{\tau} \quad (2.10)$$

де B – ширина приміщення, м;

$$n_p = \frac{12}{4.8} = 2.5$$

Приймаємо $n_p = 3$ ряди.

Визначаємо відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = 0.5 \cdot L, \quad (2.11)$$

$$L_c = 0.5 \cdot 4.8 = 2.4 \text{ м.}$$

Розрахункова відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_p - 1} = \frac{12 - 2 \cdot 2.4}{3 - 1} = 3.6 \text{ м.} \quad (2.12)$$

Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{L^2}{L_a} = \frac{4.8^2}{3.6} = 6.4 \text{ м.} \quad (2.13)$$

Кількість світильників у ряду:

$$n_c = \frac{A - 2L_c}{L_a} + 1 = \frac{40 - 2 \cdot 2.4}{6.4} + 1 = 6.5 \quad (2.14)$$

Приймаємо $n_c = 7$ шт..

Загальна кількість світильників:

$$N = n_p \cdot n_c \quad (2.15)$$

$$N = 3 \cdot 7 = 21 \text{ шт}$$

Визначаємо розрахунковий світловий потік лампи:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot F \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta}; \quad (2.16)$$

де E_n – нормована освітленість, лк, для корівника $E_n = 75 \text{ лк};$

K – коефіцієнт запасу, $K=1,3$; Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z=1,1$ [2];

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбивання поверхонь та індексу приміщення. Приймаємо коефіцієнт відбиття стелі, стін, підлоги $\rho_c = 50\%$, $\rho_{st} = 30\%$, $\rho_p = 10\%$.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)} = \frac{12 \cdot 40}{3.2(12+40)} = 2.88. \quad (2.17)$$

З [2] беремо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0.40$. Отримані дані підставляємо у формулу (4.1):

$$\Phi_p = \frac{75 \cdot 1.3 \cdot 12 \cdot 40 \cdot 1.1}{21 \cdot 0.40} = 6128.5 \text{ лм.}$$

Так, як світильник має дві лампи визначаємо світловий потік лампи

$$\Phi_l = \frac{\Phi_p}{2} = \frac{6128.5}{2} = 3064.28 \text{ лм.}$$

За розрахунковим потоком з дод. 2 [2] вибираємо лампу ЛБ40: $P_l = 40\text{Вт}$; $\Phi_l = 3000\text{лм}$, світловий потік якої найближче відповідає розрахунковому. Остаточню вибираємо світильник ЛСП-15-2х40-001-У3,5.

Визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_\phi = E_n \frac{\Phi_l m}{\Phi_p}, \quad (2.18)$$

де m – кількість ламп у світильнику.

$$E_\phi = 75 \frac{3000 \cdot 2}{6128.5} = 73.42 \text{ лк.}$$

Визначаємо відхилення освітленості від нормованої:

$$E\% = \frac{E_\phi - E_n}{E_n} 100 = \frac{73.42 - 75}{75} \cdot 100 = -2\% \quad (2.19)$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої знаходиться в допустимих межах $(-10\ldots+20\%)$ [1].

Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_l \cdot N \cdot n \quad (2.20)$$

$$P_y = 40 \cdot 2 \cdot 21 = 1680 \text{ Вт}$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для економічного використання електроенергії під час короткочасних вимикань освітлення в приміщенні застосовано чергове освітлення, решта основне.

При розрахунках освітлення допоміжних і підсобних приміщень застосовуємо метод питомої потужності. Розрахунок виконуємо з використанням нормативних таблиць. Таблиці значень питомої потужності розраховані для усереднених параметрів (площі, висоти) приміщень.

Враховуючи умови навколишнього середовища вибираємо світильник типу НСП21х200/Р50-ОЗ.

Оскільки висота всіх приміщень однакова, то розрахункова висота підвішування становитиме:

$$H_{\text{розр}} = H - h_z - h_p; \quad (2.21)$$

$$H_{\text{розр}} = 3.5 - 0.8 - 0 = 2.7 \text{ м.}$$

Визначаємо оптимальну відстань між світильниками в ряду:

$$L = H_{\text{розр}} \cdot \lambda; \quad (2.22)$$

$$L = 2.7 \cdot 1.5 = 4.05 \text{ м.}$$

Оскільки перед доїльня площадка має площу 22 м², то в даному приміщенні буде 1 світильник. Приймаємо, освітленість приміщення $E=50\text{лк}$, питома потужність $R_{\text{пит.}} = 18,4 \text{ Вт/м}^2$.

Розрахункова формула методу:

$$P_p = \frac{R_{\text{пит}} S}{mN}, \quad (2.23)$$

де P_p – розрахункова потужність лампи, Вт;

$R_{\text{пит}}$ – табличне значення питомої потужності лампи, яка забезпечує нормовану освітленість, $R_{\text{пит}} = 18,4 \text{ Вт/м}^2$ [2];

S – площа приміщення, 22 м²; m – кількість ламп у світильнику, шт.;

N – кількість світильників, шт.

$$P_p = \frac{18.4 \cdot 22}{1 \cdot 2} = 202 \text{ Вт.}$$

Приймаємо лампу Б 215х225-200, потужністю 200 Вт, що відповідає умові фактичного відхилення.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Аналогічно проводимо розрахунки інших допоміжних приміщень. Результати заносимо до світлотехнічної відомості (табл 2.9.).

2.5. Розрахунок освітлювальної проводки

Живильні і групові щитки потрібно розміщувати в місцях з'єднання живильних і групових мереж, по можливості в центрі електричного навантаження і місцях, доступних для обслуговування.

Розподіл освітлювальної проводки на групи виконаємо в табличній формі – табл. 2.10. Визначаємо розрахункові струми груп: для однофазних груп з лампами розжарювання:

$$I_{\text{гр}} = \frac{P_{\text{гр}} 10^3}{U_{\text{ф}}}, \quad (2.24)$$

де $P_{\text{гр}}$ – потужність групи, кВт; $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга мережі, В.

Для однофазних груп з люмінесцентними лампами:

$$I_{\text{гр}} = \frac{1.25 \cdot P_{\text{гр}} 10^3}{U_{\text{ф}} \cos \varphi}, \quad (2.25)$$

де $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності, $\cos \varphi = 0.9$.

Отже,

$$I_{\text{гр1-3}} = \frac{1.25 \cdot 0.48 \cdot 10^3}{220 \cdot 0.9} = 3.03 \text{ A.}$$

$$I_{\text{гр4}} = \frac{1.25 \cdot 0.24 \cdot 10^3}{220 \cdot 0.9} = 1.51 \text{ A.}$$

$$I_{\text{гр6}} = \frac{1.25 \cdot 0.48 \cdot 10^3}{220 \cdot 0.9} = 3.03 \text{ A.}$$

$$I_{\text{гр5}} = \frac{1.1 \cdot 10^3}{220} = 5 \text{ A.}$$

$$I_{\text{гр7}} = \frac{1.9 \cdot 10^3}{220} = 8.63 \text{ A.}$$

$$I_{\text{гр5}} = \frac{1.3 \cdot 10^3}{220} = 5.9 \text{ A.}$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розподіл освітлювальної проводки на групи

№ групи	Розподіл по фазам	Номер приміщення	Кількість світильників в групі	Потужність ламп, кВт	Встановлена потужність, кВт.	Примітка.
1	A+N	2	6	12x0,04	0,48	Робоче
2	B+N	2	6	12x0,04	0,48	Робоче
3	C+N	2	6	12x0,04	0,48	Робоче
4	A+N	2	3	6x0,04	0,24	Чергове
5	B+N	1,3,11,12,13, 14,15,16,(з.1)	9	7x0,1 2x0,2	1,1	Робоче
6	C+N	9	6	12x0,04	0,48	Робоче
7	A+N	4,5,6,7,8,17,18, (зовн.1)	11	2x0,1 9x0,2	1,9	Робоче
8	B+N	10,11,(зов.4)	9	5x0,1 4x0,2	1,3	Робоче
9	C+N					Резерв

Для захисту від коротких замикань та комутації освітлювальної установки застосовуємо автоматичні вимикачі з електромагнітними розчіплювачами.

Номінальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів вибираємо, виходячи з таких умов:

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{розр}};$$

$$I_{\text{у.е}} \geq 1,4 \cdot I_{\text{розр}},$$

де $I_{\text{розр}}$ – розрахунковий струм групи, А;

$I_{\text{ном.р}}$ – номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача, А;

$I_{\text{у.е}}$ – струм уставки спрацювання електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А.

У сучасних освітлювальних мережах для комутації і захисту застосовують низьковольтні комплекти обладнання – щитки, в яких вмонтовується задана

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

кількість апаратів, тому при виборі захисної апаратури приймаємо відповідний комплект обладнання.

Вибираємо освітлювальний щиток ЯРН8501-4024: $I_{ном} = 100 \text{ А}$ [3] з груповими автоматичними вимикачами ВА-2017/В 1р АСКО (9шт.) [16].

Для 7-ї групи вибираємо ВА-2017/В 1р АСКО з $I_{ном.р} = 10,0\text{А}$, а для решти груп $I_{ном.р} = 6\text{А}$

У сільськогосподарських будівлях електропроводку для освітлення прокладають як прихованим, так і відкритим способом: по кабелю, у пластикових та сталевих кабельних каналах, у канавках будівельних конструкцій, уздовж стін або на стелі.

Для нашого об'єкта ми будемо використовувати кабель ВВГ: кабель з мідними провідниками, ізоляцією та оболонкою з полівінілхлориду (ПВХ), призначений для монтажу, в тому числі в суворих умовах. Ми плануємо прокласти кабель безпосередньо вздовж стін за допомогою металевих монтажних планок, закріплених на стіні анкерами; а також на кабельному трасі, закріпленому сталевую стрічкою з ізоляційною прокладкою.

Переріз кабелю вибираємо за умовою:

$$I_{доп} \geq I_{роб},$$

де $I_{доп}$ – допустима сила струму для даного перерізу кабелю, А; $I_{роб}$ – робоча (розрахункова) сила струму, А.

Для живлення груп вибираємо кабель ВВГ(3×2,5) $I_{доп} = 19\text{А}$ (табл.3.15) [5].
Передбачаємо заземлення троса, до якого кріпляться світильники.

Перевіряємо вибраний кабель по умовах

$$19\text{А} > 8.63\text{А}.$$

$$19\text{А} > 1 \cdot 10 = 10\text{А}.$$

Для живлення решти груп вибираємо кабель ВВГ(3×2,5): $I_{доп} = 19\text{А}$. Третя жила кабелю – для заземлення світильників.

Розрахунковий струм магістралі, що живить освітлювальний щиток:

$$I_m = \frac{1.25 \sum_1^n P_{л.л} 10^3}{\sqrt{3} U_{л} \cos \varphi} + \frac{1 \sum_1^n P_{л.р} 10^3}{\sqrt{3} U_{л}} = \frac{1.25 \cdot 2.16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} + \frac{4.2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 10.94\text{А}.$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Загальний автоматичний вимикач в освітлювальному щитку ВА-2017/В 3р 20А АСКО з $I_{ном.а} = 20А$

Для живлення освітлювального щитка вибираємо кабель ВВГ(1×4): $I_{доп} = 27А$.

Перевіряємо вибраний кабель по умовах:

$$27А > 10,94 \quad 27А > 1 \cdot 20 = 12,5А.$$

Умови виконуються, кабель вибрано вірно.

2.6. Визначення розрахункової потужності на вводі

Розрахункова потужність на вході в будівлю береться зі стандартних даних відповідно до РУМ-81 або визначається шляхом складання графіків змінного навантаження.

При складанні графіка змінного навантаження спочатку створюється допоміжна розрахункова таблиця, в яку вводяться всі дані, необхідні для складання графіка.

Споживання електроенергії електричними навантаженнями визначається за формулою 2.26:

$$P_{сп} = \frac{P_{вст}}{\eta} \cdot k_3; \quad (2.26)$$

де $P_{вст}$ - встановлена потужність електроприймача, кВт;

k_3 - коефіцієнт завантаження електроприймача при даній технологічній операції;

η - коефіцієнт корисної дії електроприймача.

Наприклад, споживана потужність доїльного обладнання.

$$P_{сп} = \frac{4 - 0.8}{0.85} = 3.76 \text{ кВт.}$$

Споживану потужність інших установок визначаємо аналогічно, дані заносимо в табл. 2.11.

Графік роботи устаткування складають відповідно до розпорядку дня в господарстві з урахуванням належної частоти, послідовності та тривалості

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виконання кожної технологічної операції, $t_{\text{роб.}}$

З графіка навантаження видно, максимум навантаження на вводі припадає з 8 до 9 години коли споживається потужність 16,44 кВт.

По максимальній розрахунковій потужності на вводі споживача, визначимо розрахункове денне навантаження визначаємо по формулі 2.7.2, враховуючи, що максимальне денне навантаження $P_{\text{роз.д.}}=16,44$ кВт.

$$S_{\text{роз.}} = \frac{P_{\text{розр}}}{\cos\varphi}; \quad (2.27)$$

де $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності на вводі даного приймача при максимальному навантаженні, $\cos\varphi_{\text{д}}=0,75$; $\cos\varphi_{\text{в}}=0,85$.

$$S_{\text{роз.д}} = \frac{16.44}{0.75} = 21.92 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Розрахункове вечірнє навантаження визначаємо з формули 2.27, враховуючи, що максимальне вечірнє навантаження $P_{\text{роз.в.}}=16,44$ кВт

$$S_{\text{роз.в}} = \frac{16.44}{0.85} = 19.34 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

де 0.85 - $\cos\varphi_{\text{в}}$ для вечірнього навантаження приміщення. Отже, за потужністю на вводі приймаємо $S_{\text{роз}} = 21,92$ кВ·А.

Знаючи, що максимально розрахункова потужність $P_{\text{роз.}}$ становить 16,44 кВт. Визначаємо споживаний струм, для вибору головного автоматичного вимикача, що житиме силовий щит за формулою 2.28.

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot U_{\text{м}}}; \quad (2.28)$$

де $U_{\text{м}}$ - напруга мережі, кВ; $\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності

. Приймаємо $\cos\varphi = 0,75$;

$$I_{\text{р}} \frac{16.44}{1.73 \cdot 0.75 \cdot 0.38} = 33.35 \text{ А}.$$

За розрахунковим струмом вибираємо автоматичний вимикач для захисту установок по умовах 2.29:

$$\begin{aligned} U_{\text{н.авт.}} &\geq U_{\text{н.м.}}; \\ I_{\text{н.авт.}} &\geq I_{\text{р.}}; \end{aligned} \quad (2.29)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

$$I_{\text{розч.авт.}} \geq I_p;$$

Цим умовам відповідає автоматичний вимикач ВА4-31340010РУХЛЗ
 $I_{\text{н.авт.}} = 100\text{А}; I_{\text{розч.авт.}} = 40\text{А}.$

Перевіряємо вибраний автоматичний вимикач по умовах: $380\text{В} = 380\text{В};$

$$100\text{А} > 33,35\text{А};$$

$$40\text{А} > 33,35\text{А}.$$

Умови виконуються, автомат вибраний вірно.

Для живлення щитів керування електрообладнання вибираємо силовий щит по умовах: за призначенням, по кількості груп, за кліматичним виконанням і способом монтажу. Даним умовам відповідає силовий щит ШР11-73518-22У3, який розрахований на 8 груп автоматичних вимикачів. По умовах вибору приводів і кабелів вводу в приміщення вибираємо провід СП4 (4х16), з $I_{\text{доп.}} = 70\text{А}.$ Перевіряємо вибраний провід по умовах:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_p;$$

$$I_{\text{доп.}} \geq k_z \cdot I_z.$$

$$71\text{ А} > 33,35\text{А};$$

$$70\text{А} > 1 \cdot 40 = 40\text{А}.$$

Як видно умови виконуються, провід вибраний вірно.

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

Для перевірки параметрів вентиляційного обладнання, зокрема електродвигун приводу витяжного вентилятора GMT-80-037T PR.

Технічні параметри 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: $2780\text{ об/хв}.$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У зв'язку з тим, що частота обертання вентилятора 2780 об/хв, тому необхідно вибрати електродвигун із синхронною частотою обертання 3000 об/хв.

Навантаження на електродвигун стале, режим роботи електродвигуна тривалий – S1.

Конструктивне виконання електродвигуна приймаємо ІМ 1081 – двигун на лапах з двома підшипниками, з одним циліндричним кінцем валу, положення в просторі будь-яке.

Споживана вентилятором потужність (кВт), визначається формулою:

$$P_{\text{в}} = \frac{Lp}{1000 \cdot \eta_{\text{в}}}, \quad (2.30)$$

Де L – подача вентилятора, м/с; p – тиск вентилятора, Па; $\eta_{\text{в}}$ – ККД вентилятора, $\eta_{\text{в}} = 0,8$.

Звідси:

$$P_{\text{в}} = \frac{0,488 \cdot 470,4}{1000 \cdot 0,8} = 0,29 \text{ кВт.}$$

Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора проводиться за формулою:

$$P_{\text{дв.ном}} \geq K_{\text{зап}} \cdot \frac{P_{\text{в}}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (2.31)$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, що залежить від типу та потужності електродвигуна, $K_{\text{зап}} = 1,5$;

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

$$P_{\text{дв.ном}} \geq 1,5 \cdot \frac{0,29}{1} = 0,495 \text{ кВт.}$$

Обираємо електродвигун загальнопромислового виконання з найближчою більшою номінальною потужністю АИР63В2У2.

Паспортні дані електродвигуна: $P_{\text{н.дв}} = 0,55 \text{ кВт}$, $I_{\text{н}} = 1,31 \text{ А}$, $\eta = 75\%$, $\cos \varphi = 0,85$, $N_{\text{н}} = 2730 \text{ об/хв}$, $M_{\text{пуск}}/M_{\text{н}} = 2,2$, $M_{\text{мін}}/M_{\text{н}} = 1,8$, $\mu_{\text{к}} = M_{\text{мах}}/M_{\text{н}} = 2,2$, $J_{\text{р}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

Здійснюємо перевірку даного електродвигуна на відповідність робочій машині – відцентровому вентилятору GMT-80-037T PR.

Користуючись даними довідника для електродвигуна [8], побудуємо його природну механічну характеристику $M_{\partial\phi.} = f(n)$ за п'ятьма точками.

Точка 1 – неробочий хід: $M_1 = 0, S_1 = 0$;

Точка 2 – номінальний режим роботи: $M_2 = M_n, s_2 = s_n$;

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_{н.дв.}}{n_n}, \quad (2.32)$$

де M_n – номінальний обертовий момент електродвигуна, Нм;

n_n – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв.

$$s_n = \frac{n_c - n_n}{n_c}, \quad (2.33)$$

де s_n – номінальне ковзання двигуна.

Підставивши дані в (3.3) і (3.4), одержимо:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{0,55}{2730} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$s_n = \frac{3000 - 2730}{3000} = 0,09;$$

Точка 3 - точка максимального моменту $M_3 = M_{max}; s_3 = s_{max} = s_{кр}$;

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

$$s_{кр} = \frac{s + \sqrt{s_{кр} \frac{\mu_{кр} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \frac{\mu_{кр} - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (2.34)$$

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 довідковими даними.

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

Точка 4 – точка мінімального моменту $M_4 = M_{min}; s_4 = 0,8$

$$M_{min} = 1,8 \cdot M_n = 1,8 \cdot 1,92 = 3,456 \text{ Нм}, \quad (2.35)$$

Точка 5 – точка пускового моменту $M_5 = M_{пуск}; s_5 = 1$;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M_{\text{пуск}} = \mu_n \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Нм.} \quad (2.36)$$

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

При цьому використовується формула :

$$M' = (0,95)^2 \cdot M, \quad (2.37)$$

де M – відповідні значення моментів електродвигуна, Нм ;

Отримаємо:

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

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

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

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

Другу штучну механічну характеристику $M''_{\text{дв}} = f(n)$ визначають відхилення моментів.

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

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

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

$$M''_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot M_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot 4,22 = 3,59 \text{ Нм};$$

$$M''_n = M_n = 1,92 \text{ Нм};$$

Використовуючи розрахункові дані для побудови механічних характеристик електродвигуна АИР63В2У2 переносимо до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна АИР63В2У2

S	0	0,09	0,54	0,8	1	Найменування характеристики
$M, \text{Нм}$	0	1,92	4,22	3,456	4,22	природна $M = f(\omega)$
$M', \text{Нм}$	0	1,73	3,81	3,12	3,81	штучна, при $\Delta U = -5\%$
$M'', \text{Нм}$	0	1,92	3,798	2,76	3,59	штучна, при відхиленні моментів ΔM

Механічну характеристику робочої машини (рис. 2.1), в даному випадку це вентилятор, будуємо, використовуючи рівняння:

$$M_c = M_{\text{ном}} + (M_{\text{с.ном}} - M_{\text{ноч}}) \cdot (\omega/\omega_n)^x, \quad (2.38)$$

де M_c – момент статичних опорів машини при частоті обертання n , Нм ;

M_{noc} – момент статичних опорів тертя, $Нм$; $M_{c.ном}$ – момент статичних опорів при номінальній частоті обертання вентилятора $n_{ном}$, $Нм$;

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

$$M_{c.ном} = M_{н.об} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$M_{noc} = 0,1 \cdot M_{c.ном} = 0,1 \cdot 1,92 = 0,192 \text{ Нм} . \quad (2.39)$$

В такому випадку,

$$\omega_n = \pi N_n / 30 = 3,14 \cdot 2780 / 30 = 290,98 \text{ рад/с}. \quad (2.40)$$

Підставимо різні значення частоти обертання n в формулу (2.40) і зведемо в табл. 2.2. Використовуючи за основу дані табл. 2.1 і 2.2 будемо механічні характеристики електродвигуна та вентилятора, зображені на рис. 2.1.

Таблиця 2.2

**Розрахункові дані для побудови механічної характеристики
вентилятора GMT-80-037T PR**

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

Беручи за основу ці характеристики будується динамічна характеристика $M_{дин} = f(\omega)$;

$$M_{дин} = M_{дв} - M_c.$$

Застосовуючи динамічну характеристику $M_{дин} = f(\omega)$ визначається тривалість пуску електродвигуна t_n . Необхідно для цього розбити характеристику по осі ординат на рівні ділянки і для кожної ділянки графічно визначається середнє значення динамічного моменту.

Тривалість пуску електродвигуна у даному випадку:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (2.41)$$

де Δt_i – час пуску двигуна на i -тій ділянці, $с$.

$$\Delta t_i = j_{np} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta M_{i \text{ сеп}}}, \quad (2.42)$$

де j_{np} – приведений момент інерції до валу електродвигуна, $кг \cdot м^2$; $\Delta\omega_i$ – частота обертання на i -тій ділянці, $рад/с$; $\Delta M_{ісер}$ – середній динамічний момент на i -тій ділянці, $Нм$.

$$j_{np} = J_{p.m} + J_{дв}, \quad (2.43)$$

де $J_{p.m}$ – момент інерції робочої машини, $кг \cdot м^2$; $J_{дв}$ – момент інерції ротора двигуна, $кг \cdot м^2$; $J_{дв} = 0,9 \cdot 10^{-3} кг \cdot м^2$.

Визначається момент інерції робочої машини – вентилятора за формулою:

$$J_{p.m} = m \cdot \rho^2, \quad (2.44)$$

де m – маса робочого колеса вентилятора, $кг$; ρ – радіус інерції робочого колеса вентилятора, $м$.

$$\rho^2 = R^2 / 2, \quad (2.45)$$

де R – радіус робочого колеса вентилятора, $м$. $R = 0,125 м$.

У такому разі, підставивши в (2.45), отримаємо:

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

Потім за формулою (2.44) отримаємо:

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

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

Тоді знаючи, що $\Delta\omega_1 \div \Delta\omega_9 = 31,4 рад \cdot с$ і підставляючи дані в формулу, отримані результати розрахунків заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Розрахунок тривалості пуску електродвигуна

$\Delta\omega, с^{-1}$	$M_{ісер}, Н \cdot м$	$\Delta t, с$	$t_n, с$
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

Таким чином, тривалість пуску електродвигуна $t_n = 0,381 с$.

Визначимо підвищення температури обмотки статора двигуна протягом одного пуску, $\theta_{\text{пуск}}, ^\circ\text{C}$:

$$\theta_{\text{пуск}} = V_t \cdot t_n, \quad (2.32)$$

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

В такому разі

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

Клас нагрівостійкості ізоляції електродвигуна [8], що задовільняє допустиму температуру нагрівання обмотки статора $130 ^\circ\text{C}$.

Під час пуску температура обмотки двигуна збільшиться на $3,09 ^\circ\text{C}$, таким чином він не буде перегріватись.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

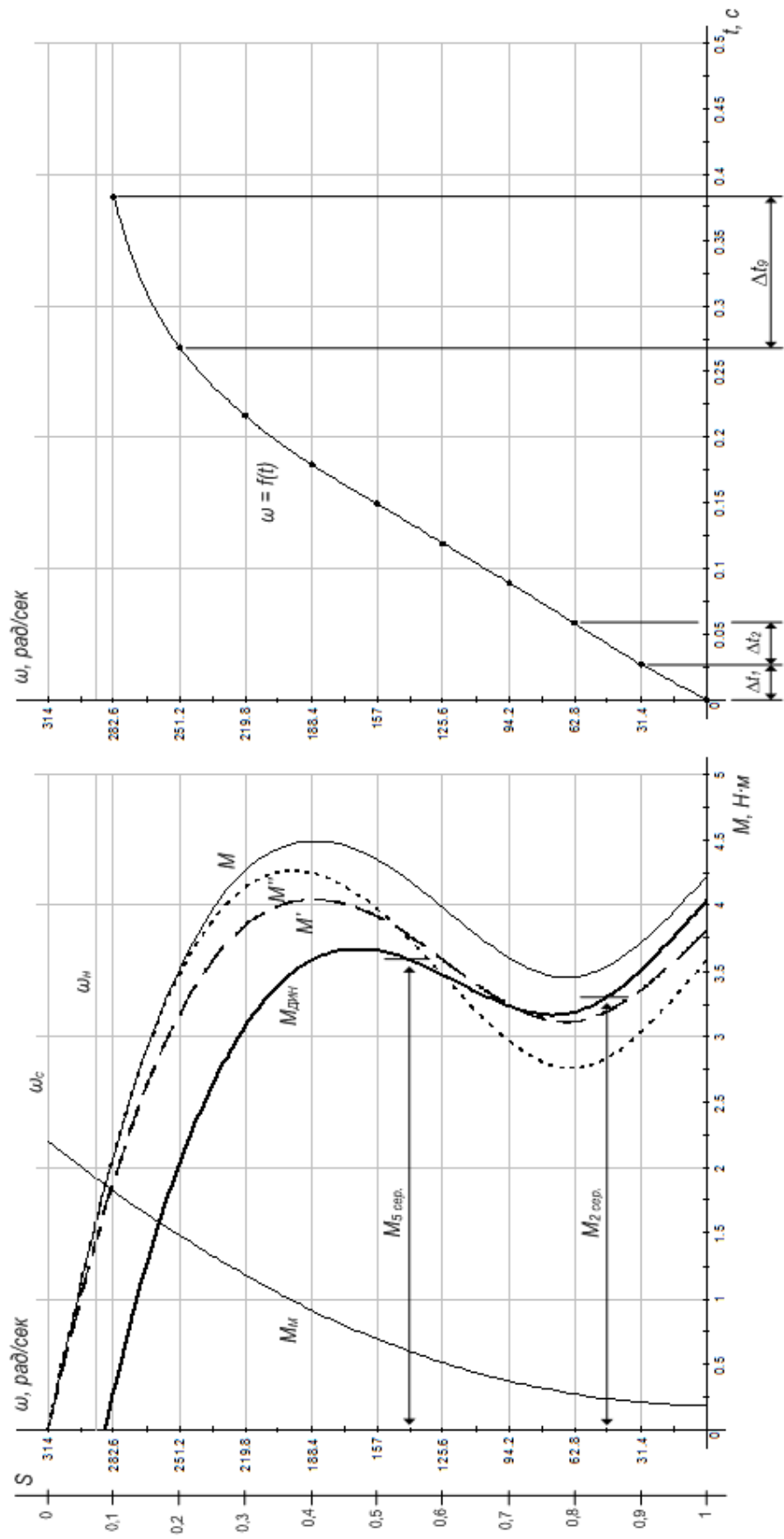


Рис. 2.7. Механічні характеристики електродвигуна і вентиляція пуску електродвигуна

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИМ КОТЛОМ

3.1. Складання та аналіз функціональної схеми

Щоб проілюструвати функціональне призначення електричних компонентів у ланцюзі управління та взаємозв'язки між ними, ми складемо функціональну схему (рис. 3.1).

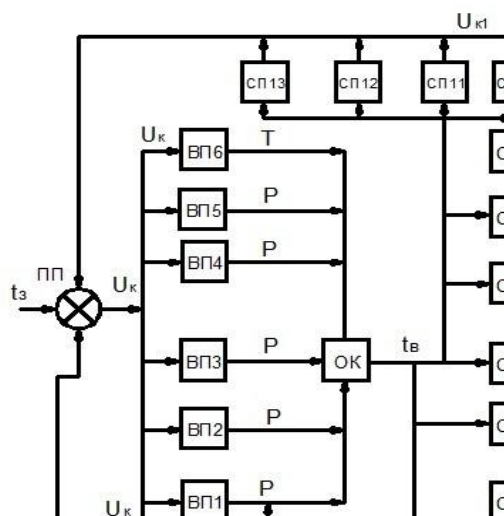


Рис. 3.1. Функціональна схема:

ОС — об'єкт управління; ED — виконавчий пристрій — електродвигуни, електромагнітний клапан, запальний пристрій; CD — пристрій управління — магнітний пускач; SD — чутливий пристрій — датчик температури; CD — пристрій порівняння — контролер.

На функціональній схемі показано, що котел працює в автоматичному режимі за допомогою пристрою порівняння РР, на якому налаштовані задані параметри температури. Воно отримує сигнали від пристроїв зондування SP1–SP13, датчиків температури, розташованих у різних частинах котла, в системі опалення, всередині та зовні будівлі, а також від реле температури та пристроїв керування. Від пристрою порівняння РР сигнал надсилається до відповідних виконавчих пристроїв VP1–VP6, електродвигунів циркуляційних насосів, вентилятора, шнека для золи та пристроїв запалювання та відповідним чином

налаштовану програму на пристрої порівняння.

3.2. Розробка та аналіз функціонально-технологічної схеми

Автоматизація управління за допомогою циркуляційного терморегулятора для котла на твердому паливі забезпечує:

- регулювання температури води на виході з котла;
- регулювання температури води на вході в котел (сервопривід із чотириходовим змішувальним клапаном);
- регулювання температури та автоматичну роботу теплоаккумулятора;
- роботу в «зимовому» режимі, режимі з урахуванням погодних умов або «літньому» режимі (гаряча вода лише в теплоаккумуляторі);
- підключення кімнатного термостата за допомогою дротів або радіо. Кімнатний термостат керує роботою циркуляційного насоса або, за наявності сервоприводу, чотириходового клапана;
- видача візуального сигналу у разі аварійної ситуації, а також коли котел потребує очищення (опція);
- регулювання продуктивності вентилятора шляхом зміни його швидкості на контролері; повернення до заводських налаштувань (функція RESET — рекомендується перед першим запуском котла);
- автоматичне запалювання котла — запалювання пелет.

Це досягається за допомогою програмованого контролера та датчиків температури, встановлених у котлі, системі опалення, системі гарячого водопостачання та зовні будівлі.

Функціонально-технологічна схема показує, що пристрій TCSIPRA є основним пристроєм для регулювання, контролю, відображення, реєстрації та сигналізації температурних параметрів котла. Він отримує показання температури від первинних датчиків температури TE1–Т циркуляційні насоси, вентилятор, шнековий конвеєр для золи та запальний пристрій, а також належним чином налаштовану програму управління котлом і системою опалення. Цей пристрій

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

керує електродвигуном через блок управління NS циркуляційний насос М та відображає на сенсорній панелі різні робочі параметри котла, фіксує їх і вмикає сигнал тривоги, якщо запрограмовані параметри відхиляються від допустимих значень.

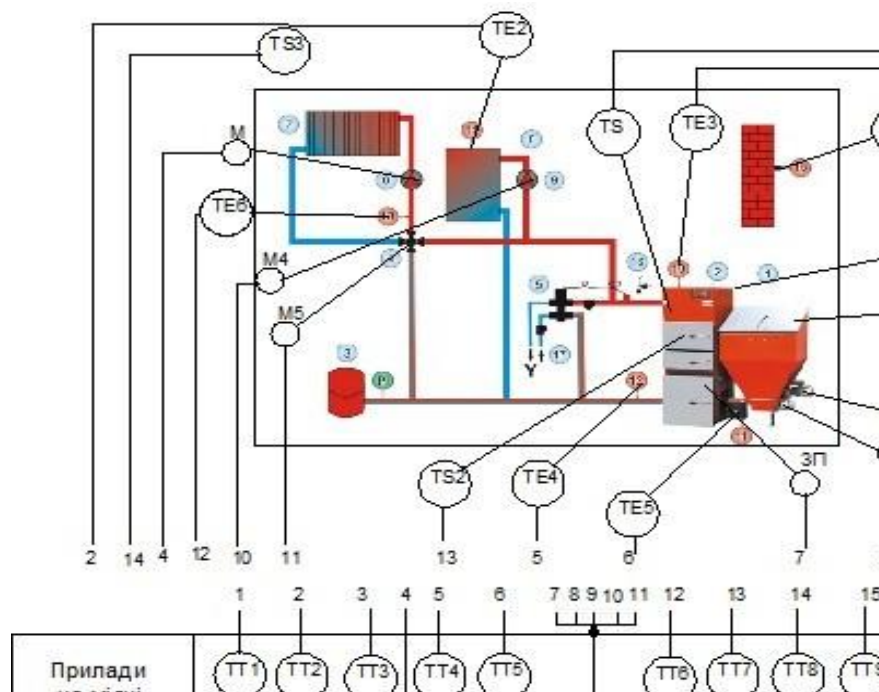


Рис. 3.2. Функціональна та технологічна схема котла:

TSSIPRA – пристрій регулювання, контролю, відображення, реєстрації та сигналізації температури; TE – первинний датчик температури; TS – пристрій, що регулюється за температурою; NS – пристрої управління; Н – ручне керування; HS – пристрій ручного керування.

3.3. Розробка та аналіз схематичної діаграми

Схема управління котлом на твердому паливі з використанням контролера наведена на схематичній діаграмі на аркуші 1 графічної частини. Контролер складається з панелі оператора «RT16», встановленої в котлі, та виконавчого модуля «RT161», змонтованого на DIN-рейці під кришкою котла або в коробці. Виконавчий модуль підключений до датчиків та джерел живлення для приводів. Панель оператора підключена до виконавчої панелі за допомогою стандартного комп'ютерного кабелю RJ45 1:01 UTP5. Підключення датчика VK6 означає, що система опалення має електричне. Регульований змішувальний клапан М5. Датчик регулює ступінь відкриття

клапана М5 для підтримки заданої температури циркуляції в системі центрального опалення. Датчик VK4 у поєднанні з чотириходовим клапаном М5 активує функцію захисту від надмірно низької температури зворотної води (захист від прискореної корозії).

SK2 керує іншим джерелом тепла (наприклад, електричним котлом) і вимикає насос центрального опалення та закриває змішувальний клапан М5. Кімнатний термостат SK3 обмежує опалення в контурах центрального опалення, коли температура перевищує значення, встановлене на термостаті.

Датчик зовнішньої температури VK1 забезпечує перемикання з урахуванням погодних умов у контурі центрального опалення. Датчик температури димових газів VK8 необхідний для контролю економічної роботи котла.

Насос М5, працюючи без змішувача, вмикається, коли перевищується мінімальна температура котла (захист котла від корозії). Коли вмикається кімнатний термостат SK3, насос працює з перервами, щоб зменшити подачу тепла в контур. Коли насос М5 працює зі змішувачем, він працює безперервно і може бути аварійно вимкнений, якщо перевищується максимальна температура контуру. Циркуляційний насос системи опалення вмикається після досягнення максимальної температури котла за допомогою магнітного пускача КМ.

Як тільки котел увімкнено, активується панель управління, на якій розташовані елементи керування контролером. Дисплей надає інформацію про роботу обладнання та температури датчиків, дозволяє змінювати налаштування відбудеться після повторного натискання відповідної кнопки. Повідомляється про такі стани:

Несправність модуля приводу RT-16 (відсутність зв'язку з модулем). Неправильна версія програмного забезпечення модуля приводу RT-16. Неправильна версія програмного забезпечення USB-панелі управління. Несправність датчика температури котла. Відкрита кришка паливного бака. Несправність датчика температури механізму подачі палива. Температура котла перевищила критичне значення. Не вдалося запалити біомасу. Активовано додатковий тепловий захист STB. Відсутність палива, відсутність полум'я або низька теплотворна здатність палива. Перевищення температури механізму подачі палива.

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Аварійне видалення палива або ризик замерзання. Температура котла або механізму подачі палива нижча за 0°C.

Контролер може автоматично визначати задану температуру циркуляції опалення шляхом вимірювання температури зовнішнього повітря та програмування кривої нагріву.

Контролер має входи для підключення кімнатного термостата (RT) будь-якого типу та оснащений безнапруговим релейним виходом. RT1 підключається до основного контуру опалення. Доки температура, виміряна термостатом, нижча за задане значення, контролер працює у звичайному режимі. Коли температура перевищує задане значення, що відображається у вигляді піктограми на головному екрані, контролер змінює режим роботи: задана температура контуру опалення знижується на величину, вказану в параметрах «Зниження термостата X», а насос центрального опалення працює циклічно, якщо контур не обладнаний змішувальним клапаном. Автоматична подача палива здійснюється відповідно до програми та температури контуру за допомогою конвеєра, що приводиться в рух електродвигуном M1, тоді як подача повітря до камери згоряння здійснюється вентилятором, що приводиться в рух електродвигуном M2. Запалювання палива під час запуску котла здійснюється за допомогою електричного запальника ЕК. Циркуляція води в котлі в межах малого опалювального контуру, при закритому змішувальному клапані M5, забезпечується циркуляційним насосом, що приводиться в рух електродвигуном M4.

Подача води до системи гарячого водопостачання (ГВП) забезпечується насосом, що приводиться в дію електродвигуном M3.

Перевірка роботи теплового насоса або опалення від іншого джерела тепла здійснюється в ручному режимі за допомогою кнопки управління SB1 і SB2, але для цього необхідно перевести перемикач SA в ручний режим. кнопки управління SB1 і SB2, але для цього необхідно перевести перемикач SA в ручний режим.

3.4. Вибір електрообладнання схеми керування

Котел працює в автоматичному режимі за допомогою контролера, оснащеного первинними перетворювачами — датчиками температури.

					02.02-KP.2607«C».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Контролер підбирається з урахуванням таких умов:

- регульована величина повинна знаходитися в межах діапазону регулювання контролера;
- клас точності, похибка регулювання та диференціал повинні бути в межах допустимих значень;
- тип та вихідні параметри первинного перетворювача;
- тип та номінальні характеристики контактів;
- відповідна напруга живлення: $U_{reg.} = U_{acc.}$, де $U_{reg.}$ — напруга живлення контролера; $U_{acc.}$ — напруга ланцюга управління;
- модель;
- габарити та спосіб монтажу.

Для виконання цих функцій використовується контролер RT16-KLIMOSZ, який керує роботою котла центрального опалення. Цей котел оснащений автоматичним дозатором палива та працює в автоматичному режимі, виробляючи кількість тепла, необхідну для рівномірного згоряння палива (без різких перепадів температури в камері згоряння та димоході). Контролер керує роботою вентилятора, насоса подачі гарячої води (далі ГВ) (питна вода) та двохконтурів циркуляції центрального опалення (ЧО1), оснащених змішувальними клапанами, термостатами та циркуляційним насосом.

Контролер RT16-KLIMOSZ дозволяє:

- зручно навігацію по пунктах меню з можливістю перегляду температур на всіх компонентах системи опалення;
- роботу в режимі з урахуванням погодних умов;
- запуск циркуляційних насосів у заданий час;
- робота з допоміжним котлом (газовим або електричним);
- керування роботою 4 насосів (2 циркуляційних насоси, 1 насос ГВП, 1 одноступінчастий циркуляційний насос),
- функція попереднього запуску системи опалення,
- функція управління в системах ГВП,
- вбудований USB-порт для оновлення програмного забезпечення

					02.02-KP.2607«C».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

контролера,

- звукова система безпеки.

Технічні характеристики контролера RT16-KLIMOSZ наведені в табл.3.1.

Контролер має первинні перетворювачі, які підбираються з урахуванням таких умов:

- вимірюване значення повинно знаходитися в межах регулювання;
- зміна вихідного сигналу повинна знаходитися в межах діапазону

виявлення відповідного контролера;

- зона та умови використання;
- габаритні розміри та спосіб монтажу.

Таблиця 3.1

Технічна характеристика контролера RT16-KLIMOSZ

Основні технічні параметри	Значення
Потужність	230V/50Hz
Споживана потужність без навантаження	10Вт
Максимальна споживана потужність	1400Вт
Умови експлуатації	5-50 °С, вологість 10- 80% без конденсації
Вихід управління дозатора	300ВТ/230VAC
Вихід управління вентилятором	250ВТ/230VAC регульована швидкість оборотів
Виходи управління насосами	150ВТ/230VAC
Вихід управління обігрівачем спалювання біомаси	450ВТ/230VAC
Запобіжник	6,3А/250V
Датчики температури котла	NTC 2.2k
Точність вимірювання температури	2 °С з роздільною здатністю 0,1 °С

Умовам відповідає термістор NTC 2.2К з технічними даними які наведені в табл. 3.2

Термореле вибираємо за умовами:

- клас точності, похибка регулювання, диференціал повинен бути в допустимих межах;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

- відповідною напругою живлення: $U_{\text{рег.}} = U_{\text{кол.к.}}$, де $U_{\text{рег.}}$ – напруга живлення регулятора; $U_{\text{к.к.}}$ – напруга кола керування;
- габаритними розмірами, способом монтажу.

Таблиця 3.2.

Технічна характеристика термістора NTC 2.2K

Основні технічні параметри	Значення
Характеристика	NTC
Діаметр макс	2.5 мм
Номінальний опір	2.2 кОм
Нормований допуск	$\pm 5 \%$
Коефіцієнт температурної чутливості	3470
Потужність, що розсіюється	0.05 Вт
Спосіб монтажу	Пайка в отвори
Робоча температура	55 °C ... +125 °C

Для регулювання температури в приміщенні ми обираємо електромеханічний кімнатний термостат Siemens RAA31.16, який використовується в системах опалення для підтримки заданої температури в приміщенні; його технічні характеристики наведено в табл. 3.3.

Для реле-датчика управління роботою електричного котла ми вибираємо тип FSTB Sanal з технічними даними, наведеними в табл. 3.4.

У ланцюзі управління котлом на твердому паливі використовується запобіжний термостат IMIT 90–110 °C. Термостат має регульовану температуру спрацьовування 90...110 °C; заводське налаштування 110 °C; мідний термобалон Ø 6,5×95 мм з непокритою капілярною трубкою довжиною 1000 мм; SPST-контакти (два контакти); кнопку ручного скидання, закриту чорною кришкою; та роз'єми «Faston» на боковій стороні корпусу.

Таблиця 3.3

Технічна характеристика Siemens RAA31.16

Основні технічні параметри	Значення
Діапазон регулювання температури (° C)	8 ... 30 ° C
Живлення	АС 230 В + 10 / -15%
Габаритні розміри, мм	98 x 97 x 35.3 мм
Споживана потужність (Вт)	0.5 Вт
Максимальний струм навантаження (А)	0.2 ... 6 (2) А
Контроль стану роботи	LED
По виду підключення	провідне
Регулювання	2-позиційне
Напруга, що комутується	АС 230 В + 10 / -15%
Вага	0.14 кг

В системі опалення використовується чотирьохходовий змішувальний поворотний клапан Afriso ARV 486 Rp ProClick 1*1/2" з технічними даними які наведені в табл. 3.5 та з електроприводом AFRISO ARM323 ProClick технічні дані якого наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.4

Технічна характеристика FSTB Sanal

Основні технічні параметри	Значення
Терморегулятор на потужність до	3,5 кВт
Вид терморегулятора	Механический
Напруга контактів	220 в
Діапазон регулювання	+30°C-+120°C
Максимальная сила струму	16 А
Виробник	Sanal
Максимальная температура регулювання	120 град.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.5.

Технічна характеристика клапан Afriso ARV 486 Rp ProClick 1*1/2"

Основні технічні параметри	Значення
Максимальний робочий тиск	10 бар.
Діапазон робочої температури	від –10 до 100 градусів.
Максимальний перепад тиску	1 бар.
Корпус	латунь CW617N
Кут повороту	90 градусів

Таблиця 3.6

Технічна характеристика електроприводу AFRISO ARM323 ProClick

Основні технічні параметри	Значення
Кут повороту	90°
Температура навколишнього середовища	0÷50°C
Потужність	2,5÷4 ВА
Клас захисту	II згідно з EN 60730-1
Ступінь захисту корпусу	IP42 згідно з EN 60529
Напруга	230 В АС
Час повороту на 90 °	60 с
Додатковий вимикач	настроюється 0 ÷ 90 °
довжина кабелю	2 м
Габаритні розміри	84×102×89 мм.

У системі опалення та гарячого водопостачання використовуються циркуляційні насоси Grundfos UPS 32-60 180, технічні характеристики яких наведено в табл. 3.7.

Режими керування котлом встановлюються за допомогою трипозиційного ізоляційного вимикача VRT-63 1P 16A IEK, який має три фіксовані положення ручки з індикацією положення, струм контактів 16 А при напрузі 230 В і встановлюється на DIN-рейку.

У ручному режимі пристрій керується за допомогою кнопочної панелі, яка вибирається з урахуванням таких умов:

$$U_{\Pi} \geq U_{\kappa};$$

$$I_{\Pi} \geq I_{\kappa}$$

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де U_{Π} і I_{Π} - номінальна напруга та струм кнопок керування, U_{κ} і I_{κ} –напруга і струм кола керування.

Таблиця 3.7

Технічна характеристика електронасосу Grundfos UPS 32-60 180

Основні технічні параметри	Значення
Потужність	0.06
Двигун	1-фазный
Тиск	10 барів
Діаметр вхідного отвору	G 2
Діаметр вихідного отвору	G 2
Номінальна напруга:	1 x 230 В, 50 Гц
Номінальний струм	0.28 А
Монтажна довжина:	180 мм
Корпус:	чугун
Температура рідини:	от 2 до 110 °С
Степінь захисту:	IP44

Цим умовам відповідає модульну кнопку керування КМУ11 що монтується на DIN рейці, виготовлений з пластмаси, має два управляючий елемента, степінь захисту із сторони управляючого елемента IP20, кліматичне виконання та категорія розміщення –У3, номінальний струм контактів $I_{\Pi}=10\text{A}$

Визначаємо струм у колі керування по формулі:

$$I_{\kappa} = \frac{S_{\text{л}}}{U_{\kappa}}; \quad (3.1)$$

де S_{κ} - потужність, яку споживає котушка під час вмикання, $S_{\kappa}=84\text{ВА}$; U_{κ} – напруга кола керування.

$$I_{\kappa} = \frac{84}{220} = 0.38 \text{ A.}$$

$$10\text{A} > 0.38\text{A.}$$

Умова виконується, отже кнопки керування вибрані вірно. Вибираємо запобіжники для захисту кола керування за умовами:

$$U_{\text{н.з.}} \geq U_{\text{м}};$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$I_{н.з.} \geq I_{к.к.} \quad (3.2)$$

$$I_{нвст.з.} \geq I_{к.к.}$$

де , $U_{н.з.}$ – номінальна напруга запобіжника;

$I_{н.з.}$ – номінальний струм запобіжника;

$I_{нвст.з.}$ - струм плавкої вставки запобіжника.

Цим умовам відповідає запобіжник E.NEXT що має $U_{н.з.}=500$ В,

Струм запобіжника $I_{нвст.з.}=2$ А.

$$500 \geq 380В ; 2 \geq 0.38А.$$

Плавкі запобіжники використовуються разом із кронштейнами для монтажу на DIN-рейку. Для контролю закриття бункера ми вибираємо кінцевий вимикач ASKO Z-15GD-B, який має номінальну робочу напругу 250 В змінного струму та номінальний струм 15 А змінного струму; матеріал корпусу: корпус – бакеліт, механізм – берилієва бронза, контакти – латунь, припой – композит на основі срібла, чутливий елемент – стрижень, ступінь захисту – IP20.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Розробка заходів по економії електричної енергії

Розробка заходів з економії електроенергії для фермерського господарства може значно знизити витрати на електроенергію та сприяти сталому розвитку господарства. Нижче наведено декілька заходів, які можна впровадити:

- Заміна старого обладнання на сучасне, яке має високу енергоефективність. Наприклад, використання LED-освітлення замість традиційних ламп, встановлення енергоефективних насосів, системи автоматичного керування електроприладами.

- Встановлення сонячних панелей на даху фермерських будівель дозволяє зберегти електроенергію з відновлювального джерела. Сонячна енергія може бути використана для живлення електричних систем, освітлення, насосів для зрошення та іншого обладнання.

- Використання системи автоматичного управління освітленням та електроприладами дозволяє ефективно використовувати електроенергію. Наприклад, встановлення датчиків руху або таймерів для автоматичного встановлення освітлення в порожніх приміщеннях або встановлення енергозберігаючих моторів на агрегатах та машинах.

Забезпечення хорошої теплоізоляції будівель зменшить втрату енергії через стіни, дахи та підлоги. Встановлення утеплювачів, ущільнення щільності вікон та дверей, а також використання енергозберігаючих систем опалення та кондиціонування повітря зменшує комфорт споживання електроенергії для підтримання температури всередині приміщень.

- Використання енергоефективних джерел світла, таких як LED-лампи, дозволить значно знизити споживання електроенергії. Також варто встановити автоматичні вимикачі або регульовальні пристрої для освітлення, що дозволять управляти яскравістю світла в залежності від потреб і наявності людей в приміщенні.

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дальше зростання обсягів споживання електроенергії в сільськогосподарських підприємствах повинно здійснюватись так, щоб одночасно знижувати її витрати на одиницю виробленої продукції або виконаної роботи, запобігати непродуктивному її використанню.

4.2. Розробка заходів по компенсації реактивної потужності

Розробка заходів по компенсації реактивної потужності є важливим кроком для ефективного використання електроенергії в фермерському господарстві. Нижче наведено деякі заходи, які можна вжити:

– Встановлення батарей конденсаторів: Встановлення батарей конденсаторів допоможе компенсувати реактивну потужність, що виникає внаслідок роботи електричних машин та інших навантажень. Це дозволить зменшити втрати енергії в електромережі та знизити величину реактивної потужності.

Аналіз та оптимізація навантаження: Проведення аналізу електричних навантажень та оптимізація режимів роботи допоможе уникнути зайвого споживання енергії та втрати реактивної потужності. Наприклад, можна здійснити розподіл навантаження на різні періоди часу, уникати пікових навантажень та зайвого працювання навантажень в моменти, коли вони не потрібні.

– Корекція фактора потужності: Використання спеціальних пристроїв, таких як автоматичні регулятори фактора потужності, допоможе підтримувати оптимальний фактор потужності в електричній мережі. Це дозволить уникнути штрафів за недооплачення реактивної потужності та знизити витрати на електроенергію.

– Ефективне управління енергоспоживанням: Регулярний моніторинг та контроль за споживанням електроенергії допоможуть виявити потенційні проблеми з реактивною потужністю та прийняти відповідні заходи. Також важливо навчати персонал економному використанню електричної енергії, пояснювати необхідність компенсації реактивної потужності та навчати їх

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

правильно налаштовувати та користуватися електричними пристроями.

– Співпраця з енергетичними компаніями: Важливо встановити зв'язок з місцевими енергетичними компаніями та проконсультуватися з ними щодо оптимальних способів компенсації реактивної потужності. Вони можуть надати поради та рекомендації щодо вибору та встановлення необхідного обладнання для компенсації реактивної потужності.

– Законодавча підтримка: Важливо знати про законодавчі норми та правила, які регулюють компенсацію реактивної потужності. Розуміння цих правил допоможе уникнути штрафних санкцій та забезпечити дотримання всіх необхідних вимог.

– Впровадження автоматизованих систем управління енергією: Встановлення автоматизованих систем управління енергією дозволить забезпечити оптимальне використання електричної енергії в режимі реального часу. Ці системи можуть виявляти і коригувати надлишкову реактивну потужність та сприяти ефективному використанню електроенергії.

Обладнання компенсації реактивної потужності: Встановлення спеціального обладнання для компенсації реактивної потужності, такого як батареї конденсаторів, регулятори потужності та компенсаційні установки, є ефективним рішенням. Це дозволяє зменшити реактивну потужність, підтримувати оптимальний фактор потужності та знизити витрати на електроенергію.

– Оптимізація розподільних мереж: Перегляд та оптимізація розподільних мереж допоможуть знизити втрати електроенергії та покращити ефективність системи. Це може включати заміну застарілого обладнання, впровадження нових технологій управління розподільною мережею та підвищення її надійності.

– Енергетичне навчання та свідоме споживання: Проведення навчання персоналу та фермерів щодо ефективного використання електроенергії, раціонального використання електричних пристроїв та свідомого споживання може відігравати важливу роль у зниженні споживання електроенергії та

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

оптимізації реактивної потужності.

– Моніторинг та аналіз: Постійний моніторинг споживання електроенергії та аналіз даних допоможуть виявити енергоефективність та можливості для зменшення реактивної потужності. Це дасть змогу вчасно вносити корективи та вдосконалювати систему енергозбереження.

Реалізація цих заходів з компенсації реактивної потужності дозволить фермерському господарству не тільки економити електроенергію, але й знизити негативний вплив на навколишнє середовище шляхом зменшення втрат та покращення енергоефективності. Крім того, це сприятиме зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню конкурентоспроможності фермерського господарства.

Важливо враховувати специфіку фермерського господарства при розробці та реалізації заходів з економії електричної енергії. Потрібно аналізувати індивідуальні потреби та характеристики господарства, враховувати сезонність та циклічність робіт, а також залучати спеціалістів з енергетичного консалтингу для оптимального планування та впровадження енергозберігаючих заходів.

Необхідно також створити систему постійного контролю за енергоспоживанням та результативністю впроваджених заходів. Регулярний моніторинг допоможе виявити еventуальні проблеми та недоліки, а також визначити можливості для подальшого вдосконалення.

Заходи з економії електричної енергії в фермерському господарстві мають бути системними та постійними. Це вимагає залучення всього персоналу до процесу енергозбереження, надання необхідної освіти та навичок, а також постійного інформування та мотивації для дотримання енергоефективних практик.

Впровадження заходів з економії електричної енергії у фермерському господарстві є важливим кроком у створенні сталого та енергоефективного аграрного сектору.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4.3. Визначення економічних показників автоматизації об'єкта

Економічна ефективність автоматизації установки визначимо порівнянням двох варіантів, один із них без використання засобів автоматизації, другий з ними.

Визначимо капітальні витрати для двох варіантів. Капітальні витрати на технологічне обладнання визначаємо по узагальненим даним.

Середня вартість електросилової одиниці (двигуна) пускозахисною апаратурою, установкою й наладкою становить 10000 грн.

Загальні капітальні витрати визначаємо по формулі 5.1,

$$K_1 = 10000 \cdot n_a. \quad (4.1)$$

де: n_a - кількість одиниць силового обладнання в установці.

$$K_1 = 10000 \cdot 1 = 10000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на автоматизацію установки становить 10 – 40% від загальних витрат на технологічне обладнання і визначаємо по формулі 5.2:

$$K_2 = 10000 \cdot n_a \cdot K_a. \quad (4.2)$$

де: K_a - коефіцієнт, який залежить від кількості і складності технічних засобів автоматизації, які використовуються в установці, $K_a = 1,1-1,4$,

$$K_2 = 10000 \cdot 1 \cdot 1.4 = 14000 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії, яка використовується за рік установкою визначається за формулою 5.3,

$$C_{\text{ел}} = A_n \cdot C_o; \quad (4.3)$$

де C_o - тариф за електроенергію, грн/кВт·год, грн/кВт·год;

A_n - кількість споживаної електроенергії установкою за рік кВт. Для розрахунків використовуємо формулу 4.4

$$A_n = \frac{P \cdot K_3 \cdot T}{\eta}. \quad (4.4)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

де, Р – потужність силового обладнання установки, кВт;

Кз - коефіцієнт

завантаження; η -ККД

двигуна, установки ;

Т - час роботи установки за рік (час роботи, за добу перемножуємо на кількість днів роботи установки в рік) .

$$A_n = \left(\frac{0.75 \cdot 0.83}{0.75} \right) \cdot 24 \cdot 180 = 3585.6 \text{ кВт.}$$

$$C_{\text{ел}} = 3585.6 \cdot 6.05 = 21693 \text{ грн.}$$

Заробітну плату на чергування одного робітника за рік визначаємо по формулі 4.5.

$$C_{\text{ел}} = Z_p \cdot T_p, \quad (4.5)$$

де: Z_p - ставка одного чергового робітника, грн/год;

T_p - час роботи чергового робітника в рік на установці, год.

$$Z_p = \frac{Z_m \cdot K_c}{H}.$$

де: Z_m – розмір мінімальної місячної зарплати, $Z_m = 6700$ грн в місяць;

K_c - коефіцієнт співвідношення тарифної ставки робітника 1- го розряду і мінімального розміру тарифної ставки, яку виконує некваліфікований робітник: в тваринництві –1,18, в рослинництві – 1,02, в ремонтних майстернях – 1,08; Н – норма тривалості робочого часу в місяць при 40 годинному робочому тижні, $H = 166,83$ год.

$$Z_p = \frac{6700 \cdot 1.18}{166.83} = 47,39 \frac{\text{грн}}{\text{год}}.$$

$$T_p = D \cdot \Phi \cdot L, \quad (4.6)$$

де: D -тривалість роботи робітника в день на установці,

год; Φ - річна кількість днів роботи установки;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Л - кількість робітників на установці.

$$T_p = 24 \cdot 180 \cdot 1 = 4320 \text{ год.}$$

$$C_{з.п.1} = 47,39 \cdot 4320 = 204723 \text{ грн.}$$

$$C_{з.п.2} = 0$$

Відрахування на амортизацію становить 12% від капітальних вкладень на установку і визначається по формулі 4.7.

$$C_a = 0.12 \cdot K ; \quad (4.7)$$

$$C_{a.1} = 0.12 \cdot 10000 = 1200 \text{ грн.}$$

$$C_{a.2} = 0.12 \cdot 14000 = 1680 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт становить 3% від капітальних вкладень на установку і визначається по формулі 4.8.

$$C_p = 0.03 \cdot K ; \quad (4.8)$$

$$C_{p.1} = 0.03 \cdot 10000 = 300 \text{ грн.}$$

$$C_{p.2} = 0.03 \cdot 14000 = 420 \text{ грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні, витрати по кожному варіанту визначимо по формулі 4.9.

$$C_1 = C_{ел.1} + C_{з.п.1} + C_{a.1} + C_{p.1} \quad (4.9)$$

$$C_2 = C_{ел.2} + C_{з.п.2} + C_{a.2} + C_{p.2}$$

$$C_1 = 21693 + 204723 + 1200 + 300 = 227916 \text{ грн.}$$

$$C_2 = 21693 + 0 + 1680 + 420 = 23793 \text{ грн.}$$

При порівнянні двох варіантів визначимо коефіцієнт порівняльної ефективності по формулі 4.10

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} ; \quad (4.10)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E = \frac{227916 - 23793}{14000 - 10000} = 51.03$$

Якщо $E > E_n$ - нормативного коефіцієнта ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,08$ для сільського господарства - то варіант з більшими вкладеннями є економічно ефективним. Економічну ефективність автоматизації установки визначаємо по формулі 4.11.

$$E_0 = (C_1 - C_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1); \quad (4.11)$$

$$E_0 = (227916 - 23793) - 0.08 \cdot (14000 - 10000) = 203802.89 \text{ грн}$$

Зведені витрати на амортизацію визначаємо по формулі 4.12.

$$З_{\Pi} = E_n \cdot K_2 + C_2; \quad (4.12)$$

$$З_{\Pi} = 0.08 \cdot 14000 + 23793 = 24912.9 \text{ грн.}$$

Додаткову рентабельність при автоматизації визначаємо по формулі 4.13.

$$P = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%; \quad (4.13)$$

$$P = \frac{227916 - 23793}{227916} \cdot 100 = 89.56\%$$

Строк окупності капітальних вкладень, які використані на автоматизацію установки визначимо по формулі 4.14.

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}; \quad (4.14)$$

$$T = \frac{14000 - 10000}{227916 - 23793} = 0.02 \text{ року} = 1 \text{ місяця}$$

Про розрахунках видно, що при економічній ефективності 203802,89 грн, засоби автоматизації окупляться за 0,02 років або менше ніж за 1 місяць.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Заходи з техніки безпеки при експлуатації установки

При експлуатації установки дуже важливо дотримуватися техніки безпеки для запобігання можливим аваріям та захисту персоналу. Нижче наведено деякі заходи, які слід вживати:

- Ознайомлення з інструкціями: Персонал, який працює з установкою, повинен бути ознайомлений з інструкціями з експлуатації, включаючи правила безпеки. Інструкції повинні бути доступні та зрозумілі для всіх працівників.

Використання захисного обладнання: Персонал має використовувати відповідне захисне обладнання, таке як рукавиці, окуляри, намети, відбивні жилети тощо, залежно від характеру робіт і потенційних ризиків.

- Правильне використання устаткування: Персонал повинен бути навчений правильному використанню устаткування та машин, включаючи правила монтажу, розбирання та регулювання. Необхідно дотримуватися інструкцій виробника та дотримуватися безпечних методів роботи.

- Перевірка наявності пожежних засобів: На території установки повинні бути наявні пожежні засоби, такі як вогнегасники, пожежні тривоги та пристрої автоматичного виявлення пожежі. Вони повинні бути перевірені та підтримуватися у готовності до використання.

- План евакуації та навчання персоналу: Повинен бути розроблений план евакуації, який передбачає безпечний вихід з установки у разі надзвичайної ситуації. Персонал повинен бути навчений процедурам евакуації та проводити регулярні тренування з цього питання. Регулярні навчання та вправи на випадок надзвичайних ситуацій допоможуть забезпечити швидку та організовану евакуацію всього персоналу.

- Проведення періодичних перевірок технічного стану: Установка

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

повинна проходити регулярні перевірки технічного стану, включаючи електричні системи, механізми, обладнання та інші компоненти. Виявлені недоліки або пошкодження повинні бути негайно усунені для забезпечення безпеки роботи установки.

– Заборона самовільних змін та ремонтів: Персонал має усвідомлювати, що самовільні зміни, ремонти або модифікації установки можуть бути небезпечними. Будь-які роботи повинні проводитися відповідно до вимог безпеки та з дозволу кваліфікованого персоналу.

Управління небезпечними речовинами: У разі використання небезпечних речовин необхідно дотримуватися правил їх зберігання, обробки та видалення. Необхідно мати відповідні документи щодо безпеки, ознайомити персонал з характеристиками цих речовин та вжити заходів для запобігання небезпекам.

– Впровадження системи контролю та звітності: Рекомендується встановити систему контролю та звітності, яка дозволить відстежувати технічний стан установки, проведені ремонтні роботи, навчання персоналу та інші аспекти безпеки. Це допоможе забезпечити ефективний моніторинг та управління безпекою установки.

Виконання цих заходів по техніці безпеки допоможе знизити ризик аварійних ситуацій та забезпечити безпеку при експлуатації установки. Важливо дотримуватися цих заходів постійно і систематично, періодично переглядати і оновлювати процедури та інструкції з техніки безпеки.

Безпека є пріоритетом при роботі з будь-якою установкою, тому всі працівники повинні бути належно навчені та обладнані, а також своєчасно інформовані про можливі ризики та процедури безпеки. Регулярні навчання, перевірки технічного стану та систематичний підхід до техніки безпеки допоможуть забезпечити безпеку та ефективну експлуатацію установки.

Необхідно також звертатися до кваліфікованих фахівців у галузі техніки безпеки, які нададуть необхідну консультацію та підтримку щодо впровадження заходів безпеки для конкретної установки.

Пам'ятайте, що безпека є спільною відповідальністю всіх працівників.

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тільки завдяки об'єднанню зусиль та дотриманню правил техніки безпеки ми зможемо створити безпечне робоче середовище та запобігти можливим небезпекам.

5.2. Заходи по охороні навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища на фермерському господарстві є важливим аспектом сталого розвитку і збереження природних ресурсів. Для забезпечення екологічно відповідної діяльності можна вживати наступні заходи:

– Використання екологічно чистих методів обробітку ґрунту: При виборі методів обробітку ґрунту слід враховувати екологічні аспекти.

Впровадження систем збереження ґрунту, таких як плуготривкий землеробство, мульчування та агротехнічні прийоми, допоможе знизити ерозію та зберегти родючість ґрунту.

– Використання органічних добрив та біопрепаратів: Застосування органічних добрив, які виготовляються з природних матеріалів, зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечує збалансоване харчування рослин. Також використання біопрепаратів допомагає контролювати шкідників та захищати рослини без використання хімічних пестицидів.

– Запровадження системи поливу з ефективним використанням води: Полив є важливим етапом вирощування рослин. Встановлення системи крапельного поливу або інших ефективних систем поливу допоможе зменшити витрати води та уникнути надмірного зволоження ґрунту, що може призвести до його виснаження та забруднення.

– Відновлення та збереження біорізноманіття: Розробка плану відновлення та збереження біорізноманіття сприяє збереженню природних екосистем та підтримує різноманніть видів рослин і тварин на фермерському господарстві. Це можна досягти шляхом створення екологічних коридорів, висаджування садів із місцевими рослинами, створення штучних водойм і захищених зон для диких тварин.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

– Контроль за використанням пестицидів та хімічних речовин: Важливо враховувати вимоги щодо безпеки й охорони навколишнього середовища під час використання пестицидів та інших хімічних речовин. Варто впровадити ефективні системи контролю, правильного зберігання та видалення відходів, а також заміну шкідливих речовин на екологічно безпечні альтернативи.

Використання відновлюваних джерел енергії: Застосування відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або біогазова енергія, сприяє зменшенню викидів шкідливих газів та негативного впливу на довкілля.

Встановлення сонячних панелей чи вітрогенераторів на фермерському господарстві дозволить ефективно використовувати енергію й знизити залежність від традиційних джерел енергії.

– Захист водних ресурсів: Правильне управління водними ресурсами включає ефективне використання води, захист водних джерел від забруднення та впровадження системи очищення стічних вод. Важливо враховувати екологічні аспекти при сільськогосподарському поливі, уникати втрати води та впливу на якість ґрунту.

Впровадження цих заходів з охорони навколишнього середовища на фермерському господарстві допоможе забезпечити збалансовану та сталу взаємодію з природою. Крім того, це сприятиме покращенню якості продукції, збільшенню продуктивності та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи бакалавра я розрахував і підібрав сучасне електричне обладнання для об'єкта, яке використовується для виконання основних технологічних процесів, таких як вивезення гною, годівля, вентиляція та переробка молока.

Системи, що забезпечують ці процеси, є повністю або частково автоматизованими, що виключає необхідність втручання людини в процес, що дозволяє значно заощадити кошти та, в кінцевому підсумку, знизити собівартість продукції тваринництва.

Для електроприводів було обрано новітнє пускове та захисне обладнання; складено необхідні графіки та виконано розрахунки, щоб забезпечити своєчасне проведення технічних оглядів та ремонтів електрообладнання, усуваючи тим самим можливість простоїв через поломки. Як результат, не буде потреби у частій заміні обладнання, що знову призведе до значної економії коштів.

Як зазначалося раніше, тваринництво є найбільш трудомістким сектором сільського господарства, тому його автоматизація є одним із головних завдань, особливо щодо процесу водопостачання. Оскільки максимальний стандартний термін окупності капітальних вкладень у сільському господарстві становить близько одного року, результати аналізу економічної ефективності автоматизації процесу водопостачання показують, що капітальні вкладення в цей процес використовуються досить ефективно.

Незважаючи на це, сільське господарство залишається єдиним сектором, який найменше зазнав впливу автоматизації.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.2. –3 – 2012 Склад та зміст проектної документації
2. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд
3. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. 7-ме видання, перероблене та доповнене. – К.: Міненерговугілля України, 2022. – 794 с.
4. 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.
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 09. 01. 98 № 4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10. 02. 98 за № 93/2533.
6. Природне і штучне освітлення.: ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
7. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т., Радько І.П., Синявський О.Ю.. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вид-во ТОВ «АграрМедіаГруп», 2014. 526с.
8. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.: Аграрна освіта, 2011.
9. Електропривод і автоматизація: Підручник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.В. Козирський, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. К., ЦП «Компринт», 2019. – 619 с.
10. Лут М.Т., Радько І.П., Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації / М.Т.Лут, І.П.Радько, С.М.Волошин.-К.: Ви д– во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 878 с.
11. Лут М.Т., Радько І.П. Ковтун П.М. Окушко О.В. Охорона праці в галузі (електробезпека): Навч. посіб. «ЦП «КОМПРИНТ». К. – 2017. – 352 с.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

12. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.

13. Червінський Л.С., Сподоба М.О. Електричне освітлення та опромінення: методичні вказівки виконання курсової роботи з дисципліни «Освітлювальні та опромінювальні установки» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2024. – 116 с.

14. Закон України «Про ринок електричної енергії». В редакції від 29 грудня 2019 року, підстава №394-IX. Відомості Верховної Ради, 2017, № 27–28, ст.312.

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

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

17. 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.

18. 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.

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

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

21. 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 №1399/11769.

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

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

23. Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків. : ДСТУ Б А.3.2-15:2011 : (ГОСТ 12.1.046-85). – Введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 12.1.046-85) ; чинний з 2012-12-01. – К. : Мінрегіон України від, 2011. – 25 с. – (Державний Стандарт України).

24. Характеристики LED ламп. Режим доступу: <https://www.brille.ua/ua/lampi/>

25. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Р. В. Кушлик, Р. Р. Кушлик. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. – 17 с.

26. Белякова І. В., Тарасенко М.Г. Лабораторні роботи з дисципліни «Джерела світла»: методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Джерела світла» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання/ І. В. Белякова, М. Г. Тарасенко – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 87 с.

27. Джерела світла: навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с

28. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с

29. Заблодський М.М. Електромеханотроніка: навчальний посібник /М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко. – К.: Видавництво «Компрінт», 2021. – 360 с.

30. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. Мехатроніка. Підручник. – К., 2020. – 404 с.

31. Ding Huafeng, Yang W., Kecskeméthy A. Automatic Structural Synthesis and Creative Design of Mechanisms Springer, 2022. —466 p.

32. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.010.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

