

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

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

К.Т.Н., доцент _____ / **ОКУШКО О.В.**

(підпис)

« _____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБЛЕННЯ**
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕЛЯТНИКА З
БЕЗПРИВ'ЯЗНИМ УТРИМАННЯМ ТВАРИН НА 280 ГОЛІВ»

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Савченко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав _____

(підпис)

Проценко М.В.

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

К.Т.Н., доцент _____ / **ОКУШКО О.В.** /
(підпис)
« _____ » _____ 2025 р

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Проценку Максиму Вадимовичу

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: „ Проектні рішення з розроблення електротехнологічного обладнання для телятника з безприв'язним утриманням тварин на 280 голів ”

затверджена наказом ректора НУБіП України від 30.10.2025 №2607«С» _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру 01. 06 . 2026

Вихідні дані бакалаврської кваліфікаційної роботи

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, які необхідно розробити

1. Характеристика ферми на 280 голів телят.
2. Технологічна частина.
3. Електротехнічна частина.
4. Сонячна установка для тваринницької ферми.
5. Експлуатація електрообладнання та заходи безпеки на виробництві.
6. Економічна доцільність запропонованих заходів

Список графічного обладнання

Аркуш 1. План телятника із застосуванням електросилового обладнання.

Аркуш 2. Структурна схема.

Аркуш 3. Принципіальна схема керування геліоустановкою.

Аркуш 4. Схема підключення блоку керування сонячною системою.

Дата видачі завдання 31.10.2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ /Савченко В.В./
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ /Проценко М.В.

[illegible]

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив		Проценко			Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи			Літ.	Арк.	Аркушів			
Перевірив		Савченко								3	68		
		.						НУБіП України					
Н. контроль													
Затвердив		ОКУШКО											

Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 8_ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕЛЯТНИКА НА 280	
ГОЛІВ.....	8
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
2.1 Обґрунтування та вибір технологічного процесу утримання телят	10
2.2. Обґрунтування та вибір технологічного обладнання	11
2.2.1. Кормління та роздавання кормів.....	11
2.2.2. Прибирання гною.....	14
2.2.3. Водопостачання телятника.	14
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	23
3.1. Обґрунтування та вибір електротехнічного обладнання.....	23
3.1.1. Розрахунок освітлення та вибір освітлювальних установок.....	23
3.1.2. Розрахунок опромінення та вибір опромінюючих установок.....	28
3.1.3. Розрахунок опалення і вентиляції тваринницького приміщення	29
3.2. Обґрунтування і вибір апаратів керування та захисту, щитів та пультів, силових, освітлюваних проводок.	36
3.2.1. Вибір автоматичних вимикачів	36
3.2.2. Вибір електромагнітного пускача	37
3.2.3. Вибір теплового реле.....	38
3.2.4. Вибір пульту керування освітлювальною установкою.....	39
3.2.5. Вибір розподільчих установок і розрахунок внутрішніх проводок ...	40
3.3. Перевірка та узгодження вибраних проводок з апаратами захисту	41
3.4. Розробка питань енергозабезпечення телятника та вибір ТП.....	42
РОЗДІЛ 4 ГЕЛІОУСТАНОВКА ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ	46
4.1. Аналіз передових розробок геліоустановки	46
4.2. Опис геліоустановки.....	47
4.2.1. Розробка принципіальної електричної схеми керування геліоустановкою	50
4.3. Обґрунтування і вибір елементів для функціонування геліоустановки	51
4.3.1. Вибір електронагрівних елементів.....	51
4.3.2 Розрахунок електропривода насоса	53

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

4.3.3. Вибір апаратів керування і захисту.....	59
РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В	
ТЕЛЯТНИКУ	61
5.1. Заходи з енергозбереження.....	61
5.2 Заходи з безпеки праці в телятнику	62
РОЗДІЛ 6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ	
ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ У РОБОТІ ЗАХОДІВ.	65
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Розвиток сучасного тваринництва характеризується широким впровадженням електрифікованих технологічних систем, машин і потокових ліній, що забезпечує суттєве зростання рівня механізації та поступовий перехід до комплексно автоматизованих виробничих процесів. Завдяки цьому значно підвищується продуктивність праці та зменшується частка ручних операцій у технологічних циклах.

На підприємствах з утримання великої рогатої худоби рівень технічної оснащеності основних процесів є досить високим: водопостачання механізоване на рівні близько 95 %, процес доїння — 96 %, видалення гною — 90 %, роздача кормів — 67 %, а інтегрований показник комплексної механізації становить приблизно 66 %. Це свідчить про значний, але ще не повністю вичерпаний потенціал автоматизації галузі.

Подальший розвиток машинної системи в тваринництві орієнтований на впровадження більш досконалих електрифікованих та автоматизованих технічних засобів, які забезпечують стабільність технологічних параметрів і підвищують точність виконання виробничих операцій. Особливий акцент робиться на автоматизації допоміжних процесів, зокрема санітарно-ветеринарної обробки, профілактичних заходів та контролю стану тварин.

Окремим напрямом модернізації є розширення використання енергетичних установок різних типів, включаючи обладнання на природному газі, твердій біомасі та системи з використанням відновлюваних джерел енергії. Паралельно впроваджуються енергоощадні електротермічні комплекси та сучасні автоматизовані системи керування, що дозволяє знизити загальне енергоспоживання та підвищити ефективність виробництва.

У межах бакалаврської кваліфікаційної роботи розглянуто електрифікацію технологічних процесів у телятнику на 280 голів із розробкою та обґрунтуванням

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геліоенергетичної установки, яка використовується як складова частина енергозберігаючої системи господарства.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕЛЯТНИКА НА 280 ГОЛІВ

Телятник на 280 голів, призначений для вирощування та відгодівлі молодняка віком від 15 днів до 6 місяців, входить до складу великого молочного комплексу потужністю 400 корів і є його технологічно функціональною складовою. Система утримання тварин прийнята безприв'язно-групова з організацією індивідуальних боксів для відпочинку, що забезпечує поєднання комфортних умов утримання та ефективного використання виробничої площі.

Проектні рішення передбачають зведення будівлі в районах зі звичайними геологічними умовами з урахуванням нормативних кліматичних впливів. Розрахункова температура зовнішнього повітря прийнята в межах $-10...-20$ °С, нормативне снігове навантаження становить 50 кгс/м^2 , а розрахунковий вітровий тиск відповідає швидкості вітру до 45 м/с . Будівля відноситься до II ступеня вогнестійкості, II класу капітальності та II ступеня довговічності. Розрахункова сейсмічність району будівництва прийнята на рівні 7 балів.

Архітектурно-будівельне рішення передбачає одноповерхову будівлю прямокутної форми з габаритами в плані $18,0 \times 48,0 \text{ м}$, виконану на основі рамного залізобетонного каркаса. Внутрішній простір поділено на дві технологічні секції відповідно до вікових груп тварин. У першій секції утримуються телята віком від 15 днів до 3 місяців у групових станках по 100 голів з індивідуальними боксами розміром $1,0 \times 0,416 \text{ м}$. У другій секції розміщуються телята віком від 3 до 6 місяців групами по 20 голів із боксами розміром $1,2 \times 0,54 \text{ м}$.

Для профілактичного опромінення телят віком до 3 місяців ультрафіолетовим випромінюванням передбачено використання опромінювачів типу ЕО-1 $\times$ 30м. Режим опромінення встановлюються ветеринарною службою господарства відповідно до зоотехнічних вимог.

Система водопостачання тварин реалізована через автонапувалки ПА-1А з розрахунку одна напувалка на 10 голів. Напування телят віком до 2,5 місяців

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюється заміником цільного молока з поступовим переходом до грубих кормів, що забезпечує адаптацію травної системи тварин.

Приготування та роздача кормів здійснюється за допомогою двох ємностей по 200 л із насосним обладнанням та молокопроводом. Основний раціон включає сіно та комбікорми, а роздача кормів виконується кормороздавачем КТУ-10 та допоміжними ручними візками. Нормативний фронт годівлі становить 0,35 м на голову для телят до 3 місяців та 0,4 м на голову для телят до 6 місяців.

Видалення гною з приміщення телятника передбачається системою гідрозмиву, що забезпечує підтримання санітарно-гігієнічних умов утримання тварин та зменшення трудомісткості обслуговування.

Обслуговування технологічного процесу в телятнику здійснюється двома працівниками, що відповідає рівню механізації основних виробничих операцій.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення системи електрифікації та автоматизації виробничих процесів у телятнику на 280 голів із обґрунтуванням та впровадженням геліоенергетичної установки для зменшення споживання електричної енергії та підвищення енергоефективності комплексу.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування та вибір технологічного процесу утримання телят

Комплектування поголів'я телятника здійснюється за рахунок надходження тварин із молочнотоварної ферми господарства. Після транспортування тварини проходять адаптаційний період, який організовується у вигляді карантинного відділення тривалістю до 30 діб. У цей період передбачено щоденний ветеринарний контроль, включаючи клінічний огляд, вибірккову та суцільну термометрію, що дозволяє своєчасно виявляти можливі захворювання та запобігати їх поширенню.

Після завершення карантинного періоду телята переводяться до основного приміщення вирощування та відгодівлі, розрахованого на загальне поголів'я 280 голів. Планувально будівля поділена на дві рівноцінні технологічні секції по 140 голів кожна. Усередині кожної секції тварини розміщуються у групових клітках по 20 голів, при цьому передбачено 7 кліток на секцію. Заповнення секцій здійснюється синхронно протягом 1–2 діб із тваринами, що надходять виключно з карантинного відділення, що забезпечує однорідність груп та стабільність технологічного процесу вирощування.

Тривалість вирощування телят у даному приміщенні становить до 165 діб, після чого, за умови ветеринарного дозволу, сформоване поголів'я у кількості 560 голів (з урахуванням циклічності надходження) переводиться до наступної технологічної ланки — будівлі відгодівлі молодняку великої рогатої худоби віком від 165 до 405 днів.

У приміщенні відгодівлі молодняк розміщується у групових клітках різної місткості з урахуванням віку та маси тварин: по 20 голів — у 48 клітках, по 10 голів — у 8 клітках, по 8 голів — у 4 клітках та по 7 голів — також у 4 клітках. Клітки розташовуються у чотири паралельні ряди, що забезпечує раціональне використання площі та зручність обслуговування.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заповнення технологічних секцій здійснюється протягом 1–2 днів виключно тваринами з однієї секції телятника, що дозволяє підтримувати однорідність груп за віком і розвитком. Після досягнення 405-денного віку молодняк вибраковується та реалізується на м'ясопереробні підприємства.

2.2. Обґрунтування та вибір технологічного обладнання

До складу технологічного обладнання телятника входять системи, що забезпечують основні виробничі процеси утримання тварин, зокрема приготування та роздавання кормів, видалення гною та організацію водопостачання. Сукупність зазначених систем формує базовий технологічний комплекс, який визначає рівень механізації та автоматизації виробництва.

У даному підрозділі здійснюється розрахунок основних параметрів і вибір обладнання для зазначених технологічних процесів, що дозволяє забезпечити їх ефективну та узгоджену роботу в умовах експлуатації телятника.

2.2.1. Кормління та роздавання кормів

У приміщеннях для відгодівлі молодняку великої рогатої худоби на 280 голів застосовується безприв'язна система утримання тварин у групових клітках, що забезпечує раціональну організацію виробничого простору та спрощує технологічне обслуговування поголів'я. Розміщення тварин у групах дозволяє забезпечити рівномірні умови годівлі та утримання відповідно до вікових і фізіологічних потреб.

Годівля здійснюється із стаціонарних годівниць, розташованих уздовж кожного ряду кліток, що забезпечує постійний доступ тварин до кормів та спрощує процес обслуговування. Роздача грубих, соковитих та комбінованих кормів виконується за допомогою мобільного кормороздавача, що переміщується вздовж годівниць та забезпечує подачу корму безпосередньо у зону годівлі.

Як основний засіб механізованої роздачі кормів приймається мобільний кормороздавач РММ-5.0, який призначений для транспортування та дозованої

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видачі на ходу подрібнених грубих і соковитих кормів, жому та коренебульбоплодів у тваринницьких приміщеннях з відповідними габаритними умовами (довжина годівниць не менше 1400 мм, висота — до 750 мм). Конструктивні параметри кормоцеху та приміщення повністю відповідають умовам його експлуатації.

Кормороздавач агрегатується з тракторами класу 0,6 та приводиться в дію від валу відбору потужності двигуна трактора, що забезпечує автономність і універсальність його використання в умовах господарства.

Основні технічні характеристики кормороздавача РММ-5.0:

- продуктивність при роздаванні силосу: 2...14 т/год;
- норма видачі кормів на 1 м годівниці:
 - силос, сінаж: 2...41 кг;
 - зелена маса: 5...35 кг;
 - грубі подрібнені корми: 2...6 кг;
- відхилення від заданої норми видачі: не більше 15 %;
- число ступенів регулювання норми видачі: до 15 %;
- місткість кузова: 4,6 м³;
- вантажопідйомність: 1,75 т;
- споживана потужність: 5,9 кВт;
- маса: 1490 кг;
- габаритні розміри: 5260 × 1870 × 1870 мм;
- колія: 1545 мм;
- транспортна швидкість: до 30 км/год.

Годівля телят раннього віку (до двох місяців) здійснюється переважно молочним раціоном із поступовим введенням сіноконцентратних сумішей. Добова норма молочних продуктів становить: до 40 днів — 6 кг на голову, у віці 40–60 днів — 8 кг на голову. Режим годівлі організовано триразово протягом доби.

Загальна потреба в молочних продуктах складає:

$$C_{доб} = q_1 \cdot n_1 + q_2 \cdot n_2, \quad (2.1)$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: q – добова доза молочних кормів, кг [4];

n – поголів'я тварин.

Разова выдача складає:

$$C = \frac{C_{доб}}{3} = \frac{6 \cdot 560 + 8 \cdot 560}{3} = 2613 \quad , \quad кг \quad (2.2)$$

Для забезпечення процесу приготування молочної суміші у відгодівнику на 280 голів передбачається використання чотирьох технологічних установок типу АЗМ-0,8. Розміщення обладнання виконується по дві одиниці в кожному відгодівнику, що забезпечує рівномірне навантаження та підвищує надійність технологічного процесу приготування кормових сумішей.

Застосування установок даного типу дозволяє реалізувати повний цикл приготування молочної суміші з необхідними параметрами гомогенізації та стабільності складу, що є важливим для годівлі телят у ранньому віці.

Основні технічні характеристики установки АЗМ-0,8:

- тривалість повного циклу приготування продукту: 3,5 год;
- робоча ємність змішувача: 800 л;
- час емульгування жирів: 15–20 хв;
- потужність привода:
 - мішалки — 1,5 кВт;
 - насоса-емульгатора — 4 кВт;
- продуктивність:
 - насоса-емульгатора — 2500 л/год;
 - шнека — 1,2 т/год.

Подача готової молочної суміші у стійлове приміщення здійснюється трубопроводом за допомогою насоса типу 36МЦ6-12, що забезпечує безперервність процесу та мінімізацію втрат продукту під час транспортування.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2. Прибирання гною

Для видалення гною з виробничих приміщень телятника передбачено використання двох скреперних установок типу УС–15, які розміщуються у спеціально обладнаних гноєвих жолобах. Застосування даного обладнання забезпечує механізоване прибирання гною, стабільність санітарного стану приміщень та зменшення частки ручної праці.

Скреперні установки працюють у циклічному режимі та забезпечують переміщення гнойової маси вздовж каналів до місця її збору або подальшого транспортування. Конструктивне виконання дозволяє ефективно працювати в умовах тваринницьких приміщень із різною шириною проходів.

Основні технічні характеристики установки УС–15:

- довжина контуру: 170 м;
- ширина гноєвого проходу: 1,8–3,0 м;
- швидкість руху робочого органу: 3,8 м/хв;
- встановлена потужність: 1,1 кВт;
- передаточне число редуктора: 310;
- тривалість циклу прибирання: 45 хв.

Застосування скреперних установок дозволяє забезпечити регулярне та ефективне очищення приміщень, що сприяє підтриманню нормативних санітарно-гігієнічних умов утримання тварин.

2.2.3. Водопостачання телятника.

На території тваринницького комплексу передбачається організація системи господарсько-питного та технологічного водопостачання, яка забезпечує безперервне забезпечення водою всіх виробничих потреб. Подача води здійснюється до основних споживачів, а також до місць можливого виникнення пожежі через мережу пожежних гідрантів.

Пожежні гідранти встановлюються на водонапірній мережі з урахуванням вимог до доступності та ефективності гасіння пожеж, що забезпечує оперативне

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключення пожежних засобів і подачу води у разі надзвичайної ситуації. Така схема водопостачання підвищує загальний рівень пожежної безпеки об'єкта та відповідає вимогам експлуатації сільськогосподарських комплексів.

Середньодобові витрати води $Q_{доб.сер.}$ визначаємо за формулою:

$$Q_{доб.сер.} = q \cdot n, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (2.3)$$

де: q – добова норма споживання води однією твариною,

$$q = 0,03 \text{ м}^3/\text{доб.}; \quad [2]$$

n – число споживачів, які мають норму споживання води, $n = 280$ голів.

Тоді:

$$Q_{доб.сер.} = 0,03 \cdot 280 = 8,4, \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Внаслідок того, що споживання води протягом доби часто нерівномірне, тому визначимо максимальні годинні витрати води на комплексі за формулою:

$$Q_{год. \max} = \frac{Q_{доб.сер.}}{24} \cdot \alpha_{доб} \cdot \alpha_{год}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (2.4)$$

де: $\alpha_{доб}$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання,

$$\alpha_{доб} = 1,3; \quad [2]$$

$\alpha_{год}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водопостачання,

$$\alpha_{год} = 2,5; \quad [2].$$

Тоді:

$$Q_{год. \max} = \frac{8,4}{24} \cdot 1,3 \cdot 2,5 = 1,13, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Максимальні секундні витрати води в телятнику знаходимо за формулою:

$$Q_{\max. \text{сек}} = \frac{Q_{год. \max}}{3600} = \frac{1,13}{3600} = 3,13 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.5)$$

Для забезпечення стабільного та економічно ефективного режиму роботи насосного обладнання системи водопостачання необхідно підтримувати постійні значення подачі та напору. Це досягається шляхом вирівнювання гідравлічних

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

режимів та зменшення кількості пусків насосного агрегату, що позитивно впливає на його надійність і довговічність.

У складі системи обов'язково передбачається наявність напірної ємності, яка виконує функції акумулювання та стабілізації тиску у водопровідній мережі. Як така ємність використовується бак водонапірної башти, що забезпечує резервування води та рівномірну подачу її до споживачів у різні періоди добового навантаження.

Розрахунковий об'єм бака водонапірної башти $V_{б.р.}$ визначаємо за формулою:

$$V_{б.р.} = V_{рег} + V_{пож} + V_{ав}, м^3; \quad (2.6)$$

де: $V_{рег}$ – регульований запас води у баці водонапірної башти, $м^3$;

$V_{пож}$ – протипожежний запас води, $м^3$;

$V_{ав}$ – аварійний запас води, $м^3$.

Регульований об'єм води в башті автоматизованої водокачки орієнтовно можна визначити за формулою:

$$V_{рег} = \frac{Q_{доб.сер} \cdot \alpha_{доб} \cdot \alpha_{год}}{n} \cdot 0,01, м^3; \quad (2.7)$$

де: n – кількість вмикань насоса за 1 год. (приймають до 6),
приймаємо $n=2$ [2]

Тоді:

$$V_{рег} = \frac{8,4 \cdot 1,3 \cdot 2,5 \cdot 0,01}{2} = 0,13, м^3$$

Протипожежний запас води визначається за формулою:

$$V_{пож} = 3,6 \cdot Q_{пож} \cdot n_{пож} \cdot t_{пож}, м^3; \quad (2.8)$$

де: $Q_{пож}$ – витрати води на гасіння однієї пожежі,

$Q_{пож} = 5$ л/с [2];

$n_{пож}$ – розрахункова кількість пожеж, $n_{пож} = 1$;

$t_{пож}$ – тривалість гасіння пожежі, год.

Тривалість гасіння пожежі визначається за формулою:

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{пож}} = 1/6, \text{ год.}$$

За формулою (8) визначаємо протипожежний запас води:

$$V_{\text{пож}} = 3,6 \cdot 5 \cdot 1 \cdot (1/6) = 3, \text{ м}^3$$

В системах водопостачання сільськогосподарських підприємств особлива увага приділяється забезпеченню протипожежного резерву води, який гарантує можливість ліквідації пожежі у разі виникнення надзвичайної ситуації. Одним із ключових показників надійності такої системи є час відновлення запасу води після його використання.

Відповідно до нормативних вимог, максимальна тривалість відновлення протипожежного запасу води на об'єктах агропромислового комплексу не повинна перевищувати 72 години. Дотримання цього показника забезпечує готовність системи до повторного використання та підвищує загальний рівень пожежної безпеки підприємства.

Аварійний запас води визначається за формулою:

$$V_{\text{ав}} = Q_{\text{год. max}} \cdot t_{\text{ав}}, \text{ м}^3 \quad (2.9)$$

де: $t_{\text{ав}}$ – час, необхідний для усунення можливої аварії, $t_{\text{ав}} = 2 \text{ год.}$

Тоді:

$$V_{\text{ав}} = 1,13 \cdot 2 = 2,26, \text{ м}^3$$

Отримані значення підставляємо у формулу (6) і визначаємо розрахунковий об'єм бака водонапірної башти:

$$V_{\text{б.р}} = 0,13 + 3 + 2,26 = 5,39, \text{ м}^3$$

Розрахункові витрати води на окремих ділянках водопроводу визначаємо за формулою:

$$Q_p = Q_v + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{пож}}, \text{ л/с} \quad (2.10)$$

де: Q_v – зосереджене, максимальне середнє споживання води у вузлі, який живеться від даної ділянки водопроводу, $Q_v = 0 \text{ м}^3/\text{с};$

$Q_{\text{тр}}$ – транзитні витрати води, $Q_{\text{тр}} = 0,000313 \text{ м}^3/\text{с};$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_{\text{пож}}$ – протипожежна витрата води, $Q_{\text{пож}} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$.

Визначаємо розрахункові витрати води:

$$Q_p = 0,000313 + 0,005 = 0,005313 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 5,31, \text{ л/с}.$$

На основі виконаних гідравлічних розрахунків витрат води для системи водопостачання приймається трубопровід діаметром $d = 100 \text{ мм}$ [2]. Вибраний діаметр забезпечує необхідну пропускну здатність мережі при заданих режимах водоспоживання та відповідає умовам надійної та стабільної роботи системи.

Швидкість руху води в трубопроводі приймається рівною $v = 0,7 \text{ м/с}$, що знаходиться в межах допустимих значень для водопровідних мереж сільськогосподарських об'єктів та забезпечує оптимальне поєднання гідравлічної ефективності і мінімальних втрат напору.

Витрати напору на подолання тертя вздовж трубопроводу знаходять за формулою:

$$h_m = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ м} \quad (2.11)$$

де: λ - коефіцієнт гідравлічного опору, $\lambda = 0,024$ [2];

l – довжина труби, $l = 300 \text{ м}$;

d – діаметр труби, $d = 0,1 \text{ м}$;

v - швидкість руху води в трубі, $v = 0,7 \text{ м/с}$;

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

Звідси втрати напору складають:

$$h_m = 0,024 \cdot \frac{300}{0,1} \cdot \frac{0,7^2}{2 \cdot 9,81} = 1,79, \text{ м}$$

Втрати напору в місцевих опорах приймаємо приблизно 5% від втрат за довжиною труби, тобто:

$$h_{\text{м}} = 0,05 \cdot h_m = 0,05 \cdot 1,79 = 0,089, \text{ м} \quad (2.12)$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункову висоту водонапірної башти (від підніжжя до дна бака) $H_{б.р}$ визначаємо за формулою:

$$H_{б.р} = H_е + h_m + h_{\text{м}} + (z_{\partial} - z_{\text{б}}), \text{ м} \quad (2.13)$$

де: $H_е$ – необхідний вільний напір вихідного струменя

розрахункового водозабору, $H_е = 10 \text{ м}$;

$z_{\partial}, z_{\text{б}}$ – геодезичні відмітки землі відповідно біля даної точки та підніжжя башти, $z_{\partial} = 3 \text{ м}$, $z_{\text{б}} = 4 \text{ м}$.

Звідси визначимо розрахункову висоту:

$$H_{б.р} = 10 + 1,79 + 0,089 + (3 - 4) = 11,87, \text{ м}$$

За розрахунковим об'ємом бака та розрахунковою висотою башти приймається стальна водонапірна башта типу БР-25 (ТП 901-5-29), яка має такі основні геометричні параметри: ємність бака $V_{\text{б}} = 16 \text{ м}^3$, висота ствола $H_{\text{б}} = 15 \text{ м}$, діаметр бака $D_{\text{б}} = 3 \text{ м}$ та діаметр ствола $D_{\text{ст}} = 1,2 \text{ м}$. Вибрана конструкція забезпечує необхідний запас води та стабільний напір у системі водопостачання об'єкта. Висоту рівня води в баку з плоским дном визначають за розрахунковим співвідношенням, що враховує об'єм бака та його геометричні параметри.

$$H_{б.к} = \frac{V_{б.р} \cdot 4}{\pi \cdot D_{\text{б}}^2} = \frac{5,39 \cdot 4}{3,14 \cdot 3^2} = 0,76, \text{ м} \quad (2.14)$$

де: $D_{\text{б}}$ – діаметр бака, $D_{\text{б}} = 3 \text{ м}$.

Розрахунковий діаметр нагнітальної труби визначаємо за формулою:

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{max .сек}}}{v_{\text{рек}}}}, \text{ мм} \quad (2.15)$$

де: $v_{\text{рек}}$ – рекомендована СНиП швидкість руху води в трубі,

$$v_{\text{рек}} = 1,5 \text{ м/с} [2].$$

Звідси розрахунковий діаметр складе:

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{0,000313}{1,5}} = 0,018 \text{ м} = 18 \text{ мм}$$

Приймаємо трубу діаметром $d = 21,3 \text{ мм}$. Швидкість руху води в трубі визначаємо за формулою:

$$v = \frac{4 \cdot Q_{\max.сек}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,000313}{3,14 \cdot 0,018^2} = 1,25, \text{ м/с} \quad (2.16)$$

Втрати напору по довжині труби визначаємо за формулою (11):

$$h_m = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,024 \cdot \frac{50}{0,018} \cdot \frac{1,23^2}{2 \cdot 9,81} = 5,14, \text{ м}$$

Втрати напору в місцевих з'єднаннях визначаємо за формулою:

$$h_m = \varepsilon \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \text{ м;} \quad (2.17)$$

де: ε - коефіцієнт місцевого опору. На трубі встановлено дві відкритих засувки $\varepsilon = 0,1$ і зворотній клапан $\varepsilon = 10$. Крім цього труба має два плавним вигини під прямим кутом $\varepsilon_{90^\circ} = 0,14$.

Звідси втрати напору:

$$h_m = 0,1 \cdot 2 \cdot \frac{1,23^2}{2 \cdot 9,81} + 10 \cdot \frac{1,23^2}{2 \cdot 9,81} + 2 \cdot 0,14 \cdot \frac{1,23^2}{2 \cdot 9,81} = 0,807, \text{ м}$$

Розрахунковий опір насоса визначаємо за формулою:

$$H_p = (z_{\bar{o}} - z_{\bar{e}}) + H_{\bar{o}} + H_{\bar{o}k} + h_m + h_{\text{м}}, \text{ м;} \quad (2.18)$$

де: $(z_{\bar{o}} - z_{\bar{e}})$ – різниця геодезичних відміток землі біля водонапірної башти і мінімального рівня води в джерелі, $(z_{\bar{o}} - z_{\bar{e}}) = 60 \text{ м}$.

Тоді розрахунковий напір насоса складає:

$$H_p = 60 + 15 + 0,76 + 5,14 + 0,807 = 81,7, \text{ м}$$

За максимальними годинними витратами води $Q_{год.мах} = 1,13 \text{ м}^3/\text{год}$ та розрахунковим напором $H_p = 81,7 \text{ м}$ відповідно до довідкових даних [3]

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймається заглибний насос типу 4ЭЦВ 6-6,3-85, який має номінальну подачу $Q_{нас} = 6,3 \text{ м}^3/\text{год}$ та номінальний напір $H_{нас} = 85 \text{ м}$. Обраний насос виконаний у семиступінчастому виконанні, що забезпечує необхідне формування напору при стабільній роботі системи водопостачання. Потужність електродвигуна, необхідна для приводу насоса, визначається за відповідною розрахунковою залежністю, що враховує витрату води, напір та ККД насосного агрегату.

$$P = \frac{Q_n \cdot \rho \cdot H_n \cdot k_z \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\eta}}, \text{ кВт}; \quad (2.19)$$

де: ρ - густина рідини, що подається, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_z – коефіцієнт запасу по потужності, $k_z = 1,15$ [3];

η_n – коефіцієнт корисної дії насоса, $\eta_n = 0,71$ [3];

η_{η} – коефіцієнт корисної дії передачі, $\eta_{\eta} = 1,0$ [3].

Звідси потужність електродвигуна складає:

$$P = \frac{6,3 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 85 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,71 \cdot 1} = 2,3, \text{ кВт}.$$

Для приводу заглибного насосного агрегату приймається електродвигун типу 7ПЭДВ–2,8–140, потужністю 2,8 кВт [3], який працює при частоті обертання 2850 об/хв. Номінальна напруга двигуна становить 380 В, номінальний струм — 6,9 А, коефіцієнт корисної дії $\eta_d = 83 \%$, а коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,83$, що забезпечує його ефективну роботу в складі системи водопостачання.

Для забезпечення місцевого, автоматичного та дистанційного керування, а також захисту заглибних електронасосних агрегатів потужністю від 1 до 65 кВт застосовується комплектний пристрій типу «Каскад». Відповідно до довідкових даних [2], для керування вибраним насосним агрегатом приймається комплект «Каскад» 11-0-У2 з ящиком керування ЯГ-5102-347Б1У2, розрахованим на номінальний струм силового кола 25 А, що забезпечує надійну роботу та захист електродвигуна.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для організації водопостачання телят передбачаються індивідуальні одномісні напувалки типу АП-1А. Вода для напування повинна мати температуру 18–20 °С, що є оптимальною для споживання тваринами.

Оскільки в зимовий період температура води у системі водопостачання становить 4–6 °С, передбачається її підігрів за допомогою водонагрівача типу ВЕП-600. Водонагрівач підключається до системи напувалок таким чином, щоб утворювався замкнений циркуляційний контур, що забезпечує рівномірний підігрів води.

Підтримання заданої температури здійснюється автоматично за допомогою двох терморегуляторів: контактний термометр *k1*, встановлений у верхній частині водонагрівача, керує роботою нагрівальних елементів шляхом їх вмикання та вимикання, а термометр *k2*, розміщений у найбільш віддаленій точці системи, контролює температуру води в контурі та керує роботою циркуляційного відцентрового насоса.

Технічна характеристика водонагрівача ВЕП-600: керування — автоматичне; продуктивність при нагріванні води становить 600 л/год при нагріванні до 10 °С та 100 л/год при нагріванні до 80 °С; потужність електродвигуна — 11 кВт; ємність бака — 100 л; подача насоса — 6 м³/год; потужність електродвигуна насоса — 0,6 кВт; маса установки — 125 кг.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування та вибір електротехнічного обладнання

3.1.1. Розрахунок освітлення та вибір освітлювальних установок

Для освітлення виробничих і побутових приміщень телятника на 280 голів приймаються світильники з люмінесцентними лампами, що забезпечують необхідний рівень освітленості в умовах підвищеної вологості та хімічно активного середовища. Розрахунок системи електроосвітлення виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку, який є найбільш доцільним для приміщень даного типу.

Для освітлення приміщення утримання телят вибрано світильники типу ПВЛП 2×40, які мають глибоку криву сили світла (КСС), що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл світлового потоку по всій площі приміщення та підвищити ефективність освітлення.

Висота підвісу світильників становить $H = 2,9$ м. Геометричні розміри стійлового приміщення телятника: ширина $A = 18$ м, довжина $B = 42$ м. Коефіцієнти відбиття приймаються такими: для стелі — $\rho_{ст} = 50\%$, для стін — $\rho_{стін} = 30\%$, для підлоги — $\rho_{п} = 10\%$.

Найбільш раціональна відносна відстань між світильниками приймається $L = 3$ м. Відстань від крайніх світильників у ряду до стін визначається відповідно до прийнятої схеми розміщення освітлювальних приладів і забезпечує рівномірність освітлення по всій площі приміщення.

$$l = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 3 = 1,5, \text{ м} \quad (3.1)$$

Кількість рядів світильників $n = 3$.

Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$n_{\epsilon} = \frac{B}{L} = \frac{42}{3} = 14, \text{ шт.}; \quad (3.2)$$

де: B – довжина приміщення, $B = 42$ м.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $n_e = 14$ шт.

Визначаємо загальну кількість світильників в одному стійловому приміщенні:

$$N = n_a \cdot n_e = 3 \cdot 14 = 42, \text{ шт} \quad (3.3)$$

Кількість світильників чергового освітлення приймаємо приблизно рівним 10% від загальної кількості світильників.

$$n_q = 0,1 \cdot 42 = 5, \text{ шт.}$$

Для зручності розрахунку приймаємо 6 світильників чергового освітлення. Нормована освітленість для приміщення телятника становить $E = 100$ лк, коефіцієнт запасу приймається $k = 1,3$ [8], а коефіцієнт мінімальної освітленості для світильників з люмінесцентними лампами $Z = 1,1$ [8]. Індекс приміщення визначається за стандартною розрахунковою залежністю, яка враховує геометричні розміри приміщення та висоту підвісу світильників.

$$i = \frac{S}{H \cdot (A + B)} = \frac{756}{2,9 \cdot (18 + 42)} = 4,3 \quad (3.4)$$

де: S – площа приміщення, $S = A \cdot B \text{ м}^2 \Rightarrow S = 18 \cdot 42 = 756 \text{ м}^2$;
 H – висота підвісу світильника, м;
 A і B – ширина і довжина приміщення, що розраховується, м.

За табличними даними для прийнятих значень коефіцієнтів відбиття та визначеного індексу приміщення встановлюється коефіцієнт використання світлового потоку, який становить $\eta = 0,49$. Розрахунковий світловий потік визначається за відповідною методикою з урахуванням нормованої освітленості, площі приміщення, коефіцієнта запасу, коефіцієнта мінімальної освітленості та прийнятого коефіцієнта використання світлового потоку.

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot Z}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (3.5)$$

де: Φ – розрахунковий світловий потік лампи, лм;
 E – нормована (мінімальна) освітленість робочої поверхні, лк;
 k – коефіцієнт запасу, $k = 1,3$;

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S – площа приміщення, m^2 ;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної)- приймається рівним 1,1;

N – кількість світильників, *шт.*;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, *відн. од.*

Тоді:

$$\Phi = \frac{100 \cdot 756 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 42 \cdot 0,49} = 2627, \quad \text{лм}$$

За розрахунковим світловим потоком, користуючись довідниковими даними [8], приймається лампа типу ЛБ-40 потужністю $P = 40 \text{ Вт}$ зі світловим потоком $\Phi_{\text{л}} = 2940 \text{ лм}$. Отримане значення світлового потоку перевищує розрахункове на 11 %, що знаходиться в допустимих межах відхилення ($-10 \% \dots +20 \%$), тому вибір лампи є обґрунтованим.

Розрахунок освітлення кормоприготувального приміщення виконується методом питомої потужності. Площа приміщення становить 14 м^2 , висота — 3 м. Оздоблення поверхонь характеризується побіленими стелею та стінами, що сприяє підвищенню коефіцієнта відбиття та покращенню світлового середовища. Для освітлення приймається світильник типу ППР-200У3, який відповідає умовам експлуатації в сільськогосподарських виробничих приміщеннях.

Нормована освітленість для даного приміщення становить $E = 30 \text{ лк}$ [8], а питома потужність освітлення приймається $P_{\text{нм}} = 15 \text{ Вт/м}^2$.

Одинична потужність лампи складе:

$$P = \frac{P_{\text{нм}} \cdot S}{N} = \frac{15 \cdot 14}{1} = 210, \quad \text{Вт}; \quad (3.6)$$

де: N – кількість ламп, $N = 1 \text{ шт.}$

Приймається світлодіодний світильник типу **LED LEMANSO 30W E27 3000 lm 6500K (LM3005)**, який забезпечує світловий потік $\Phi_{\text{л}} = 2920 \text{ лм}$ [8]. Обраний світильник характеризується високою енергоефективністю, стабільною

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світловіддачею та тривалим строком експлуатації, що відповідає вимогам до освітлення виробничих приміщень.

Аналогічно виконується розрахунок системи освітлення для всіх інших виробничих та допоміжних приміщень об'єкта з використанням світлодіодних джерел світла. Отримані результати систематизуються та заносяться до світлотехнічної відомості для подальшого аналізу та остаточного вибору освітлювального обладнання.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1

Світлотехнічна відомість

№ п/п	Назва приміщення	Характеристика приміщення						Загальне освітлення							
		Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м ²	Умови середовища	Коефіцієнт відбиття		Нормована освітленість, лк	Коефіцієнт запасу	Світильник			Загальна потужність, кВт	Питома потужність кВт/м ²
							Стін	Стелі			Тип	Потужність лампи, Вт	К-сть, шт.		
1	Секція для телят на 10 місць віком від 15 днів до 3-х місяців	42	9	3,0	378	Хімічно-активне	30	30	100	1,3	ПВЛП (2×40)	40	23	920	2,43
2	Секція для телят на 20 місць віком від 3-х до 6-ти місяців	42	9	3,0	378	Хімічно-активне	30	30	100	1,3	ПВЛП (2×40) (ЛБ-40)	40	23	920	2,43
3	Приміщення для приготування ЕІМ та мийчна	6	4	3,0	24	Сире П-Па	30	50	30	1,3	ППР-200УЗ	200	1	200	15
4	Приміщення чергового персоналу	3	2	3,0	6	Нормальні	30	50	200	1,3	ПВЛП (1×80)	80	1	80	13,3
5	Щитова	3	3	3,0	9	Нормальні	30	50	100	1,3	ПВЛП (2×40)	40	1	40	4,44
6	Вентиляційна камера та щитова	6	3,5	3,0	21	Нормальні	30	50	50	1,15	НСП01×200	200	2	400	19,04
7	Приміщення для зберігання кормів	6	2,5	3,0	15	П-Па	30	50	10	1,15	НСП01×200	200	3	600	40
8	Коридор	6	3	3,0	18	Хімічно-активне	30	50	50	1,3	ПВЛП (2×40) (ЛБ-40)	40	4	160	8,88

02.02.КР.2607" С" .25.10.30.011.ПЗ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

23

Арк.

3.1.2. Розрахунок опромінення та вибір опромінюючих установок

Важливу роль у тваринництві відіграє застосування ультрафіолетового опромінення, яке є необхідним фактором для нормального розвитку та фізіологічного стану живих організмів. Недостатній рівень ультрафіолетового випромінювання негативно впливає на стан здоров'я тварин, знижує їх імунітет та продуктивність.

При дефіциті ультрафіолетового опромінення у тварин можуть виникати такі патологічні стани, як рахіт, анемія (малокрів'я), загальне ослаблення організму, а також підвищена схильність до простудних та інфекційних захворювань.

Для телят віком до 6 місяців встановлена денна доза ультрафіолетового опромінення становить 14 мер·год/м². Висота підвісу опромінювачів з лампами типу ДРТ приймається на рівні 1,5 м від спини тварини, що забезпечує ефективне та рівномірне опромінення.

Антирахітна доза ультрафіолетового випромінювання від ламп ДРТ для телят становить 220 мер·год/м². Для реалізації процесу опромінення приймаються установки типу УО-4М, обладнані чотирма опромінювачами з лампами ДРТ-400.

Розрахунок виконується з урахуванням умови, що за одне проходження під установкою тварини отримують необхідну дозу ультрафіолетового випромінювання. На основі цього визначається оптимальна висота підвісу опромінювачів, яка забезпечує нормативну інтенсивність опромінення та рівномірний розподіл випромінювання по площі впливу:

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = \frac{2 \cdot K_{арм} \cdot E_n \cdot \sin \alpha}{A \cdot \nu}, \quad м \quad (3.7)$$

де: $K_{арм}$ – коефіцієнт арматури, $K_{арм} = 1,3$ [8];

ν – швидкість переміщення опромінювачів, $\nu = 18$ м/год.;

$\alpha = 60^\circ$ – захисний кут світла;

A – щоденна доза опромінення, $A = 140$ мер. год./м² [8].

Визначаємо E_n :

$$E_n = \frac{E_l}{h_{ср}^2} = \frac{4700}{1,5^2} = 2100, \quad мер \cdot м^2 \quad (3.8)$$

де: E_l – світловий потік лампи, $E_l = 4700$ мер·м²;

$h_{ср}$ – середня висота підвісу, $h_{ср} = 1,5$ м.

Підставимо усі дані в формулу (27) і визначимо висоту підвісу опромінювачів:

$$h = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 2100 \cdot 0,87}{140 \cdot 18} = 1,88, \quad м.$$

Отже за одне проходження опромінювача, розміщеного над спинами телят на висоті 1,88 м останні отримують потрібну дозу опромінення.

3.1.3. Розрахунок опалення і вентиляції тваринницького приміщення

Повітрообмін у тваринницьких приміщеннях визначається залежно від тепловологісного та газового навантаження, що утворюється в процесі життєдіяльності тварин. Основними критеріями розрахунку є видалення надлишкової вологи, теплоти, а також забезпечення допустимого рівня концентрації вуглекислого газу в повітрі приміщення.

Розрахунок повітрообміну виконується для телятника на 280 голів. Вихідні нормативні дані щодо виділення тепла, вуглекислоти та водяної пари великою

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рогатою худобою наведені у таблиці 3.1, що використовується як базова інформація для визначення необхідного повітрообміну в приміщенні.

Таблиця 3.1

Норми виділення тепла, вуглекислоти, водяних парів ВРХ при температурі + 10° С і відносній вологості повітря 70 %

Група тварин	Маса, кг.	CO ₂ , г/год	Тепло, кДж/год.	Водяні пари, Г/год.
Телята до 1 міс.	40	23	469	74
Телята від 1 до 2 міс.	60	35	712	113
	80	42	846	135
	100	56	1114	177

Повітрообмін за допустимим вмістом вуглекислоти $L_{\text{вк}}$, м³/год розраховується за формулою [6]:

$$L_{\text{вк.}} = \frac{k_1 \cdot G_{\text{вк.і}} \cdot N_i}{C_{\text{в}} - C_{\text{зов}}}, \quad (3.9)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує виділення вуглекислоти підстилкою і мікроорганізмами, $k_1 = 1,2$;

$C_{\text{в}}$ – гранично допустима концентрація вуглекислоти для даного приміщення, $C_{\text{в}} = 2,5$ г/м³;

$C_{\text{зов}}$ – вміст вуглекислоти в зовнішньому повітрі, $C_{\text{зов}} = 0,3$ г/м³;

$G_{\text{вк.і}}$ – кількість вуглекислоти, яка виділяється однією твариною даного віку, г/год;

N_i – кількість тварин даного віку.

$$L_{\text{вк.}} = \frac{1,2 \cdot (70 \cdot 23 + 70 \cdot 35 + 70 \cdot 42 + 70 \cdot 56)}{2,5 - 0,3} = 5956 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Повітрообмін за видаленням вологи $L_{\text{вл}}$, м³/год розраховується за формулою [6]:

$$L_{\text{вл}} = \frac{k_2 \cdot G_{\text{вл.і}} \cdot N_i}{d_{\text{вл}} - d_{\text{зо.}}}, \quad (3.10)$$

де k_2 – коефіцієнт, який враховує випаровування вологи з підлоги, поїлок і інших конструкцій, $k_2 = 1,1$;

$G_{\text{вл.і}}$ – кількість вологи, яку виділяє одна тварина даного віку у вигляді пару, г/год;

$d_{\text{вл}}$ – граничний вміст вологи у повітрі приміщення, г/м³;

$d_{\text{зов.}}$ – вміст вологи в зовнішньому повітрі, г/м³;

$$d_{\text{вл}} = d_{\text{нас.вл.}} \cdot \frac{\varphi_{\text{вл.}}}{100} = 10,7 \cdot \frac{70}{100} = 7,49 \text{ г/м}^3,$$

$$d_{\text{зов.}} = d_{\text{нас.зов.}} \cdot \frac{\varphi_{\text{зов.}}}{100} = 0,88 \cdot \frac{80}{100} = 0,7 \text{ г/м}^3.$$

де $d_{\text{нас.вл.}}$ і $d_{\text{нас.зов.}}$ – вологовміст внутрішнього і зовнішнього повітря в насиченому стані при розрахункових температурах, г/м³;

$\varphi_{\text{вл.}}, \varphi_{\text{зов.}}$ – відносна вологість внутрішнього і зовнішнього повітря, %.

$$L_{\text{вл}} = \frac{1,1 \cdot (70 \cdot 74 + 70 \cdot 113 + 70 \cdot 135 + 70 \cdot 177)}{7,49 - 0,7} = 5659 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У літній період року, коли температура зовнішнього повітря перевищує +10 °С, основним завданням системи вентиляції тваринницького приміщення є ефективне видалення надлишкового тепла, що утворюється внаслідок життєдіяльності тварин та роботи технологічного обладнання. Забезпечення нормативного температурного режиму в цей період є ключовою умовою підтримання мікроклімату та продуктивності тварин.

Повітрообмін для видалення зайвого тепла L_T , м³/год розраховується за формулою [6]:

$$L_T = \frac{Q_3 (1 + \alpha \cdot \theta_B)}{\rho \cdot C (\theta_B - \theta_{\text{зов.}})}, \quad (3.11)$$

де Q_3 – загальна кількість зайвого тепла, кДж/год;

C – питома масова теплоємність повітря, рівна 1 кДж/кг · °С;

θ_B – температура у приміщенні;

$\theta_{\text{зов.}}$ – температура зовнішнього повітря;

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ – густина повітря, яке подається у приміщення, $\rho = 1,283 \text{ кг/м}^3$.

Рівняння теплового балансу телятника має вигляд [6]:

$$Q_3 = Q_T + Q_{\text{рад}} - Q_{\text{п}}, \text{ кДж/год}, \quad (3.12)$$

де Q_T – кількість тепла, яке виділяють тварини;

$Q_{\text{рад}}$ – тепло від сонячної радіації;

$Q_{\text{п}}$ – тепловтрати приміщення, кДж/год.

$$Q_T = Q_i \cdot n_i, \quad (3.13)$$

де Q_i – кількість теплоти, яке виділяють тварини одного віку, кДж/год.

$$Q_T = 70 \cdot 469 + 70 \cdot 712 + 70 \cdot 846 + 70 \cdot 1114 = 219870 \text{ кДж/год}.$$

Якщо враховувати зменшення виділення тепла при підвищеній температурі, отримаємо:

$$Q_T = 0,3 \cdot 219870 = 65961 \text{ кДж/год},$$

де $k = 0,3$ – коефіцієнт, враховуючий зменшення виділення тепла при температурі $+25^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{рад}} = q_k \cdot F_k \cdot K_k, \text{ кДж/год}, \quad (3.14)$$

де F_k – поверхня даху, м^2 ;

$$q_k = q_{k1} \cdot K_3, \quad (3.15)$$

де q_{k1} – кількість тепла, яке поглинається поверхнею даху в 1м^2 . Для району Житомирської області для безгорищового приміщення $q_{k1} = 63 \text{ кДж/м}^2\text{год}$;

K_3 – коефіцієнт, який враховує зменшення сонячної радіації при побілці стелі вапном, $K_3 = 0,45$;

K_k – коефіцієнт теплопередачі крівлі, рівний $0,7 \text{ кДж/м}^2\text{год}^\circ\text{C}$.

$$F_k = l \cdot 2c, \text{ м}^2,$$

де $l = 54 \text{ м}$ – довжина приміщення;

$c = 10,9 \text{ м}$ – довжина покиту покрівлі.

Тоді

$$F_k = 48 \cdot 2 \cdot 10,9 = 1046 \text{ м}^2;$$

$$q_k = 0,45 \cdot 63 = 28,4 \text{ кДж/м}^2\text{год};$$

$$Q_{\text{рад}} = 1046 \cdot 28,4 \cdot 0,7 = 20802 \text{ кДж/м}^2\text{год}.$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховують тепловтрати приміщення за формулою:

$$Q_{\Pi} = q_o \cdot V (\theta_B - \theta_{\text{зов}}), \text{кДж/год}, \quad (3.16)$$

де q_o – питома теплова характеристика приміщення, кДж/м³год °С,

приймаємо $q_o = 3,2$ кДж/м³год °С;

V – об'єм приміщення по зовнішньому обміру, м³;

θ_B - допустима температура в приміщенні, яка дорівнює 25 °С;

$\theta_{\text{зов}}$ - температура зовнішнього повітря для розрахункового періоду, яка дорівнює 23,5 °С.

$$V = (H + h) \cdot \frac{b}{2} \cdot l, \quad (3.17)$$

де $H = 6,1$ м – висота будівлі;

$h = 3,2$ м – висота стіни;

$b = 18$ м – ширина будівлі;

$l = 48$ – довжина будівлі.

$$V = (6.1 + 3.2) \frac{18}{2} \cdot 48 = 4018 \text{ м}^3.$$

Тоді

$$Q_{\Pi} = 3,2 \cdot 4018 \cdot (25 - 23,5) = 19286 \text{ кДж/год},$$

$$Q_z = Q_T + Q_{\text{рад}} + Q_{\Pi} = 65961 + 20802 + 19286 = 67477 \text{ кДж/год}.$$

Коли визначено величину надлишкового тепла, з'являється можливість розрахувати необхідний повітрообмін для його ефективного видалення в літній період. При цьому передбачається додаткове зволоження припливного повітря шляхом його розпилення у нагнітальному патрубку вентиляційної системи, що сприяє зниженню температури припливного повітря до 22 °С. У розрахунках приймається саме це значення температури як розрахунковий параметр припливного повітря для забезпечення нормативного мікроклімату в приміщенні.

Тоді повітрообмін для видалення зайвого тепла становитиме:

$$L_T = \frac{67477(1 + \frac{1}{273} \cdot 25)}{1,283(25 - 22)} = 19136 \text{ м}^3/\text{год},$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

а кратність повітрообміну

$$k = \frac{L_p}{V} = \frac{19136}{4018} = 4,8,$$

що не перевищує допустимої кратності повітрообміну для тваринницьких приміщень.

Визначаємо мінімальний повітрообмін для тваринницького приміщення. Для зимового періоду для телят приймається нормативний повітрообмін у розмірі 20 м³/год на 1 ц живої маси, що забезпечує підтримання необхідного рівня газообміну та нормативних параметрів мікроклімату в холодний період року.

$$L_{Bк} = \frac{20 \cdot G}{100} \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.18)$$

де G – сумарна жива вага телят, кг;

$$G = 70 \cdot 40 + 70 \cdot 60 + 70 \cdot 80 + 70 \cdot 100 = 19600 \text{ кг},$$

$$L_{Bк} = \frac{20 \cdot 19600}{100} = 3920 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахунок вентиляційної установки виконується за умовою видалення надлишкового тепла, оскільки саме цей режим забезпечує максимальний необхідний повітрообмін, який суттєво перевищує мінімально допустиме значення і становить 19136 м³/год повітря. Це дозволяє гарантувати підтримання нормативних параметрів мікроклімату в приміщенні телятника в найбільш навантажений літній період.

Кількість вентиляторів визначається на основі розрахункового повітрообміну та продуктивності одного вентиляційного агрегату за відповідною формулою:

$$N = \frac{L_p}{L_v} \text{ шт}, \quad (3.19)$$

де L_v – годинна продуктивність витяжного або припливного вентилятора, м³/год.

Для вентиляції телятника вибираємо вентилятори ВО-Ф-5,6А, продуктивністю 6 тис. м³/год [3].

Тоді

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{19136}{6000} = 3,2.$$

Вибирається комплект вентиляційного обладнання типу «Клімат-45 М» [3], який забезпечує необхідні параметри повітрообміну та підтримання нормативного мікроклімату у тваринницькому приміщенні в різні періоди року.

Розрахунок системи опалення виконується на основі рівняння теплового балансу, яке дозволяє визначити необхідну теплову потужність для підтримання заданої температури внутрішнього повітря з урахуванням тепловтрат через огорожувальні конструкції та надходжень тепла від тварин і технологічного обладнання:

$$Q_o + Q_{BH} = Q + Q_B. \quad (3.20)$$

Виконавши перетворення, отримаємо:

$$Q_o = Q + Q_B - Q_{BH}. \quad (3.21)$$

$$Q_{BH} = Q_T = 219870 \text{ кДж/год.}$$

Тепловтрати будівлі визначають за формулою:

$$Q = q_o \cdot V (\theta_B - \theta_{зов}) \text{ кДж/год,} \quad (3.22)$$

де q_o – питома теплова характеристика будівлі, $q_o = 3 \text{ кДж/м}^3\text{год}$;

$\theta_B = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура усередині приміщення;

$\theta_n = -21 \text{ }^\circ\text{C}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря у зимовий період;

V – об'єм приміщення, м^3 .

$$Q = 3 \cdot 3283 \cdot (10 - (-21)) = 281418 \text{ кДж/год}$$

Кількість тепла для нагрівання вентиляційного повітря розраховують за формулою:

$$Q_B = L_{BK} \cdot C \cdot (\theta_B - \theta_{зов}), \quad (3.23)$$

де $\theta_{зов} = -10^\circ\text{C}$ – вентиляційна температура зовнішнього повітря.

$$Q_B = 3920 \cdot 1,283 (10 - (-10)) = 90587,2 \text{ кДж/год.}$$

Визначають кількість тепла для компенсації тепловтрат і підігрівання повітря :

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_o = 281418 + 90587,2 - 219870 = 152135,2 \text{ кДж/год.}$$

Потужність системи опалення повинна становити:

$$P_{on} = \frac{Q_o}{3600} = \frac{152135,2}{3600 \cdot 0,95} = 44,5 \text{ кВт.} \quad (3.24)$$

Для забезпечення теплопостачання телятника приймається електрокалориферна установка типу СФОЦ–40/0,5-ІІ1, яка характеризується номінальною електричною потужністю $P_{н.е} = 45 \text{ кВт}$, потужністю електродвигуна $P_{дв} = 2,2 \text{ кВт}$ та кількістю секцій нагрівників — 3 [2]. Застосування даної установки дозволяє забезпечити необхідний температурний режим у приміщенні в холодний період року та підтримувати нормативні параметри мікроклімату для утримання телят.

3.2. Обґрунтування і вибір апаратів керування та захисту, щитів та пультів, силових, освітлюваних проводок.

3.2.1. Вибір автоматичних вимикачів

Розгляд вибору автоматичного вимикача та іншої комутаційно-захисної апаратури виконаємо на прикладі установки подачі молочної суміші у стійлові приміщення з використанням насоса типу 36МЦ6-12. Даний електропривід є характерним споживачем малої потужності, що працює у повторно-короткочасному режимі.

У складі установки застосовується асинхронний електродвигун типу АІР 71А4У2 з номінальною потужністю $P_n = 0,55 \text{ кВт}$. Номінальний струм двигуна становить $I_{дв.н} = 1,7 \text{ А}$, а кратність пускового струму дорівнює $K_i = 4,5$, що необхідно враховувати при виборі апаратів захисту та налаштуванні уставок спрацювання.

Умови вибору автоматичного вимикача:

1. $U_{авт.} \geq U_{мережі};$
2. $I_{ном.авт.} \geq I_{ном.дв.};$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$3. I_{ном.розч} \geq I_{ном.дв.};$$

$$4. I_{відсічки} \geq 1,65 I_{пуск.дв.}$$

Приймається автоматичний вимикач типу ВА51Г-25340010Р30УХЛЗ, який відноситься до серії апаратів захисту силових електричних кіл та призначений для захисту електродвигунів і розподільчих мереж від перевантажень і струмів короткого замикання. Конструктивне виконання вимикача забезпечує надійну роботу в промислових електроустановках, а також можливість експлуатації в умовах сільськогосподарського виробництва.

Відповідно до довідкових даних, вимикачі серії ВА51Г виконують функції автоматичного відключення електричних кіл при аварійних режимах, забезпечують належний рівень комутаційної здатності та характеризуються різними уставками спрацювання теплового та електромагнітного розчіплювачів залежно від модифікації та номінального струму .

Застосування вибраного автоматичного вимикача дозволяє забезпечити селективний захист електродвигуна насосного агрегату та підвищити надійність роботи системи електропостачання в цілому.

$$U_{авт.} = 380B \geq U_{мережі} = 380B$$

$$I_{ном.авт.} = 25A \geq I_{ном.дв.} = 1,75A$$

$$I_{ном.розч} = 2A \geq I_{ном.дв.} = 1,75A$$

$$I_{відсічки} = 14 \cdot I_{ном.розч} = 28 \geq I_{ном.дв.} = 1,75A$$

$$I_{пуск.дв} = 4,5 \cdot I_{ном.дв.} = 4,5 \cdot 1,75 = 7,87A$$

$$24A \geq 7,87 \cdot 1,65 = 12,9A$$

3.2.2. Вибір електромагнітного пускача

Умови вибору електромагнітного пускача:

$$1. U_{н.пуск.} \geq U_{мережі};$$

$$2. I_{ном.пуск.} \geq I_{ном.дв.};$$

3. За конструктивним виконанням;

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. За ступенем захисту;
5. За місцем установки;
6. За наявністю або відсутністю теплових реле, кнопок “стоп”, “пуск”, сигнальних ламп, за напругою котушки і наявністю блок контактів.

Приймаємо електромагнітний пускач типу ПМЛ-123004Б, який належить до серії нереверсивних магнітних пускачів і призначений для дистанційного керування пуском, зупинкою та захистом трифазних асинхронних електродвигунів у складі автоматизованих електроприводів. Конструктивне виконання забезпечує надійну комутацію силових кіл, а також можливість роботи у складі систем керування з тепловим захистом двигуна.

Пускачі серії ПМЛ розраховані на експлуатацію в електричних мережах змінного струму з номінальною напругою до 660 В і широко застосовуються в промислових та сільськогосподарських установках для керування електродвигунами різної потужності. Залежно від виконання вони можуть комплектуватися тепловими реле та додатковими блок-контактами, що підвищує рівень захисту та функціональність системи керування.

$$U_{н.пуск.} = 380В \geq U_{мережі} = 380В$$

$$I_{ном.пуск.} = 10А \geq I_{ном.дв} = 1,7А$$

Пускач надходить в комплект з тепловим реле, кнопками “пуск” і “стоп”, сигнальною лампою, а також одним замикаючим блок-контактом.

$$U_{кот.пуск} = 220В.$$

3.2.3. Вибір теплового реле

Умови вибору теплового реле:

$$1. U_{т.р.} \geq U_{мережі};$$

$$2. I_{т.р.н.} \geq I_{ном.дв};$$

$$3. I_{уст.т.р.} \geq I_{ном.дв}.$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо теплове реле типу РТЛ-1007-04, яке відноситься до серії електротеплових реле захисту електродвигунів і призначене для захисту асинхронних двигунів від перевантажень, а також від неповнофазного режиму роботи. Діапазон уставок даного типу реле дозволяє налаштувати його відповідно до номінального струму двигуна та умов його експлуатації, що забезпечує надійну і стабільну роботу електропривода.

Теплові реле серії РТЛ забезпечують автоматичне відключення електродвигуна при тривалих перевантаженнях за рахунок використання біметалевих елементів, які реагують на нагрівання струмом навантаження. Вони широко застосовуються в комплекті з магнітними пускачами та забезпечують ефективний захист електрообладнання в промислових і сільськогосподарських установках. $U_{т.р.} = 380V \geq U_{мережі.} = 380V$

$$I_{т.р.н.} = 25A \geq I_{ном.дв.} = 1,7A$$

$$I_{уст.т.р.} = 1,5 \dots 2,6A \geq I_{ном.дв.} = 1,7A$$

Вибрану комутаційно-захисну апаратуру розміщують у комплектному ящику типу **Я5101-2874У2**, який забезпечує зручність монтажу, експлуатації та технічного обслуговування електрообладнання. Конструкція ящика передбачає надійний захист внутрішніх елементів від впливу зовнішнього середовища та механічних пошкоджень.

Ящик має ступінь захисту **IP54**, що гарантує захист від пилу в обмеженій кількості та від бризок води з будь-якого напрямку. Це забезпечує можливість його застосування в умовах сільськогосподарських виробничих приміщень із підвищеною вологістю та запиленістю.

3.2.4. Вибір пульту керування освітлювальною установкою.

Для керування освітлювальною установкою та забезпечення її захисту від струмів короткого замикання приймається груповий освітлювальний щиток типу **ЩО ШР-212**, який оснащується груповими автоматичними вимикачами серії **АЕ1031**. Застосування даного щитка дозволяє забезпечити надійний розподіл

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричного навантаження між освітлювальними групами та підвищити безпеку експлуатації освітлювальної мережі.

Кількість встановлюваних групових автоматичних вимикачів становить **12 шт.**, що забезпечує необхідну кількість окремих ліній живлення для рівномірного розподілу освітлювального навантаження у приміщенні.

3.2.5. Вибір розподільчих установок і розрахунок внутрішніх проводок

Для розподілу електричної енергії всередині будівлі телятника приймається розподільчий пристрій типу **ПР8504-3010**, який забезпечує приймання, розподіл та захист електричних навантажень внутрішньої мережі. Вибір даного пристрою виконується з урахуванням кількості відхідних ліній та значень робочих струмів споживачів, що підключаються до нього.

Оскільки від розподільчого пристрою відходить 6 ліній, кожна з яких має струм навантаження, що не перевищує 10 А, вибраний розподільчий пристрій повністю відповідає умовам експлуатації та забезпечує необхідний рівень електробезпеки і надійності системи електропостачання.

На відхідних лініях встановлюються автоматичні вимикачі типу ВА51Г-25-34, які забезпечують захист від перевантажень і струмів короткого замикання. Як ввідний захисний апарат приймається автоматичний вимикач ВА51-31-34, що забезпечує загальний захист розподільчого пункту.

Розрахунок внутрішніх електропроводок виконується на основі вибору перерізу провідників за умовою тривало допустимого струму, з подальшою перевіркою за допустимими втратами напруги та умовами нагрівання.

$$I_{тр.доп.} \geq I_{розр.}$$

де: $I_{розр.}$ – розрахунковий струм ділянки кола, А.

Освітлювальні електропроводки виконуються кабелем із прокладанням на тросі, що забезпечує зручність монтажу та експлуатації в умовах тваринницького приміщення. Як приклад розрахунку розглянемо лінію робочого освітлення стійлового приміщення телятника. Тривалий робочий струм для групи

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світильників робочого освітлення визначається на основі встановленої потужності освітлювального навантаження та номінальної напруги мережі з урахуванням режиму одночасної роботи споживачів.

$$I_{м.роб} = \frac{P \cdot n}{U}, \quad A; \quad (3.25)$$

де: P – потужність однієї лампи, $P = 150 \text{ Вт}$;

n – кількість ламп робочого освітлення, $n = 13 \text{ шт}$;

U – номінальна напруга мережі, $U = 220 \text{ В}$.

$$I_{м.роб} = \frac{150 \cdot 13}{220} = 8,86 \text{ А}$$

Приймається кабель марки **АВРГ (2×2,5)** з мідними жилами перерізом **2,5 мм²**, який забезпечує необхідну пропускну здатність та відповідає умовам експлуатації освітлювальної мережі при відкритому способі прокладання. Для даного кабелю допустимий тривалий струм становить $I_{тр.доп} = 21 \text{ А}$, що перевищує розрахунковий струм навантаження групи та забезпечує надійний режим роботи без перегріву провідників.

Таким чином, вибраний кабель відповідає умовам довготривалої роботи, електробезпеки та надійності освітлювальної системи.

3.3. Перевірка та узгодження вибраних проводок з апаратами захисту

Всі мережі в середині телятника повинні бути захищені від перевантажень. При захисті мереж від перевантажень необхідно дотримуватись слідуючи умов:

$$I_{уст.авт} \leq I_{тривдоп.пров}, \quad \text{або}$$

$$\frac{I_{тривдоп.пров}}{I_{уст.авт}} \geq 1$$

Мережі освітлення виконані кабелем типу **АВРГ (2×2,5)**, який має тривало допустимий струм $I_{тр.доп} = 21 \text{ А}$, що забезпечує його надійну роботу в умовах експлуатації освітлювальної системи. Захист даних ліній здійснюється

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичними вимикачами серії **AE1031**, які забезпечують відключення при перевантаженнях і струмах короткого замикання.

Оскільки розрахунковий тривалий струм для групи світильників робочого освітлення становить $I_p = 8,86 \text{ A}$, приймається уставка автоматичного вимикача $I_{уст.авт.} = 10 \text{ A}$. Таким чином, виконується умова надійного захисту кабельної лінії, оскільки $I_{уст.авт.} < I_{пр.доп.}$, що гарантує відсутність перевантаження провідників у нормальному режимі роботи.

Аналогічно виконується узгодження захисних апаратів з перерізами проводів для інших ділянок внутрішніх силових та освітлювальних мереж з урахуванням їх розрахункових струмів та умов експлуатації.

3.4. Розробка питань енергозабезпечення телятника та вибір ТП.

Розрахунковим навантаженням називають найбільше із середніх значень повної потужності за інтервал часу 30 хвилин (півгодинний максимум), яке може виникати на вводі споживача або в живильній мережі протягом розрахункового року з імовірністю не нижче 0,95.

Метод графіка електричних навантажень, який використовується для виконання розрахунків у даній роботі, є одним із найбільш точних, оскільки дозволяє враховувати реальний режим роботи електроприймачів. Його застосовують у випадках, коли відомі добові або змінні технологічні графіки роботи силового, освітлювального та нагрівального обладнання. При цьому всі вихідні дані щодо електроприймачів (найменування технологічних операцій, типи машин і механізмів, встановлена та споживана потужність, режими роботи тощо) подаються у вигляді зведеної таблиці.

Споживану електричну потужність електродвигунів визначають за відповідною розрахунковою залежністю:

$$P_{cn} = \frac{P_y}{\eta} \cdot k_z, \quad \text{кВт}, \quad (3.26)$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

де: P_y – встановлена (номінальна) потужність двигуна, кВт ;
 η – коефіцієнт корисної дії двигуна [3];
 k_3 – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна при виконанні даної технологічної операції [3].

З графіка електричних навантажень (табл. 3.2) видно, що в період півгодинного максимуму телятника одночасно працюють такі основні технологічні споживачі: прибирання гною з потужністю $P_{cn} = 0,73 \text{ кВт}$, система вентиляції — $P_{cn} = 6,5 \text{ кВт}$, водопостачання — $P_{cn} = 2,4 \text{ кВт}$, водонагрівання — $P_{cn} = 11,6 \text{ кВт}$, а також установка ультрафіолетового опромінення — $P_{cn} = 1,6 \text{ кВт}$. Сукупність зазначених навантажень формує максимальне електроспоживання об'єкта в розрахунковому режимі роботи.

Розраховуємо загальну споживану потужність:

$$P_{cn} = \sum_{i=1}^n P_{cni} = 0,73 + 6,5 + 2,4 + 11,6 + 1,6 = 22,8 \text{ кВт} \quad (3.27)$$

Розрахункове навантаження на ввіді у телятник визначається за формулою:

$$S_p = \frac{P_{cn}}{\cos \varphi}, \quad \text{кВ} \cdot \text{А} \quad (3.28)$$

де: $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності споживача і для тваринницького приміщення $\cos \varphi = 0,75$ [2].

Отже розрахункове навантаження складе:

$$S_p = \frac{22,8}{0,75} = 30,4, \quad \text{кВ} \cdot \text{А}$$

струм на ввіді в телятник розраховуємо за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{30,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 46,2 \text{ А}; \quad (3.29)$$

де: U_n – номінальна напруга живлення, $U_n = 380 \text{ В}$.

Згідно отриманих даних вибираємо трансформаторну підстанцію ТП 10/0,4 кВ потужністю 40 $\text{кВ} \cdot \text{А}$ з трансформатором ТМ-40.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 3.2

Графік електричних навантажень споживачів телятника

№ п/п	Назва технологічної операції	марка	P _y , кВт	η	k _з	P _{сп} , кВт	t, год	Години роботи																							
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Освітлення	—	1,7	—	1,0	1,7	6																								
2	Опромінення	УО-4М	1,6	—	1,0	1,6	4																								
3	Прибирання гною	УС-15	1,1	0,75	0,5	0,73	4																								
4	Вентиляція	Клімат-45М	7	0,75	0,7	6,5	24																								
5	Водопостачання	7ПЭДВ- -2,8-140	2,8	0,83	0,7	2,4	24																								
6	Водонагрівання	ВЕР-600	—	—	—	11,6	4																								
	електронагрівач	ТЕН250У19 22П220	11	—	1,0	11	4																								
	насос	36МЦ6-12	0,6	0,7	0,7	0,6	4																								

02.02.КР.2607" С". 25.10.30.011.ПЗ

РОЗДІЛ 4

ГЕЛІОУСТАНОВКА ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

4.1. Аналіз передових розробок геліоустановки

Інтерес до використання сонячної енергії почав активно зростати з початку 1970-х років, що було зумовлено суттєвим підвищенням вартості традиційних енергоресурсів та ускладненням їх видобутку і транспортування. Це стимулювало розвиток альтернативних джерел енергії, серед яких сонячна радіація займає одне з провідних місць.

Переваги використання сонячної енергії визначаються її природними характеристиками, а саме: практично необмеженим ресурсом, можливістю безпосереднього перетворення в інші види енергії, потенціалом отримання високих температур (понад 500 °C), а також здатністю активізувати фотохімічні процеси, що розширює сферу її практичного застосування.

Системи використання сонячної енергії умовно поділяють на дві основні категорії: пасивні та активні. Пасивні системи базуються на архітектурно-будівельних рішеннях, коли сам об'єкт виступає як елемент поглинання та акумулювання сонячної енергії. Активні системи передбачають використання спеціалізованих технічних пристроїв, у яких енергія сонячного випромінювання перетворюється, накопичується та передається споживачу.

Основним елементом активних геліосистем є геліоприймач, у якому як теплоносії можуть використовуватись повітря або рідини (вода, фреон та інші робочі середовища). Для низькотемпературних установок (до 60 °C) найпоширенішими є плоскі геліоколектори, що виконуються у вигляді теплоізованих корпусів із поглинальною поверхнею та трубчастим або змійовиковим колектором усередині.

У високотемпературних системах застосовуються концентратори сонячної радіації, які дозволяють підвищувати густину потоку енергії, а робочий теплообмінник або котел розміщується у фокусній зоні концентратора.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональне призначення геліоприймача полягає у перетворенні потоку сонячної радіації, що надходить на одиницю площі, у корисну теплову або іншу форму енергії. При цьому ефективність роботи системи значною мірою залежить від умов інсоляції, тривалості світлового дня, хмарності та географічного положення об'єкта.

Для підвищення ефективності роботи геліоустановок застосовуються системи орієнтації, які можуть функціонувати в ручному або автоматичному режимі. Ручне налаштування передбачає періодичне коригування положення геліоприймача протягом доби, що знижує енергетичні витрати на систему, але зменшує її продуктивність.

Автоматичні системи орієнтації забезпечують більш високу ефективність за рахунок безперервного відстеження положення Сонця. У відомих технічних рішеннях використовуються температурні, фотоелектричні та механічні датчики, які формують керуючі сигнали для зміни положення геліоприймача відповідно до руху сонця по небосхилу.

Однією з основних проблем сонячних енергетичних систем є нерівномірність генерації теплової енергії, що зумовлює необхідність використання акумулюючих пристроїв. Системи акумулювання поділяються на рідинні (бакові накопичувачі тепла), твердотільні (з використанням теплоємних матеріалів) та системи з перетворенням енергії в інші форми, зокрема електричну або енергію стиснених газів.

Проектування систем сонячного теплопостачання виконується поетапно і включає: оцінку енергетичних потреб споживача, розрахунок параметрів сонячного колектора, визначення теплового навантаження об'єкта та вибір системи акумулювання надлишкової енергії.

4.2. Опис геліоустановки

З графіка електричних навантажень (табл. 3.2) встановлено, що в період півгодинного максимуму сумарне навантаження телятника формується

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасною роботою основних технологічних систем. До них належать: механізоване видалення гною з потужністю $P_{cn} = 0,73 \text{ кВт}$, система вентиляції — $P_{cn} = 6,5 \text{ кВт}$, насосне водопостачання — $P_{cn} = 2,4 \text{ кВт}$, електронагрів води — $P_{cn} = 11,6 \text{ кВт}$ та установка ультрафіолетового опромінення — $P_{cn} = 1,6 \text{ кВт}$.

Сукупність зазначених споживачів визначає максимальний режим роботи електрообладнання об'єкта в розрахунковому періоді та використовується для подальшого визначення повної розрахункової потужності вводу.

$$L = \frac{E_n}{E_\alpha \cdot \eta_e}, \quad \text{м}^2 \quad (4.1)$$

де: E_n – енергія потреб споживача;

E_α – енергія притоку сонячної радіації;

η_e – коефіцієнт ефективності геліонагрівника (приймаємо $\eta_e = 0,6$).

Визначення потреб споживача в тепловій енергії для ферми великої рогатої худоби виконувалося на основі технологічних процесів, розроблених в ІМЕСГ УААН. Для телятника на 280 голів витрати теплової енергії на санітарно-гігієнічні потреби та водопостачання становлять відповідно 666,6 кДж і 3,5 м³/добу, що в загальному балансі енергоспоживання складає близько 30,8–32,4 %.

Потенціал надходження сонячної енергії для даного регіону приймається за даними Гідрометцентру України і становить 1515,9 МДж/м². Тривалість розрахункового періоду використання сонячної радіації становить 81 добу, з календарними межами 8.V – 14.VIII, що відповідає найбільш інтенсивному періоду інсоляції в році.

Тоді площа геліоводонагрівника:

$$L = \frac{666,600 \cdot 81}{1515,9 \cdot 0,6} = 59,4, \quad \text{м}^2$$

Конструктивне виконання сонячного колектора наведено в графічній частині бакалаврської роботи (лист 4). Колектор являє собою інженерну систему, основним елементом якої є стальна поглинаюча панель з інтегрованими

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

внутрішніми каналами для циркуляції теплоносія. Саме через ці канали відбувається передача теплової енергії від поглинаючої поверхні до робочого середовища.

Поглинаюча панель розміщена у міцному сталевому корпусі, який забезпечує механічну стійкість конструкції та захист від впливу зовнішніх кліматичних факторів. Для зменшення теплових втрат нижня частина корпусу додатково утеплена шаром теплоізоляційного матеріалу. Верхня частина колектора закрита скляним одношаровим покриттям, яке виконує функцію захисту від атмосферних впливів і одночасно зменшує конвективні та радіаційні втрати тепла.

Принцип роботи базується на поглинанні сонячної радіації темною поверхнею панелі з подальшим перетворенням її в теплову енергію, яка передається теплоносію, що циркулює в каналах колектора.

Сонячний колектор може працювати як у системах з примусовою циркуляцією теплоносія, так і в системах природної циркуляції. Для підвищення надійності та запобігання корозійним процесам доцільно використовувати замкнені гідравлічні контури, оснащені запобіжними клапанами або компенсаційними елементами.

Монтаж колектора виконується на відкритих, незатінених ділянках із забезпеченням оптимальної інсоляції. Кут нахилу встановлення приймається відповідно до географічної широти місцевості, а орієнтація здійснюється у південному напрямку для максимального використання сонячної енергії.

Ємність бака-акумулятора визначається за відповідною розрахунковою залежністю, що враховує теплові навантаження системи та режим роботи геліоустановки:

$$M_v = \frac{860 \cdot E_\alpha \cdot \eta_e \cdot L}{C \cdot (t_k - t_n)} \geq M_{\min}, \quad (4.2)$$

об'єм бака-акумулятора складає $3,5 \text{ м}^3$.

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

4.2.1. Розробка принципіальної електричної схеми керування геліоустановкою

Принципова електрична схема керування геліоустановкою наведена в графічній частині проєкту на аркуші №3. Система електрообладнання геліонагрівальної установки складається з силової частини та кола керування, які забезпечують автоматизовану роботу всього комплексу.

До складу силового кола входять електроприводи насосів, що забезпечують циркуляцію теплоносія, а також нагрівальні елементи резервного підігріву. Коло керування включає апарати комутації та автоматики: магнітні пускачі, проміжні реле, перемикачі режимів роботи, блоки контролю параметрів водонагрівача та понижувальний трансформатор живлення кіл керування.

Керування установкою здійснюється в автоматичному режимі шляхом послідовного вмикання елементів схеми. Після подачі живлення через автоматичні вимикачі QF1–QF5 активується коло керування, що забезпечує запуск магнітного пускача КМ1. При його спрацюванні замикаються силові контакти, і запускається електродвигун насоса сонячного колектора. Одночасно допоміжний контакт КМ1.2 подає сигнал на пускач КМ2, який включає насос мережевої води.

Далі вода надходить до теплообмінника, де відбувається її нагрівання. На виході встановлений температурний датчик, який керує положенням електромагнітних клапанів YA1 та YA2. При досягненні заданої температури контакт ВК3 змінює стан, забезпечуючи подачу нагрітої води до системи напування тварин через клапан YA2. У разі недостатнього нагріву сигнал спрямовується на відкриття клапана YA1 та одночасне вмикання проміжного реле KV3, яке через контакт KV3.1 запускає пускач КМ4 і підключає нагрівальні елементи.

Підігрів води здійснюється у баку водонагрівача до заданої температури, контроль якої виконується автоматичним блоком А1. Після досягнення необхідного значення нагріта вода подається у систему напування тварин.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зимовий період, при недостатній інсоляції, система переходить на автономний режим роботи водонагрівача з використанням електричних нагрівальних елементів.

Схемою передбачено світлову сигналізацію HL1 та HL2, яка інформує про роботу насосів сонячного колектора та мережевого водопостачання телятника. Захист електродвигунів від коротких замикань і перевантажень здійснюється автоматичними вимикачами QF2–QF5, а захист кола керування — запобіжником FU1.

4.3. Обґрунтування і вибір елементів для функціонування геліоустановки

4.3.1. Вибір електронагрівних елементів

Як резервне джерело теплової енергії у системі геліоводонагріву передбачено використання трубчастих електронагрівників (ТЕН), які встановлюються безпосередньо в баку-акумуляторі та забезпечують підігрів води у періоди недостатньої сонячної радіації або підвищеного водоспоживання.

Встановлена потужність електронагрівної установки визначається за розрахунковим тепловим навантаженням системи та забезпечує необхідний температурний режим роботи бака-акумулятора в автономному режимі.

$$P_y = k_z \cdot P_{nom}, \quad \text{кВт}; \quad (4.3)$$

де: P_{nom} – потрібна потужність;

k_z – коефіцієнт запасу ($k_z = 1,1 \dots 1,3$)

Потрібна потужність вираховується за формулою:

$$P_{nom} = \frac{P_{кор}}{\eta_m \cdot \eta_e}, \quad \text{кВт}; \quad (4.4)$$

де: $P_{кор.}$ – корисна потужність;

$\eta_m \cdot \eta_e$ – коефіцієнт корисної дії установки, який приймаємо рівним 0,8.

Корисна потужність вираховується за формулою:

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$P_{кор} = \frac{C \cdot \rho \cdot V \cdot (\theta_k - \theta_n)}{3600 \cdot t}, \quad \kappa Bm \quad (4.5)$$

де: C – теплоємність води ($C = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$);

ρ - питома густина ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$);

V – об'єм бака;

θ_k – кінцева температура нагрівання, $\theta_k = 40^\circ\text{C}$;

θ_n – початкова температура нагрівання, $\theta_n = 16^\circ\text{C}$;

t – час нагрівання, $t = 2 \text{ год}$.

Тоді за формулою (54) визначаємо корисну потужність:

$$P_{кор} = \frac{4190 \cdot 1000 \cdot 3,5 \cdot (40 - 16)}{3600 \cdot 2} = 48,9 \kappa Bm$$

Встановлена потужність визначаємо за формулою (53):

$$P_y = \frac{1,1 \cdot 48,9}{0,8} = 67,2 \kappa Bm$$

Визначаємо кількість ТЕНів:

$$n = \frac{P_y}{P_1}, \quad шт; \quad (4.6)$$

де: P_1 – потужність одного ТЕНа.

Потужність ТЕНа визначаємо за формулою:

$$P_1 = P_{num} \cdot \pi \cdot D \cdot l, \quad \kappa Bm \quad (4.7)$$

де: P_{num} – питома поверхнева потужність, $P_{num} = 15 \kappa Bm$;

D – діаметр ТЕНа, $D = 19 \text{ мм}$;

l – активна довжина ТЕНа, $l = 250 \text{ мм}$.

Потужність ТЕНа:

$$P_1 = 15 \cdot 3,14 \cdot 19 \cdot 250 = 22,4, \quad \kappa Bm$$

Кількість ТЕНів:

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$n = \frac{67,2}{22,4} = 3, \quad \text{шт};$$

Приймаємо ТЕН 250Е 1922П220 в кількості 3шт.

4.3.2 Розрахунок електропривода насоса

Приймаючи витрату $Q = 0,072 \text{ м}^3/\text{с}$ та напір $H = 11,3 \text{ м}$, вибираємо відцентровий насос типу (1,5к-6)К8/18, який забезпечує необхідні гідравлічні параметри роботи системи та стабільну подачу води у заданому режимі експлуатації.

Потужність електродвигуна насоса визначається за відповідною розрахунковою формулою, що враховує витрату рідини, напір, густину води та коефіцієнт корисної дії насосного агрегату:

$$P = k_3 \cdot \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta}, \quad \text{кВт}; \quad (4.8)$$

де: k_3 – коефіцієнт запасу, який для двигунів до 2 кВт складає 1,5 ... 1,7;

γ – питома густина рідини, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$;

Q – подача насоса, $Q = 0,072 \text{ м}^3/\text{с}$;

H – напір, $H = 11,3 \text{ м}$;

η – коефіцієнт корисної дії насоса, $\eta = 0,8$.

$$P = 1,6 \cdot \frac{1000 \cdot 0,072 \cdot 11,3}{102 \cdot 0,8} = 0,8, \quad \text{кВт};$$

режим роботи двигуна насоса – тривалий (S1) з постійним навантаженням.

Потужність двигуна визначаємо із умови:

$$P_{н.дв.} \geq P$$

Виходячи з розрахункової потужності двигуна насоса та необхідної частоти обертання $n = 2800 \text{ об/хв}$, вибираємо електродвигун типу **AIP 71B2Y2** потужністю

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1,1 кВт, який забезпечує надійну роботу насосного агрегату в заданих умовах експлуатації.

Основні технічні характеристики двигуна: $P_n = 1,1 \text{ кВт}$; $n = 2800 \text{ об/хв}$; $I_n = 2,55 \text{ А}$; $\eta = 79 \%$; $\cos\varphi = 0,83$; $J_{\text{рот}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Для визначення динамічних параметрів роботи електропривода розраховується час пуску двигуна. З цією метою будується механічна характеристика електродвигуна та робочої машини, що дозволяє оцінити процес розгону привода в перехідному режимі.

Механічна характеристика відцентрового насоса має вигляд залежності, яка відображає квадратичний характер зміни моменту опору від частоти обертання.

$$M_c = 0,05 \cdot M_{cn} + 0,95 \cdot M_{cn} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2, \quad (4.9)$$

де: M_{cn} – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості;

ω, ω_n – задана і номінальна кутова швидкість.

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2800}{30} = 293, \quad \text{с}^{-1} \quad (4.10)$$

$$M_{cn} = \frac{P}{\omega_n} = \frac{800}{293} = 2.73, \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (4.11)$$

Механічна характеристика відцентрового насоса показана на малюнку.

Механічну характеристику електродвигуна будуюмо за п'ятьма точками:

$$1. \quad M=0, \quad \omega_0 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314, \quad \text{с}^{-1} \quad (4.12)$$

$$2. \quad \omega_n = 293 \text{ с}^{-1} \quad M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{1100}{293} = 3.75, \quad \text{Нм} \quad (4.13)$$

$$3. \quad S_k = \frac{S_H + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}} \quad (4.14)$$

$$S_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0} = \frac{314 - 293}{314} = 0,067 \quad (4.15)$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_k}{\mu_n} = \frac{2,2}{2,1} = 1,05 \quad (4.16)$$

4. Звідси знаходимо критичне ковзання:

$$S_k = \frac{0,067 + \sqrt{0,067 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}}{1 + \sqrt{0,067 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}} = 0,59$$

Визначаємо ω_k і критичний момент M_k :

$$\omega_k = \omega_0 \cdot (1 - S_k) = 314 \cdot (1 - 0,59) = 129 \text{ c}^{-1} \quad (4.17)$$

$$M_k = \mu_k \cdot M_H = 2,2 \cdot 3,75 = 8,25, \quad \text{H} \cdot \text{м} \quad (4.18)$$

$$5. \quad S_{\min} = 0,8; \quad \omega_{\min} = 314 \cdot (1 - 0,8) = 62,8 \text{ c}^{-1}$$

$$M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_H = 1,6 \cdot 3,75 = 6, \quad \text{H} \cdot \text{м} \quad (4.19)$$

$$6. \quad \omega_{\text{пуск}} = 0;$$

$$M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{пуск}} \cdot M_H = 2,1 \cdot 3,75 = 7,88, \quad \text{H} \cdot \text{м} \quad (4.20)$$

Будуємо механічну характеристику електродвигуна з урахуванням відхилення моментів:

$$M_k - 10\%, \quad M_{\min} - 20\%, \quad M_{\text{пуск}} - 15\%$$

$$M_k = 0,9 \cdot 8,25 = 7,43 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{\min} = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ H} \cdot \text{м}$$

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$M_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot 7,88 = 6,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Будуємо механічну характеристику електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги 5%;

$$M_k = 0,95^2 \cdot 7,43 = 6,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{min}} = 0,95^2 \cdot 4,8 = 4,33 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{пуск}} = 0,95^2 \cdot 6,7 = 6,05 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Час пуску двигуна визначається графоаналітичним методом. Для цього знаходимо значення динамічного моменту:

$$M_j = M_g'' - M_c \quad (4.21)$$

Дану характеристику розділимо на 12 ділянок. Час пуску двигуна на кожній ділянці визначаємо за формулою:

$$\Delta t_i = \frac{J \cdot \Delta \omega_i}{M_{jcp}}, \quad \text{с}; \quad (4.22)$$

де: J – зведений момент інерції привода, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$\Delta \omega_i$ – приріст кутової швидкості, с^{-1} ;

M_{jcp} – середнє значення динамічного моменту на ділянці, $\text{Н}\cdot\text{м}$.

$$J = J_p + J_{pn}, \quad \text{кг}\cdot\text{м}^2 \quad (4.23)$$

де: J_p – момент інерції ротора двигуна, $J_p = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;

J_{pn} – момент інерції насоса, $J_{pn} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

За формулою (71) визначаємо Δt для кожної ділянки:

$$\Delta t_1 = 0,0031 \cdot \frac{25}{5,4} = 0,014, \quad \text{с}$$

$$\Delta t_2 = 0,0031 \cdot \frac{25}{4,5} = 0,017, \quad \text{с}$$

$$\Delta t_3 = 0,0031 \cdot \frac{25}{4,2} = 0,018, \quad \text{с}$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\Delta t_4 = 0,0031 \cdot \frac{25}{4,5} = 0,017, \quad c$$

$$\Delta t_5 = 0,0031 \cdot \frac{25}{5,4} = 0,014, \quad c$$

$$\Delta t_6 = 0,0031 \cdot \frac{25}{6,0} = 0,013, \quad c$$

$$\Delta t_7 = 0,0031 \cdot \frac{25}{5,5} = 0,014, \quad c$$

$$\Delta t_8 = 0,0031 \cdot \frac{25}{4,9} = 0,016, \quad c$$

$$\Delta t_9 = 0,0031 \cdot \frac{25}{4,6} = 0,017, \quad c$$

$$\Delta t_{10} = 0,0031 \cdot \frac{25}{3,2} = 0,024, \quad c$$

$$\Delta t_{11} = 0,0031 \cdot \frac{25}{2,0} = 0,039, \quad c$$

$$\Delta t_{12} = 0,0031 \cdot \frac{25}{0,7} = 0,075, \quad c$$

Визначаємо час пуску двигуна за формулою:

$$t = \sum_{i=1}^{12} \Delta t_i = 0,3; \quad c \quad (4.24)$$

Перевищення температури двигуна під час пуску складе:

$$\tau = 8 \cdot 0,3 = 24, \quad ^\circ C \quad (4.25)$$

Що менше допустимого значення.

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

<i>Mc</i>	<i>ω</i>
0,132	0
0,2	50
0,405	100
0,746	150
1,224	200
1,839	250
2,73	293

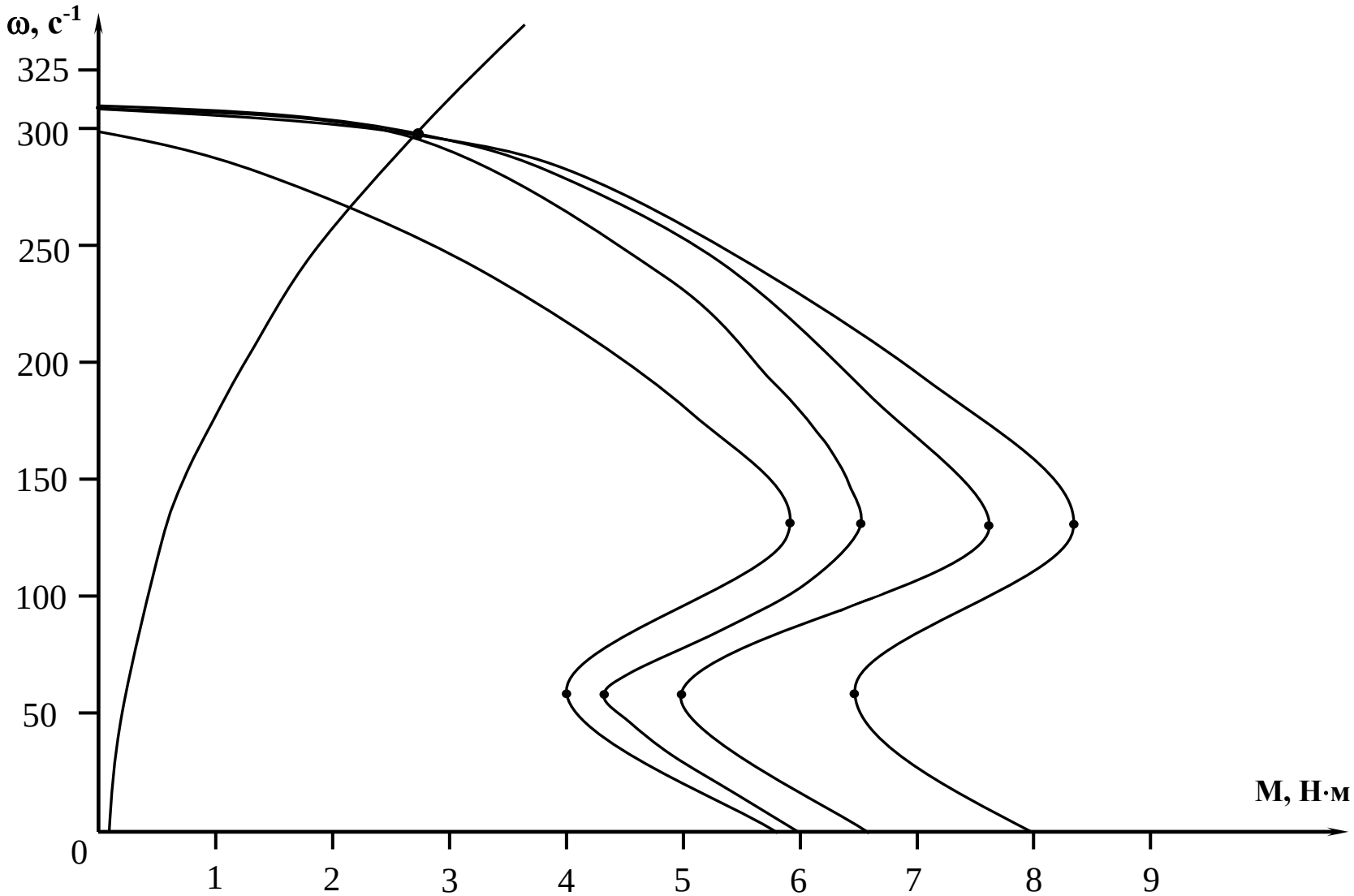


Рис. 4.1. Визначення часу пуску електричного двигуна насоса.

4.3.3. Вибір апаратів керування і захисту

Для захисту електродвигуна насоса від коротких замикань вибираємо автоматичний вимикач **QF1** відповідно до умови забезпечення надійного відключення аварійних режимів роботи та узгодження з номінальними параметрами електродвигуна.

Вибір автоматичного вимикача виконується за розрахунковим струмом двигуна з урахуванням кратності пускового струму, що гарантує його неспрацювання при нормальному пуску та швидке відключення при виникненні струмів короткого замикання.

$$U_{авт.} \geq U_{мережі} = 380B$$

$$I_{ном.авт.} \geq I_{ном.дв.} = 2,55A$$

$$I_{ном.розч} \geq I_{ном.дв.} = 2,55A$$

вибираємо автоматичний вимикач типу **AE2046M-10PY3**, який належить до серії силових автоматичних вимикачів у литому корпусі та призначений для захисту електродвигунів і розподільчих електричних мереж від струмів перевантаження та короткого замикання. Конструкція вимикача забезпечує надійну комутацію силових кіл, високу відключаючу здатність та можливість експлуатації в промислових і сільськогосподарських електроустановках.

Вимикачі серії AE2046M характеризуються широким діапазоном номінальних струмів та можливістю регулювання уставок теплового та електромагнітного розчіплювачів, що дозволяє точно узгоджувати їх роботу з параметрами електродвигуна та умовами пуску. Це забезпечує ефективний захист обладнання при мінімальному ризику хибних спрацювань.

Застосування вибраного автоматичного вимикача гарантує надійну роботу насосного агрегату та підвищує загальний рівень електробезпеки системи.

$$I_{ном.авт.} = 63A, \quad I_{ном.розч} = 3,15A, \quad U_{авт.} = 380B.$$

$$U_{авт.} = 380B \geq U_{мережі} = 380B$$

$$I_{ном.авт.} = 63A \geq I_{ном.дв.} = 2,55A$$

$$I_{ном.розч} = 3,15A \geq I_{ном.дв.} = 2,55A$$

Даний автоматичний вимикач перевіряємо за умовами пуску:

$$I_{відсічки} = 12 \cdot I_{ном.розч} > k_z \cdot k_n \cdot I_{пуск.}$$

$$12 \cdot 3,15 = 37,8A > 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 2,55 = 25,2A$$

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Для запуску і керування двигуном вибираємо магнітний пускач *KMI* за умовою:

$$U_{н.пуск} \geq U_{мережі} = 380V$$

$$I_{ном.пуск} \geq I_{ном.дв} = 1,7A$$

Приймаємо магнітний пускач ПМЛ12004Б з тепловим реле РТЛ-100704.

$$U_{кот.пуск} = 660V. \quad I_{ном.пуск} = 10A.$$

$$U_{н.пуск.} 660V \geq U_{мережі} = 380V$$

$$I_{ном.пуск.} = 10A \geq I_{ном.дв} = 2,55A$$

Аналогічно для забезпечення захисту та дистанційного керування електронагрівальною установкою приймаються відповідні комутаційно-захисні апарати, які забезпечують надійну роботу силових кіл та елементів автоматизації геліосистеми.

Вибирається автоматичний вимикач АЕ2056М-10РУ3, розрахований на номінальну напругу $U_{авт} = 380 \text{ В}$ та номінальний струм $I_{ном.авт} = 63 \text{ А}$, що забезпечує захист електронагрівального обладнання від перевантажень і коротких замикань.

Для керування електронагрівачем приймається електромагнітний пускач ПМЛ611004Б, який має номінальну напругу котушки $U_{н.пуск} = 660 \text{ В} > 380 \text{ В}$, що гарантує його надійну роботу в мережі змінного струму, та номінальний струм $I_{ном.пуск} = 125 \text{ А}$, що відповідає умовам комутації навантаження електронагрівальної установки.

Як головний комутаційний апарат приймається рубильник типу Р11-3133000У3, який забезпечує ручне відключення та оперативне обслуговування силового кола геліоустановки.

Для дистанційного керування схемою застосовуються кнопкові пости типу ПKE-622-2У2, що забезпечують зручне вмикання та вимикання режимів роботи установки в автоматизованій системі керування.

У якості низьковольтного комплектного пристрою керування приймається шафа типу Я5101-4074У1, яка об'єднує апарати захисту, керування та сигналізації, забезпечуючи компактність і надійність електрообладнання геліосистеми.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В ТЕЛЯТНИКУ

5.1. Заходи з енергозбереження

Електропостачальні організації та споживачі електричної енергії повинні здійснювати заходи, спрямовані на зниження споживання реактивної потужності. Це дозволяє підвищити енергоефективність електричних мереж, зменшити втрати потужності та покращити якість електропостачання.

Зменшення реактивного навантаження електроприймачів, зокрема асинхронних електродвигунів, зварювальних трансформаторів та іншого обладнання, може досягатися як без застосування спеціальних установок, так і з використанням компенсаторів реактивної потужності. До основних організаційно-технічних заходів належать: забезпечення оптимального завантаження електродвигунів, скорочення часу їх роботи в режимі холостого ходу шляхом удосконалення технологічних процесів, впровадження обмежувачів холостого ходу, а також застосування синхронних двигунів замість асинхронних у випадках, коли це технічно доцільно.

Одним із найбільш ефективних способів підвищення енергоефективності є встановлення компенсуючих установок (КУ), які дозволяють суттєво зменшити втрати в електричних мережах. У середньому економія може становити до 300 кВт·год на 1 квар встановленої компенсаційної потужності на рік. Наприклад, компенсуюча установка потужністю 250 квар забезпечує значне зниження витрат умовного палива та підвищує загальну ефективність електроспоживання.

Важливим напрямом енергозбереження є автоматизація технологічних процесів. Автоматичне регулювання температури та інших параметрів дозволяє знизити споживання електроенергії на 20–25 %. Водночас недотримання правил експлуатації автоматичних систем і переведення їх у ручний режим при незначних відхиленнях призводить до додаткових втрат електроенергії.

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищене споживання енергії в освітлювальних установках часто пов'язане з неправильним вибором потужності світильників або помилками при їх монтажі. Також до перевитрат призводить заміна перегорілих ламп на лампи більшої потужності через відсутність необхідних типорозмірів.

Для ртутних джерел світла підвищення напруги живлення спричиняє збільшення реактивної складової потужності, що негативно впливає на роботу мережі.

Запобігання зазначеним втратам електроенергії досягається шляхом постійного контролю рівня напруги в мережі та впровадження автоматичних регулювальних пристроїв, що забезпечують стабільний та економічний режим роботи електрообладнання.

5.2 Заходи з безпеки праці в телятнику

Приміщення телятника на 280 голів за умовами експлуатації належить до категорії сирих або особливо сирих приміщень із наявністю хімічно активного середовища. Відносна вологість повітря у таких умовах перевищує 75 %, а в повітряному середовищі присутні агресивні гази, зокрема пари аміаку, які негативно впливають на ізоляційні матеріали електропроводок та знижують їх довговічність.

Для забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища та зменшення концентрації шкідливих домішок у приміщенні передбачається ефективна припливно-витяжна вентиляція, яка забезпечує видалення надлишкової вологи та аміаку.

З метою організації безпечних умов праці в телятнику передбачено обладнання куточка охорони праці, а також наявність побутових приміщень для персоналу. Працівники забезпечуються спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту відповідно до встановлених норм.

Відповідно до вимог ПУЕ-2017 (§1-7-57) усі відкриті металеві частини електрообладнання, які в нормальному режимі не перебувають під напругою,

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

повинні бути приєднані до системи захисного заземлення або занулення. У разі пошкодження ізоляції передбачається автоматичне відключення аварійних ділянок за допомогою захисних автоматичних вимикачів.

Для запобігання травматизму всі обертові та рухомі частини механізмів обладнуються захисними кожухами та огороженнями. У місцях відпочинку персоналу та на робочих місцях обов'язково передбачаються аптечки першої медичної допомоги.

Експлуатація електрообладнання в телятнику повинна здійснюватися з дотриманням таких вимог:

- нульовий провід у мережі 380/220 В вибирається того ж перерізу, що й фазні провідники;
- вводи повітряних ліній у будівлю повинні мати захист від атмосферних перенапруг шляхом застосування розрядників, заземлення та нульового захисту;
- усі металеві частини електроустановок, які можуть опинитися під напругою при аварії, підлягають заземленню та зануленню;
- для підвищення електробезпеки тварин у стійлових приміщеннях передбачаються пристрої вирівнювання потенціалів, що виконуються у вигляді поздовжніх металевих провідників діаметром 6 мм, прокладених уздовж рядів утримання тварин.

Заземлювальні провідники з'єднуються з металевими конструкціями годівниць, автонапувалок та огорожень методом зварювання. На кінцевих ділянках рядів передбачаються розбірні гвинтові з'єднання, які використовуються для контролю цілісності електричного кола системи вирівнювання потенціалів.

Для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог між виробничою зоною та житловою забудовою встановлюється санітарно-захисна зона шириною 1000 м.

Окрім цього, для захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачено забезпечення засобами індивідуального захисту відповідно до вимог ПТЕ та ПТБ.

Розрахунок необхідної кількості засобів захисту наведено в таблиці 5.1.

					02.02.KP.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок потрібної кількості захисних засобів

Найменування	Марка, тип	Одиниці виміру	Кількість
Вказівник напруги	УНН-1	шт.	4
Діелектричні рукавиці		пара	4
Комплект інструментів	МН-64	комплект	4
Заземлення переносні	ШЗП-1	комплект	2
Плакати і знаки безпеки		комплект	6
Діелектричні боти		пара	4
Діелектричний килим		шт.	6
Респіратор	У-2К	шт.	4
Захисні окуляри	ОЗЗ-9	шт.	4
Захисний пояс	ПО-1	шт.	4
Універсальні кігті		пара	4
Шоломи захисні		шт.	4

РОЗДІЛ 6

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ У РОБОТІ ЗАХОДІВ.

Доцільність впровадження передбачених проєктом рішень з електрифікації та автоматизації виробничих процесів визначається їх економічною ефективністю. Реалізація сучасних електротехнічних та автоматизованих систем дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці, оптимізувати використання енергоресурсів, знизити експлуатаційні витрати та, як наслідок, зменшити собівартість продукції тваринництва, підвищуючи загальну рентабельність виробництва.

Кількість споживаної електричної енергії визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$W = P_{cn} \cdot T_{max}, \quad \text{кВт} \cdot \text{год}; \quad (6.1)$$

де: T_{max} – річна кількість годин максимуму, $T_{max} = 1700 \text{ год}$. [10]/

Звідси:

$$W = 22,8 \cdot 1700 = 38760, \quad \text{кВт} \cdot \text{год};$$

Вартість спожитої електричної енергії за рік визначається на основі загального річного споживання електроенергії та чинного тарифу на електроенергію для відповідної категорії споживачів. Даний показник дозволяє оцінити експлуатаційні витрати електрифікованої системи та є одним з основних складових при визначенні економічної ефективності проєкту.

$$B = a \cdot W, \quad \text{грн}; \quad (6.2)$$

де: a – тариф на електроенергію, $a = 4,32 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$.

Тоді:

$$B = 4.32 \cdot 38760 = 167443.2, \quad \text{грн}.$$

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано обґрунтування та вибір технологічного обладнання для телятника, що забезпечує комплексну механізацію основних виробничих процесів на фермі.

Розроблено та обґрунтовано систему електрообладнання, яка забезпечує необхідні параметри мікроклімату в приміщеннях, організацію водопостачання, механізоване видалення гною, освітлення виробничих зон, а також ультрафіолетове опромінення телят.

Проведено розрахунок електричних навантажень об'єкта та визначено потужність трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, що забезпечує надійне електропостачання всіх споживачів телятника.

Розроблено комплекс енергозберігаючих заходів для підвищення ефективності роботи електрообладнання у телятнику. Окремо розглянуто питання охорони праці та електробезпеки персоналу.

Обґрунтовано функціональну схему геліоустановки для телятника на 280 голів, виконано її розрахунок, а також розроблено принципову електричну схему керування геліосистемою з вибором основних апаратів захисту та керування.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Г. Б. Іноземцев, В. В. Козирський, М. Т. Лут, І. П. Радько, О. Ю. Синявський. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ, 2014. 526 с.
2. Автоматизація технологічних процесів у тваринництві та птахівництві : підручник / В. П. Лисенко, Б. Л. Голуб, О. В. Синявська ; за ред. В. П. Лисенка. Київ : Компринт, 2019. 412 с.
3. Довідник з електропостачання та електрообладнання в АПК / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин та ін. Київ : Компринт, 2021. 384 с.
4. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підручник / М. І. Клименко, О. В. Дацишин, Ю. М. Лавріненко. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 432 с.
5. Сучасні технології та технічні засоби у тваринництві : навч. посібник / О. В. Дацишин, О. С. Марченко, Ю. М. Лавріненко. Київ : Аграрна освіта, 2018. 396 с.
6. Електропостачання агропромислового комплексу : підручник / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. 2-ге вид. Київ : Компринт, 2018. 456 с.
7. Електропривод і автоматизація : підручник / О. Ю. Синявський, В. В. Савченко, В. В. Козирський, В. Я. Бунько, В. Ю. Рамш ; за ред. О. Ю. Синявського. Київ : ЦП «Компринт», 2019. 619 с.
8. Електропривод виробничих машин і механізмів : навч. посібник / О. Ю. Синявський, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, Д. Г. Войтюк, В. Я. Бунько, В. Ю. Рамш. Київ : Компринт, 2020. 444 с.
9. Основи електропривода / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко та ін. ; за ред. Ю. М. Лавріненка. Київ : Ліра-К, 2016. 504 с.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

10. Лут М. Т., Радько І. П., Тракай В. Г., Чміль А. І. Безпека праці в сільських електроустановках : навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. 430 с.

11. Електричне освітлення та опромінення в агропромисловому комплексі : навч. посібник / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : НУБіП України, 2019. 264 с.

12. Енергоефективність та відновлювані джерела теплопостачання : навч. посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула. Вінниця : ВНТУ, 2019. 185 с.

13. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). 7-ме вид., перероб. і доп. Київ : Міненерговугілля України, 2022. 794 с.

14. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ : Основа, 1998. 380 с.

15. ДБН В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 136 с.

					02.02.КР.2607"С".25.10.30.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68