

**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: "Проектні рішення з підвищення енергоефективності
електрообладнання ферми великої рогатої худоби на 400 голів"**

Спеціальність 141 „Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Гарант освітньої програми

доцент Синявський О.Ю.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

доцент Радько І.П.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав Мірошник Є.С.
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації завдань, вирішуваних у проекті.

- 2) Технологічна частина.
- 3) Електротехнічна частина проекту.
- 4) Спеціальне завдання: «Підвищення енергетичної ефективності біогазової установки шляхом впровадження системи рекуперації теплоти».
- 5) Обслуговування і ремонт енергетичного обладнання.
- 6) Охорона праці.
- 7) Висновки. Список використаних джерел.
- 8) Додатки.

Дата видачі завдання _____ 31 жовтня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Радько І.П.**
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ **Мірошник Є.С.**
(підпис) (ПІБ)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	10
2 ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	12
2.1. Кормоприготування.....	12
2.1.1 Визначення режиму роботи двигуна. Навантажувальна діаграма і механічна характеристика працюючої машини.	14
2.1.2 Вибір електродвигуна	17
2.1.3 Ступінь захисту, кліматичне та конструктивне виконання двигуна.	18
2.2 Розрахунок водопостачання.....	19
2.3. Прибирання гною.....	23
2.4. Обґрунтування вибору технологічного обладнання.....	26
3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	30
3.1. Розрахунок освітлення.....	30
3.2 Електротехнічна частина	31
3.2.1. Розрахунок освітлення	31
3.2.2 Розрахунок системи вентиляції.....	35
3.3. Електропостачання	39
3.3.1. Розрахунок електричних навантажень на вводах споживачів	39
3.3.2. Розрахунок пропускної здатності повітряної лінії 10 кВ	41
3.3.3. Визначення перерізу проводів лінії 10 кВ	42

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Мірошник Є.С					5	91
Перевірив		Радько І.П.						
Н. Контр.						НУБіП України, ННІ ЕАіЕ ЕЕЕ-220016		
Зав. каф.		Окушко О.В.						

3.3.4. Перевірка перерізу проводів лінії 10 кВ на відповідність допустимим втратам напруги	43
4. РОЗРАХУНОК ГЕЛІОВОДОНАГРІВНОЇ УСТАНОВКИ ТА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	44
4.1. Теоретичні основи променевого теплообміну.....	44
4.2. Використання геліоустановок у агропромисловому комплексі.....	47
4.3. Визначення теплового навантаження системи гарячого водопостачання телятника.....	52
4.4 Розрахунок поглинальної площі та вибір типу геліоколектора	54
4.5 Розрахунок сонячної електростанції	61
5 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	68
5.1 Потенційно небезпечні і шкідливі виробничі чинники.....	69
5.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до приміщень ВРХ.....	70
5.3 Протипожежний захист.....	72
5.4 Грозозахист ПЛ 0,38 кВ та споживчих трансформаторних підстанцій.	74
5.5. Розрахунок заземлюючого контуру ТП.....	76
5.6 Заходи охорони праці при будівництві ПЛ 0,38 кВ.....	78
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	83
6.1 Розрахунок строку окупності сонячної електричної станції.....	83
6.2 Розрахунок строку окупності сонячних колекторів.....	84
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ферми великої рогатої худоби характеризуються значним енергоспоживанням, яке пов'язане з роботою систем вентиляції, освітлення, водопостачання, приготування кормів, доїльного обладнання, систем мікроклімату та технологічних установок. Забезпечення стабільного енергопостачання таких об'єктів є важливою умовою підтримання оптимальних параметрів утримання тварин та ефективного функціонування виробничих процесів. Водночас використання традиційних систем енергопостачання призводить до збільшення енергетичних витрат та залежності господарств від централізованих енергетичних мереж.

Одним із перспективних напрямів підвищення енергоефективності тваринницьких господарств є використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної, вітрової та біоенергетичної. Використання таких джерел дозволяє частково або повністю забезпечити потреби ферми в електричній та тепловій енергії, зменшити споживання традиційних енергоресурсів та підвищити енергетичну автономність господарства. Особливо перспективним є використання біогазових технологій, що дозволяють отримувати енергію з органічних відходів тваринництва, зокрема гною великої рогатої худоби.

Використання відновлюваних джерел енергії у системах енергозабезпечення ферм дозволяє реалізувати комплексний підхід до енергетичного забезпечення виробництва, поєднуючи генерацію електричної енергії, виробництво теплової енергії та утилізацію органічних відходів. Такий підхід сприяє підвищенню енергоефективності технологічних процесів, зменшенню витрат на енергоресурси та зниженню негативного впливу аграрного виробництва на довкілля.

Системи енергозабезпечення ферми великої рогатої худоби включають електричні мережі, системи освітлення, вентиляції, водопостачання, доїльні установки, кормоприготувальне обладнання та інші технологічні установки. Підвищення ефективності функціонування таких систем може бути досягнуте

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шляхом інтеграції відновлюваних джерел енергії у структуру енергетичної інфраструктури ферми, що дозволяє забезпечити часткову або повну компенсацію енергоспоживання за рахунок локальної генерації енергії.

Використання сонячних фотоелектричних систем, вітрових електроустановок та біогазових установок дозволяє створити гібридну систему енергозабезпечення ферми, яка забезпечує підвищення надійності енергопостачання, оптимізацію режимів споживання енергії та зменшення навантаження на централізовані енергетичні мережі. Разом з тим впровадження таких систем потребує технічного обґрунтування, визначення оптимальної конфігурації енергетичної системи, розрахунку енергетичних параметрів та вибору відповідного обладнання.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності аграрних підприємств шляхом модернізації систем енергозабезпечення ферм великої рогатої худоби на основі використання відновлюваних джерел енергії, що дозволяє зменшити споживання традиційних енергоресурсів, підвищити енергетичну автономність господарства та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технічних рішень щодо енергозабезпечення ферми великої рогатої худоби на основі використання відновлюваних джерел енергії шляхом інтеграції альтернативних енергетичних установок у систему енергопостачання ферми та підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану розвитку відновлюваної енергетики та можливостей її використання у тваринницьких господарствах;
- дослідити основні види відновлюваних джерел енергії та технології їх використання у системах енергозабезпечення аграрних підприємств;
- виконати аналіз енергоспоживання ферми великої рогатої худоби та визначити основні споживачі електричної і теплової енергії;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здійснити розрахунок енергетичних потреб ферми та визначити необхідні параметри системи енергозабезпечення;
- розробити структурну схему системи енергозабезпечення ферми з використанням відновлюваних джерел енергії;
- обґрунтувати вибір основного енергетичного обладнання для реалізації системи енергозабезпечення;
- виконати розрахунок технічних та енергетичних параметрів енергетичної системи ферми;
- провести аналіз ефективності використання відновлюваних джерел енергії у системі енергозабезпечення ферми;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки експлуатації енергетичного обладнання.

Об’єктом дослідження є система енергозабезпечення ферми великої рогатої худоби як комплекс технічних засобів забезпечення технологічних процесів ферми електричною та тепловою енергією.

Предметом дослідження є технічні рішення та енергетичні технології використання відновлюваних джерел енергії у системах енергозабезпечення тваринницьких господарств.

Практична значущість роботи полягає у розробленні технічних рішень щодо впровадження відновлюваних джерел енергії у систему енергозабезпечення ферми великої рогатої худоби, що дозволяє підвищити енергоефективність функціонування ферми, зменшити споживання традиційних енергоресурсів, підвищити енергетичну незалежність господарства та знизити негативний вплив енергетичних процесів на навколишнє середовище.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

Об'єктом проєктування є фермерське господарство, розташоване на території Шполянської територіальної громади Черкаської області, яка належить до центральної частини лісостепової зони України. Даний регіон характеризується розвинутим аграрним виробництвом, де провідне місце займає рослинництво та м'ясо-молочне скотарство, що є типовою спеціалізацією господарств центральної частини Черкащини.

Господарство спеціалізується на вирощуванні та утриманні великої рогатої худоби молочного та м'ясного напрямів продуктивності. На території підприємства розташовано виробничі приміщення для утримання тварин, кормоцех, складські приміщення для зберігання кормів, адміністративно-господарські будівлі та інженерні комунікації. Загальна площа виробничої території ферми становить близько 3,4 га (34 000 м²). Загальне поголів'я великої рогатої худоби у господарстві становить близько 1200 голів, з яких приблизно 600 голів становлять дійні корови.

У межах виконання кваліфікаційної роботи об'єктом проєктування обрано приміщення телятника, призначене для утримання молодняку великої рогатої худоби. Проєктована будівля розрахована на 300–350 телят, що відповідає типовим параметрам тваринницьких приміщень для господарств подібного масштабу.

Фермерське господарство впроваджує сучасні технології ведення тваринництва, спрямовані на підвищення продуктивності виробництва та зниження трудомісткості технологічних процесів. На фермі використовуються механізовані системи роздачі кормів, установки для механічного видалення гною, автоматичні системи напування тварин, а також інженерні системи забезпечення мікроклімату. Такі технологічні рішення дозволяють

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати праці та підвищити ефективність функціонування тваринницького комплексу.

Особлива увага у приміщеннях для утримання молодняку приділяється забезпеченню належних санітарно-гігієнічних умов. Підлогове покриття телятника виконано з легких бетонних матеріалів, що характеризуються достатніми теплоізоляційними властивостями, водонепроникністю та стійкістю до впливу агресивних середовищ. Такі підлоги забезпечують зручність очищення приміщень із використанням мийних та дезінфекційних засобів, а також добре поєднуються з технологією утримання тварин на глибокій підстилці.

Утримання телят у приміщенні здійснюється безприв'язним способом у групових боксах, що забезпечує вільне переміщення тварин і сприяє їх нормальному фізіологічному розвитку. Підстилка формується з шару соломи, тирси або інших органічних матеріалів, які поступово накопичуються, утворюючи глибоку теплоізоляційну основу. Видалення гною у таких приміщеннях здійснюється періодично, як правило 1–2 рази на рік, що дозволяє підтримувати стабільні умови утримання та зменшує витрати на щоденне прибирання.

Роздача кормів у телятнику здійснюється за допомогою мобільних кормороздавачів, які забезпечують рівномірне подавання кормових сумішей уздовж кормових проходів. Напування тварин організовано через автоматичні поїлки, що забезпечують постійний доступ до води та підтримують необхідний рівень водопостачання.

Водопостачання ферми здійснюється від артезіанської свердловини, обладнаної занурювальним багатоступінчастим насосом, що забезпечує необхідний тиск у системі водопостачання. Видалення гною у виробничих приміщеннях виконується за допомогою механізованих транспортних систем, які транспортують органічні відходи до спеціальних накопичувальних майданчиків або сховищ.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Кормоприготування

Кормороздавач КС-1,5 призначений для перемішування і роздачі вологих сумішей всім віковим групам ВРХ на репродукторних і невеликих відгодівельних тваринницьких фермах.

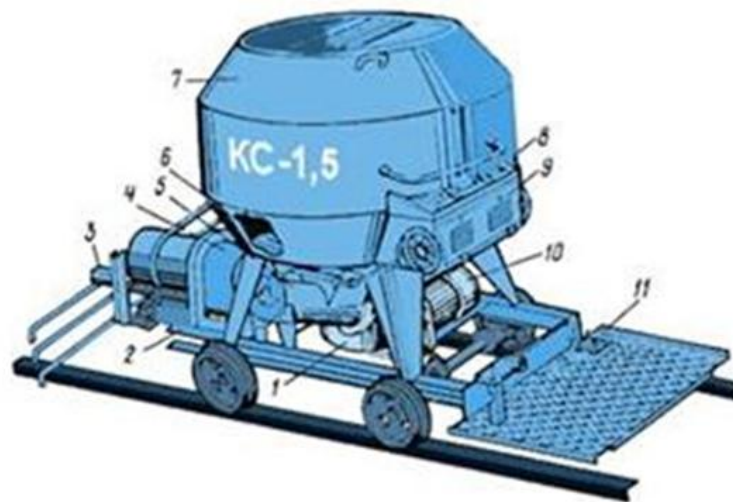


Рис. 2.1. Кормороздавач КС-1,5:

1- розподільна коробка; 2 - ходова частина; 3 - пристрій для автоматичної зупинки кормороздавача; 4 - мотор-редуктор; 5, 6 - вивантажувальні шнеки; 7 - лопатева мішалка; 8 - бункер; 9 - траверса; 10 - шнек-змішувач; 11 - розвіювач; 12 - пульт управління; 13 - електрообладнання; 14 - таблиця норми видачі кормів; 15 - шкала; 16 - штурвал.

Кормороздавач є мобільною технологічною установкою з електричним приводом, призначеною для транспортування, перемішування та рівномірної подачі кормових сумішей у годівниці тваринницького приміщення. Живлення приводу машини здійснюється від електричної мережі телятника через гнучкий кабель. Конструкція кормороздавача включає бункер для кормової маси, ходову частину, систему вивантажувальних шнеків, перемішувальні механізми, привідні вузли та комплекс електрообладнання.

Бункер машини виконаний у вигляді зварної металевої конструкції із листової сталі, що забезпечує необхідну міцність та стійкість до механічних навантажень. У нижній частині бункера розташовані вивантажувальні отвори, оснащені дозувальними механізмами, за допомогою яких регулюється інтенсивність подачі корму до годівниць. Конструктивна форма бункера сприяє безперервному переміщенню кормової маси та забезпечує її повне вивантаження без утворення залишків. Для контролю рівня корму у бункері передбачено спеціальне оглядове вікно.

Всередині бункера встановлені перемішувальні механізми двох типів - шнековий та лопатевий. До нижньої частини корпусу бункера закріплюються вивантажувальні шнеки, які забезпечують подачу кормової суміші з бункера безпосередньо до годівниць. У передній частині конструкції передбачені елементи для монтажу шафи керування. Сам бункер встановлюється на рамі ходової частини та закріплюється за допомогою чотирьох опор.

Ходова частина кормороздавача виконує функцію переміщення машини вздовж кормового проходу. Вона являє собою самохідний візок з електроприводом і забезпечує одну робочу швидкість руху. До її складу входять несуча рама, дві ведучі колісні пари, мотор-редуктор, ланцюгова передача, стрічкове гальмо та механізм автоматичної зупинки у випадку наїзду на перешкоду. Така конструкція дозволяє підвищити безпеку експлуатації та забезпечити стабільну роботу обладнання.

Вивантажувальні шнеки призначені для транспортування корму з бункера до кормових жолобів. Кожен шнек складається з корпусу, гвинтового робочого органу, приводу та дозувального пристрою. Привідний механізм включає електродвигун і клинопасову передачу, що забезпечує необхідну частоту обертання шнека. Дозування корму здійснюється за допомогою заслінки, яка змінює величину відкриття вивантажувального отвору. Положення заслінки контролюється за допомогою спеціального покажчика.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шнекова мішалка являє собою вертикально розташований шнек, встановлений на трикулачній основі. Нижня частина його валу з'єднується зі шліцьовим з'єднанням вихідного валу розподільної коробки.

Обертання мішалки передається від мотор-редуктора через розподільний редукторний вузол. Лопатева мішалка складається з маточини із внутрішнім шліцьовим отвором та трьох робочих лопатей. Вона встановлюється на днищі бункера на шліцьовий вал розподільної коробки. Розподільна коробка виконує функцію редуктора і забезпечує різні швидкості обертання для шнекового та лопатевого перемішувальних механізмів.

Електрообладнання кормороздавача включає пускозахисну апаратуру, шафу керування та електродвигуни приводу робочих механізмів. Для приводу ходової частини використовується електродвигун потужністю 5,5 кВт, а для приводу вивантажувальних шнеків застосовуються електродвигуни потужністю по 0,55 кВт кожний.

Основні технічні характеристики кормороздавача-змішувача типу КС-1,5 є такими: продуктивність під час вивантаження корму становить приблизно 8,3 кг/с, а при виконанні операцій змішування та роздачі — близько 1,2 кг/с. Робоча швидкість переміщення машини під час роздачі корму становить 0,36 м/с. Об'єм бункера дорівнює 2 м³. Для нормальної роботи обладнання необхідна ширина кормового проходу не менше 1,4 м. Ширина колії машини становить 750 мм. Загальна встановлена потужність електроприводів складає 7,75 кВт. Маса кормороздавача становить близько 900 кг. Для обслуговування машини достатньо одного оператора.

2.1.1. Визначення режиму роботи двигуна. Навантажувальна діаграма і механічна характеристика працюючої машини.

Механічна характеристика кормороздавача КС-1,5 визначається за формулою:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_c = M_{co} + (M_{ch} - M_{co}) * \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 \quad (2.1)$$

Де M_{co} – початковий момент, Нм ;

M_{ch} – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості, Нм;

M_c – момент статичних опорів при заданій швидкості, Нм;

ω , ω_n – задане і номінальне значення кутової швидкості, рад/сек.

Визначаємо номінальне значення кутової швидкості за формулою:

$$\omega_n = \pi * \frac{n_n}{30} \quad (2.2)$$

Де n_n – номінальна частота обертання

$n_n = 1460$ об/хв

Дані розрахунків заносимо до табл. 2.1.

Табл. 2.1

Дані розрахунку механічної характеристики робочої машини.

n , об/хв	0	50	500	50	1000	1250	1500
w, рад/сек	0	26,1	52,36	78,53	104,75	130,89	157,11
Мс, Нм	2,9	3,92	4,68	5,96	8,23	11,5	14,4

Складаємо механічну характеристику залежності $M_c = \phi(\omega)$. Механічна характеристика приведена на рисунку 2.2 Аналіз навантажувальної діаграми (рис. 2.3) показує, що двигун працює в тривалому режимі зі змінним навантаженням.

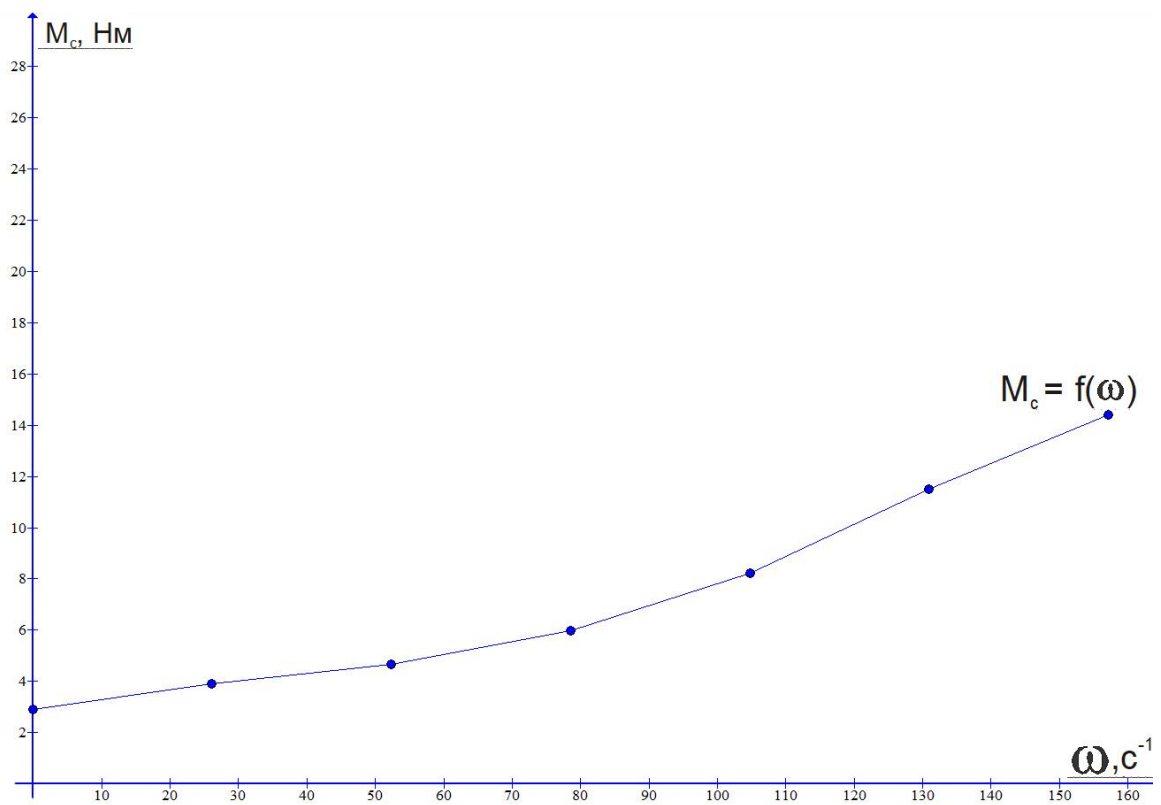


Рис. 2.2 Механічна характеристика робочої машини.

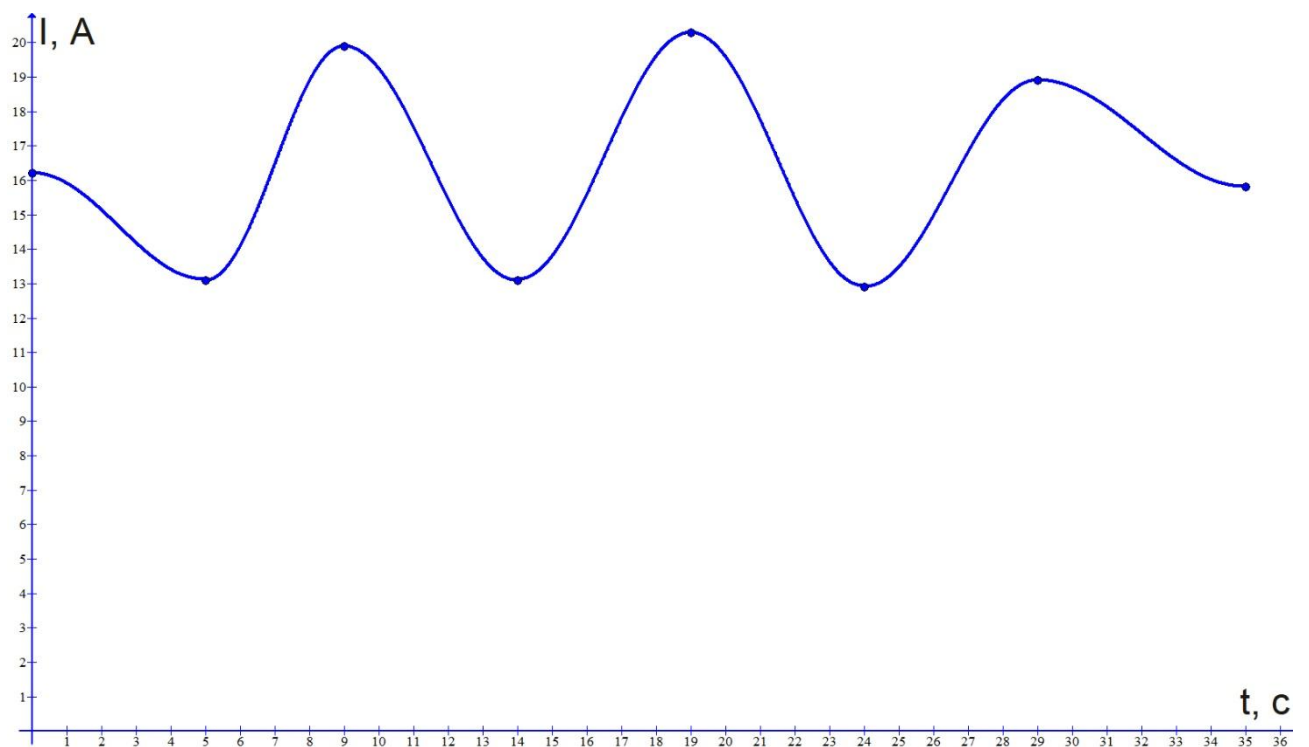


Рис 2.3. Навантажувальна діаграма.

2.1.2. Вибір електродвигуна

Вибір електродвигуна з тривалим режимом роботи та зі змінним навантаженням будемо проводити за виконанням умови:

$$I_{н.дв.} \geq I_{екв.} \quad (2.3)$$

Де $I_{н.дв.}$ – номінальний струм двигуна, А

$I_{екв.}$ – еквівалентний струм двигуна, А

Розіб'ємо навантажувальну діаграму електродвигуна на ділянки з заміною дійсних функцій $I = f(t)$ трапеціями. Визначимо еквівалентний струм на кожній з ділянок за приведеною формулою:

$$I_{екв.i} = \sqrt{\frac{I_i^2 + I_i * I_{i+1} + I_{i+1}^2}{3}} \quad (2.4)$$

після загальний еквівалентний струм за рівнянням:

$$I_{екв.} = \sqrt{\frac{I_{екв.1}^2 * t_1 + I_{екв.2}^2 * t_2 + \dots + I_{екв.n}^2 * t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2.5)$$

Де t_n – тривалість перехідного періоду, с.

Результати розрахунків заносимо до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Результати розрахунків.

№ ділянки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_i, A	16,9	13,9	20,4	13,9	20,4	13,15	16,15	18,9	13,4	16,05
$I_{екв.i}, A$	15,42	17,25	17,25	17,25	16,96	14,68	17,45	16,27	14,76	-
t_i, c	4,8	4,3	4,8	4,5	5	2,5	3	4	2,5	-
$I_{екв.}, A$	17,18									

З наведених розрахунків приймаємо асинхронний двигун серії АИР71А4.

Умова $I_{н.дв.} \geq I_{екв.}$ виконується.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

2.1.3. Ступінь захисту, кліматичне та конструктивне виконання двигуна.

Для асинхронних електродвигунів, які застосовуються у тваринницькому обладнанні, як правило використовують двигуни з підвищеним ступенем захисту від впливу зовнішнього середовища. Найбільш поширеними є виконання зі ступенем захисту IP54 або IP55, що забезпечують надійне функціонування електроприводу в умовах підвищеної запиленості та вологості. У даному проєкті обрано електродвигун зі ступенем захисту IP55. Перша цифра «5» означає наявність захисту від проникнення пилу — допускається потрапляння незначної кількості пилових частинок, які не впливають на роботу обладнання. Друга цифра «5» свідчить про захищеність двигуна від впливу водяних струменів, що можуть діяти на корпус під різними кутами.

Кліматичне виконання електродвигуна прийнято У2. Позначення «У» характеризує двигун як такий, що призначений для роботи у помірному кліматичному поясі з діапазоном робочих температур навколишнього середовища від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Цифра «2» означає, що електродвигун може експлуатуватися у приміщеннях або під навісами, де умови експлуатації наближені до зовнішнього середовища, проте обладнання захищене від прямого впливу атмосферних факторів, таких як опади, сильний вітер або пряме сонячне випромінювання.

Конструктивне виконання електродвигуна прийнято IM1061 (IM B7). Позначення «1» вказує на те, що електрична машина має лапи та оснащена підшипниковими щитами. Комбінація «06» означає спосіб монтажу, при якому двигун встановлюється та кріпиться лапами на вертикальній поверхні. Остання цифра «1» визначає виконання валу - двигун має один циліндричний кінець валу, призначений для з'єднання з робочим механізмом.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Розрахунок водопостачання

Вода є одним із найважливіших елементів у системі годівлі та утримання сільськогосподарських тварин, оскільки вона забезпечує нормальне протікання фізіологічних процесів в організмі, бере участь у травленні, обміні речовин та терморегуляції. Тому тварини повинні постійно мати вільний доступ до чистої питної води у необхідній кількості. Забезпечення достатнього водопостачання є важливою умовою підтримання продуктивності та здоров'я тварин, а також відповідає вимогам зоогігієни та ветеринарної безпеки.

У тваринницьких господарствах система водопостачання повинна гарантувати безперебійне постачання води протягом усього року. Джерелом водопостачання ферми є артезіанська свердловина, що дозволяє отримувати підземні води стабільної якості та забезпечує автономність господарства від зовнішніх систем водопостачання.

Добова потреба у воді для телят залежить від їх віку, умов утримання та раціону годівлі. У середньому для забезпечення нормальної життєдіяльності однієї тварини необхідно 30–35 літрів води на добу. Враховуючи значну кількість поголів'я та необхідність використання води для технологічних потреб (миття обладнання, прибирання приміщень, санітарна обробка), загальні витрати води на фермі є досить значними як у річному, так і у добовому розрізі.

У зв'язку з цим на першому етапі необхідно визначити загальну потребу господарства у воді. Для цього розраховується максимальна витрата води, що може виникати протягом однієї години роботи системи водопостачання. Такий розрахунок дозволяє правильно підібрати насосне обладнання та забезпечити необхідну продуктивність системи. Максимальну годинну витрату води у господарстві визначають за відповідною розрахунковою формулою.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{г.тех.} = \frac{q * N}{24 * 1000} * K_{доб} * K_{год}, \text{м}^3/\text{год} \quad (2.6)$$

Де q – норма споживання питної води для однієї тварини, л;

q = 20 л

N – кількість тварин, голів;

N = 350 гол

K_{доб.} – коефіцієнт добової нерівномірності водопостачання;

K_{доб.} = 1,3

K_{год.} – коефіцієнт годинної нерівномірності водопостачання;

K_{год.} = 2.5

$$Q_{г.тех.} = \frac{20 * 350}{24 * 1000} * 1,3 * 2,5 = 0.947 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначимо кількість води, що витрачається за секунду:

$$Q_c = \frac{Q_{г.тех.}}{3600} + Q_{пож.}, \text{л/с.} \quad (2.7)$$

Де Q_{г.тех.} – максимальні витрати води за годину, л/год;

Q_{г.тех.} = 947 л/год;

Q_{пож.} – витрати води на гасіння пожежі, л/с;

Q_{пож.} = 10 л/с;

$$Q_c = \frac{947}{3600} + 10 = 10.26 \text{ л/с.}$$

Вирішення проблеми водопостачання передбачено використанням води з артезіанської свердловини глибиною 97 м. Для вирішення проблеми напору було прийнято встановити металеву збірно-блокову водонапірну вежу яка являє собою резервуар, встановлений на певній висоті.

Щоб розрахувати висоту розміщення резервуару використаємо формулу:

$$H_{в.б.} = H_{в.} + h_c + h_{г.}, \text{м.} \quad (2.8)$$

Де H_{в.} – вільний напір самого віддаленого та вище розташованого споживача, м;

H_{в.} = 4,5 м.

h_{с.} – максимальні витрати в розподільчому трубопроводі, м;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h_r – різниця геодезичних знаків землі за розташуванням диктуючих точок та башти;

$$h_r = 1,3 \text{ м.}$$

$$h_c = h_T + h_M, \text{ м.} \quad (2.9)$$

Де h_T – втрати від тертя вздовж трубопроводу, м;

h_M – місцеві опори, м.

$$h_T = \lambda \frac{V^2 + L}{2 * g * d_{\text{тр}}}, \text{ м.} \quad (2.10)$$

Де λ – коефіцієнт тертя при швидкості 1 м/с;

$$\lambda = 0,024$$

L – довжина ділянки, м;

V – швидкість руху води в трубі, м/с;

$$V = 1,25 \text{ м/с}$$

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

d – діаметр труби, м

$$d = 2 \sqrt{\frac{Q_c}{\pi * V}} = 2 \sqrt{\frac{10,26 * 10^{-3}}{3,14 * 1,25}} \approx 0,102 = 0,1 \text{ м} \quad (2.11)$$

Приймаємо діаметр труби 100 мм.

$$h_T = 0,024 \frac{1,25^2 * 500}{2 * 9,81 * 0,1} = 9,56 \text{ м}$$

Місцеві витрати визначаються за формулою:

$$h_M = 0,1 * h_T = 0,1 * 9,56 = 0,956 \text{ м} \quad (2.12)$$

Максимальні втрати напору рівні сумі опорів h_T та h_M :

$$h_c = 9,56 + 0,956 = 9,14 \text{ м}$$

Звідси, визначаємо висоту водонапірного резервуару:

$$H_{\text{в.б.}} = 4,5 + 9,14 + 1,3 = 14,94 \text{ м}$$

Приймаємо збірно-блокову водонапірну башту 20 м. і ємкістю 30 м³.

Щоб вибрати насосну установку, по мимо погодинної потреби води, необхідно визначити силу напору:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H=H_{\text{вс.}}+H_{\text{н.}}+H_{\text{вт.}} \quad (2.13)$$

Де $H_{\text{вс.}}$ – висота встановлення занурюваного насосу, м;

$H_{\text{вс.}}=97$ м;

$H_{\text{н.}}$ – висота нагнітання, м;

$H_{\text{вт.}}$ – втрати в нагнітаючому трубопроводі, л.

Кількість витрат в нагнітаючому трубопроводі визначаємо за формулою:

$$H_{\text{вт}} = \lambda \frac{V^2 + L}{2 * g * d_{\text{тр}}} = 0.024 * \frac{1.25^2 * 117}{2 * 9.81 * 0.1} = 2.23 \text{ м} \quad (2.14)$$

Напір води дорівнюватиме:

$$H=97+20+2.23=120\text{м}$$

Дивлячись погодинній потребі води та розрахунковому напорі приймаємо насос ЄЦВ8-25-145.

Основні технічні характеристики насосу ЄЦВ 8-25-145 знаходяться у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Основні технічні характеристики насосу ЄЦВ 8-25-145

Характеристики насоса	ЄЦВ 8-25-145
Електродвигун, кВт / об.	16/3000
Напруга живлення $\pm 5\%$	380 В
Довжина, мм	1640
Вага, кг	101
Мін дебет свердловини, м ³ / год	50
Номінальний струм, А	33
Кількість ступенів, шт	11
Діаметр обсадної труби	8 "(205 мм)
Продуктивність, м ³ / год	25
Тиск води, м	145

Для керування заглибленим насосом ЄЦВ 8-25-145 обираємо станцію управління насосами «Каскад».

2.3. Прибирання гною

Видалення гною з приміщень для утримання тварин є важливою складовою технології ведення тваринництва. У телятниках, незалежно від кількості поголів'я великої рогатої худоби, систематичне очищення приміщень від органічних відходів є необхідною умовою забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов. У разі несвоєчасного прибирання гній накопичується у приміщенні, що може призвести до розвитку патогенних мікроорганізмів та підвищення ризику виникнення різних захворювань у тварин.

Накопичення гною у виробничих приміщеннях негативно впливає не лише на стан здоров'я тварин, але й на умови праці обслуговуючого персоналу. Підвищена концентрація шкідливих газів, зокрема аміаку та сірководню, може створювати несприятливі умови для роботи працівників ферми та знижувати загальний рівень санітарної безпеки виробництва.

Своєчасне видалення органічних відходів сприяє покращенню параметрів мікроклімату у приміщеннях для утримання тварин. Зменшення концентрації аміаку та інших газів у повітрі дозволяє підтримувати оптимальні умови утримання, що позитивно впливає на фізіологічний стан тварин, їх продуктивність та загальний рівень комфорту.

Для механізованого видалення гною у телятнику застосовується скребковий транспортер типу ТСН-160, який забезпечує транспортування гною вздовж гноєвидалювальних каналів до місця його подальшого накопичення або переробки. Принцип роботи даного обладнання ґрунтується на переміщенні скребків по напрямних каналів за допомогою тягового ланцюга, що приводиться в рух електроприводом. Технологічна схема функціонування транспортера наведена на рис. 2.4.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

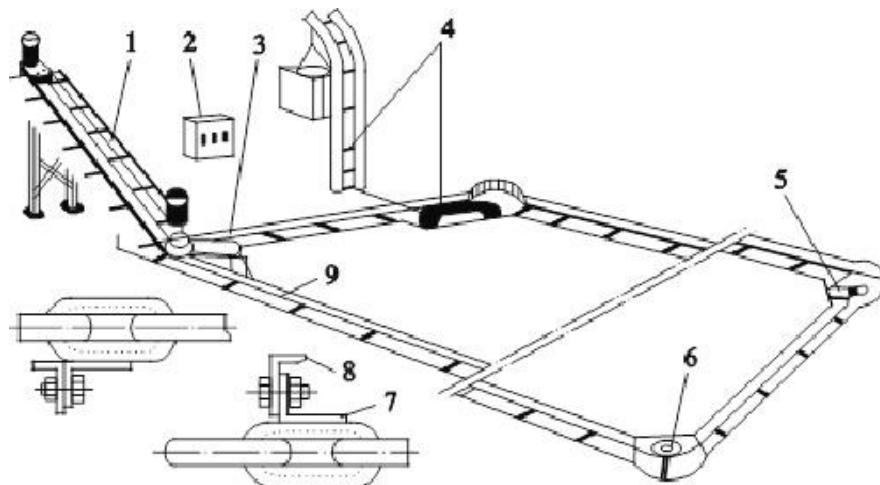


Рис. 2.4. Технологічна схема даного транспортеру:

1 – похилий транспортер; 2 – шафа керування; 3 – привідна станція; 4 – натяжний пристрій; 5 – ланцюг зі шкребками 6 – поворотна зірка; 9 – ланцюг зі шкребками.

Технічні характеристики транспортеру ТСН-160 наведено у таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Технічні характеристики транспортеру ТСН-160

Параметри	ТСН-160
Тип	Стаціонарний ланцюгово-скребковий
Продуктивність, кг/с	4-6
Довжина контуру ланцюга похилого транспортера, м	13
Довжина контуру ланцюга горизонтального транспортера, м	160
Кількість голів, які обслуговуються транспортером	350

Висота завантаження гною	2,65
Встановлена потужність, кВт	5,5
Загальна маса, кг	1825
Передаточне число привода горизонтального транспортера	71,4
Передаточне число привода похилого транспортера	27,85
Швидкість руху скребків	
Горизонтального транспортеру	0,18
Похлого транспортеру	0,72

Щоб визначити кількість гною, що тварини виробляють за добу, скористаємося формулою:

$$Q_{\text{доб.}} = q * N, \text{ т} \quad (2.15)$$

Де q - кількість гною, що виробляється 1 твариною, т ;

$$q = 0,012 \text{ т};$$

N – Кількість тварин в приміщенні;

$$Q_{\text{доб}} = 0,012 * 350 = 4,2 \text{ т};$$

Час роботи ТСН-160 за добу становить:

$$T_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{n_{\text{п}} * n_{\text{т}} * q_{\text{т}}}, \text{ год} \quad (2.16)$$

Де $n_{\text{п}}$ – кількість прибирань за добу;

$n_{\text{т}}$ – кількість транспортерів;

$$n=2 \text{ шт.}$$

$q_{\text{т}}$ – продуктивність однієї одиниці транспортера, т/год;

$$T_{\text{доб}} = \frac{4.2}{2 * 2 * 4.5} = 0.23 \text{ год}$$

$$T_{\text{доб}} = 14 \text{ хв}$$

Після збирання гною транспортером ТСН-160 за допомогою похилого транспортера гній завантажується до тракторного причепа та транспортується до сховища гною.

2.4. Обґрунтування вибору технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання для телятника повинен здійснюватися з урахуванням виробничого призначення приміщення, чисельності поголів'я, прийнятої технології утримання тварин, санітарно-гігієнічних вимог, а також умов надійної та енергоефективної експлуатації. Для приміщення, розрахованого на утримання 350 телят, доцільним є застосування механізованих і частково автоматизованих технічних засобів, які забезпечують безперервність основних виробничих процесів, зменшують витрати ручної праці та створюють необхідні умови для підтримання нормативного мікроклімату.

Однією з основних технологічних операцій у телятнику є роздача кормів. Для виконання даного процесу обрано мобільний кормороздавач-змішувач типу КС-1,5. Вибір цього обладнання обумовлений тим, що його конструкція забезпечує одночасне транспортування, перемішування та дозовану подачу кормової маси безпосередньо до годівниць. Застосування кормороздавача такого типу є доцільним для приміщень із груповим безприв'язним утриманням молодняку, оскільки машина має порівняно невеликі габарити, забезпечує прохід у кормових коридорах обмеженої ширини та не потребує значної кількості обслуговуючого персоналу. Місткість бункера 2 м³, робоча швидкість під час роздачі корму 0,36 м/с та споживана потужність 7,75 кВт забезпечують достатню продуктивність для обслуговування телятника прийнятої місткості. Важливою перевагою даної машини є можливість рівномірного розподілу корму по довжині кормового фронту, що сприяє стабільності годівлі та зменшенню втрат кормової маси. Отже, використання кормороздавача КС-1,5 є технічно виправданим і відповідає умовам даного об'єкта.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Для забезпечення потреб тварин у воді та покриття технологічних витрат у приміщенні передбачено систему водопостачання від артезіанської свердловини. Таке рішення є доцільним з огляду на автономність ферми, стабільність подачі води та можливість забезпечення необхідної якості водного ресурсу. Для підйому води зі свердловини та подачі її у внутрішню мережу застосовується заглиблювальний багатоступінчастий відцентровий насос. Вибір насосного агрегату такого типу обумовлений його здатністю працювати при значній висоті підйому, забезпечувати стабільний тиск у системі та характеризуватися високою надійністю в умовах тривалої експлуатації. Для безпосереднього напування телят доцільно використовувати автоматичні поїлки, які підтримують постійний рівень води, забезпечують вільний доступ тварин до води та сприяють зниженню її непродуктивних втрат. Використання автоматизованої системи напування дозволяє підвищити санітарний рівень утримання тварин і зменшити трудомісткість обслуговування.

Важливим елементом технологічного оснащення телятника є система видалення гною. Для механізації цього процесу обрано скребковий транспортер типу ТСН-160. Доцільність використання саме такого обладнання визначається його простотою конструкції, надійністю роботи, пристосованістю до експлуатації в тваринницьких приміщеннях і можливістю механізованого транспортування гнойової маси вздовж каналів до місця накопичення. Скребкові транспортери широко застосовуються у приміщеннях для утримання великої рогатої худоби завдяки достатній продуктивності та відносно невисокій енергоємності. Впровадження транспортера ТСН-160 дозволяє зменшити витрати ручної праці, забезпечити своєчасне прибирання органічних відходів та покращити санітарний стан приміщення. Крім того, систематичне видалення гною сприяє зниженню концентрації аміаку та інших шкідливих газів у повітрі, що позитивно впливає на стан тварин і персоналу.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Для підтримання нормативних параметрів повітряного середовища в телятнику необхідним є застосування ефективної вентиляційної системи. З цією метою доцільно використовувати автоматизовану припливно-витяжну вентиляцію. Вибір саме такої системи обумовлений потребою у забезпеченні безперервного повітрообміну, видаленні надлишкової вологи, теплоти та шкідливих газів, а також підтриманні температурно-вологісного режиму в допустимих межах. Автоматизація роботи вентиляційних установок дає можливість регулювати їх продуктивність залежно від сезонних умов, фактичної температури зовнішнього та внутрішнього повітря, вологості та щільності розміщення тварин. Таке рішення забезпечує не лише покращення мікроклімату, а й підвищення енергоефективності системи вентиляції за рахунок раціонального режиму роботи електроприводів.

Враховуючи тему кваліфікаційної роботи, особливого значення набуває вибір енергетичного обладнання, здатного забезпечити живлення основних технологічних споживачів із частковим використанням відновлюваних джерел енергії. До складу такої системи доцільно включити фотоелектричні модулі, інверторне обладнання, акумуляторні батареї або інші накопичувачі енергії, а також розподільчо-захисну апаратуру. Використання сонячної електростанції для покриття частини електричних навантажень телятника є обґрунтованим, оскільки основні споживачі — вентиляційні установки, насоси, кормороздавач, системи освітлення та автоматика — працюють від електричної мережі та мають прогнозований графік навантаження. Інтеграція відновлюваних джерел енергії в систему енергозабезпечення ферми дозволяє зменшити споживання електроенергії з зовнішньої мережі, підвищити автономність об'єкта та скоротити експлуатаційні витрати.

Для приводу технологічних механізмів телятника застосовуються асинхронні електродвигуни загальнопромислового виконання.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Їх вибір обумовлений простотою конструкції, достатньою надійністю, високим ресурсом роботи та придатністю до експлуатації у виробничих умовах тваринницьких приміщень. З урахуванням підвищеної вологості та запиленості доцільним є використання електродвигунів зі ступенем захисту не нижче IP55, кліматичним виконанням У2 та конструктивним виконанням, що відповідає способу монтажу на конкретному обладнанні. Такий вибір забезпечує безпечну експлуатацію електроприводів, стійкість до впливу виробничого середовища та зменшує ймовірність аварійних режимів.

Отже, вибране технологічне обладнання відповідає прийнятій технології утримання телят, забезпечує механізацію основних виробничих процесів, задовольняє вимоги надійності, санітарної безпеки та енергоефективності. Використання кормороздавача КС-1,5, системи автономного водопостачання з насосною установкою, скребкового транспортера ТСН-160, автоматизованої вентиляції та електроприводів відповідного виконання створює технічну основу для ефективного функціонування телятника. Додаткове впровадження відновлюваних джерел енергії підвищує енергетичну автономність об'єкта та узгоджується із загальною концепцією модернізації системи енергозабезпечення ферми великої рогатої худоби.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок освітлення

Для створення належних умов утримання тварин, забезпечення безпечної роботи персоналу та підтримання технологічного процесу на фермі необхідно передбачити раціональну систему освітлення. У тваринницьких приміщеннях рівень освітленості формується під впливом природного та штучного світла, а також залежить від конструкції будівлі, її геометричних параметрів, орієнтації відносно сторін світу, площі та стану світлопрозорих конструкцій, характеристик внутрішніх поверхонь і типу встановлених освітлювальних приладів.

Розрахунок виконується для приміщення телятника площею 900 м². Основні розміри будівлі становлять: довжина - 45 м, ширина - 20 м, висота - 3,5 м. Під час розрахунку враховуються світлотехнічні характеристики приміщення, зокрема коефіцієнти відбиття внутрішніх поверхонь: для стелі - 30 %, для стін - 50 %, для підлоги - 10 %. Також приймаються коефіцієнт запасу 1,15 та коефіцієнт нерівномірності освітлення 1,2.

З огляду на те, що в телятнику можливі підвищена вологість, наявність пилу та агресивних випарів, освітлювальне обладнання повинно відповідати умовам експлуатації у тваринницьких приміщеннях. Тому для встановлення доцільно застосовувати світильники зі ступенем захисту не нижче IP-54. У приміщенні передбачається організація двох видів освітлення: основного робочого, яке забезпечує нормативний рівень освітленості під час виконання виробничих операцій, та чергового, призначеного для мінімального освітлення у неробочий час.

Світлотехнічний розрахунок виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку. Як джерела світла обрано LED-світильники, оскільки вони мають високу енергоефективність, тривалий строк служби,

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільний світловий потік і забезпечують рівномірний розподіл освітлення по площі приміщення. Крім того, світлодіодні світильники характеризуються меншим споживанням електроенергії порівняно з традиційними джерелами світла та є більш придатними для тривалої експлуатації у виробничих умовах.

Для освітлення телятника приймається світильник типу ЛЕ-ССП-34-038-1294-65Д. Крива сили світла цього світильника належить до категорії «Д», тому під час розміщення світильників необхідно забезпечити раціональну відстань між ними. Для такого типу світлорозподілу рекомендоване співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти їх підвісу становить приблизно 1,4–1,6. У подальших розрахунках приймається значення $\lambda = 1,4$.

Розрахункова висота встановлення світильників визначається за формулою:

3.2 Електротехнічна частина

3.2.1. Розрахунок освітлення

Раціонально організоване освітлення телятника є однією з обов'язкових умов нормального утримання тварин, безпечної роботи обслуговувального персоналу та стабільного виконання технологічних операцій. Світловий режим у приміщеннях тваринницького призначення формується за рахунок природного та штучного освітлення і залежить від габаритів будівлі, її конструктивного виконання, орієнтації щодо сторін світу, площі світлопрозорих елементів, їх технічного стану, а також від типу, кількості та схеми розміщення світильників.

Розрахунок виконується для приміщення утримання телят площею 900 м². Геометричні параметри приміщення становлять: довжина 45 м, ширина 20 м, висота 3,5 м. Під час визначення параметрів освітлювальної установки враховано такі початкові дані:

- коефіцієнт відбиття стелі - 30 %;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт відбиття стін - 50 %;
- коефіцієнт відбиття підлоги - 10 %;
- коефіцієнт запасу - 1,15;
- коефіцієнт нерівномірності освітлення - 1,2.

Умови експлуатації світильників у телятнику характеризуються підвищеною вологістю, наявністю пилу та можливістю впливу агресивних випарів, тому освітлювальні прилади повинні мати ступінь захисту не нижче IP-54. У приміщенні передбачається застосування двох видів освітлення: робочого, яке забезпечує нормативний рівень освітленості у період виконання виробничих операцій, та чергового, що використовується для мінімального освітлення у неробочий час.

Світлотехнічний розрахунок прийнято виконувати методом коефіцієнта використання світлового потоку. Як джерела світла доцільно застосувати LED-світильники, оскільки вони мають високий світловий ККД, тривалий ресурс роботи, низьке енергоспоживання та забезпечують рівномірний розподіл світлового потоку у виробничому приміщенні.

Для освітлення телятника приймається світильник типу ЛЕ-ССП-34-038-1294-65Д. Крива сили світла зазначеного світильника належить до категорії «Д», тому для розміщення світильників використовується рекомендоване співвідношення між відстанню та розрахунковою висотою підвісу. Для подальших розрахунків приймається відносна відстань $\lambda = 1,4$.

Розрахункова висота підвісу світильника визначається за формулою:

$$H_p = H - h_c - h_r \quad (3.1)$$

де H_p - розрахункова висота встановлення світильника, м; H - висота приміщення, м;

h_c - відстань від стелі до світлового центра світильника, м;

h_r - висота робочої поверхні над рівнем підлоги, м.

Для заданого приміщення приймається $H = 3,5$ м, $h_c = 0$ м, $h_r = 0$ м.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Тоді:

$$H_p = 3,5 - 0 - 0 = 3,5 \text{ м} \quad (3.2)$$

Розрахункова відстань між світильниками визначається з урахуванням прийнятої відносної відстані:

$$L_p = \lambda \cdot H_p \quad (3.3)$$

де L_p - розрахункова відстань між світильниками, м; λ - оптимальна відносна відстань між світильниками.

$$L_p = 1,4 \cdot 3,5 = 4,9 \text{ м}$$

Кількість рядів світильників у приміщенні визначається за шириною будівлі:

$$n_1 = (B)/(L_p) \quad (3.4)$$

де n_1 - кількість рядів світильників, шт.; B - ширина приміщення, м.

$$n_1 = (20)/(4,9) = 4,1 \text{ шт.}$$

За результатом розрахунку приймається 4 ряди світильників. Кількість світильників у кожному ряді визначається за довжиною приміщення:

$$n_2 = (L)/(L_p) \quad (3.5)$$

де n_2 - кількість світильників в одному ряді, шт.; L - довжина приміщення, м.

$$n_2 = (45)/(4,9) = 9,2 \text{ шт.}$$

Для практичного розміщення приймається 9 світильників у кожному ряді. Загальна кількість світильників становить:

$$N = n_1 \cdot n_2 = 4 \cdot 9 = 36 \text{ шт.} \quad (3.6)$$

Розрахунок необхідного світлового потоку одного світильника виконується за методом коефіцієнта використання світлового потоку:

$$\Phi = (E_{min} \cdot S \cdot K_z \cdot Z)/(N \cdot \eta) \quad (3.7)$$

де Φ - розрахунковий світловий потік світильника, лм;

E_{min} - нормована освітленість робочої поверхні, лк;

S - площа приміщення, м²;

K_z - коефіцієнт запасу;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N - кількість світильників, шт.;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Для приміщення телятника приймається $E_{\min}=100$ лк, $S=900$ м², $K_z=1,15$, $Z=1,2$, $N=36$, $\eta=0,64$.

$$\Phi = (100 \cdot 900 \cdot 1,15 \cdot 1,2) / (36 \cdot 0,64) = 5390 \text{ лм}$$

За отриманим значенням світлового потоку обирається джерело світла з найближчими технічними параметрами. Приймається світлодіодний світильник ЛЕ-ССП-34-038-1294-65Д зі світловим потоком 5000 лм і потужністю 38 Вт.

Фактична освітленість після вибору світильника визначається за формулою:

$$E_f = E_n \cdot (\Phi_f) / (\Phi_p) \quad (3.8)$$

де E_f - фактична освітленість, лк;

E_n - нормована освітленість, лк;

Φ_f - фактичний світловий потік вибраного світильника, лм;

Φ_p - розрахунковий світловий потік, лм.

$$E_f = 100 \cdot (5000) / (5390) = 92,8 \text{ лк}$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої визначається так:

$$\Delta E = (E_f - E_n) / (E_n) \cdot 100 \% \quad (3.9)$$

$$\Delta E = (92,8 - 100) / (100) \cdot 100 = -7,2 \%$$

Для сільськогосподарських приміщень допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої приймається у межах від -10 % до +20 %. Отримане значення $\Delta E = -7,2$ % відповідає допустимому діапазону, тому вибрані світильники можуть бути використані для робочого освітлення телятника.

Кількість світильників чергового освітлення приймається на рівні 10 % від загальної кількості робочих світильників:

$$N_{\text{ч}} = 36 \cdot 0,1 = 3,6 \text{ шт.} \quad (3.10)$$

Для чергового освітлення приймається $N_{\text{ч}}=4$ світильники.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Розрахунок системи вентиляції

Підтримання нормативного мікроклімату у телятнику є необхідною умовою збереження здоров'я тварин, зниження ризику стресових станів і забезпечення стабільної продуктивності. Одним із основних елементів мікрокліматичного забезпечення є вентиляція, яка повинна видаляти надлишкову вологу, вуглекислий газ, аміак та інші шкідливі домішки, а також забезпечувати подавання свіжого повітря у приміщення.

У сучасних тваринницьких будівлях природний повітрообмін часто є недостатнім через підвищену герметичність огорожувальних конструкцій. У літній період це може спричиняти перегрівання та задуху, а взимку — порушення балансу між вентиляцією і тепловтратами. Крім того, продукти життєдіяльності телят є джерелом вологи та газових домішок, тому вентиляційна система повинна забезпечувати стабільний повітрообмін упродовж усього періоду експлуатації приміщення.

Розрахунок вентиляції виконується для зимового періоду. Основними критеріями визначення необхідного повітрообміну є вологовиділення та концентрація вуглекислого газу у повітрі приміщення.

Необхідний об'єм повітря для видалення водяної пари протягом години визначається за формулою:

$$L_{\text{вв}} = (K_1 \cdot G_t \cdot N) / (d_{\text{в}} - d_{\text{н}}) \quad (3.11)$$

де $L_{\text{вв}}$ — повітрообмін, необхідний для видалення вологи, $\text{м}^3/\text{год}$;

K_1 — коефіцієнт, що враховує додаткове випаровування з поверхонь і конструкцій;

G_t — кількість вологи, що виділяється однією твариною, $\text{г}/\text{год}$;

N — кількість тварин, гол.;

$d_{\text{в}}$ — вміст вологи у внутрішньому повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$;

$d_{\text{н}}$ — вміст вологи у зовнішньому повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$.

Для розрахунку приймається $K_1=1,1$, $G_t=180$ г/год, $N=350$ голів. Вміст вологи у внутрішньому та зовнішньому повітрі визначається через насичений вміст вологи та відносну вологість:

$$d_v = d_{\text{нас.в}} \cdot (\gamma_v)/(100) \quad (3.12)$$

$$d_n = d_{\text{нас.н}} \cdot (\gamma_n)/(100) \quad (3.13)$$

де $d_{\text{нас.в}}$ і $d_{\text{нас.н}}$ — вміст вологи у насиченому внутрішньому та зовнішньому повітрі за розрахункових температур, г/м³;

γ_v і γ_n — відносна вологість внутрішнього та зовнішнього повітря, %.

Для зовнішньої температури $t=-15$ °С приймається $d_{\text{нас.н}}=1,27$ г/м³, а для внутрішньої температури $t=10$ °С — $d_{\text{нас.в}}=9,4$ г/м³. Відносна вологість внутрішнього повітря становить $\gamma_v=40$ %, зовнішнього — $\gamma_n=75$ %.

$$d_v = 9,4 \cdot (40)/(100) = 3,76 \text{ г/м}^3$$

$$d_n = 1,27 \cdot (75)/(100) = 0,95 \text{ г/м}^3$$

Отже, необхідний повітрообмін для видалення водяної пари становить:

$$L_{\text{вв}} = (1,1 \cdot 180 \cdot 350)/(3,76 - 0,95) = 24662 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким чином, для видалення надлишкової вологи з повітря телятника необхідно забезпечити повітрообмін $L_{\text{вв}}=24662$ м³/год.

Необхідний об'єм повітря для зниження концентрації вуглекислого газу визначається за формулою:

$$L_{\text{CO}_2} = (K_2 \cdot G_{\text{CO}_2})/(C_v - C_n) \quad (3.14)$$

де K_2 — коефіцієнт, що враховує виділення вуглекислого газу мікроорганізмами;

G_{CO_2} — кількість вуглекислого газу, що виділяється тваринами за годину, л/год;

C_v — допустима концентрація вуглекислого газу у приміщенні, л/м³;

C_n — концентрація вуглекислого газу у зовнішньому повітрі, л/м³.

Приймається $K_2=1,2$, $C_v=2$ л/м³, $C_n=0,3$ л/м³. Виділення вуглекислого газу тваринами становить:

$$G_{\text{CO}_2} = 57 \cdot 350 = 19950 \text{ л/год}$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Тоді:

$$L_{CO_2} = (1,2 \cdot 19950)/(2 - 0,3) = 14082,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Мінімально допустимий повітрообмін, необхідний для підтримання нормальних умов життєдіяльності тварин, визначається за формулою:

$$L_{min} = (m \cdot N \cdot a)/(100) \quad (3.15)$$

де m — середня маса однієї тварини, кг;

N — кількість тварин, гол.;

a — мінімально допустимий повітрообмін на 1 ц живої маси, $\text{м}^3/\text{год}$.

Для розрахунку приймається $m=145$ кг, $N=350$ голів, $a=20$ $\text{м}^3/\text{год}$.

$$L_{min} = (145 \cdot 350 \cdot 20)/(100) = 10150 \text{ м}^3/\text{год}$$

Оскільки найбільшим є повітрообмін, визначений за умовою видалення вологи, саме це значення приймається як розрахункове для вентиляційної системи телятника.

Кратність повітрообміну у приміщенні визначається за формулою:

$$k = (L_{\text{вв}})/(V) \quad (3.16)$$

де V — об'єм приміщення, м^3 . Об'єм телятника становить:

$$V = 20 \cdot 45 \cdot 3,5 = 3150 \text{ м}^3$$

$$k = (24662)/(3150) = 7,8$$

Оскільки отримане значення кратності повітрообміну $k \geq 3$, застосування примусової системи вентиляції для телятника є обґрунтованим.

Для забезпечення необхідного повітрообміну приймаються вентилятори Multifan 2D40K. Загальний вигляд вентилятора наведено на рис. 3.1, а його основні технічні характеристики подано в табл. 3.1.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

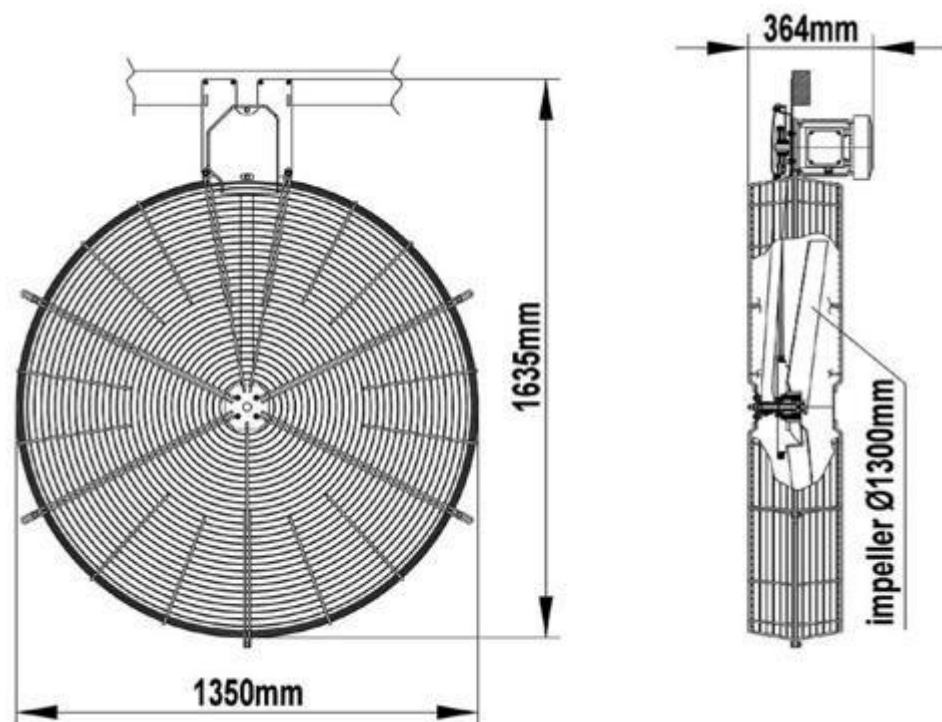


Рисунок 3.1 – Вентилятор Multifan 2D40K

Кількість вентиляторів для забезпечення необхідного повітрообміну визначається за формулою:

$$n_{\text{в}} = (L_{\text{вв}})/(L_{\text{в}}) \quad (3.17)$$

де $n_{\text{в}}$ — кількість вентиляторів, шт.;

$L_{\text{в}}$ — продуктивність одного вентилятора, м³/год.

$$n_{\text{в}} = (24662)/(14000) = 1,7 \text{ шт.}$$

За результатом розрахунку приймається 2 вентилятори.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики вентилятора Multifan 2D40K

Параметр	Multifan 2D40K
Діаметр робочого колеса, мм	1350
Продуктивність, м³/год	14000
Максимальний ККД, %	87
Частота обертання робочого колеса, об/хв	890
Тип електродвигуна	АИВР0947У3
Потужність електродвигуна, кВт	0,83
Маса вентилятора, кг	64

Для керування роботою витяжних вентиляторів також приймається пристрій ТСА-3А. Його застосування дає змогу плавно регулювати частоту обертання електродвигунів і підтримувати задану температуру повітря у виробничих приміщеннях телятника.

3.3. Електропостачання

3.3.1. Розрахунок електричних навантажень на вводах споживачів

Розрахунок електропостачання виконується для телятника, розрахованого на утримання 350 голів. Метою розрахунку є визначення електричних навантажень основних технологічних споживачів, оцінка навантаження на вводах та вибір параметрів мережі живлення. Початкові дані для телятника наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахункове навантаження на вводі телятника

Назва технологічної операції	Марка машини	P _у , кВт	η	K _z	P _{сп} , кВт	t _р , год
Освітлення	ЛЕ-ССП	9,01	–	1,0	3,01	12
Підігрів води	САОС	12,0	0,96	0,6	7,5	16
Мікроклімат	ПВУ-4М-6	8,5	0,96	0,7	34,4	24
Прибирання гною	ТСН	5,5	0,9	0,6	7,4	8
Кормороздавач	КС 1,5	7,15	0,9	0,7	7,15	1,6

Споживана потужність електроприймача визначається за формулою:

$$P_{\text{сп}} = (P_{\text{у}}) / (\eta) \cdot K_{\text{z}} \quad (3.18)$$

де P_у — паспортна потужність електрообладнання, кВт;

η — коефіцієнт корисної дії установки;

K_z — середній коефіцієнт завантаження електрообладнання.

Еквівалентна потужність телятника визначається з урахуванням тривалості роботи окремих навантажень:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (3.19)$$

де P_1, P_2, P_n — потужності окремих електроприймачів, кВт;

t_1, t_2, t_n — тривалість роботи відповідних навантажень, год.

За результатами розрахунку приймається:

$$P_{\text{екв}} = 36,7 \text{ кВт}$$

Розрахункове навантаження на вводі кормоцеху становить:

$$P_p = (P_y)/(\eta) \cdot K_z = (114,3)/(0,85) \cdot 0,6 = 80,7 \text{ кВт} \quad (3.20)$$

Навантаження службового приміщення приймається $P_p=10$ кВт.

Навантаження котельні також приймається $P_p=10$ кВт.

Потужність зовнішнього освітлення території ферми визначається з розрахунку 250 Вт на одне приміщення та 3 Вт на 1 м периметра господарського двору:

$$P_z = 4 \cdot 250 + 600 \cdot 3 = 2,8 \text{ кВт}$$

Зведені розрахункові навантаження на вводах споживачів електричної енергії подано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахункові навантаження на вводах споживачів електричної

№	Назва споживача	Кількість, шт.	Розрахункове навантаження, кВт
1	Телятник	2	36,7
2	Кормоцех	1	80,7
3	Службове приміщення	1	10
4	Котельня	1	10
5	Зовнішнє освітлення	—	2,8
	Сума		176,9

Розрахунок ліній електропередачі напругою 0,38 кВ виконується у табличній формі. Результати наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Розрахунок лінії електропередачі 0,38 кВ

№ лінії	Довжина, км	P, кВт	cos φ	Q, кВАр	S, кВА	Марка проводу	r, Ом	x, Ом	Δ U, %
1	0,085	36,7	0,92	14,6	39,8	3А50+А50	0,048	0,034	1,58
2	0,15	36,7	0,92	14,6	39,8	3А50+А50	0,085	0,06	2,8
3	0,01	80,7	0,75	71,1	107,6	3А50+А50	0,006	0,004	0,53
4	0,09	17	0,85	10,5	20	3А35+А35	0,074	0,036	0,92

Фактична втрата напруги у лінії визначається за формулою:

$$\Delta U = (P \cdot r + Q \cdot x) / (U_n^2) \cdot 100 \quad (3.21)$$

де P і Q — розрахункові активна та реактивна потужності лінії, кВт і кВАр;

r і x — активний та реактивний опори лінії, Ом;

U_n — номінальна напруга лінії, В.

Потужність трансформатора споживчої трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ визначається за повною розрахунковою потужністю:

$$S_p = (P) / (\cos \varphi) = (176,9) / (0,7) = 252,7 \text{ кВА} \quad (3.22)$$

Для подальшого проєктування приймається трансформатор стандартного типорозміру з номінальною потужністю S_n=250 кВА.

3.3.2. Розрахунок пропускної здатності повітряної лінії 10 кВ

Розрахункове навантаження трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ визначається з урахуванням коефіцієнта зростання навантаження:

$$P_p = K_n \cdot P_m \quad (3.23)$$

де P_m — максимальне існуюче навантаження трансформаторної підстанції, кВт;

K_n — коефіцієнт зростання навантаження.

Денне та вечірнє навантаження визначаються множенням розрахункового навантаження на відповідні коефіцієнти участі у максимумах:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_d = K_d \cdot P_p \quad (3.24)$$

$$P_v = K_v \cdot P_p \quad (3.25)$$

Для виробничих споживачів приймається $K_d=1,0$, $K_v=0,6$. Отримані значення наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Навантаження трансформаторної підстанції

P_m , кВт	Вид навантаження	$P_p=K_n \cdot P_m$, кВт	$P_d=K_d \cdot P_p$, кВт	$P_v=K_v \cdot P_p$, кВт
172,8	Виробниче	176,9	176,9	106,1

3.3.3. Визначення перерізу проводів лінії 10 кВ

Вибір перерізу проводів повітряної лінії 10 кВ виконується з урахуванням економічних інтервалів потужностей. Такий підхід дає змогу прийняти переріз, який забезпечує необхідну пропускну здатність лінії та мінімізує приведені витрати на її експлуатацію.

Еквівалентна потужність ділянки лінії 10 кВ визначається за формулою:

$$S_e = K_d \cdot S_m \quad (3.26)$$

де S_e — еквівалентна потужність ділянки лінії, кВА;

S_m — максимальна повна потужність ділянки лінії, кВА;

K_d — коефіцієнт, що враховує динаміку зростання навантаження. Для сільських електричних мереж приймається $K_d=0,7$.

Результати вибору проводу подано в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Розрахунок вибору проводів лінії 10 кВ

Ділянка	P_m , кВт	$\cos \varphi_d$	S_d , кВА	P_v , кВт	$\cos \varphi_v$	S_v , кВА	S_m , кВА	S_e , кВА	Провід
До ЗТП	176,9	0,7	252,7	106,1	0,75	141,4	252,7	176,9	АС-16

3.3.4. Перевірка перерізу проводів лінії 10 кВ на відповідність допустимим втратам напруги

Після вибору проводу за економічними інтервалами потужності необхідно перевірити його відповідність допустимим втратам напруги. Така перевірка дає змогу оцінити, чи забезпечує вибраний переріз стабільні параметри електропостачання на кінці лінії.

Фактична втрата напруги на ділянці лінії 10 кВ визначається за формулою:

$$\Delta U = (P \cdot r + Q \cdot x) / (U_n^2) \cdot 100 \quad (3.27)$$

де P і Q — розрахункові активна та реактивна потужності лінії, кВт і кВАр;

r і x — активний та реактивний опори лінії, Ом; U_n — номінальна напруга лінії, В.

Результати перевірконого розрахунку наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Перевірка втрат напруги у лінії 10 кВ

Ділянка лінії	Довжина, км	P, кВт	Q, кВАр	r, Ом	x, Ом	Провід	ΔU , %
До ЗТП	1,0	176,9	180,4	1,77	0,4	АС-16	0,38

Отримане значення втрати напруги становить 0,38 %, що не перевищує допустимого рівня. Отже, прийнятий переріз проводу АС-16 може бути використаний для повітряної лінії 10 кВ, яка забезпечує живлення трансформаторної підстанції ферми.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ГЕЛОВОДОНАГРІВНОЇ УСТАНОВКИ ТА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

4.1. Теоретичні основи променевого теплообміну

Сонячне випромінювання є одним із найпотужніших природних джерел теплової енергії. Значна його частина проходить крізь атмосферу та надходить до поверхні Землі. Частина сонячної енергії, приблизно 34 %, відбивається атмосферним шаром, хмарами та іншими елементами повітряного середовища. Водночас кількість енергії, яка щорічно досягає земної поверхні, є надзвичайно великою і становить понад $66,8 \times 10^{16}$ кВт·год.

Теплове випромінювання являє собою один із способів передавання теплоти, за якого внутрішня енергія тіла перетворюється на енергію електромагнітних хвиль. Після досягнення поверхні іншого тіла ця енергія може частково або повністю поглинатися, унаслідок чого вона знову переходить у внутрішню енергію речовини. Особливістю такого виду теплообміну є те, що для його здійснення не потрібен безпосередній контакт між тілами або наявність проміжного матеріального середовища. Здатність випромінювати енергію мають усі тіла, температура яких перевищує абсолютний нуль.

За своєю фізичною природою теплове випромінювання має подвійну характеристику. З одного боку, воно поширюється у просторі як електромагнітна хвиля, а з іншого — може розглядатися як потік окремих елементарних частинок, тобто фотонів. Основними параметрами такого випромінювання є довжина хвилі λ та частота коливань ν . Вони пов'язані між собою залежністю $\nu = c / \lambda$,

де $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — швидкість поширення світла у вакуумі.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість енергії, що випромінюється тілом, значною мірою визначається його температурою. Із підвищенням температури інтенсивність випромінювання зростає. Крім температури, на характер і величину випромінювання впливають фізичні властивості матеріалу, стан і мікроструктура поверхні, ступінь її шорсткості, а для газових середовищ — також товщина шару, склад газу та тиск.

Тверді тіла й рідини зазвичай випромінюють енергію в широкому діапазоні довжин хвиль, тобто мають суцільний спектр теплового випромінювання. На відміну від них, гази та чисті метали можуть випромінювати енергію вибірково, лише в окремих спектральних інтервалах. Такий характер випромінювання називають селективним.

У більшості технічних процесів, що відбуваються за помірних температур, основна частина теплового випромінювання припадає на інтервал довжин хвиль від $0,8 \cdot 10^{-6}$ до $0,8 \cdot 10^{-3}$ м. Цей діапазон належить переважно до інфрачервоної області спектра, тому його часто називають тепловим випромінюванням.

Кількість променевої енергії, яка випромінюється тілом за одиницю часу з одиниці площі поверхні в усіх напрямках напівсферичного простору та в усьому діапазоні довжин хвиль, називають поверхневою густиною інтегрального випромінювального потоку. Цю величину також визначають як випромінювальну здатність тіла і позначають літерою E . Одиницею її вимірювання є ват на квадратний метр, тобто Вт/м^2 .

Спектральна густина випромінювального потоку характеризує розподіл енергії випромінювання за довжинами хвиль. Вона визначається як відношення частини потоку випромінювання, що припадає на дуже малий інтервал довжин хвиль, до ширини цього інтервалу. Такий показник дає змогу оцінити, у якій саме області спектра тіло випромінює найбільшу кількість енергії. Одиницею вимірювання спектральної густини є Вт/м^3 .

$$I_{\lambda} = dE/d\lambda. \quad (4.1)$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподіл представлений на рис. 4.1.

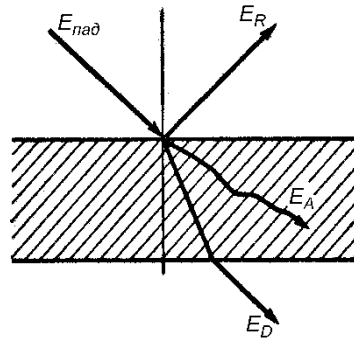


Рис. 4.1. Розподіл теплового потоку випромінювання, що падає на тіло

Відповідно до закону збереження енергії

$$E_{\text{пад}} = E_A + E_R + E_D, \quad (4.2)$$

або в безрозмірній формі

$$A + R + D = 1, \quad (4.3)$$

де $A = E_A/E_{\text{пад}}$ поглинальна здатність;

$R = E_R/E_{\text{пад}}$ відбивна здатність;

$D = E_D/E_{\text{пад}}$ пропускна здатність тіла.

Тіло, яке повністю поглинає все падаюче на нього випромінювання і не відбиває та не пропускає його, називають абсолютно чорним тілом. Для такого тіла коефіцієнт поглинання дорівнює $A = 1$, а коефіцієнти відбивання і пропускання мають значення $R = 0$ та $D = 0$.

Якщо тіло повністю відбиває променеву енергію, але не поглинає і не пропускає її, його називають абсолютно білим тілом. У цьому випадку $R = 1$, $A = 0$, $D = 0$. Тіло, яке повністю пропускає випромінювання без поглинання та

відбивання, називають абсолютно проникним або діатермічним. Для нього характерні значення $D = 1$, $A = 0$, $R = 0$.

Для більшості твердих матеріалів пропускання теплового випромінювання практично відсутнє, тому для них зазвичай приймають $D = 0$. У подальших розрахунках і теоретичних залежностях параметри, що стосуються абсолютно чорного тіла, позначають індексом «0».

Окремо виділяють так звані сірі тіла. До них належать тіла, коефіцієнт поглинання яких перебуває в межах $0 < A < 1$, причому їхня поглинальна здатність не змінюється залежно від довжини хвилі падаючого випромінювання. Така модель широко використовується в інженерних розрахунках теплообміну, оскільки дає змогу спростити опис реальних поверхонь.

Ефективним випромінюванням тіла називають сумарний променевий потік, який складається з власного теплового випромінювання поверхні та тієї частини зовнішнього випромінювання, що була нею відбита.

$$E_{\text{еф}} = E + RE_{\text{пад}}. \quad (4.4)$$

Різниця між власним випромінюванням E і поглинутим променевим потоком $E_{\text{погл}} = AE_{\text{пад}}$, називається результатним випромінюванням

$$E_p = E - AE_{\text{пад}} = E_{\text{еф}} - E_{\text{погл}}. \quad (4.5)$$

Сукупність взаємопов'язаних процесів випромінювання, поглинання, відбивання та пропускання променевої енергії між окремими тілами або поверхнями називають променевим теплообміном. Він характеризує передавання теплоти за допомогою електромагнітного випромінювання без обов'язкового безпосереднього контакту між тілами.

4.2. Використання геліоустановок у агропромисловому комплексі

Сонячна енергія є одним із доступних відновлюваних джерел теплової енергії, яке може використовуватися для гарячого водопостачання, опалення приміщень, підігріву технологічної води, сушіння сільськогосподарської

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

продукції та забезпечення теплових потреб об'єктів, віддалених від централізованих джерел енергопостачання. Її практичне застосування має певні особливості, оскільки інтенсивність сонячного випромінювання залежить від пори року, часу доби, хмарності, кута падіння променів, орієнтації приймальної поверхні та кліматичних умов місцевості. Крім того, сонячна радіація характеризується відносно невеликою густиною теплового потоку, тому для її ефективного використання необхідні спеціальні технічні пристрої.

Системи, що використовують сонячне випромінювання, поділяють на пасивні та активні. У пасивних системах тепла енергія сприймається безпосередньо елементами будівлі: стінами, покрівлею, світлопрозорими огороженнями або масивними теплоакumuлювальними конструкціями. Такі системи мають простішу будову, однак їх можливості регулювання та керування тепловими потоками є обмеженими. Активні геліотеплові установки мають окремі технічні вузли для приймання сонячної енергії, її перетворення в теплоту, передавання теплоносію та подальшого використання або акумулювання. Саме активні системи є більш доцільними для керованого теплопостачання будівель і виробничих об'єктів.

Основним елементом активної сонячної теплової установки є сонячний колектор, або геліоколектор. Його призначення полягає у сприйманні сонячного випромінювання, перетворенні його в теплову енергію та передаванні цієї теплоти теплоносію. Як теплоносій можуть використовуватися вода, водно-гліколева суміш або повітря. Залежно від цього сонячні колектори поділяють на рідинні та повітряні. Рідинні колектори частіше застосовуються в системах гарячого водопостачання та водяного опалення, а повітряні — у системах вентиляційного підігріву, сушіння продукції та повітряного обігріву приміщень.

За температурним рівнем нагрівання теплоносія сонячні колектори можна поділити на низькотемпературні, середньотемпературні та високотемпературні.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Низькотемпературні установки використовують переважно для побутового гарячого водопостачання, підігріву води в басейнах, обігріву теплиць і допоміжного опалення. Середньотемпературні системи можуть застосовуватися для технологічних процесів, де потрібна теплота підвищеного потенціалу. Високотемпературні геліоустановки потребують концентрації сонячного потоку за допомогою дзеркальних або лінзових концентраторів, оскільки без концентрації отримати високі температури складно.

Найбільш поширеними у системах низькотемпературного теплопостачання є плоскі сонячні колектори. Вони мають відносно просту конструкцію, доступну вартість, достатню надійність і можуть монтуватися на покрівлях, фасадах, прибудовах або окремих опорних конструкціях. Загальна конструктивна схема плоского геліоколектора наведена на рис. 4.2.

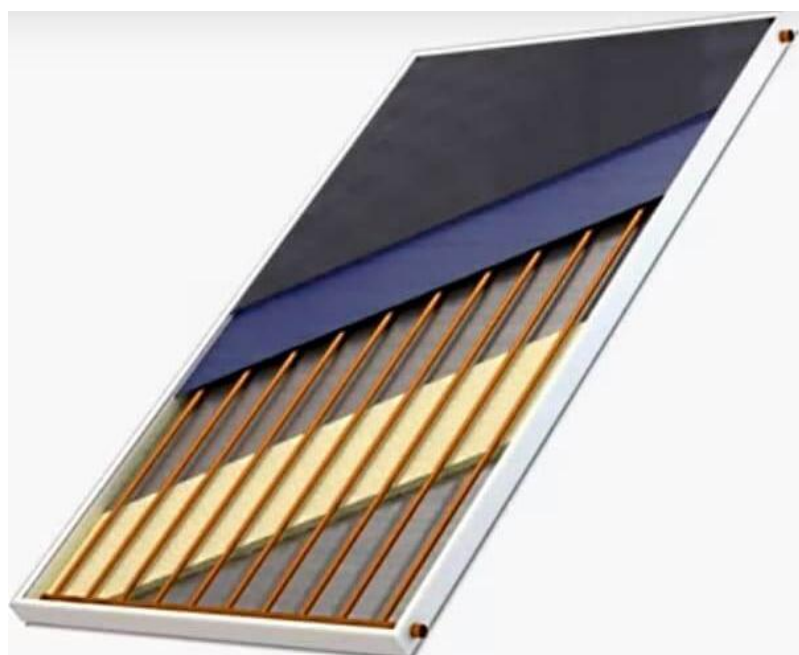


Рис. 4.2. Конструктивна схема плоского сонячного колектора

Плоский сонячний колектор складається з поглинальної панелі, прозорого покриття, теплової ізоляції та корпусу. Поглинальна панель, або абсорбер, є основним робочим елементом колектора. Вона сприймає сонячне

випромінювання та перетворює його в теплову енергію. Для підвищення ефективності поглинання поверхню абсорбера виконують темною або покривають селективним шаром, який добре поглинає короткохвильове сонячне випромінювання і зменшує втрати теплоти за рахунок власного випромінювання нагрітої поверхні.

До поглинальної панелі приєднуються трубки або канали, через які циркулює теплоносіє. Під час роботи колектора сонячна енергія нагріває абсорбер, а від нього теплота передається теплоносію. Далі нагрітий теплоносіє надходить до бака-акумулятора, теплообмінника або безпосередньо до системи тепlopостачання. Ефективність такого процесу залежить від теплопровідності матеріалу абсорбера, якості контакту між панеллю і трубками, швидкості руху теплоносія та рівномірності розподілу температури по поверхні колектора.

Прозоре покриття встановлюється над поглинальною поверхнею і виконує захисну та енергозберігаючу функції. Воно пропускає сонячне випромінювання до абсорбера, зменшує конвективні втрати теплоти з передньої частини колектора та частково створює парниковий ефект усередині конструкції. Зазвичай як прозоре покриття використовують один або два шари скла чи іншого світлопрозорого матеріалу. Збільшення кількості шарів може зменшити теплові втрати, однак водночас знижує пропускання сонячного випромінювання, тому конструкція покриття повинна бути технічно обґрунтованою.

Теплова ізоляція розміщується з тильної та бокових сторін колектора. Її завданням є зменшення втрат теплоти в навколишнє середовище через корпус. Для цього можуть застосовуватися мінераловатні плити, пінополіуретан або інші теплоізоляційні матеріали, стійкі до підвищених температур. Корпус об'єднує всі елементи колектора в єдину конструкцію, забезпечує механічну міцність, герметичність і захист від атмосферних впливів. Він також повинен витримувати вітрові, снігові та монтажні навантаження.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Робоча температура плоского геліоколектора значною мірою залежить від теплових втрат. Основні втрати виникають через теплопровідність, конвекцію та теплове випромінювання нагрітої поверхні. Чим більша різниця між температурою абсорбера і температурою навколишнього повітря, тим інтенсивніше відбувається відведення теплоти. Тому для підвищення ефективності колектора необхідно забезпечити якісну теплоізоляцію, достатню герметичність корпусу, оптимальну прозорість покриття та правильну орієнтацію приймальної поверхні відносно сонця.

Плоскі сонячні колектори доцільно використовувати для отримання низькопотенційної теплоти. Вони ефективні в системах гарячого водопостачання житлових, громадських і виробничих будівель, для допоміжного опалення, підігріву води в басейнах, обігріву теплиць та сушіння сільськогосподарської продукції. Для процесів, де необхідна температура понад можливості звичайного плоского колектора, доцільно застосовувати вакуумні трубчасті колектори або системи з концентраторами сонячного випромінювання.

У будівлях, де геліоколектори встановлюються на даху, перевагу часто надають рідинним системам. Це пояснюється тим, що рідинний теплоносій зручніше транспортувати на відстань від колектора до теплового акумулятора або теплообмінника. Повітряні системи при значних відстанях можуть мати більші втрати енергії через необхідність переміщення великих об'ємів повітря. Тому вибір типу теплоносія повинен здійснюватися з урахуванням призначення установки, схеми розміщення обладнання, довжини трубопроводів або повітропроводів та режиму теплового навантаження.

Важливою умовою ефективної роботи сонячної теплової установки є наявність теплового акумулятора. Надходження сонячної енергії є нерівномірним і не завжди збігається з періодами найбільшого споживання теплоти. Тому акумулятор дає змогу накопичувати надлишкову теплову

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергію в періоди інтенсивного сонячного випромінювання та використовувати її тоді, коли сонячна радіація зменшується або відсутня. У системах гарячого водопостачання найчастіше застосовують водяні баки-акумулятори, а в повітряних системах можуть використовуватися тверді теплоємні матеріали, зокрема кам'яна або керамічна засипка.

Для забезпечення стабільного теплопостачання сонячні установки можуть поєднуватися з резервними джерелами теплоти. Як резерв використовують електричні нагрівачі, котли на органічному паливі або інші джерела енергії. Таке поєднання підвищує надійність системи та дозволяє забезпечити споживача теплотою в періоди недостатньої сонячної активності. За наявності акумулятора достатнього об'єму частка резервного джерела може бути зменшена, що сприяє економії енергоресурсів.

Отже, сонячний колектор є ключовим технічним елементом геліотеплової установки, від якого залежить ефективність перетворення сонячного випромінювання в корисну теплову енергію. Плоскі геліоколектори мають просту конструкцію, достатню експлуатаційну надійність і можуть використовуватися для більшості низькотемпературних теплових потреб. Їх ефективність визначається якістю абсорбера, прозорого покриття, теплоізоляції, вибором теплоносія, правильністю монтажу та наявністю теплового акумулятора. Саме тому плоскі сонячні колектори є доцільним технічним рішенням для систем гарячого водопостачання, допоміжного опалення та енергозабезпечення сільськогосподарських об'єктів.

4.3. Визначення теплового навантаження системи гарячого водопостачання телятника.

Середньодобову теплову потужність системи гарячого водопостачання телятника визначаємо за витратою теплоти, необхідної для нагрівання добового

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єму води від температури холодної води до заданої температури гарячого водопостачання:

$$\Phi_{\text{сг.в.}} = C_{\text{в}} \cdot m_i \cdot n_i \cdot (t_k - t_x) / (24 \cdot 3600), \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

де $C_{\text{в}}$ - питома теплоємність води, $C_{\text{в}} = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

m_i - середньодобова норма споживання гарячої води однією твариною, $m_i = 15 \text{ кг/добу}$;

n_i - кількість тварин у телятнику, $n_i = 350$ голів;

t_k - температура гарячої води для відкритих систем теплопостачання, $t_k = 75 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_x - розрахункова температура холодної води, $t_x = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Підставляємо вихідні дані у формулу:

$$\Phi_{\text{сг.в.}} = 4,2 \cdot 15 \cdot 350 \cdot (75 - 5) / (24 \cdot 3600);$$

$$\Phi_{\text{сг.в.}} = 4,2 \cdot 15 \cdot 350 \cdot 70 / 86400;$$

$$\Phi_{\text{сг.в.}} = 1543500 / 86400 = 17,86 \text{ кВт}.$$

Отже, середньодобова теплова потужність системи гарячого водопостачання телятника становить:

$$\Phi_{\text{сг.в.}} \approx 17,9 \text{ кВт}.$$

Максимальну теплову потужність системи гарячого водопостачання визначаємо з урахуванням коефіцієнта годинної нерівномірності споживання гарячої води:

$$\Phi_{\text{мг.в.}} = \beta \cdot \Phi_{\text{сг.в.}}, \text{ кВт}, \quad (4.7)$$

де β - коефіцієнт годинної нерівномірності витрати теплоти. Для тваринницьких ферм, де гаряча вода використовується для миття обладнання, санітарного обслуговування та догляду за тваринами, приймаємо $\beta = 2,5$.

Тоді максимальна теплова потужність становить:

$$\Phi_{\text{мг.в.}} = 2,5 \cdot 17,86 = 44,65 \text{ кВт}.$$

Отже, максимальна теплова потужність системи гарячого водопостачання телятника дорівнює:

$$\Phi_{\text{мг.в.}} \approx 44,7 \text{ кВт}.$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення потреб телятника у гарячій воді необхідно передбачити систему теплопостачання із середньодобовою тепловою потужністю близько 17,9 кВт та максимальною розрахунковою потужністю близько 44,7 кВт.

4.4 Розрахунок поглинальної площі та вибір типу геліоколектора

Для забезпечення гарячого водопостачання телятника доцільно передбачити використання сонячної теплової установки з плоскими геліоколекторами. Така система дає змогу частково або повністю покривати теплове навантаження на підігрів води за рахунок сонячної енергії, зменшувати витрати традиційного палива та підвищувати енергоефективність об'єкта. Розрахунок геліоустановки виконується з урахуванням добової потреби в гарячій воді, температурного режиму системи, інтенсивності сонячної радіації, кута встановлення колекторів і коефіцієнта корисної дії установки.

Площу поглинальної поверхні сонячної теплової установки за наявності резервного джерела теплоти визначаємо за формулою:

$$A = 1,16 \cdot M_g \cdot (t_g - t_x) / (\eta \cdot \sum g_i), \text{ м}^2, \quad (4.8)$$

де M_g це добова витрата гарячої води в системі гарячого водопостачання, кг/добу;

t_g це температура гарячої води, °C;

t_x це температура холодної води, °C;

η це коефіцієнт корисної дії сонячної установки;

$\sum g_i$ це сумарна інтенсивність сонячної радіації у площині колектора за період роботи установки, Вт/м².

Інтенсивність сонячної радіації, що надходить на площину сонячного колектора, визначається з урахуванням прямої та розсіяної складових:

$$g_i = P_z \cdot j_s + P_o \cdot j_o, \text{ Вт/м}^2, \quad (4.9)$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де j_s це інтенсивність прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

j_o це інтенсивність розсіяної сонячної радіації, Вт/м²;

R_z це коефіцієнт положення колектора для прямої сонячної радіації;

P_o це коефіцієнт положення колектора для розсіяної сонячної радіації.

Коефіцієнт положення колектора для розсіяної сонячної радіації визначаємо за залежністю:

$$P_o = \cos^2(\beta / 2) \quad (4.10)$$

де β це кут нахилу сонячного колектора до горизонту.

Для роботи геліоустановки в літній період кут нахилу колектора приймаємо рівним широті місцевості з додаванням 15°. Для заданих умов широта місцевості становить 48°, тому:

$$\beta = 48 + 15 = 63^\circ.$$

Тоді коефіцієнт положення для розсіяної радіації становить:

$$P_o = \cos^2(63 / 2) = 0,73.$$

Середньомісячне значення коефіцієнта положення колектора для прямої сонячної радіації приймаємо $R_z = 0,87$. Сумарна інтенсивність прямої сонячної радіації за розрахунковий період становить:

$$\sum I_s = 2641 \text{ Вт/м}^2.$$

Сумарну інтенсивність розсіяної сонячної радіації визначаємо через співвідношення між розсіяною та прямою складовими:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum I_o = k \cdot \sum I_s \quad (4.11)$$

де k це відношення розсіяної радіації до прямої, $k = 0,52$.

Підставляємо значення:

$$\sum I_o = 2641 \cdot 0,52 = 1373 \text{ Вт/м}^2.$$

Сумарна інтенсивність сонячної радіації у площині колектора за час роботи установки з 8 до 16 години становить:

$$\sum g_i = 0,87 \cdot 2641 + 0,73 \cdot 1373 = 3300 \text{ Вт/м}^2.$$

Далі визначаємо коефіцієнт корисної дії сонячної установки. Для цього враховуємо оптичні характеристики колектора, температурний режим теплоносія та середню температуру зовнішнього повітря:

$$\eta = 0,8 \cdot [\Theta \cdot 8 - u \cdot (0,5 \cdot (t_1 + t_2) - t_{cp})] / \sum g_i \quad (4.12)$$

де Θ це приведена оптична характеристика колектора, для двоскляного колектора $\Theta = 0,63$;

u це приведений коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, $u = 5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$;

t_{cp} це середня денна температура зовнішнього повітря, $t_{cp} = 17 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_1 це температура теплоносія на вході в сонячний колектор;

t_2 це температура теплоносія на виході з сонячного колектора.

Температуру теплоносія на вході в колектор приймаємо на $5 \text{ }^\circ\text{C}$ вищою за температуру холодної води:

$$t_1 = t_x + 5 = 5 + 5 = 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad (4.13)$$

Температуру теплоносія на виході з колектора приймаємо на $5 \text{ }^\circ\text{C}$ вищою за температуру гарячої води:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_2 = t_r + 5 = 65 + 5 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.14)$$

Після підстановки вихідних даних коефіцієнт корисної дії установки становить:

$$\eta = 0,28.$$

Використовуючи отримані значення $\sum g_i$ та η , визначаємо потрібну площу поглинальної поверхні геліоустановки:

$$A = 1,16 \cdot 600 \cdot (65 - 5) / (0,28 \cdot 3300) = 45,1 \text{ м}^2.$$

Отже, для забезпечення розрахункового теплового навантаження системи гарячого водопостачання необхідна поглинальна площа сонячних колекторів становить:

$$A = 45,1 \text{ м}^2.$$

Для проєктованої системи доцільно обрати плоский сонячний колектор Ensol ES2V/2,65 Al-Cu. Цей тип геліоколектора призначений для перетворення сонячного випромінювання в корисну теплову енергію, яка використовується для підігріву води та підтримання роботи систем тепlopостачання. Конструкція колектора поєднує алюмінієвий поглинач, мідні трубки теплообмінного контуру, сонячне скло та теплову ізоляцію, що забезпечує достатню ефективність для низькотемпературних систем гарячого водопостачання.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

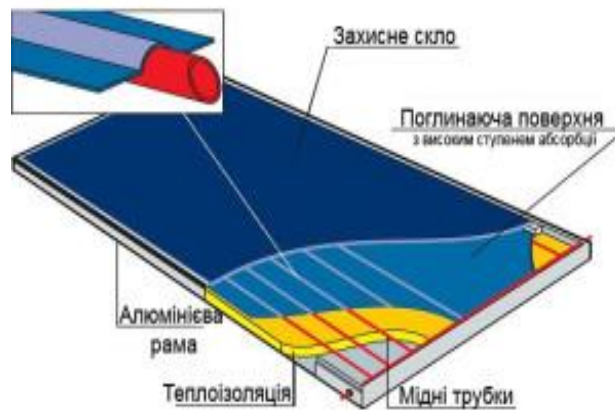


Рис. 4.3. Сонячний колектор Ensol ES2V/2,65 Al-Cu

Колектор Ensol ES2V/2,65 Al-Cu має площу поглинальної поверхні 2,65 м², масу близько 42 кг, об'єм теплоносія 2,2 л, температуру стагнації до 192 °С та рекомендовану витрату теплоносія 75-105 л/год. Поглинач виконаний з алюмінію та з'єднаний з мідними трубками, що забезпечує добру теплопередачу від абсорбера до теплоносія. Прозоре покриття виготовлене із сонячного скла товщиною 4 мм, а нижня частина колектора ізолюється мінеральною ватою. Таке конструктивне виконання є придатним для сезонної роботи геліосистеми та забезпечення гарячого водопостачання тваринницького об'єкта.

Необхідну кількість геліоколекторів визначаємо за співвідношенням загальної поглинальної площі установки до площі одного колектора:

$$N = A / S \quad (4.15)$$

де N це кількість сонячних колекторів;

A це розрахункова площа поглинальної поверхні геліоустановки, м²;

S це площа поглинальної поверхні одного колектора, м².

Для обраного колектора $S = 2,65 \text{ м}^2$.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Тоді:

$$N = 45,1 / 2,65 = 17,0.$$

Отже, для забезпечення потрібної площі поглинання необхідно встановити 17 сонячних колекторів Ensol ES2V/2,65 Al-Cu.

Оскільки надходження сонячної енергії протягом доби є нерівномірним і не завжди збігається з графіком споживання гарячої води, у складі системи необхідно передбачити бак-акумулятор. Як теплоакumuлювальне середовище доцільно використовувати воду, оскільки вона має високу теплоємність, доступність і зручність експлуатації.

Об'єм бака-акумулятора визначаємо за залежністю:

$$V = 0,08 \cdot A, \text{ м}^3 \quad (4.16)$$

де V це об'єм бака-акумулятора, м³;

A це площа поглинальної поверхні геліоустановки, м².

Підставляємо розрахункове значення площі:

$$V = 0,08 \cdot 45,1 = 3,608 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм бака-акумулятора:

$$V = 3,6 \text{ м}^3.$$

Для нормальної роботи сонячної системи гарячого водопостачання необхідно передбачити 17 плоских геліоколекторів Ensol ES2V/2,65 Al-Cu та водяний бак-акумулятор об'ємом приблизно 3,6 м³.

Кількість теплоти, виробленої геліоустановкою протягом сезону, залежить від площі колекторів, тривалості роботи системи, середнього коефіцієнта корисної дії та інтенсивності сонячної радіації. Розрахунок сезонного виробітку

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоти дає змогу оцінити енергетичний ефект від використання сонячної установки та визначити обсяг заміщення традиційного палива. За результатами розрахунку економія умовного палива за рахунок використання сонячної енергії становить приблизно 3,8 т у. п. на рік.

Умовне паливо приймається як паливо з теплотою згоряння 29,3 МДж/кг. Такий показник використовується для порівняння різних видів енергоресурсів і оцінювання паливно-енергетичного ефекту від упровадження відновлюваних джерел теплоти. Отримане значення економії свідчить про доцільність застосування геліоустановки для гарячого водопостачання телятника, особливо в умовах зростання вартості енергоресурсів.

Сонячну теплову установку доцільно розмістити біля телятника на металевому каркасі з кутом нахилу колекторів 63°. Орієнтацію приймальної поверхні потрібно виконати в напрямку на південь. Допускається відхилення на схід до 20° або на захід до 30°, оскільки такі відхилення не спричиняють суттєвого зниження надходження сонячної радіації. Металевий каркас повинен забезпечувати міцність, стійкість до вітрових навантажень, зручність технічного обслуговування та правильне положення колекторів відносно горизонту.

Застосування розрахованої геліоустановки дає змогу зменшити витрати традиційного палива та підвищити автономність системи гарячого водопостачання телятника. Для підтримання заданої температури води в періоди недостатньої сонячної активності доцільно передбачити електричний догрів. У такому випадку сонячні колектори забезпечують основну частину теплового навантаження в періоди достатньої інсоляції, а електричний нагрівач використовується лише як допоміжне джерело теплоти.

Отже, за результатами розрахунку площа поглинальної поверхні геліоустановки становить 45,1 м². Для її забезпечення приймаємо 17 плоских сонячних колекторів Ensol ES2V/2,65 Al-Cu та бак-акумулятор об'ємом 3,6 м³. Обрана схема є технічно доцільною для гарячого водопостачання телятника,

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оскільки поєднує використання сонячної енергії, теплового акумулювання та допоміжного електричного догріву. Це підвищує надійність системи, знижує споживання традиційних енергоресурсів і покращує енергоефективність тваринницького приміщення.

4.5 Розрахунок сонячної електростанції

З урахуванням зростання вартості електричної енергії та потреби фермерського господарства у зменшенні експлуатаційних витрат доцільно передбачити встановлення сонячної електростанції для часткового покриття власного електроспоживання телятника. Використання фотоелектричних модулів дає змогу перетворювати енергію сонячного випромінювання в електричну енергію, яка може використовуватися безпосередньо для живлення обладнання господарства або передаватися до зовнішньої електричної мережі.

Сонячна електростанція являє собою комплекс технічних засобів, до складу якого входять фотоелектричні модулі, інверторне обладнання, кабельні лінії, комутаційна апаратура, засоби захисту, система кріплення та вузол обліку електричної енергії. Фотоелектричні панелі генерують постійний струм, а інвертор перетворює його у змінний струм промислової частоти, придатний для живлення електроприймачів телятника. У разі застосування мережевого інвертора надлишкова електроенергія може передаватися у зовнішню мережу, а за недостатньої сонячної генерації споживач отримує електроенергію від централізованого джерела.

Для господарства приймаємо сонячну електростанцію встановленою потужністю 50 кВт. Площа приміщення телятника становить 900 м², що дає змогу розмістити необхідну кількість фотоелектричних модулів на покрівлі або на окремій наземній металевій конструкції. Для розрахунку приймаємо PV модуль JA SOLAR P-type Technologies потужністю 0,34 кВт і площею 1,7 м².

Необхідну кількість сонячних панелей визначаємо за формулою:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = P_{\text{сес}} / P_{\text{п}} \quad (4.17)$$

де N це кількість фотоелектричних модулів, шт.;

$P_{\text{сес}}$ це прийнята встановлена потужність сонячної електростанції, кВт;

$P_{\text{п}}$ це потужність одного фотоелектричного модуля, кВт.

Підставляємо вихідні дані:

$$N = 50 / 0,34 = 147,06 \text{ шт.}$$

Приймаємо до встановлення:

$$N = 147 \text{ шт.}$$

Фактична встановлена потужність сонячної електростанції становитиме:

$$P_{\text{ф}} = N \cdot P_{\text{п}} \quad (4.18)$$

$$P_{\text{ф}} = 147 \cdot 0,34 = 49,98 \text{ кВт.}$$

Отримане значення практично відповідає заданій потужності 50 кВт, тому прийнята кількість фотоелектричних модулів є достатньою.

Загальну площу, яку займають сонячні панелі, визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = N \cdot S_{\text{п}} \quad (4.19)$$

де $S_{\text{заг}}$ це загальна площа фотоелектричних модулів, м²;

$S_{\text{п}}$ це площа одного сонячного модуля, м².

Підставляємо значення:

$$S_{\text{заг}} = 147 \cdot 1,7 = 249,9 \text{ м}^2.$$

Отже, для розміщення сонячних панелей необхідна площа становить приблизно 250 м². Площа телятника дорівнює 900 м², тому вона є достатньою

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для встановлення фотоелектричних модулів з урахуванням технологічних проміжків, проходів для обслуговування, відступів від країв покрівлі та особливостей монтажної конструкції.

Річна генерація електричної енергії для сонячної електростанції потужністю 50 кВт приймається на рівні приблизно 50000 кВт·год на рік. Фактичний виробіток залежить від орієнтації панелей, кута нахилу, затінення, погодних умов, втрат у кабельних лініях, ККД інвертора та режиму роботи електростанції. Для оцінювання економічного ефекту приймаємо тариф на електричну енергію для промислового споживача 10,18 грн/кВт·год.

Річний економічний ефект від використання згенерованої електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_p = W_p \cdot C_e \quad (4.20)$$

де E_p це орієнтовна річна економія коштів, грн;

W_p це річна генерація електроенергії, кВт·год;

C_e це вартість 1 кВт·год електричної енергії, грн/кВт·год.

Підставляємо вихідні дані:

$$E_p = 50000 \cdot 10,18 = 509000 \text{ грн.}$$

Отже, за умови використання або компенсації всієї виробленої електроенергії орієнтовний річний економічний ефект становить 509000 грн.

Вартість мережевої сонячної електростанції потужністю 50 кВт приймаємо 864695 грн. Орієнтовний строк простої окупності визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = K / E_p \quad (4.21)$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де Ток це строк простої окупності, років;

К це капітальні витрати на встановлення сонячної електростанції, грн;

Ер це річний економічний ефект, грн/рік.

Підставляємо значення:

$$\text{Ток} = 864695 / 509000 = 1,70 \text{ року.}$$

Орієнтований строк простої окупності сонячної електростанції становить близько 1,7 року. Це значення є розрахунковим і може змінюватися залежно від фактичної генерації, режиму споживання електроенергії, умов підключення до мережі, вартості технічного обслуговування та зміни тарифів.

Розподіл вироблення електричної енергії протягом року є нерівномірним. Найбільша генерація припадає на весняно-літній період, коли тривалість світлового дня та інтенсивність сонячного випромінювання є найбільшими. У зимовий період виробіток зменшується через коротший світловий день, меншу висоту сонця над горизонтом, хмарність і можливе забруднення або засніження поверхні панелей. Річний розподіл генерації електричної енергії сонячною електростанцією наведено на рис. 4.4.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

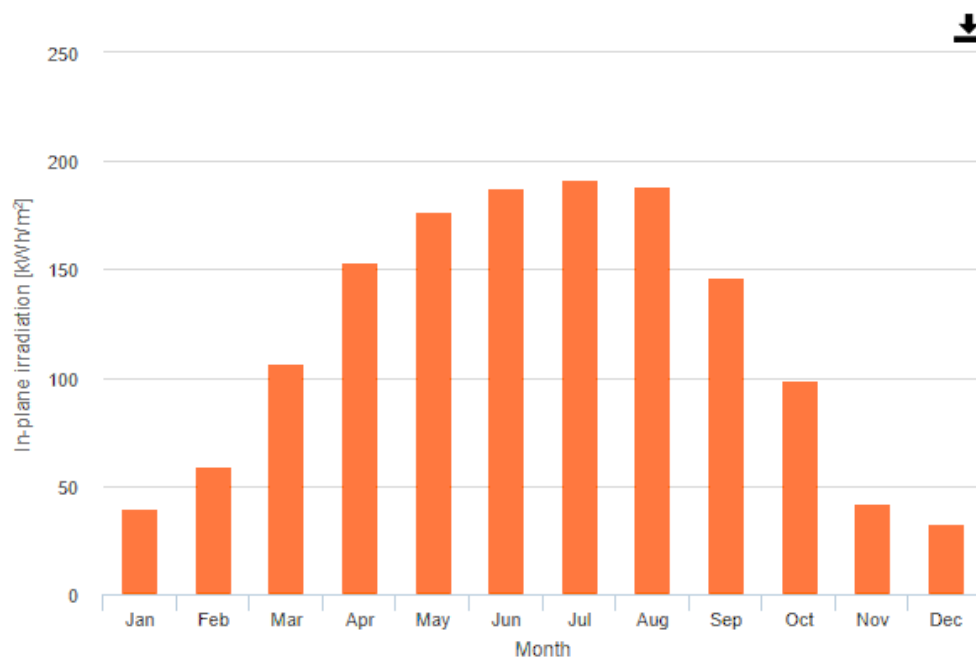


Рисунок 4.4 Річний розподіл генерації електричної енергії сонячною електростанцією

Для ефективної роботи фотоелектричні модулі необхідно розташовувати так, щоб мінімізувати взаємне затінення та забезпечити максимально можливе надходження сонячного випромінювання на робочу поверхню панелей. Оптимальним є орієнтування модулів у південному напрямку з урахуванням конструкції покрівлі або наземної опорної системи. Розташування сонячних панелей на об'єкті показано на рис. 4.5.



Рисунок 4.5. Розташування сонячних панелей на території телятника

Коефіцієнт корисної дії сучасних сонячних панелей у середньому становить близько 21-22,5 %, а ККД інверторного обладнання перебуває в межах 92-98 % залежно від типу, потужності та режиму навантаження. Тому під час вибору обладнання необхідно враховувати не лише встановлену потужність панелей, а й втрати в інверторі, кабельних лініях, захисній апаратурі та з'єднаннях. Для мережевої електростанції доцільно застосувати інвертор відповідної потужності з функціями контролю параметрів генерації, захисту від аварійних режимів і синхронізації з електричною мережею.

У денний час сонячні панелі виробляють електроенергію, яка через інвертор подається до внутрішньої мережі господарства. Насамперед вона може використовуватися для живлення електроприймачів телятника, зокрема освітлення, вентиляції, насосного обладнання, автоматики, систем гарячого водопостачання та допоміжних технологічних споживачів. У разі перевищення генерації над поточним споживанням надлишок електроенергії може передаватися до зовнішньої мережі. Такий режим є доцільним, оскільки

вироблення сонячної електростанції не завжди збігається з графіком електричного навантаження господарства.

Встановлення сонячної електростанції потужністю 50 кВт дає змогу зменшити витрати на придбання електричної енергії, підвищити енергетичну автономність господарства та знизити собівартість виробничих процесів. Для тваринницького об'єкта це має важливе значення, оскільки електрична енергія використовується постійно для забезпечення мікроклімату, водопостачання, освітлення та роботи допоміжного обладнання. Зменшення витрат на електропостачання позитивно впливає на економічну ефективність виробництва та підвищує конкурентоспроможність господарства.

Отже, для телятника площею 900 м² приймаємо до встановлення мережеву сонячну електростанцію потужністю 50 кВт. Для її комплектування необхідно 147 фотоелектричних модулів JA SOLAR P-type Technologies потужністю 0,34 кВт кожен. Загальна площа панелей становить приблизно 250 м², що дозволяє розмістити їх на доступній площі об'єкта. Очікувана річна генерація становить близько 50000 кВт·год, а орієнтовний річний економічний ефект при вартості електроенергії 10,18 грн/кВт·год дорівнює 509000 грн. За вартості станції 864695 грн строк простої окупності становить близько 1,7 року, що підтверджує технічну й економічну доцільність використання сонячної електростанції для енергозабезпечення телятника.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

РОЗДІЛ 5

ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Сільське господарство належить до базових галузей економіки, оскільки забезпечує виробництво продовольчої продукції, створює сировинну базу для переробної промисловості та формує значну частину зайнятості у сільській місцевості. У тваринництві важливе значення має не лише підвищення продуктивності виробництва, а й забезпечення безпечних умов праці, раціонального використання енергоресурсів та дотримання санітарно-гігієнічних вимог у приміщеннях для утримання тварин.

У проєктованій системі енергозбереження реалізується шляхом використання сонячної теплової установки для гарячого водопостачання та сонячної електростанції для часткового покриття електричного навантаження телятника. Таке рішення дозволяє зменшити споживання традиційних енергоресурсів, знизити витрати на електричну й теплову енергію, підвищити автономність господарства та забезпечити стабільніші умови експлуатації інженерного обладнання.

Охорона праці у тваринницькому приміщенні спрямована на створення безпечного виробничого середовища для персоналу, запобігання травматизму, професійним захворюванням, аварійним ситуаціям і пожежам. Працівники телятника можуть зазнавати впливу фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних чинників. До таких чинників належать шум від технологічного обладнання, підвищена вологість, недостатнє освітлення, небезпека ураження електричним струмом, контакт із дезінфекційними речовинами, пилом, мікроорганізмами та тваринами.

Комплекс заходів з енергозбереження та охорони праці повинен охоплювати правильний вибір електротехнічного обладнання, справний стан електромереж, захисне заземлення, блискавкозахист, пожежну безпеку, вентиляцію, санітарне утримання приміщення, контроль мікроклімату та

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організацію безпечного обслуговування тварин. Дотримання цих вимог забезпечує зменшення виробничих ризиків, покращення умов праці персоналу та підвищення надійності роботи господарства.

5.1 Потенційно небезпечні і шкідливі виробничі чинники

Під час експлуатації телятника працівники можуть перебувати під дією небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які виникають у процесі догляду за тваринами, обслуговування інженерних систем, роботи з електрообладнанням, приготування кормів, прибирання приміщень і проведення санітарної обробки. Основними факторами ризику є підвищений рівень шуму, запиленість повітря, вологість, наявність шкідливих газів, незадовільне освітлення робочих зон, слизькі поверхні, рухомі частини механізмів та електричний струм.

Особливу небезпеку становить електрообладнання, оскільки в телятнику використовуються освітлювальні мережі, електродвигуни вентиляції, насосне обладнання, автоматика, нагрівальні пристрої, інверторне обладнання сонячної електростанції та елементи системи гарячого водопостачання. У разі пошкодження ізоляції напруга може з'явитися на металевих корпусах машин, трубопроводах або конструктивних елементах. Така небезпека є прихованою, оскільки обладнання зовні може не мати ознак аварійного стану.

Для зменшення ризику електротравматизму необхідно забезпечити справність ізоляції проводів, використання автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимкнення, захисного заземлення та занулення відповідно до прийнятої системи електропостачання. Електрощити, комутаційні апарати та захисні пристрої потрібно розміщувати у доступних для обслуговування місцях, захищених від вологи, пилу та механічних пошкоджень. Роботи з електроустановками повинні виконувати лише працівники, які мають

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідну кваліфікацію, пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з електробезпеки.

У приміщеннях з підвищеною вологістю необхідно застосовувати електрообладнання з відповідним ступенем захисту оболонки. Переносні світильники та електроінструмент повинні мати безпечну напругу живлення або подвійну ізоляцію. Під час виконання ремонтних робіт слід використовувати діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими рукоятками, діелектричні килимки та попереджувальні плакати. Перед початком робіт обладнання потрібно відключити від мережі, перевірити відсутність напруги та унеможливити випадкове повторне ввімкнення.

До шкідливих чинників у телятнику належить також підвищена концентрація вуглекислого газу, аміаку, сірководню та водяної пари. Їх накопичення може погіршувати самопочуття працівників і негативно впливати на стан тварин. Для запобігання цьому необхідно забезпечити ефективну припливно-витяжну вентиляцію, регулярне прибирання гною, підтримання сухої підстилки та контроль вологості повітря.

Шум від вентиляторів, насосів, кормороздавального обладнання та інших механізмів може знижувати працездатність персоналу й викликати поступове погіршення слуху. Тому обладнання повинно встановлюватися на справних опорах, мати нормальне балансування рухомих частин і своєчасно проходити технічне обслуговування. У разі перевищення допустимих рівнів шуму працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху.

5.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до приміщень ВРХ

Санітарно-гігієнічний стан приміщення для утримання великої рогатої худоби безпосередньо впливає на здоров'я тварин, продуктивність господарства та безпеку праці персоналу. Телятник повинен бути сухим,

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

світлим, добре вентильованим, зручним для догляду за тваринами, очищення проходів, прибирання гною, подавання кормів і проведення ветеринарно-санітарних заходів.

Приміщення для утримання тварин доцільно розміщувати з урахуванням санітарних розривів, напрямку панівних вітрів, можливості відведення поверхневих вод і зручності транспортного обслуговування. Територію ферми необхідно впорядкувати, огородити та розділити на виробничу, господарську і санітарну зони. В'їзд стороннього транспорту до чистої зони ферми повинен бути обмежений. Біля входів до приміщень слід передбачати засоби очищення взуття, дезінфекційні килимки та попереджувальні знаки.

Важливою умовою нормального утримання телят є достатня площа на одну голову. Нестача площі призводить до скупченості, погіршення санітарного стану, підвищення вологості, забруднення підстилки та зростання ризику поширення інфекцій. Для телят потрібно передбачати площу, що забезпечує вільне переміщення, доступ до корму й води, зручність огляду та проведення профілактичних заходів.

Мікроклімат у телятнику формується температурою повітря, відносною вологістю, швидкістю руху повітря, концентрацією шкідливих газів і рівнем освітленості. Недостатній повітрообмін спричиняє накопичення вуглекислого газу, аміаку, водяної пари та мікроорганізмів. Це погіршує умови утримання тварин, знижує їхню стійкість до захворювань і створює небезпечне середовище для працівників. Тому в телятнику необхідно забезпечити постійний контроль вентиляції та своєчасне видалення забрудненого повітря.

Припливно-витяжна вентиляція повинна забезпечувати подавання свіжого повітря без утворення протягів у зоні перебування тварин. У холодний період року потрібно обмежувати надмірні втрати теплоти, а в теплий період забезпечувати достатнє охолодження приміщення та видалення надлишкової вологи. Вентиляційні канали, жалюзі, повітропроводи та витяжні пристрої повинні регулярно очищатися від пилу й забруднень.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Для підтримання належного санітарного стану необхідно систематично видаляти гній, замінювати або підсипати підстилку, очищати годівниці, поїлки та проходи. Вологість у приміщенні зменшують шляхом правильної організації вентиляції, використання гігроскопічної підстилки, усунення протікань водопровідних мереж і своєчасного прибирання забруднених ділянок. Надмірна вологість у поєднанні з низькою температурою може викликати переохолодження тварин, а в поєднанні з високою температурою призводить до перегрівання та зниження продуктивності.

Освітлення телятника повинно забезпечувати безпечне виконання робіт, огляд тварин, контроль стану обладнання та проведення ветеринарних заходів. Світильники потрібно розміщувати так, щоб вони не створювали різких тіней, засліплення та небезпечних зон. У вологих і запилених приміщеннях слід застосовувати світильники із захисними оболонками.

5.3 Протипожежний захист

Пожежна безпека тваринницьких приміщень має особливе значення, оскільки в таких будівлях одночасно перебувають працівники, тварини, електрообладнання, підстилка, корми та інші матеріали, здатні підтримувати горіння. Основним завданням протипожежного захисту є запобігання виникненню пожежі, обмеження її поширення, забезпечення евакуації людей і тварин та створення умов для швидкого гасіння.

До основних причин пожеж у тваринницьких приміщеннях належать несправність електропроводки, перевантаження електромережі, короткі замикання, порушення правил експлуатації електронагрівальних приладів, зберігання горючих матеріалів у невідповідних місцях, необережне поводження з вогнем і порушення правил проведення ремонтних робіт. Особливу увагу слід приділяти електричним мережам, оскільки вологе й запилене середовище прискорює старіння ізоляції та підвищує ризик аварійних режимів.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Електропроводку в телятнику необхідно виконувати кабелями та проводами, придатними для експлуатації у відповідних умовах. Лінії повинні бути захищені від механічних пошкоджень, вологи та дії агресивного середовища. Розподільні щити, автоматичні вимикачі, запобіжники та апарати керування доцільно розміщувати в окремих шафах або на зовнішніх стінах приміщення. Забороняється експлуатувати пошкоджені кабелі, саморобні вставки, несправні вимикачі та обладнання з ознаками перегрівання.

Будівля телятника повинна мати достатню кількість евакуаційних виходів. Двері та ворота мають відкриватися назовні, не блокуватися сторонніми предметами та забезпечувати можливість швидкого виведення тварин. Проходи, тамбури, під'їзди й майданчики перед воротами необхідно постійно утримувати вільними. У зимовий період їх потрібно очищати від снігу та льоду.

У приміщеннях не допускається зберігання зайвих горючих матеріалів, тари, пального, мастил або відходів. Корми, підстилка та інші матеріали повинні зберігатися у спеціально відведених місцях з дотриманням протипожежних розривів. Горищні приміщення не слід використовувати для складування сторонніх матеріалів, оскільки це ускладнює пожежогасіння та може сприяти швидкому поширенню полум'я.

Телятник необхідно забезпечити первинними засобами пожежогасіння. До них належать вогнегасники, ящики з піском, пожежний інвентар, ємності з водою та щити з необхідним обладнанням. Вогнегасники потрібно розміщувати у помітних і доступних місцях, а персонал повинен знати порядок їх використання. Засоби пожежогасіння мають регулярно перевірятися та підтримуватися у справному стані.

Для оперативного реагування на пожежу необхідно передбачити систему оповіщення або звуковий сигнал тривоги. Працівники повинні бути ознайомлені з планом евакуації, місцями розташування вогнегасників, порядком відключення електроживлення та діями у разі займання. Регулярне

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

проведення інструктажів і тренувань підвищує готовність персоналу до дій в аварійних умовах.

5.4 Грозозахист ПЛ 0,38 кВ та споживчих трансформаторних підстанцій

Грозозахист повітряних ліній напругою 0,38 кВ і споживчих трансформаторних підстанцій є важливою складовою електробезпеки та надійності електропостачання телятника. Атмосферні перенапруги можуть спричиняти пошкодження ізоляції, вихід з ладу електрообладнання, аварійні відключення, пожежі та небезпеку ураження персоналу електричним струмом. Тому під час проєктування електропостачання необхідно передбачити комплекс заходів для відведення струмів блискавки в землю та обмеження перенапруг у мережі.

Для мережі 380/220 В блискавкозахист виконується шляхом улаштування заземлювальних спусків на опорах, використання металевої арматури залізобетонних опор, встановлення розрядників або обмежувачів перенапруги та приєднання захисних пристроїв до заземлювального контуру. Розміщення елементів грозозахисту визначається кількістю грозових годин у районі будівництва, довжиною повітряної лінії, кількістю відгалужень, наявністю вводів у приміщення та характером споживачів.

Пристрої блискавкозахисту насамперед потрібно встановлювати на початкових і кінцевих опорах повітряної лінії. Додатково їх передбачають на опорах, від яких виконуються вводи до приміщень з перебуванням людей або тварин. Таке рішення зменшує ризик занесення атмосферної перенапруги в будівлю та підвищує безпеку електроустановки. У районах з підвищеною грозовою активністю захисні пристрої встановлюють з меншим інтервалом уздовж магістралі та відгалужень.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

На кінцевих опорах і на опорах з вводами в тваринницькі приміщення необхідно передбачати встановлення розрядників відповідно до кількості фазних проводів. Нейтральний провід повинен бути з'єднаний із заземлювальним пристроєм блискавкозахисту. Як заземлювальний провідник може використовуватися сталевий дріт необхідного перерізу або інший провідник, що відповідає вимогам механічної міцності та електричної провідності.

Для трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ захист від атмосферних перенапруг потрібно передбачати як на стороні вищої напруги, так і на стороні 0,4 кВ. На стороні 10 кВ застосовують розрядники або обмежувачі перенапруги відповідного класу напруги, а на стороні 0,4 кВ встановлюють захисні апарати низьковольтної мережі. Усі елементи захисту повинні бути приєднані до спільного заземлювального пристрою підстанції.

Заземлювальний пристрій трансформаторної підстанції має бути спільним для розрядників, металевих корпусів обладнання, нейтралі силового трансформатора та інших провідних частин, які можуть опинитися під напругою в аварійному режимі. Стан заземлювального пристрою необхідно періодично перевіряти, оскільки корозія, пересихання ґрунту, механічні пошкодження або ослаблення контактних з'єднань можуть погіршувати його ефективність.

Отже, передбачені заходи з енергозбереження, охорони праці, санітарно-гігієнічного забезпечення, пожежної безпеки та грозозахисту спрямовані на підвищення надійності й безпечності експлуатації телятника. Використання сонячної теплової установки та сонячної електростанції зменшує витрати енергоресурсів, а дотримання вимог електробезпеки, вентиляції, пожежного захисту та блискавкозахисту забезпечує належні умови роботи персоналу й утримання тварин.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

5.5. Розрахунок заземлюючого контуру ТП

Схема заземлення трансформаторної підстанції 10 / 0,4 кВ буде загальною для обладнання заземлення трансформаторних підстанцій на високій стороні та обладнання заземлення на низькій стороні.

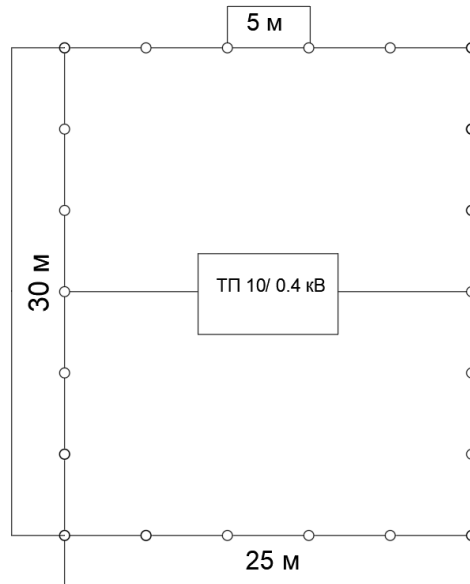


Рис. 5.1. Схема заземлення трансформаторної підстанції 10/0.4 кВ.

До цього ж ланцюгу буде підключено загальний клем обмотки на стороні 0,4 кВ (нейтральний трансформатор). Як заземлювачі слід брати сталь діаметром 12 мм і довжиною 5 м. Горизонтальна сполучна смуга - кругла сталь 10 мм. Глибина смуги - 0,5 ... 0,8 м.

$$d_b = 12 \text{ мм.};$$

$$l_b = 5 \text{ м.};$$

$$d_r = 10 \text{ мм.};$$

$$h_{\text{пол}} = (0.5 \dots 0.8) \text{ м.};$$

$$r_{\text{гр}} = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м.};$$

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом};$$

Ми вважаємо попередню форму контуру прямокутною, розміром 15 розміром 15 м. Визначаємо проектний опір ґрунту для розрахунку заземлення стрижня за формулою:

$$r_{\text{розр}} = K_c * K * r_{\text{гр}} = 1.3 * 1 * 300 = 390 \text{ Ом.} \quad (5.1)$$

Де K_c – коефіцієнт сезонності;

K – коефіцієнт, який враховує вологість ґрунту при вимірюванні його опору.

Далі визначаємо опір одного вертикального заземлювача за формулою:

$$r_B = 0.227 * r_{\text{розр}} = 0.227 * 390 = 88.53 \text{ Ом.} \quad (5.2)$$

Визначим кількість стержнів за формулою:

$$n_m = \frac{r_B}{R_3} = \frac{88.5}{4} = 22.1 = 22 \text{ шт.} \quad (5.3)$$

Де r_B - опір одного вертикального заземлювача, Ом.;

R_3 - опір заземлення, Ом.

Знаходимо відношення довжини сторони контуру до довжини стержня за формулою:

$$\frac{a}{l_{cm}} = \frac{15}{5} = 3 \quad (5.3)$$

Де a - довжина сторони заземлюючого контуру, м.;

l_{cm} - довжина заземлюючого стрижня, м.

Коефіцієнт використання стрижнів рівняється

$$k_{\text{стр}} = 0.87$$

Знаходимо загальний опір одинадцяти вертикальних стрижнів з урахуванням $k_{\text{стр}}$ за формулою:

$$r_{\text{зар.стр}} = \frac{r_B}{n * k_{\text{стр}}} = \frac{88.5}{21 * 0.87} = 4.7 \text{ Ом} \quad (5.4)$$

Де r_B - опір вертикального стрижня, Ом;

n - кількість стрижнів, шт.;

$k_{\text{стр}}$ - коефіцієнт використання стержнів.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{\text{зар.стр}} \geq R_3 \quad (5.5)$$

$$4.7 \geq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір з'єднувальної полоси за формулою:

$$r_{\text{пол}} = \frac{0.366}{l} * \rho'_{\text{розр}} * lg \frac{K * l_{\text{пол}}^2}{d_{\text{гор}} * h_{\text{пол}}} = \frac{0.366}{60} * 375 * lg \frac{1 * 60^2}{0.01 * 0.7} = 12.6 \text{ Ом} \quad (5.6)$$

Де l - довжина горизонтального заземлення, м;

$\rho'_{\text{розр}}$ - попередній опір ґрунту для розрахунку горизонтального заземлювача

$$\rho'_{\text{розр}} = K * \rho_{\text{розр}} = 1 * 375 = 375 \text{ Ом} \quad (5.7)$$

Де K – коефіцієнт форми горизонтального заземлення для круглого перерізу $K = 1$; для прямокутного перерізу $K = 2$;

$d_{\text{гор}}$ - діаметр круглої сталі, м;

$h_{\text{пол}}$ - глибина закладання горизонтального заземлення, м.

Коефіцієнт використання полоси заземлення $\alpha_{\text{пол}} = 0.51$.

Визначаємо опір полоси заземлення з урахуванням використання заземленої смуги за формулою:

$$r'_{\text{пол}} = \frac{r_{\text{пол}}}{\alpha_{\text{пол}}} = \frac{12.6}{0.51} = 24.7 \text{ Ом.} \quad (5.8)$$

$r_{\text{пол}}$ - опір з'єднувальної полоси, Ом.

Визначаємо опір заземлювальної петлі, що складається з 22 вертикальних стрижнів і сполучної смуги за формулою:

$$R_k = \frac{r_{\text{зар.стр}} * r'_{\text{пол}}}{r_{\text{зар.стр}} + r'_{\text{пол}}} = \frac{4.7 * 24.7}{4.7 + 24.7} = 3.8 \text{ Ом} \quad (5.9)$$

Умова виконується $R_3 = 4 \text{ Ом}$.

Схема контуру заземлення трансформаторної підстанції

5.6 Заходи охорони праці при будівництві ПЛ 0,38 кВ

Під час будівництва повітряної лінії електропередачі напругою 0,38 кВ необхідно забезпечити виконання організаційних і технічних заходів,

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

спрямованих на запобігання виробничому травматизму, ураженню електричним струмом, падінню працівників з висоти, пошкодженню обладнання та виникненню аварійних ситуацій. Безпечне виконання робіт досягається правильним вибором технології монтажу, застосуванням справних машин і механізмів, використанням засобів індивідуального захисту та дотриманням вимог охорони праці під час виконання будівельно-монтажних операцій.

Проектні рішення щодо спорудження ПЛ 0,38 кВ повинні передбачати застосування сертифікованого електротехнічного обладнання, яке пройшло необхідні випробування та відповідає умовам експлуатації. Опори, ізолятори, проводи, арматура, захисні апарати й заземлювальні пристрої мають підбиратися з урахуванням механічних навантажень, кліматичних умов, електричних параметрів мережі та вимог безпечного обслуговування. Розміщення елементів лінії повинно забезпечувати зручність монтажу, огляду, ремонту та проведення профілактичних робіт.

До початку виконання робіт необхідно провести інструктаж працівників, перевірити справність інструменту, вантажопідіймальних пристроїв, монтажних пристосувань, страхувальних поясів, кігтів, касок, діелектричних рукавиць і запобіжних канатів. Працівники повинні бути ознайомлені з технологічною послідовністю робіт, небезпечними зонами, порядком подавання інструменту на висоту та правилами дій у разі аварійної ситуації. До робіт на висоті допускаються лише особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, навчання, перевірку знань і мають дозвіл на виконання спеціальних робіт.

Під час виконання робіт на опорах працівник повинен користуватися захисною каскою, запобіжним поясом і страхувальним кріпленням. Якщо підйом здійснюється за допомогою кігтів, працівник зобов'язаний надійно закріпитися до опори. У разі використання автовишки або підйомної платформи працівник повинен бути зафіксований до колиски відповідним

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

страхувальним засобом. Забороняється виконувати роботи на висоті під час сильного вітру, грози, ожеледі, густого туману або інших умов, які можуть знизити стійкість працівника чи безпечність виконання операцій.

Інструменти, матеріали та монтажні деталі забороняється подавати на висоту шляхом перекидання. Передавання інструменту повинно здійснюватися за допомогою мотузки або спеціальної сумки. Працівник, який перебуває на опорі, не повинен залишати інструменти та деталі у нестійкому положенні. Забороняється перебування людей під опорою або в зоні можливого падіння предметів під час монтажу, ремонту чи демонтажу елементів лінії.

Під час навантажувально-розвантажувальних робіт необхідно дотримуватися правил безпечного переміщення опор, проводів, барабанів з кабельно-провідниковою продукцією та монтажної арматури. Вантажі слід стропувати тільки справними стропами, а працівники не повинні перебувати під піднятим вантажем. Під час земляних робіт необхідно враховувати можливу наявність підземних комунікацій, кабельних ліній, трубопроводів та інших інженерних мереж. Риття котлованів під опори потрібно виконувати з дотриманням вимог стійкості ґрунту та безпечного розміщення робітників.

Підйом і встановлення опор повинні виконуватися механізованим способом із застосуванням справних підймальних машин. Перед підйомом необхідно перевірити правильність стропування, стан опори, відсутність сторонніх осіб у небезпечній зоні та готовність місця встановлення. Після монтажу опори потрібно перевірити її вертикальність, надійність закріплення в ґрунті та стійкість до розрахункових навантажень. Натягування проводів проводиться з використанням спеціальних пристроїв, які забезпечують контроль зусилля та запобігають обриву або некерованому переміщенню проводу.

Особливу увагу необхідно приділяти роботам поблизу діючих електроустановок. Якщо будівництво або реконструкція ПЛ 0,38 кВ виконується в зоні наближення до ліній, що перебувають під напругою, роботи

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

повинні проводитися тільки за нарядом або розпорядженням із виконанням передбачених заходів безпеки. Перед початком робіт необхідно визначити межі небезпечної зони, встановити огороження, попереджувальні плакати та забезпечити нагляд відповідальної особи. Наближення працівників, інструментів, механізмів і вантажів до струмоведучих частин допускається лише на відстані, встановленій правилами безпеки.

Елементи електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні мати захисне заземлення або занулення відповідно до прийнятої системи електропостачання. Заземлювальні пристрої необхідно виконувати з дотриманням нормативного значення опору та надійного електричного контакту між усіма провідними частинами. Після завершення монтажу потрібно провести перевірку якості з'єднань, цілісності заземлювальних провідників, стану ізоляції та відповідності лінії проєктним параметрам.

Під час будівництва ПЛ 0,38 кВ необхідно забезпечити високий рівень механізації робіт, оскільки це зменшує фізичне навантаження на працівників і знижує ймовірність травмування. Використання автовишок, бурильних машин, підіймальних механізмів, монтажних пристроїв і засобів малої механізації дозволяє підвищити безпеку та якість виконання робіт. Усі машини й механізми повинні експлуатуватися відповідно до інструкцій виробника та проходити періодичний технічний огляд.

Після завершення будівельно-монтажних робіт необхідно виконати огляд повітряної лінії, перевірити надійність кріплення проводів, стан ізоляторів, правильність монтажу арматури, відсутність механічних пошкоджень і відповідність габаритів лінії встановленим вимогам. Перед введенням ПЛ 0,38 кВ в експлуатацію слід провести електричні вимірювання, перевірити заземлювальні пристрої, захист від короткого замикання та наявність попереджувальних знаків.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будівництво повітряної лінії повинно також виконуватися з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища. Під час виконання робіт необхідно мінімізувати пошкодження ґрунтового покриву, зелених насаджень і прилеглих територій. Будівельні відходи, залишки проводів, ізоляційних матеріалів, пакувальні матеріали та інші відходи потрібно збирати й передавати на утилізацію або повторне використання. Забороняється залишати на території ферми металеві обрізки, уламки ізоляторів, мастильні матеріали та інші предмети, які можуть створювати небезпеку для людей і тварин.

Застосування відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної теплової установки та сонячної електростанції, є важливим напрямом зменшення впливу господарства на навколишнє середовище. Такі технічні рішення дозволяють скоротити споживання традиційних енергоресурсів, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити енергетичну самостійність об'єкта. Тому будівництво ПЛ 0,38 кВ і впровадження енергоощадного обладнання потрібно розглядати як складові єдиної системи безпечного, надійного та екологічно обґрунтованого енергозабезпечення телятника.

Отже, дотримання заходів охорони праці під час будівництва ПЛ 0,38 кВ забезпечує безпечне виконання робіт, знижує ризик травматизму, підвищує надійність електропостачання та створює умови для безпечної подальшої експлуатації електроустановок телятника. Особливе значення мають правильна організація робіт, допуск підготовленого персоналу, використання засобів індивідуального захисту, механізація монтажних операцій, контроль електробезпеки та виконання вимог охорони навколишнього середовища.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Техніко-економічне обґрунтування виконано з метою оцінювання доцільності впровадження сонячної електричної станції та геліоводонагрівної установки для енергозабезпечення телятника. Основними показниками ефективності прийнято річну економію коштів, вартість обладнання та простий строк окупності. Такий підхід дає змогу визначити, наскільки швидко капітальні вкладення компенсуються за рахунок зменшення витрат на електричну енергію та паливо.

6.1 Розрахунок строку окупності сонячної електричної станції

Для господарства прийнято встановлення мережевої сонячної електростанції потужністю 50 кВт. Орієнтовна річна генерація електричної енергії становить 50000 кВт·год. За діючої вартості електричної енергії для промислових споживачів 10,18 грн/кВт·год економічний ефект від використання виробленої електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_p = W_p \cdot C_e \quad (6.1)$$

де E_p це річна економія коштів, грн; W_p це річний виробіток електричної енергії, кВт·год;

C_e це вартість 1 кВт·год електричної енергії, грн/кВт·год.

Підставляємо вихідні дані:

$$E_p = 50000 \cdot 10,18 = 509000 \text{ грн.}$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, за умови використання виробленої електричної енергії на власні потреби або її передачі до мережі розрахункова річна економія становить 509000 грн.

Вартість мережевої сонячної електростанції приймаємо 864695 грн. Простий строк окупності визначаємо за формулою:

$$\text{Ток} = K / E_p \quad (6.2)$$

де Ток це строк окупності, років; К це капітальні витрати на придбання та встановлення сонячної електростанції, грн; Е_р це річний економічний ефект, грн/рік.

Тоді:

$$\text{Ток} = 864695 / 509000 = 1,7 \text{ року.}$$

Отриманий строк окупності свідчить про високу економічну доцільність встановлення сонячної електростанції. При цьому фактичний період окупності може змінюватися залежно від рівня сонячної радіації, технічного стану обладнання, режиму електроспоживання господарства, зміни тарифів на електроенергію та умов роботи з електричною мережею.

6.2 Розрахунок строку окупності сонячних колекторів

Для забезпечення гарячого водопостачання телятника передбачено використання геліоводонагрівної установки на базі плоских сонячних колекторів Ensol ES2V/2,65 Al-Cu. Вартість геліоустановки становить 221000 грн. Річна вартість зекономленого палива за рахунок використання сонячної енергії приймається 56620 грн.

Простий строк окупності сонячних колекторів визначаємо за формулою:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Ток} = K_{\Gamma} / E_{\Gamma} \quad (6.3)$$

де Ток це строк окупності геліоустановки, років; K_{Γ} це капітальні витрати на встановлення сонячних колекторів, грн; E_{Γ} це річна економія коштів за рахунок заміщення традиційного палива, грн/рік.

Підставляємо значення:

$$\text{Ток} = 221000 / 56620 = 3,9 \text{ року.}$$

Отже, строк окупності геліоводонагрівної установки становить 3,9 року. Такий результат є прийнятним для енергозберігаючих систем, оскільки після завершення періоду окупності установка забезпечуватиме подальше зменшення витрат на паливо та гаряче водопостачання.

Результати техніко-економічного розрахунку підтверджують доцільність застосування обох енергоощадних рішень. Сонячна електростанція має коротший строк окупності, оскільки заміщує дорогу електричну енергію. Геліоводонагрівна установка має більший строк окупності, однак забезпечує економію палива, зменшує навантаження на традиційні джерела теплоти та підвищує автономність системи гарячого водопостачання телятника.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У випускній бакалаврській роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності та надійності інженерного забезпечення телятника шляхом застосування сонячної теплової установки, сонячної електричної станції та комплексу технічних заходів з електрифікації виробничих процесів.

У роботі наведено характеристику основних будівельних і технологічних показників тваринницького приміщення. Проаналізовано умови утримання тварин, вимоги до мікроклімату, теплопостачання, вентиляції, освітлення, водопостачання та електропостачання. Для холодного періоду року складено тепловий баланс телятника з урахуванням роботи примусової припливно-витяжної вентиляції, що дало змогу оцінити потребу приміщення в тепловій енергії та визначити доцільність застосування додаткових енергозберігаючих рішень.

Розглянуто електрифікацію основних виробничих процесів тваринницької ферми. До них належать електроосвітлення, електропривод технологічного обладнання, вентиляція, прибирання гною, водопостачання, гаряче водопостачання та загальна система електропостачання. Обґрунтовано необхідність використання надійного електротехнічного обладнання, захисних апаратів, заземлення, блискавкозахисту та заходів електробезпеки.

Для забезпечення потреб телятника в гарячій воді виконано розрахунок сонячної теплової установки. Визначено необхідну площу поглинальної поверхні геліоколекторів, вибрано тип сонячного колектора та розраховано кількість колекторів. За результатами розрахунку прийнято використання 17 плоских сонячних колекторів Ensol ES2V/2,65 Al-Cu та бака-акумулятора об'ємом близько 3,6 м³. Така система дозволяє використовувати сонячну енергію для підігріву води та зменшити витрати традиційного палива.

Кількість зекономленого палива за рахунок використання геліоводонагрівної установки становить приблизно 3,8 т умовного палива на

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

рік. Умовне паливо приймається як паливо з теплотою згоряння 29,3 МДж/кг, що дає змогу порівнювати ефективність заміщення різних видів енергоресурсів. Отриманий показник підтверджує енергетичну доцільність застосування сонячної теплової установки для потреб гарячого водопостачання телятника.

Також у роботі виконано розрахунок сонячної електричної станції потужністю 50 кВт. Для її комплектування прийнято 147 фотоелектричних модулів потужністю 0,34 кВт кожен. Очікувана річна генерація електричної енергії становить близько 50 тис. кВт·год. За вартості електроенергії 10,18 грн/кВт·год річний економічний ефект становить приблизно 509 тис. грн.

За результатами техніко-економічного обґрунтування встановлено, що строк окупності сонячної електричної станції становить близько 1,7 року, а строк окупності геліоводонагрівної установки становить близько 3,9 року. Такі показники підтверджують економічну ефективність запропонованих рішень і можливість їх практичного застосування в умовах тваринницького господарства.

У роботі також розглянуто заходи з охорони праці, пожежної безпеки, санітарно-гігієнічного забезпечення приміщень ВРХ, грозозахисту повітряної лінії 0,38 кВ та безпечного виконання будівельно-монтажних робіт. Запропоновані заходи спрямовані на зменшення виробничих ризиків, захист працівників від ураження електричним струмом, запобігання пожежам, підтримання нормативного мікроклімату та створення безпечних умов утримання тварин.

Отже, запропоновані технічні рішення забезпечують підвищення енергоефективності телятника, зменшення витрат на електричну й теплову енергію, скорочення споживання традиційного палива та підвищення автономності господарства.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/555-15>
2. Про енергетичну ефективність : Закон України від 21.10.2021 № 1818-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1818-20>
3. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2019-19>
4. Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії : постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 312 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0312874-18>
5. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>
6. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17>
7. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15>
8. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників : наказ МВС України від 15.01.2018 № 25 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0225-18>

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

9. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1143-06>

10. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Мінпраці України від 09.01.1998 № 4 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093-98>

11. Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті : наказ Держгірпромнагляду України від 27.03.2007 № 62 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0573-07>

12. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017.
URL: <https://sies.gov.ua/storage/app/sites/4/uploaded-files/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE.%20%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B8%20%D0%9C%D1%96%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE/Nakaz%20476%20vid%2021.07.2017/stranitsy-iz-pue-skan1.pdf>

13. ДБН В.2.5-23:2025. Проектування електроустановок житлових будинків та громадських, адміністративно-побутових будівель і споруд. Київ : Мінінфраструктури України, 2025. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3728029580368283042?doc_type=2

14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

15. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2

16. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2012. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200385397578270089?doc_type=2

17. ДБН В.2.2-1:2024. Будівлі і споруди для тваринництва. Основні положення. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2024. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3530811256246110088

18. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства: комплекси, ферми, малі ферми. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2005. URL: https://www.lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Skotarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-01.05.pdf

19. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2016. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619

20. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

21. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90178

22. ДСТУ EN ISO 9806:2019. Енергія сонячна. Сонячні теплові колектори. Методи випробувань. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86651

23. ДСТУ EN IEC 61215-1:2022. Наземні фотоелектричні модулі. Атестація конструкції та схвалення типу. Частина 1. Вимоги до випробувань. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=105107

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

24. ДСТУ EN IEC 61730-1:2018. Визначення безпеки фотоелектричних модулів. Частина 1. Вимоги до конструкції. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96935

25. ДСТУ EN 62305-3:2021. Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель, споруд та небезпека для життя. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96752

26. Ensol. Solar collector ES2V/2,65S Al-Cu and ES2V/2,65B Al-Cu : technical data sheet. URL: <https://elmitra.lt/wp-content/uploads/2023/10/EN-ES2V265-Al-Cu.pdf>

27. JA Solar. JAM60S10 320-340/MR Series. 340 W MBB Half-Cell Module Mono : datasheet. URL: <https://www.jasolar.com/uploadfile/2019/1031/20191031104157948.pdf>

28. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 495 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2020/Kudrya_2012_492.pdf

29. Відновлювані джерела енергії : монографія / за ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 392 с. URL: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf

30. Братішко В. В., Ткаченко І. В., Шевченко І. А. Проектування технологічних процесів у тваринництві : підручник. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 292 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/42932049-2477-44e8-9f9e-d03b77eb585e/content>

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.015.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91