

**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 систем
енергоспоживання корівника фермерського господарства"**

Спеціальність 141 „Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Гарант освітньої програми

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

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент Усенко С.М.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Коваль В.В.
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік графічних документів:

Лист 1. Принципова електрична схема керування освітленням у функції освітленості.

Лист 2. Схема підключення частотного перетворювача.

Лист 3. Принципова електрична схема керування двошвидкісним електродвигуном вентиляційної установки.

Дата видачі завдання _____ 31 жовтня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Усенко С.М.**
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ **Коваль В.В.**
(підпис) (ПІБ)

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	8
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ КОРІВНИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	12
1.1. Стан функціонування та енергоспоживання тваринницьких об'єктів в Україні	14
1.1.1. Основні електроспоживачі корівника	17
1.2. Аналіз проектів з енергоефективності та джерел їх фінансування для корівників фермерських господарств	19
1.2.1. Огляд сучасних енергоефективних технічних рішень для систем енергоспоживання корівника	22
1.3. Аналіз нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення впровадження систем енергетичного менеджменту в корівниках фермерських господарств	24
Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ КОРІВНИКА	28
2.1. Опис об'єкта дослідження	28
2.2. Розрахунок електричних навантажень та споживання електроенергії корівника	29
2.3. Система обліку на підприємстві	29
2.4. Аналіз втрат електроенергії та шляхи їх зниження в системі енергоспоживання корівника	30
Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА	33

3.1. Проектне рішення з модернізації системи освітлення корівника	33
3.2. Проектне рішення з модернізації електроприводів технологічного обладнання	35
3.3. Проектне рішення з автоматизації системи мікроклімату корівника	37
Висновки до розділу 3	39
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА	43
4.1. Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини	43
4.2. Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання	44
4.3. Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії оточуючого середовища	45
4.4. Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигун	46
4.5. Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми	48
4.6. Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час пуску	49
4.7 Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну	50
4.8 Розробка схеми керування електродвигуном установки	50
4.9 Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматичного керування, а також вибір електропроводок	50
4.10 Перелік вибраного електрообладнання	52
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	54
5.1. Вартість модернізації систем енергоспоживання корівника	54
5.2. Розрахунок річної економії електроенергії	55
5.3. Розрахунок економії коштів за рік	56
5.4. Розрахунок строку окупності	57

5.5. Оцінка економічної доцільності проєкту	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

РЕФЕРАТ

В умовах постійного зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів та значного рівня їх споживання в аграрному секторі особливої важливості набуває питання підвищення енергоефективності тваринницьких об'єктів, зокрема корівників фермерських господарств. Неефективне використання електроенергії та теплових ресурсів призводить до збільшення експлуатаційних витрат і зниження економічної ефективності виробництва продукції тваринництва. Одним із дієвих підходів до вирішення цієї проблеми є впровадження систем енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародних стандартів, зокрема ISO 50006, що передбачають визначення базових рівнів енергоспоживання як основи для оцінки та контролю ефективності використання енергії.

Метою роботи є розроблення проектних рішень щодо підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства на основі аналізу режимів роботи електрообладнання та впровадження енергоощадних технологій.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

1. Виконано аналіз технологічних процесів та систем енергоспоживання корівника.
2. Проведено оцінку фактичного рівня енергоспоживання об'єкта.
3. Визначено основні джерела втрат електроенергії.
4. Розроблено комплекс енергоефективних заходів та обґрунтовано їх доцільність.
5. Виконано оцінку економічної ефективності запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процеси енергоспоживання корівника фермерського господарства.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є методи та технічні рішення підвищення енергоефективності систем електроспоживання тваринницьких приміщень.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема:

- методи аналізу та узагальнення для оцінки структури енергоспоживання;
- розрахункові методи для визначення електричних навантажень;
- методи математичної статистики та обробки даних для оцінки ефективності запропонованих заходів;
- техніко-економічний аналіз для обґрунтування доцільності впровадження рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в удосконаленні підходів до оцінювання та підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника шляхом комплексного врахування режимів роботи електрообладнання та впровадження сучасних енергоощадних технологій.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування запропонованих рішень для зниження енергоспоживання корівників фермерських господарств, оптимізації роботи електрообладнання та зменшення експлуатаційних витрат. Отримані результати можуть бути використані для організації моніторингу енергоспоживання, впровадження систем енергоменеджменту та підвищення загальної ефективності функціонування тваринницьких об'єктів.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЕНМ – система енергетичного менеджменту

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

БРЕ – базовий рівень енергоспоживання

ВВ – вимірювання та верифікація

ВВП – валовий внутрішній продукт

ДСТУ – Державний стандарт України

ЕА – енергетичний аудит

ЕнВ – енерговикористання

ЗЕЕ – захід з енергоефективності

ЗПЕ – захід з підвищення енергетичної ефективності

КВПіА – контрольно-вимірювальні прилади та автоматика

МЕА – Міжнародне енергетичне агентство

МСП – малі та середні підприємства

НААУ – Національне агентство з акредитації України

НД – нормативний документ

ОЕС – об'єднана енергетична система

ПДВ – податок на додану вартість

ПЕЕ – показники енергоефективності

ПЕС – питоме енергоспоживання

ПрЕнЗ – проєкт з енергозбереження

СВЕ – суттєве енергоспоживання

ТУ – технічні умови

EnMS – Energy Management System

GEF – Global Environmental Facility

ISO – International Organization for Standardization

OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series

PDCA – Plan–Do–Check–Act

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У даній роботі виконано аналіз функціонування систем енергоспоживання корівника фермерського господарства з урахуванням особливостей технологічних процесів утримання великої рогатої худоби. Досліджено структуру споживання енергоресурсів, зокрема електричної енергії, що використовується для освітлення, вентиляції, роботи доїльного обладнання, систем водопостачання та інших технологічних потреб. Проведено оцінку існуючого рівня енергоефективності та розглянуто діючі підходи до моніторингу і контролю енергоспоживання.

Актуальність теми. Зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів та значна енергоємність тваринницьких об'єктів зумовлюють необхідність підвищення ефективності використання енергії у фермерських господарствах. Нераціональне енергоспоживання в корівниках призводить до збільшення витрат на утримання тварин та зниження економічної ефективності виробництва. Одним із сучасних інструментів вирішення цієї проблеми є впровадження систем енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародних стандартів, зокрема ISO 50006, які передбачають визначення базових рівнів енергоспоживання для подальшого контролю та оптимізації енергетичних витрат.

Метою роботи є розроблення проектних рішень щодо підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

1. Проведення аналізу технологічних процесів та структури енергоспоживання корівника.
2. Виконання оцінки фактичного рівня використання енергоресурсів.
3. Виявлення основних джерел енергетичних втрат.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Розроблення комплексу заходів з підвищення енергоефективності та їх техніко-економічне обґрунтування.

5. Визначення показників та критеріїв оцінки ефективності впроваджених рішень.

Об'єктом дослідження є процеси енергоспоживання корівника фермерського господарства.

Предметом дослідження є методи та технічні рішення підвищення енергоефективності систем електроспоживання тваринницьких приміщень.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема:

- аналітичні методи для дослідження структури енергоспоживання;
- розрахункові методи для визначення електричних навантажень;
- методи математичної статистики та обробки даних для оцінювання енергоефективності;
- методи оптимізації для вибору раціональних технічних рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в удосконаленні підходів до оцінки та підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника з урахуванням специфіки роботи технологічного обладнання та режимів його функціонування.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ КОРІВНИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1. Стан функціонування та енергоспоживання тваринницьких об'єктів в Україні

Сучасний аграрний сектор України функціонує в умовах зростання вартості енергоресурсів, що зумовлює необхідність підвищення ефективності їх використання, зокрема на тваринницьких фермах. Корівники фермерських господарств є енергоємними об'єктами, оскільки забезпечують безперервну роботу технологічних процесів, пов'язаних з утриманням великої рогатої худоби. За таких умов особливого значення набуває аналіз структури енергоспоживання та виявлення факторів, що негативно впливають на енергоефективність.

Функціонування корівника передбачає використання різноманітного електрообладнання, що забезпечує:

- освітлення приміщень;
- роботу вентиляційних систем;
- функціонування доїльного обладнання;
- подачу та підігрів води;
- роботу систем гноєвидалення.

Значна частина обладнання на більшості фермерських господарств є морально та фізично застарілою, що призводить до підвищених втрат електроенергії та збільшення експлуатаційних витрат. Водночас рівень автоматизації процесів залишається недостатнім, що ускладнює ефективне управління енергоспоживанням.

Аналіз технічного стану обладнання свідчить про високий рівень зношеності основних засобів, що безпосередньо впливає на енергетичні

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показники об'єкта. Подібно до загальноекономічних тенденцій, значна частина енергоспоживчого обладнання потребує модернізації або заміни. При цьому оновлення здійснюється повільними темпами через обмежені фінансові можливості фермерських господарств.

Основними проблемами, що впливають на енергоефективність корівників, є:

- високий рівень зношеності електрообладнання;
- значні втрати електроенергії в мережах та обладнанні;
- відсутність сучасних систем обліку та моніторингу енергоспоживання;
- недостатній рівень автоматизації технологічних процесів;
- обмежене впровадження енергоефективних технологій;
- висока вартість енергоресурсів.

Таблиця 1.1.

PEST-аналіз умов функціонування корівника фермерського господарства

Економічні фактори	Соціальні фактори
– нерозвиненість ринкової інфраструктури	– мотивація персоналу машинобудівних підприємств
– відсутність сталих продаж та тривалих підрядних коопераційних зв'язків	– скорочення працездатного населення
– високий рівень інфляції	– зниження привабливості праці у машинобудуванні
– відсутність фахових менеджерів	– відтік кваліфікованих працівників
– недостатній обсяг основних та обігових активів у підприємств	
– падіння споживчого попиту	
– високий рівень цін на продукцію	
– висока вартість кредитних ресурсів	
– високий рівень витрат	
– недостатній обсяг інвестицій	
– низька рентабельність виробництва	

Політичні фактори	Технологічні фактори
– нестабільність політико-економічного становища України	– недостатній вплив держави на девелопмент високотехнологічних галузей промисловості та відсутність стратегії сталого розвитку
– відсутність дієвої системи правового регулювання	– низький рівень фундаментальних та науково-практичних досліджень
– необхідність дотримуватись норм СОТ у зовнішньоекономічній діяльності підприємств	– значне зношування активної частини основних фондів
– війна України з Росією	– незадовільна якість продукції
– Інше	– відсутність інноваційних розробок, надмірні енерговитрати

➤ Економічні фактори:

- зростання тарифів на електроенергію;
- обмежений доступ до фінансових ресурсів;
- високі експлуатаційні витрати;
- низький рівень інвестицій у модернізацію;

➤ Соціальні фактори:

- дефіцит кваліфікованого персоналу;
- низький рівень підготовки у сфері енергоменеджменту;
- зниження привабливості праці у сільському господарстві;

➤ Політичні фактори:

- нестабільність економічної ситуації;
- необхідність дотримання нормативних вимог;
- вплив воєнних дій на інфраструктуру;

➤ Технологічні фактори:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застарілість обладнання;
- низький рівень автоматизації;
- недостатнє впровадження енергоощадних технологій;
- відсутність систем енергетичного моніторингу.

Таким чином, аналіз умов функціонування корівників фермерських господарств дозволяє визначити основні фактори, що впливають на рівень енергоспоживання. Встановлено, що ключовими стримуючими чинниками є технічна зношеність обладнання, недостатній рівень автоматизації та відсутність системного підходу до управління енергоресурсами. Це обумовлює необхідність розроблення та впровадження проектних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності.

1.1.1. Основні електроспоживачі корівника

Функціонування сучасного корівника фермерського господарства безпосередньо залежить від надійної та безперебійної роботи систем електроспоживання, які забезпечують належні умови утримання тварин, підтримання технологічних процесів та санітарно-гігієнічних норм. До основних споживачів електричної енергії у корівнику належать системи освітлення, вентиляції, водопостачання, доїльне обладнання, системи підігріву води та автоматизованого керування мікрокліматом.

Одним із ключових електроспоживачів є система освітлення, яка забезпечує необхідний рівень освітленості в приміщенні корівника впродовж доби. Якісне освітлення є важливим фактором для підтримання продуктивності тварин, їх фізіологічного стану та безпечної роботи обслуговуючого персоналу. Найбільш доцільним є використання сучасних світлодіодних світильників, які характеризуються низьким рівнем енергоспоживання та тривалим терміном експлуатації.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливе місце в структурі електроспоживання займає система вентиляції та витяжки, призначена для підтримання нормативних параметрів температури, вологості та повітрообміну в приміщенні. Робота вентиляторів та витяжних установок особливо актуальна в літній період, коли необхідно запобігти перегріванню тварин та накопиченню шкідливих газів, зокрема аміаку та вуглекислого газу.

До значних споживачів електроенергії належить доїльне обладнання, яке забезпечує автоматизацію процесу доїння та підвищує ефективність роботи фермерського господарства. Таке обладнання включає вакуумні насоси, електроприводи та системи керування, які працюють у циклічному режимі протягом доби.

Не менш важливими є насоси системи водопостачання, що забезпечують подачу води для напування тварин, миття обладнання та санітарної обробки приміщень. У разі використання автоматичних поїлок навантаження на насосне обладнання може бути постійним або періодичним залежно від режиму експлуатації.

До складу систем енергоспоживання також входять нагрівачі води, які використовуються для підготовки теплої води для господарських потреб, санітарної обробки доїльного обладнання та підтримання гігієнічних вимог у зимовий період.

Окрему групу електроспоживачів становить автоматика системи мікроклімату, яка включає датчики температури, вологості, рівня газів, а також контролери керування вентиляцією, освітленням та обігрівом. Використання автоматизованих систем дозволяє значно підвищити енергоефективність об'єкта за рахунок оптимізації режимів роботи обладнання та зниження непродуктивних витрат електроенергії.

Таким чином, структура електроспоживання корівника формується сукупністю основних технологічних систем, від ефективності роботи яких

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить не лише рівень енергоспоживання, але й продуктивність фермерського господарства в цілому.

1.2. Аналіз проектів з енергоефективності та джерел їх фінансування для корівників фермерських господарств

Необхідність впровадження заходів з енергоефективності в Україні закріплена на законодавчому рівні. Відповідно до чинних нормативно-правових актів, енергетика та раціональне використання енергоресурсів визначаються як пріоритетні напрями розвитку держави. Зокрема, передбачено впровадження енергоощадних технологій, використання альтернативних джерел енергії та підвищення ефективності енергоспоживання в усіх галузях економіки, включаючи сільське господарство.

Основним документом, що регулює питання енергозбереження, є Закон України «Про енергозбереження», який визначає його як діяльність, спрямовану на раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів із застосуванням технічних, економічних та організаційних заходів. Додатково питання енергоефективності регламентуються іншими нормативними актами, що стосуються екологічної політики, альтернативної енергетики та стимулювання інвестицій у модернізацію енергетичних систем.

Для корівників фермерських господарств підвищення енергоефективності є особливо актуальним, оскільки ці об'єкти характеризуються постійним та нерівномірним енергоспоживанням. Основними напрямками впровадження енергоефективних рішень є модернізація освітлення, застосування енергоощадного вентиляційного обладнання, використання частотних перетворювачів для електродвигунів, а також впровадження відновлюваних джерел енергії.

Одним із ключових факторів реалізації енергоефективних проектів є їх фінансування. Джерелами фінансування можуть бути:

- ✓ власні кошти фермерських господарств;
- ✓ кредитні ресурси банківських установ;
- ✓ державні та місцеві програми підтримки;
- ✓ міжнародні гранти та інвестиції.

На практиці значна частина фермерських господарств має обмежені фінансові можливості, що ускладнює впровадження енергоефективних заходів. Тому кредитування та залучення зовнішніх інвестицій є важливими інструментами реалізації таких проектів.

Відповідно до енергетичної стратегії України, держава повинна створювати сприятливі умови для інвестування, зокрема шляхом формування стабільного регуляторного середовища, впровадження економічно обґрунтованих тарифів та стимулювання використання енергоефективних технологій. При цьому основна частка інвестицій має надходити з приватного сектору та міжнародних джерел.

Енергозбереження в тваринницьких приміщеннях розглядається як важливий елемент підвищення економічної ефективності господарств та зменшення негативного впливу на довкілля. Інвестиції в енергоефективні заходи можна розглядати як екологічно орієнтовані, оскільки вони сприяють зниженню споживання енергоресурсів і скороченню викидів.

Важливим етапом впровадження енергоефективних рішень є оцінка їх ефективності. Для цього доцільно використовувати методи багатокритеріального аналізу, які дозволяють враховувати не лише економічні показники, але й технічні, екологічні та експлуатаційні фактори.

Концептуальна модель оцінювання ефективності інвестування в заходи енергоефективності може бути представлена у вигляді ієрархічної структури критеріїв (рисунк 1.1.).

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

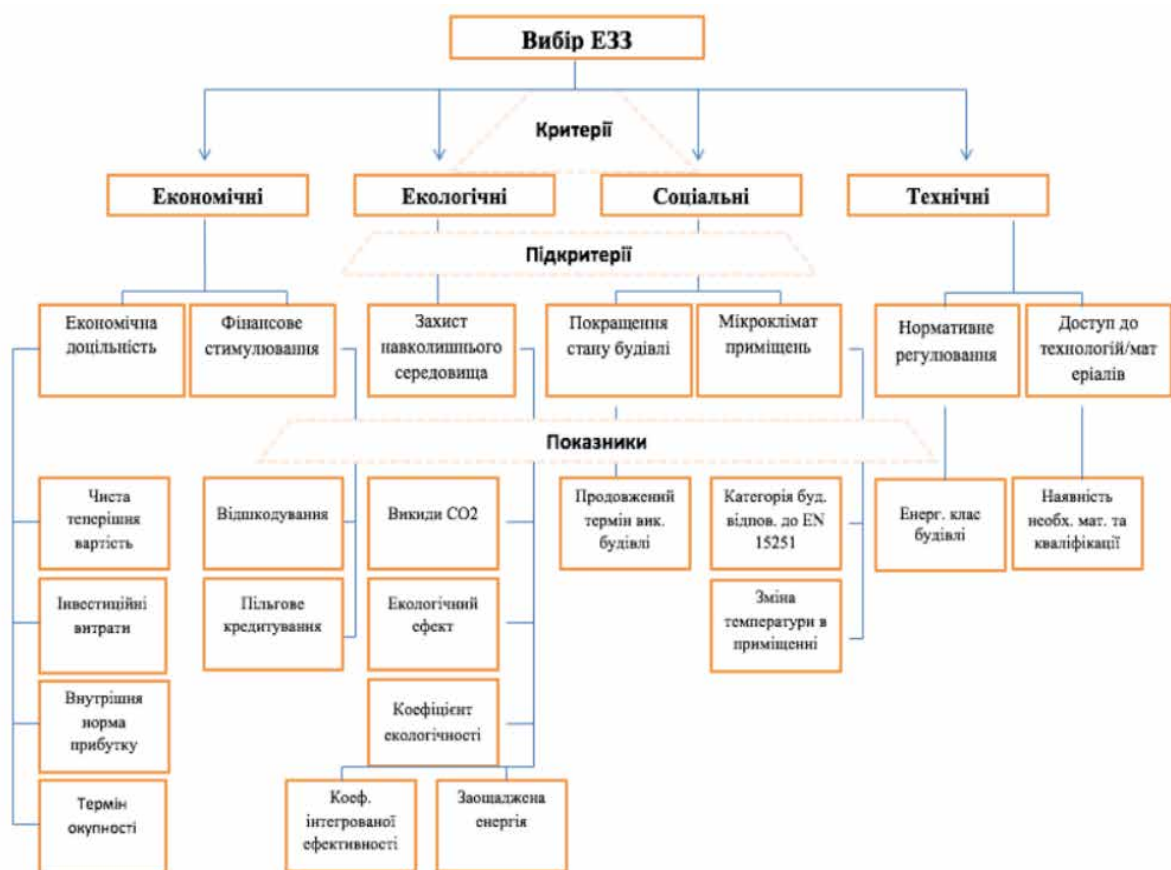


Рис. 1.1. Модель багатокритеріального оцінювання ефективності впровадження енергоефективних заходів у корівнику

Алгоритм реалізації такого підходу включає:

- формування мети оцінювання;
- визначення критеріїв та альтернатив;
- порівняння варіантів за обраними показниками;
- визначення вагомості критеріїв;
- вибір найбільш ефективного рішення;
- аналіз чутливості результатів.

Слід розрізняти економічно доцільні та фінансово привабливі проекти. Економічно доцільні заходи забезпечують зниження витрат енергоресурсів протягом усього періоду експлуатації, тоді як фінансово привабливі проекти

гарантують швидке повернення інвестицій. Найбільш ефективними є ті рішення, які поєднують обидві характеристики.

Впровадження енергоефективних заходів у корівниках потребує комплексного підходу, що включає технічні, економічні та організаційні рішення. Використання сучасних методів оцінки дозволяє обґрунтовано вибирати оптимальні варіанти модернізації та забезпечувати підвищення ефективності використання енергоресурсів.

Таким чином, реалізація проектів з підвищення енергоефективності в корівниках фермерських господарств є важливим напрямом розвитку аграрного сектору, що потребує належного фінансового забезпечення, державної підтримки та застосування сучасних методів аналізу і прийняття рішень.

1.2.1. Огляд сучасних енергоефективних технічних рішень для систем енергоспоживання корівника

Важливим напрямом підвищення енергоефективності корівників фермерських господарств є впровадження сучасних технічних рішень, спрямованих на зниження питомих витрат електроенергії, оптимізацію режимів роботи обладнання та автоматизацію технологічних процесів. Використання інноваційних енергоощадних технологій дозволяє не лише зменшити експлуатаційні витрати, але й забезпечити належні умови утримання тварин та підвищити продуктивність господарства.

Одним із найбільш ефективних рішень є застосування світлодіодного (LED) освітлення. У порівнянні з традиційними лампами розжарювання або люмінесцентними світильниками LED-системи характеризуються значно меншим споживанням електричної енергії, тривалим терміном служби та високою світловіддачею. Використання LED-освітлення дозволяє знизити витрати електроенергії на освітлення приміщення на 40–70 %, що є особливо важливим для корівників із цілодобовим або тривалим режимом освітлення.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суттєвий потенціал енергозбереження має використання частотних перетворювачів для електродвигунів, які застосовуються у вентиляційних установках, насосах водопостачання та доїльному обладнанні. Частотне регулювання дозволяє плавно змінювати швидкість обертання електродвигуна відповідно до фактичного навантаження, що значно зменшує споживання електроенергії та знижує механічний знос обладнання. Для вентиляторів і насосів економія електроенергії може досягати 20–50 % залежно від режиму експлуатації.

Важливим сучасним рішенням є встановлення датчиків руху та освітленості, які забезпечують автоматичне вмикання та вимикання освітлення залежно від присутності персоналу та рівня природного освітлення. Це особливо доцільно для допоміжних приміщень, коридорів, складських зон та технічних кімнат, де постійне освітлення не є необхідним.

Значний ефект дає автоматичне керування системою вентиляції на основі показників температури, вологості та концентрації шкідливих газів. Установлення датчиків мікроклімату та програмованих контролерів дозволяє регулювати роботу вентиляторів залежно від фактичних умов у приміщенні. Це забезпечує підтримання оптимального середовища для утримання тварин та знижує непродуктивне споживання електроенергії.

Перспективним рішенням для підвищення загальної енергоефективності є використання систем теплоутилізації. Такі системи дозволяють використовувати надлишкове тепло, що виділяється обладнанням або вентиляційним повітрям, для попереднього підігріву води чи повітря в приміщенні. Особливо ефективним є використання рекуператорів тепла у вентиляційних системах, що дозволяє суттєво зменшити витрати на опалення в холодний період року.

Крім того, до сучасних технічних рішень належить впровадження автоматизованих систем диспетчеризації та моніторингу енергоспоживання,

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які забезпечують постійний контроль навантажень, облік споживання електроенергії та виявлення неефективних режимів роботи обладнання.

Таким чином, застосування сучасних енергоефективних технічних рішень у системах енергоспоживання корівника дозволяє значно знизити витрати електроенергії, підвищити економічну ефективність фермерського господарства та забезпечити раціональне використання енергетичних ресурсів.

1.3. Аналіз нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення впровадження систем енергетичного менеджменту в корівниках фермерських господарств

Система енергетичного менеджменту (СЕНМ), що впроваджується відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001, базується на принципі безперервного вдосконалення, який реалізується через цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act) — «плануй – виконуй – перевіряй – вдосконалюй». Застосування цього підходу дозволяє системно керувати процесами енергоспоживання та поступово підвищувати рівень енергоефективності об'єкта.

У межах фермерського господарства СЕНМ інтегрується в загальну систему управління та охоплює всі технологічні процеси корівника, пов'язані зі споживанням енергоресурсів. Основні елементи системи, зокрема енергетична політика та цілі, формуються на рівні управління господарством і повинні бути доступними для персоналу. Реалізація заходів покладається на відповідальних осіб, що забезпечує контроль та координацію процесів енергоспоживання.

Для впровадження СЕНМ у корівнику необхідно дотримуватись послідовності етапів, серед яких:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) формування енергетичної політики та визначення цілей енергоефективності;
- 2) розроблення програми підвищення енергоефективності;
- 3) визначення відповідальних осіб або створення функції енергоменеджменту;
- 4) впровадження системи обліку та моніторингу енергоспоживання;
- 5) розроблення внутрішніх регламентів і процедур;
- 6) навчання персоналу основам раціонального використання енергії;
- 7) проведення внутрішнього енергетичного аудиту;
- 8) оцінка результатів та вдосконалення системи.

Впровадження СЕНМ може здійснюватися як власними силами господарства, так і за участю зовнішніх спеціалістів. У разі відсутності досвіду доцільно залучати консультантів, що дозволяє уникнути помилок і прискорити процес впровадження. Важливим фактором при виборі консультантів є їх практичний досвід у сфері енергоефективності та знання стандартів серії ISO 50000.

Стандарт ISO 50004:2014 містить практичні рекомендації щодо створення, впровадження та вдосконалення СЕНМ і може застосовуватись до об'єктів будь-якого типу, включаючи тваринницькі приміщення. При цьому система повинна бути максимально простою та адаптованою до умов конкретного господарства.

Важливим елементом СЕНМ є визначення меж та області застосування системи. У випадку корівника це означає врахування всіх основних споживачів енергії: освітлення, вентиляції, електродвигунів технологічного обладнання та допоміжних систем. З часом межі системи можуть змінюватися відповідно до модернізації об'єкта або впровадження нових технологій.

Стандарт ISO 50006:2014 регламентує підходи до формування показників енергоефективності (ПЕЕ) та базових рівнів енергоспоживання

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(БРЕ). Ці показники дозволяють оцінювати ефективність використання енергії та визначати результати впроваджених заходів.

Показники енергоефективності є кількісною характеристикою рівня споживання енергії, тоді як базовий рівень використовується як орієнтир для порівняння змін у часі. Використання ПЕЕ та БРЕ дає можливість:

- контролювати енергоспоживання;
- оцінювати ефективність впроваджених рішень;
- визначати обсяг досягнутої економії енергоресурсів.

Стандарт ISO 50015:2014 визначає підходи до вимірювання та верифікації (ВВ) результатів підвищення енергоефективності. Застосування цього стандарту дозволяє забезпечити достовірність отриманих даних і підвищити рівень довіри до результатів впровадження енергоефективних заходів.

Методи вимірювання та верифікації можуть застосовуватись незалежно від типу енергоресурсів і масштабу об'єкта. Для корівників це особливо важливо, оскільки дозволяє оцінити ефективність роботи окремих систем і обладнання.

Таким чином, нормативно-технічна база забезпечує необхідні інструменти для впровадження систем енергетичного менеджменту та підвищення енергоефективності корівників фермерських господарств.

Висновки до розділу 1

Проведений аналіз показав, що корівники фермерських господарств є енергоємними об'єктами, ефективність функціонування яких значною мірою залежить від рівня організації систем енергоспоживання.

Встановлено, що впровадження систем енергетичного менеджменту є одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності. Реалізація

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СЕНМ передбачає поетапне впровадження організаційних та технічних заходів, серед яких:

- розроблення енергетичної політики;
- впровадження системи моніторингу енергоспоживання;
- навчання персоналу;
- проведення енергетичного аудиту;
- постійне вдосконалення системи управління.

Нормативна база, представлена стандартами ISO 50001, ISO 50004, ISO 50006 та ISO 50015, забезпечує методичну основу для оцінювання, контролю та підвищення енергоефективності.

Застосування сучасних підходів до управління енергоспоживанням дозволяє знизити витрати енергоресурсів, підвищити ефективність роботи обладнання та забезпечити економічну доцільність функціонування корівника.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ КОРІВНИКА

2.1. Опис об'єкта дослідження

Для проведення аналізу систем енергоспоживання було обрано корівник фермерського господарства, який використовується для утримання великої рогатої худоби молочного напрямку. Об'єкт дослідження є типовим для сучасних фермерських господарств аграрного сектору та характеризується цілодобовим режимом функціонування.

Корівник призначений для утримання 100 голів великої рогатої худоби, що обумовлює підвищені вимоги до надійності систем електропостачання, вентиляції, освітлення, водопостачання та автоматизованого контролю мікроклімату.

Конструктивно приміщення включає основну зону утримання тварин, зону годівлі, проходи для обслуговуючого персоналу, приміщення доїльного обладнання, технічне приміщення та допоміжні господарські зони.

Технологічний процес експлуатації корівника передбачає безперервне забезпечення необхідних умов утримання тварин, а саме:

- нормативного рівня освітленості;
- необхідного повітрообміну;
- стабільної температури та вологості;
- безперебійного водопостачання;
- функціонування доїльного обладнання;
- автоматичного контролю параметрів мікроклімату.

У процесі функціонування корівника використовуються такі основні види енергоресурсів:

- о електрична енергія – для живлення систем освітлення, вентиляції, насосів, автоматики та доїльного обладнання;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- о теплова енергія – для підтримання необхідного температурного режиму в холодний період року;
- о вода – для напування тварин, миття обладнання та санітарної обробки приміщення.

Найбільш енергоємними системами корівника є:

- система вентиляції та витяжки;
- система освітлення;
- насоси водопостачання;
- доїльна установка;
- система підігріву води;
- автоматика мікроклімату.

Особливістю об'єкта є нерівномірний характер енергоспоживання протягом доби та сезонна залежність навантажень. У зимовий період суттєво зростає навантаження на системи опалення та вентиляції, тоді як у літній період збільшується споживання електроенергії вентиляційним обладнанням для підтримання допустимого температурного режиму.

Значна частка енергоспоживання припадає на вентиляційні установки та системи автоматичного регулювання мікроклімату, що робить саме ці підсистеми основним об'єктом для розроблення проєктних рішень з підвищення енергоефективності.

Таким чином, обраний об'єкт дослідження є репрезентативним прикладом корівника фермерського господарства, для якого доцільним є впровадження сучасних технічних та організаційних заходів з підвищення енергоефективності систем енергоспоживання.

2.2. Розрахунок електричних навантажень та споживання електроенергії корівника

Одним із ключових етапів проєктування системи енергоспоживання корівника фермерського господарства є визначення електричних

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантажень основного технологічного обладнання. Правильний розрахунок навантажень дозволяє обґрунтувати вибір елементів системи електропостачання, оцінити добове та річне споживання електроенергії, а також визначити потенціал підвищення енергоефективності.

Основними споживачами електроенергії у корівнику є система освітлення, вентиляційне обладнання, насоси водопостачання, доїльні установки, системи нагріву води та автоматика мікроклімату.

Для визначення добового споживання електроенергії виконаємо розрахунок за формулою:

$$W=P \cdot n \cdot t$$

де:

PPP – потужність одного споживача, кВт;

nnn – кількість одиниць обладнання;

ttt – час роботи за добу, год.

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Розрахунок електричних навантажень корівника

Споживач	Потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год/добу	Добове споживання, кВт·год
LED освітлення	0,05	20	12	12
Вентилятори	1,5	4	10	60
Насос водопостачання	2,2	1	5	11
Доїльна установка	3,0	1	4	12
Нагрівач води	2,5	1	3	7,5
Система автоматики	0,3	1	24	7,2

Сумарне добове споживання електроенергії визначається як сума споживання всіх споживачів:

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n W_i$$

$$W_{\Sigma} = 12 + 60 + 11 + 12 + 7.5 + 7.2 = 109.7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, добове споживання електроенергії становить 109,7 кВт·год.

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

$$W_{\text{річ}} = W_{\Sigma} \cdot 365$$

$$W_{\text{річ}} = 109.7 \cdot 365 = 40040.5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отже, орієнтовне річне споживання електроенергії корівника становить 40 040,5 кВт·год.

Аналіз структури споживання показує, що найбільшу частку електроенергії використовує вентиляційне обладнання – близько 54,7 %, що пояснюється тривалим режимом його роботи та значною встановленою потужністю. Друге місце займають системи освітлення та доїльне обладнання.

Такий розподіл навантажень свідчить, що найбільший потенціал енергозбереження мають саме системи вентиляції та освітлення, модернізація яких може забезпечити найбільший економічний ефект.

2.3. Система обліку на підприємстві

З автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) були отримані погодинні значення електричного навантаження підприємства за 19 липня 2018 р. та 15 листопада 2024 р.

Аналіз графіків електричного навантаження показує, що:

- у літній період (19.07.2024р.) навантаження є значно нижчим і більш рівномірним;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у зимовий період (15.11.2024р.) спостерігається суттєве зростання навантаження, що пов'язано з додатковими витратами енергії на опалення та технологічні процеси.

Максимальні значення навантаження припадають на робочі години (9:00–16:00), що відповідає піковій виробничій активності підприємства.

На підприємстві встановлена система комерційного обліку енергоресурсів, яка забезпечує контроль споживання:

- електричної енергії (активної та реактивної);
- природного газу;
- води.

Облік здійснюється за допомогою сучасних приладів обліку, встановлених у ключових вузлах енергоспоживання (підстанції, розподільчі пункти, виробничі цехи). Це дозволяє:

- отримувати достовірні дані про споживання;
- аналізувати енергетичні потоки;
- виявляти втрати та неефективне використання ресурсів.

Таким чином, на підприємстві створено базову систему енергомоніторингу, яка є необхідною умовою для впровадження заходів з підвищення енергоефективності.

2.4. Аналіз втрат електроенергії та шляхи їх зниження в системі енергоспоживання корівника

Важливим етапом дослідження системи енергоспоживання корівника фермерського господарства є аналіз втрат електроенергії, які виникають у процесі експлуатації обладнання та систем електропостачання. Втрати електроенергії безпосередньо впливають на собівартість утримання тварин, експлуатаційні витрати господарства та загальну енергоефективність об'єкта.

Основними джерелами втрат електроенергії в корівнику є:

- втрати в кабельних лініях та електропроводці;

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- неефективна робота електродвигунів;
- надлишкова робота систем освітлення;
- непродуктивна робота вентиляційного обладнання;
- втрати в системах нагріву води;
- втрати, пов'язані з недосконалим режимом автоматичного керування.

Втрати в електричних мережах виникають унаслідок активного опору провідників та визначаються за формулою:

$$\Delta P = I^2 R$$

де:

ΔP – втрати потужності, Вт;

I – сила струму, А;

R – опір провідника, Ом.

Найбільші втрати можуть виникати при використанні кабельних ліній недостатнього перерізу або за наявності значної довжини мережі між ввідним щитом і основними споживачами.

Суттєву частку втрат формують електродвигуни вентиляційних установок та насосів, особливо у випадках їх роботи в режимах часткового навантаження. При роботі двигуна на повній швидкості за неповного фактичного навантаження споживається надлишкова електроенергія, що знижує загальну ефективність системи.

Значні непродуктивні витрати виникають у системі освітлення, якщо світильники працюють постійно незалежно від рівня природного освітлення або присутності персоналу. Особливо це стосується допоміжних приміщень, коридорів, технічних зон та проходів.

Окрему групу втрат становить неефективна робота систем вентиляції, коли вентилятори функціонують у безперервному режимі без урахування

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реальних параметрів мікроклімату. У такому випадку електроенергія витрачається навіть за відсутності необхідності інтенсивного повітрообміну.

Для зниження втрат електроенергії доцільно впровадити комплекс технічних та організаційних заходів.

До основних шляхів зниження втрат належать:

- заміна кабельних ліній на провідники оптимального перерізу;
- використання LED-освітлення;
- встановлення датчиків руху та освітленості;
- застосування частотних перетворювачів;
- автоматизація системи вентиляції;
- оптимізація режимів роботи нагрівального обладнання;
- впровадження систем моніторингу споживання електроенергії.

Особливо ефективним рішенням є використання частотних перетворювачів, що дозволяє регулювати швидкість обертання вентиляторів та насосів відповідно до фактичного навантаження.

Економія електроенергії при цьому може бути оцінена за формулою:

$$\eta = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100\%$$

де:

W1 – споживання до модернізації;

W2 – після модернізації.

За попередніми оцінками, впровадження запропонованих заходів дозволить знизити загальне споживання електроенергії корівника на 15–25 %, що суттєво підвищить економічну ефективність функціонування фермерського господарства.

Таким чином, проведений аналіз показує, що найбільший потенціал зниження втрат електроенергії мають системи вентиляції, освітлення та електроприводи насосного обладнання. Їх модернізація є доцільною та економічно обґрунтованою.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

Проведений аналіз енергоспоживання підприємств машинобудівної галузі показав, що основним енергоресурсом є електроенергія, частка якої становить понад 50 %. Значна частина енергії також припадає на природний газ, деревину та вугілля.

Встановлено, що:

- найбільшими споживачами електроенергії є процеси механічної обробки металу (41,3 %), термічної обробки (18,2 %) та компресорне обладнання (15,5 %);
- основна частка споживання теплової енергії припадає на опалення та гаряче водопостачання (понад 60 %).

Аналіз системи обліку показав, що підприємство оснащено необхідними приладами контролю енергоресурсів, що дозволяє здійснювати ефективний моніторинг та аналіз споживання.

Визначено, що найбільш перспективними заходами з підвищення енергоефективності є:

- впровадження частотно-регульованих приводів;
- оптимізація роботи котельного обладнання;
- модернізація систем електропостачання.

Реалізація зазначених заходів дозволить зменшити енергоспоживання, скоротити витрати підприємства та підвищити рівень енергоефективності виробництва.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Проєктне рішення з модернізації системи освітлення корівника

Одним із основних напрямів підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства є модернізація системи освітлення. Проведений аналіз структури електричних навантажень показав, що освітлення займає значну частку у загальному добовому споживанні електроенергії, особливо в осінньо-зимовий період, коли тривалість природного освітлення зменшується.

Існуючі системи освітлення, побудовані на основі ламп розжарювання або застарілих люмінесцентних світильників, характеризуються підвищеним рівнем споживання електроенергії, значними втратами потужності та відносно невеликим терміном служби. У зв'язку з цим доцільним є впровадження сучасної системи освітлення на базі світлодіодних світильників.

Проєктним рішенням передбачається заміна існуючих світильників на LED-світильники потужністю 50 Вт, що забезпечують достатній рівень освітленості при значно меншому енергоспоживанні.

Для розрахунку встановленої потужності системи освітлення використовується формула:

$$P_{\text{осв}} = P_1 \cdot n$$

де:

P_1 – потужність одного світильника, кВт;

n – кількість світильників.

При кількості 20 світильників:

$$P_{\text{осв}} = 0.05 \cdot 20 = 1.0 \text{ кВт}$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, встановлена потужність модернізованої системи освітлення становить 1,0 кВт.

Добове споживання електроенергії системою освітлення визначається за формулою:

$$W_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot t$$

За тривалості роботи 12 годин:

$$W_{\text{осв}} = 1.0 \cdot 12 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для порівняння, при використанні старих ламп потужністю 100 Вт встановлена потужність становила б:

$$P_{\text{стар}} = 0.1 \cdot 20 = 2.0 \text{ кВт}$$

Добове споживання:

$$W_{\text{стар}} = 2.0 \cdot 12 = 24 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, економія електроенергії становить:

$$\Delta W = W_{\text{стар}} - W_{\text{нов}}$$

$$\Delta W = 24 - 12 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відносна економія:

$$\eta = \frac{12}{24} \cdot 100 = 50\%$$

Отже, впровадження LED-освітлення забезпечує зниження споживання електроенергії на 50 %.

Додатковим заходом у межах запропонованого проєкту є впровадження системи автоматичного керування освітленням на основі датчиків руху та рівня природної освітленості. Для практичної реалізації цього рішення обрано промислові комбіновані датчики **Finder 18.A1.8.230.0000** з високим ступенем захисту оболонки (IP55), що гарантує їх надійну та тривалу роботу в специфічному середовищі тваринницького приміщення з підвищеним рівнем вологості та запиленості. Завдяки можливості гнучкого налаштування

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порогу спрацьовування фотоелемента (у діапазоні 5–1000 Лк) та інфрачервоного сенсора руху, ці пристрої забезпечують чітке автоматичне вмикання та вимикання освітлювальних приладів у технічних приміщеннях, проходах, складських та допоміжних зонах залежно від фактичної потреби. Це дозволяє скоротити непродуктивні витрати електроенергії та додатково зменшити її споживання на 10–15 %.

Крім економічного ефекту, модернізація системи освітлення позитивно впливає на умови утримання тварин, оскільки рівномірне освітлення сприяє стабільному фізіологічному режиму та підвищенню продуктивності.

Таким чином, запропоноване проєктне рішення є технічно доцільним та економічно ефективним і становить важливу складову підвищення загальної енергоефективності корівника.

3.2. Проєктне рішення з модернізації електроприводів технологічного обладнання

Важливим напрямом підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника є модернізація електроприводів основного технологічного обладнання. Найбільшими споживачами електроенергії серед електроприводів є вентиляційні установки, насоси водопостачання та приводи доїльного обладнання.

У процесі експлуатації значна частина електродвигунів працює в режимах неповного навантаження або з постійною швидкістю обертання незалежно від фактичної потреби. Це призводить до перевитрати електроенергії та зниження загальної енергоефективності об'єкта.

Для скорочення енергетичних витрат проєктом передбачається встановлення частотних перетворювачів серії **Altivar Machine ATV320** від **Schneider Electric** із захисним покриттям плат класу **3C3** для роботи в агресивному середовищі. Для вентиляційних установок потужністю **1,5 кВт**

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обрано перетворювач **ATV320U15N4B** та автоматичний вимикач захисту двигуна **GV2ME10**.

Використання частотного регулювання дозволяє плавно змінювати швидкість обертання двигуна залежно від фактичного навантаження та режиму роботи системи.

Потужність електроприводу визначається за формулою:

$$P = \frac{M\omega}{1000}$$

де:

M – крутний момент, Н·м;

ω – кутова швидкість, рад/с.

Для оцінки економії електроенергії при частотному регулюванні використовується залежність потужності вентилятора від швидкості обертання:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

де:

P1 – початкова потужність;

P2 – потужність після регулювання;

n1, n2 – швидкість обертання до та після модернізації.

Наприклад, при зниженні швидкості вентилятора на 20 %:

$$\frac{n_2}{n_1} = 0.8$$

тоді:

$$P_2 = P_1 \cdot 0.8^3 = P_1 \cdot 0.512$$

Отже, споживана потужність зменшується майже на **48,8 %**.

Для вентилятора потужністю 1,5 кВт нове навантаження становитиме:

$$P_2 = 1.5 \cdot 0.512 = 0.768 \text{ кВт}$$

Економія потужності:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P = 1.5 - 0.768 = 0.732 \text{ кВт}$$

За 10 годин роботи на добу добова економія становитиме:

$$\Delta W = 0.732 \cdot 10 = 7.32 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для чотирьох вентиляторів:

$$W = 7.32 \cdot 4 = 29.28 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, лише за рахунок модернізації вентиляційних електроприводів добова економія може становити 29,28 кВт·год.

Крім зниження споживання електроенергії, використання частотних перетворювачів забезпечує:

- плавний пуск двигуна;
- зменшення пускових струмів;
- зниження механічного зносу;
- збільшення строку служби обладнання;
- стабільну роботу систем.
- Модернізація насосного обладнання за аналогічним принципом дозволяє додатково зменшити навантаження в періоди часткового водоспоживання.

Таким чином, модернізація електроприводів є одним із найбільш ефективних проєктних рішень щодо підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника.

3.3. Проєктне рішення з автоматизації системи мікроклімату корівника

Одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства є автоматизація системи мікроклімату. Підтримання оптимальних параметрів температури, вологості, повітрообміну та концентрації газів у приміщенні є необхідною умовою для забезпечення комфортного утримання тварин, збереження їх продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У традиційних системах вентиляція, обігрів та освітлення часто працюють у постійному або ручному режимі, що призводить до непродуктивного споживання електроенергії. З метою усунення цих недоліків проєктним рішенням передбачається впровадження автоматизованої системи керування мікрокліматом на основі датчиків та програмованого логічного контролера.

До складу запроектованої системи входять:

- **Датчик температури та відносної вологості повітря:** комбінований промисловий трансмітер **S+S Regeltechnik AFTF-U**.
- **Датчик концентрації шкідливих газів:** стаціонарний газоаналізатор **Evikon E2638-NH3**.
- **Контролер керування:** програмований логічний контролер (ПЛК) **Schneider Electric Modicon M221**.
- **Виконавчі механізми:** частотні перетворювачі **ATV320U15N4B** для керування вентиляторами та магнітні пускачі кіл обігріву й освітлення.

Автоматизована система забезпечує безперервний моніторинг параметрів внутрішнього середовища та автоматичне регулювання режимів роботи обладнання залежно від фактичних умов.

Основним параметром керування є температура повітря в приміщенні. Для її контролю використовується принцип автоматичного регулювання:

$$e(t) = T_{\text{зад}} - T_{\text{факт}}$$

де:

$T_{\text{зад}}$ – задана температура;

$T_{\text{факт}}$ – фактична температура;

$e(t)$ – сигнал відхилення.

При перевищенні допустимого значення температури система автоматично збільшує швидкість обертання вентиляторів за допомогою частотного регулювання, а при зниженні температури – зменшує її або активує систему обігріву.

Аналогічний принцип використовується для контролю вологості:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$e_{\varphi}(t) = \varphi_{\text{зад}} - \varphi_{\text{факт}}$$

де:

φ – відносна вологість повітря.

Застосування автоматичного керування дозволяє знизити тривалість роботи вентиляційного обладнання в періоди низького навантаження, що забезпечує значну економію електроенергії.

За попередніми розрахунками, зниження середнього часу роботи вентиляторів з 10 до 7 годин на добу дозволяє зекономити:

$$\Delta W = 1.5 \cdot 4 \cdot 3 = 18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де:

1,5 кВт – потужність одного вентилятора;

4 – кількість вентиляторів;

3 год – зменшення часу роботи.

Таким чином, добова економія електроенергії становить 18 кВт·год, а річна:

$$W_{\text{річ}} = 18 \cdot 365 = 6570 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Автоматизація системи мікроклімату також дозволяє знизити витрати на обігрів за рахунок більш точного регулювання температурного режиму.

Крім енергетичного ефекту, впровадження системи забезпечує:

- стабільний мікроклімат;
- зниження стресу тварин;
- підвищення молочної продуктивності;
- зменшення захворюваності;
- покращення санітарних умов.

Таким чином, автоматизація системи мікроклімату є важливим проєктним рішенням, яке забезпечує одночасно підвищення

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективності та технологічної ефективності функціонування корівника фермерського господарства.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи було розроблено та обґрунтовано комплекс проєктних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства. Зокрема, запропоновано модернізацію системи освітлення шляхом впровадження світлодіодних світильників, удосконалення електроприводів за рахунок використання частотних перетворювачів, а також автоматизацію системи мікроклімату.

Проведені розрахунки показали, що реалізація запропонованих заходів дозволяє суттєво знизити споживання електроенергії за рахунок оптимізації режимів роботи обладнання та зменшення непродуктивних втрат. Найбільший ефект досягається при модернізації вентиляційних систем та впровадженні автоматизованого керування.

Запропоновані проєктні рішення є технічно обґрунтованими, енергетично ефективними та придатними для практичного впровадження у фермерських господарствах. Їх реалізація сприятиме підвищенню економічної ефективності, покращенню умов утримання тварин та раціональному використанню енергетичних ресурсів.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

Розрахунок електропривода

Технічна характеристика вентилятора ВЦ-4-75-4

Продуктивність	2340 м³/год
Тиск	309 Па
n _н	1410 об/хв
ККД	0,791
Маса	74,3 кг

4.1 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини

Механічною характеристикою робочої машини називають залежність моменту статичних опорів, які вона створює, від кутової швидкості приводного валу.

Механічна характеристика робочої машини описується рівнянням:

$$M_C = M_0 + (M_{CH} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^X, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де: M_0 - початковий момент;

M_{CH} - момент статичних опорів при номінальній швидкості;

$\omega; \omega_H$ - задане і номінальне значення кутової швидкості.

$$M_{CH} = 9550 \frac{P_{Н.Р.М}}{n_{Н.Р.М}} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де: $P_{Н.Р.М}$ - номінальна потужність робочої машини, кВт;

$n_{Н.Р.М}$ - номінальна швидкість обертання робочої машини, об/хв.

Так як показник степеня $x=2$, то механічна характеристика робочої машини матиме вигляд:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

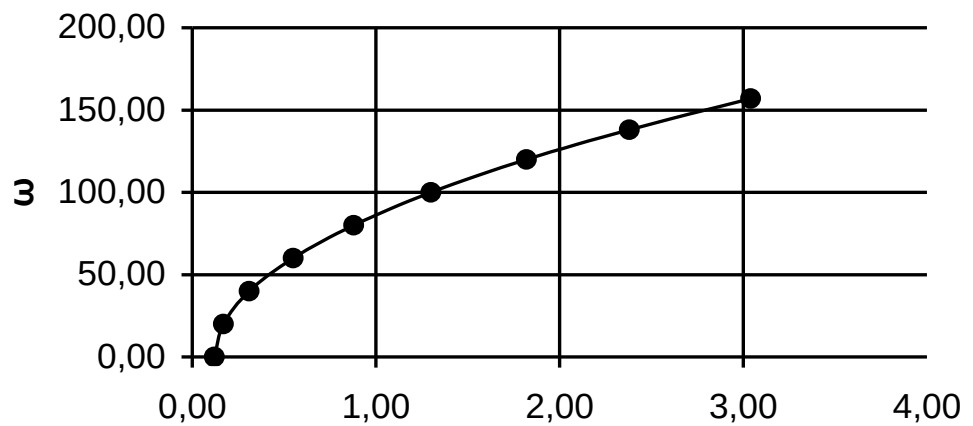


Рис. 3 Механічна характеристика ~~робочої~~ машини

4.2 Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання

Двигун вибираємо за умовами:

Технічна характеристика двигуна АИР63В4У2:	Одиниці
Номінальна потужність, кВт	0,37
Номінальні оберти, об/хв	1320
Номінальний струм, А	1,18
ККД %	68
Cos φ	0,70
Кратність пускового моменту	2,1
Кратність мінімального моменту	1,8
Кратність максимального моменту	2,2
Кратність пускового струму	5
Момент інерції, $\cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	1,2

4.3 Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії оточуючого середовища

Вибираємо двигун основного виконання.

За конструктивним виконанням і способом монтажу IM1081-

де: 1 – машина на лапах і фланцем на підшипниковому щиті.;

08 – при будь-якому напрямі валу у просторі;

1 – з одним циліндричним кінцем вала.

За ступенем захисту IP54

де: 5 – захищений від шкідливих відкладень пилу;

4 – захищений від бризок що попадають під будь-яким кутом.

За кліматичним виконанням і категорією розміщення У2: для роботи з помірним кліматом на відкритому повітрі.

4.4 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна

Механічну характеристику двигуна будують за п'ятьма характерними точками:

$$1) S=0 \quad M=0 \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$2) S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{1500 - 1320}{1500} = 0,12 \quad M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H} = 9550 \cdot \frac{0,37}{1320} = 2,67 \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$3) S_K = \frac{S_H + \sqrt{S_H \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_H \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}} = \frac{0,12 + \sqrt{0,12 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}}{1 + \sqrt{0,12 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}} = 0,68 \quad \mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_{\Pi}} = \frac{2,2}{2,1} = 1,05$$

$$M_K = \mu_K \cdot M_H = 2,2 \cdot 2,67 = 5,874 \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$4) S_{min} \quad M_{Hmin_{min}} \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$5) S_{\Pi} = 1$$

$$M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{пуск}} \cdot M_H = 2,1 \cdot 2,67 = 5,61 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимих відхилень моментів:

$$1) S = 0$$

$$M' = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$2) S_H = 0,12$$

$$M'_H = M_H = 2,67 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$3) S_k = 0,68$$

$$M'_k = 0,9M_k = 0,9 \cdot 5,874 = 5,28 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$4) S_{min}$$

$$M_{min}^{min'} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$5) S_{\text{пуск}} = 1$$

$$M'_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot M_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot 5,61 = 4,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимих відхилень напруги:

$$1) S = 0$$

$$M'' = 0$$

$$2) S_H = 0,07$$

$$M''_H = 0,95^2 M'_H = 0,95^2 \cdot 2,67 = 2,41 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$3) S_k = 0,68$$

$$M''_k = 0,95^2 M'_k = 0,95^2 \cdot 5,28 = 4,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$4) S_{min}$$

$$M''_{2'2_{min_{min}}} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$5) S_{\text{пуск}} = 1$$

$$M''_{\text{пуск}} = 0,95^2 M'_{\text{пуск}} = 0,95^2 \cdot 4,76 = 4,29 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За розрахункову приймаємо механічну характеристику двигуна з урахуванням допустимих відхилень моменту при допустимих відхиленнях напруги .

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

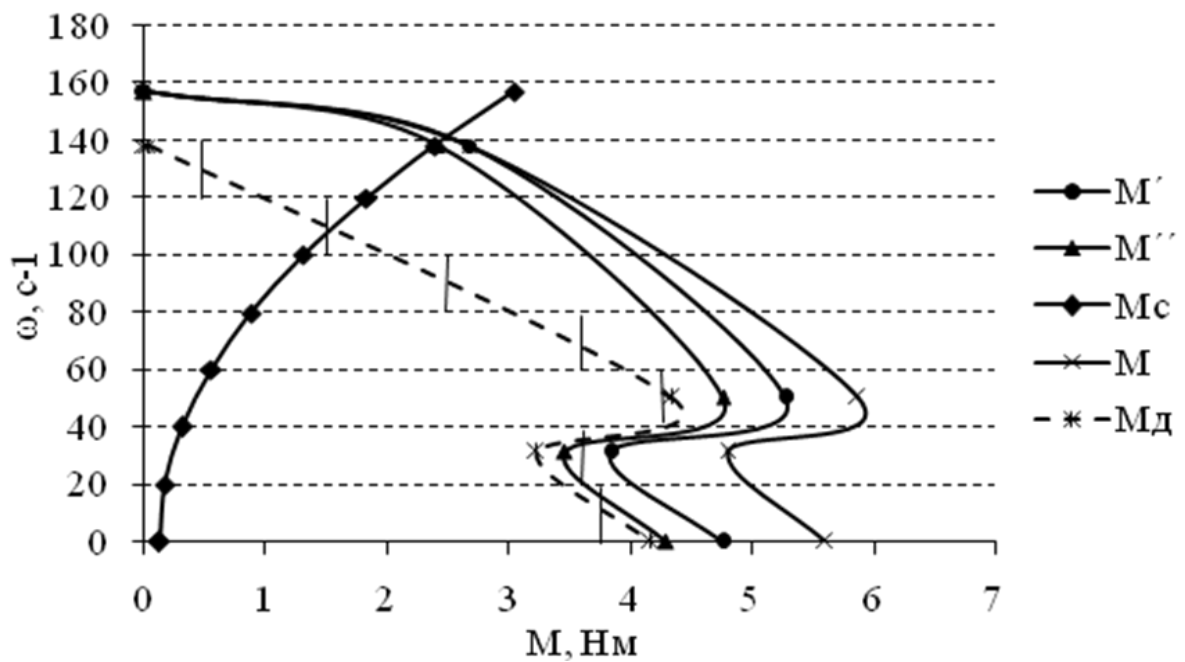


Рис.4 Криві перехідних процесів: МХ робочої машини, електродвигуна, динамічна характеристика

4.5. Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми.

Час пуску електродвигуна визначається графоаналітичним методом. Для цього будуємо механічну характеристику електродвигуна і робочої машини. Для побудови механічної характеристики електродвигуна за ковзанням розраховуємо кутову швидкість.

- | | | |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| 1) $S = 0$; | $\omega_0 = 157 \text{ c}^{-1}$; | $M_d'' = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$ |
| 2) $S_H = 0,12$ | $\omega_H = 138,2 \text{ c}^{-1}$; | $M_H'' = 2,41 \text{ Н} \cdot \text{м}$ |
| 3) $S_K = 0,68$ | $\omega_K = 50,24 \text{ c}^{-1}$; | $M_K'' = 4,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$ |
| 4) S_{min} | $\omega_{min} \text{ c}^{-1}$; | $M''_{min} \text{ Н} \cdot \text{м}$ |
| 5) $S_{пуск} = 1$ | $\omega_{пуск} = 0 \text{ c}^{-1}$; | $M_{пуск}'' = 4,29 \text{ Н} \cdot \text{м}$ |

Інтервал швидкостей ділимо на ділянки $\Delta\omega_i$ для кожної з яких визначаємо середнє значення динамічного моменту $M_{j,cr,i}$ і розраховується приріст часу.

$$J_{зв} = J_{рот} + J_{рм.зв} = 0,0012 + 0,0035 = 0,0047 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\Delta t_i = J_{зв} \frac{\Delta\omega_i}{M_{j,cr,i}}, \text{с}$$

$\Delta\omega$, рад/с	20	20	20	20	20	20	19
$M_{дин.ср.}$, Н·м	3,79	4,03	3,83	3,00	2,00	1,00	0,25
Δt , с	0,025	0,023	0,025	0,031	0,047	0,094	0,357
$\Delta t_{пуску}$, с	0,602						

Час пуску

$$t_{пуск} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i = 0,602 \text{с}$$

4.6. Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час пуску

Перевірку вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час пуску виконуємо за умовою:

$$\tau_{доп} \geq \tau_{пуск}$$

де: $\tau_{доп}$ – допустиме перевищення температури двигуна;

$\tau_{пуск}$ – перевищення температури двигуна під час пуску.

Для двигунів серії АИР $\tau_{доп}=80^\circ\text{C}$

$$\tau_{пуск} = V_t t_{пуск} = 8,0 \cdot 0,602 = 4,816^\circ\text{C}$$

$$80^\circ\text{C} > 4,816^\circ\text{C}$$

Умова перевірки виконується.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7. Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну

Так як двигун працює в тривалому режимі з постійним навантаженням перевірку на перевантажувальну здатність виконувати не потрібно.

4.8. Розробка схеми керування електродвигуном установки

Схема керування електроприводом вентилятора ВЦ-4-75-4 зображена на рисунку 6. У схемі керування використовують перемикач режимів роботи SA на два положення (ручний та автоматичний режим роботи).

При ручному керуванні натискаючи на кнопку SB2 вмикається контакт КМ, який замикає котушку пускача КМ. Двигун починає працювати. При перевантаженні теплове реле КК розмикає свої контакти і двигун зупиняється.

В автоматичному режимі спрацьовує контакт терморегулятора і при підвищенні температури вмикає пускач КМ.

Таким чином забезпечується двопозиційне регулювання температури в приміщенні.

На основі принципіальної схеми розроблена схема з'єднань ящика керування. Рис. 7

4.9. Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматичного керування, а також вибір електропроводок

Автоматичний вимикач вибираємо за умовами:

$$1) U_{AB.H} \geq U_{\text{мережі}} \quad 380\text{В} = 380\text{В}$$

$$2) I_{AB.H} \geq I_{H.DB} \quad 25\text{А} > 1,18\text{А}$$

$$3) I_{H.T.P.} \geq I_{H.DB} \quad 5\text{А} > 1,18\text{А}$$

$$4) I_{BIDC} \geq K_3 K_{Py} K_{PC} K_I I_{H.DB}. \quad 70\text{А} > 9,74\text{А}$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_3 – Коефіцієнт запасу = 1,1;

K_{py} – Коефіцієнт що враховує розкид уставки розчіплювала = 1,25;

K_{pc} – Коефіцієнт що враховує допустимі відхилення пускового струму = 1,2;

K_I – Кратність пускового струму.

Вибираємо автоматичний вимикач ВА51Г25-340010 Р30 УХЛЗ.

Вимикач автоматичний триполюсний з номінальним струмом 25 А, тепловим розчіплювачем на 5 А з комбінованим розчіплювачем, без допоміжних контактів, з ручним приводом, з регулюванням струму теплового розчіплювала.

Умови перевірки виконуються.

Електромагнітний пускач вибираємо за умовами:

$$1) U_{H.M.P} \geq U_{мережі} \quad 380V = 380V$$

$$2) I_{H.M.P} \geq I_{H.DB} \quad 10A \geq 1,18A$$

$$3) I_{T.P.M} \geq I_{H.DB} \quad 6A \geq 1,18A$$

$$4) U_{КОТ} = U_{КОЛА.КЕР.} \quad 220V = 220V$$

Вибираємо електромагнітний пускач ПМЛ 1200 – О4Б.

Електромагнітний пускач на 10 А триполюсний, реверсивний без теплових реле, ступінь захисту IP00.

Вибираємо реле РТЛ – 1010 – 04 $I_{уст} = 3,8 - 6 \text{ А}$.

Умови перевірки виконуються.

Вибір запобіжника.

$$1) U_{H.3AP} \geq U_{мережі} \quad 380V = 380V$$

$$2) I_{H.3AP} \geq I_{ПЛ.ВСТ} \quad 6A = 6A$$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$3) I_{\text{ПЛ.ЗАП}} \geq I_{\text{К.КЕР}}$$

$$6\text{А} > 4\text{А}$$

Низьковольтний комплектний пристрій для керування асинхронними двигунами, на струм А, з напругою кола керування 380 В.

Вибираємо НКП Я 5100-2774 У2.

Я – ящик;

5 – клас;

1 – прямий пуск двигуна без реверсування, без електричного гальмування;

00 – порядковий номер розробки;

27 – 5А;

7 – 380В напруга головного кола;

4 – 220В напруга кола керування;

У2 – кліматичне виконання та категорія розміщення.

Для живлення двигуна вибираємо провід АПВ(4х2,5): $I_{\text{ДОП}} = 19\text{А}$ прокладений в трубі.

Проводи і кабелі вибираємо за умовами:

$$1) I_{\text{ДОП}} \geq I_{\text{МАХ.ТРИВ.}}$$

$$19\text{А} > 1,18\text{А}$$

Умова перевірки виконується.

4.10 Перелік вибраного електрообладнання

Позиційне позначення	Найменування	К-сть	Примітки
QF	Вимикач автоматичний	1	$I_{\text{ав}} = 5\text{А}$

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	BA51 Г25340010P30УХЛЗ ТУ 16.522.157-83		
KM	Пускач електромагнітний ПМЛ 1200 – 04Б ТУ 16.644.001-83	4	U _к = 220В I _{уст} =3,8-6 А
FU	Запобіжник ПРС-6 ТУ 16.521.010 –75	1	I _{н.зап} =6 А
SB1, SB2	Кнопковий пост ПКЕ 622-2У2 ТУ 16.642.006–83	1	U _{кот} =220В
M1	Двигун АИР63В4У2 ГОСТ 2479 – 79	1	I _{н.дв} =1,18А

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Вартість модернізації систем енергоспоживання корівника

Важливим етапом розроблення проєктних рішень з підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника є техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів. Основною метою даного розділу є визначення загальної вартості модернізації, розрахунок річної економії електроенергії та оцінка строку окупності інвестицій.

У рамках проєкту передбачається реалізація таких основних заходів:

- модернізація системи освітлення;
- модернізація електроприводів вентиляції та насосного обладнання;
- автоматизація системи мікроклімату;
- впровадження засобів моніторингу споживання електроенергії.

До складу капітальних витрат входять вартість обладнання, монтажних робіт та пусконаладжувальних заходів.

Орієнтовний кошторис модернізації наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Орієнтовна вартість модернізації

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
LED світильники 50 Вт	20	900	18 000
Датчики руху та освітленості	6	3 000	18 000
Частотні перетворювачі	4	8 000	32 000

Продовження таблиці 5.1.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Автоматичний вимикач	4	2 000	8 000
Контролер мікроклімату	1	12 000	12 000
Датчики температури та вологості	4	8 000	32 000
Монтажні роботи	1 комплект	15 000	15 000
Пусконаладження	1 комплект	8 000	8 000

Загальна вартість модернізації визначається за формулою:

$$C_M = \sum C_i$$

$$C_M = 18\,000 + 18\,000 + 32\,000 + 8\,000 + 12\,000 + 32\,000 + 15\,000 + 8\,000$$

$$C_M = 143\,000$$

Отже, загальна вартість модернізації становить 143 000 грн.

5.2. Розрахунок річної економії електроенергії

На основі попередніх розрахунків визначено основні джерела економії електроенергії.

1) Економія від LED-освітлення

У розділі 3 було встановлено, що добова економія становить:

$$12\text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Річна економія:

$$W_{\text{річ}} = W_{\text{доб}} \cdot 365$$

$$W_{\text{річ1}} = 12 \cdot 365 = 4380 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

2) Економія від модернізації електроприводів

Для вентиляційної системи добова економія:

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29.28 кВт\год

Річна:

$$W_{\text{річ2}} = 29.28 \cdot 365 = 10687.2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

3) Економія від автоматизації мікроклімату

Добова економія:

18 кВт\год

Річна:

$$W_{\text{річ3}} = 18 \cdot 365 = 6570 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальна річна економія

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_{\Sigma} = 4380 + 10687.2 + 6570$$

$$W_{\Sigma} = 21637.2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отже, річна економія електроенергії становить 21 637,2 кВт·год.

5.3. Розрахунок економії коштів за рік

Для визначення економічного ефекту приймаємо середній тариф на електроенергію для підприємств:

$$T = 10.0 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія коштів:

$$E = W_{\Sigma} \cdot T$$

$$E = 21637.2 \cdot 10$$

$$E = 216\,372 \text{ грн}$$

Отже, орієнтовна річна економія становить 216 372 грн.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4. Розрахунок строку окупності

Строк окупності є одним із ключових показників ефективності інвестиційного проєкту.

Він визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\Sigma}}{E}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{143000}{216372}$$

$$T_{\text{ок}} = 0.66 \text{ року}$$

Отже, строк окупності становить:

$$0.66 \cdot 12 = 7.92 \text{ місяця}$$

Це є дуже хорошим показником для енергоефективного проєкту.

5.5. Оцінка економічної доцільності проєкту

Отримані результати свідчать, що запропоновані проєктні рішення є економічно доцільними та технічно обґрунтованими.

Основними перевагами впровадження є:

- 1) зниження експлуатаційних витрат;
- 2) швидкий строк окупності;
- 3) зменшення навантаження на електричну мережу;
- 4) підвищення надійності обладнання;
- 5) покращення умов утримання тварин;
- 6) зростання продуктивності фермерського господарства.

Крім прямого економічного ефекту, модернізація сприяє зниженню витрат електроенергії та підвищенню загального рівня енергоефективності об'єкта.

Таким чином, впровадження запропонованих технічних рішень є доцільним як з економічної, так і з експлуатаційної точки зору.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає у розробленні та обґрунтуванні проєктних рішень з підвищення енергоефективності систем енергоспоживання корівника фермерського господарства. Актуальність теми обумовлена необхідністю раціонального використання енергетичних ресурсів у аграрному секторі, зростанням вартості енергоносіїв, а також потребою підвищення конкурентоспроможності фермерських господарств.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану систем енергоспоживання корівників, визначено основні види електроспоживачів та особливості їх функціонування. Розглянуто нормативно-правову базу у сфері енергоефективності, а також проаналізовано сучасні підходи до впровадження енергоощадних технологій і джерел їх фінансування. Встановлено, що найбільший потенціал енергозбереження пов'язаний із модернізацією освітлення, вентиляції та систем автоматичного керування.

У другому розділі виконано аналіз об'єкта дослідження — корівника фермерського господарства, визначено структуру енергоспоживання та проведено розрахунок електричних навантажень основного обладнання. Виявлено, що найбільшими споживачами електроенергії є вентиляційні установки, система освітлення та електроприводи насосного обладнання. Проведений аналіз втрат електроенергії показав наявність значного потенціалу їх зниження за рахунок оптимізації режимів роботи та модернізації технічних систем.

У третьому розділі розроблено комплекс проєктних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності корівника. Зокрема, запропоновано впровадження світлодіодного освітлення, використання частотних перетворювачів для електроприводів, а також автоматизацію системи мікроклімату на основі сучасних засобів контролю та керування.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведені розрахунки підтвердили доцільність запропонованих заходів та їх значний вплив на зниження споживання електроенергії.

У четвертому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. Визначено загальну вартість модернізації, розраховано річну економію електроенергії та грошових коштів, а також строк окупності інвестицій. Отримані результати свідчать, що впровадження запропонованих заходів забезпечує значний економічний ефект і характеризується коротким строком окупності, що підтверджує їх економічну доцільність.

У результаті виконання дипломної роботи досягнуто поставленої мети та вирішено основні завдання дослідження. Розроблені проєктні рішення можуть бути використані при модернізації існуючих корівників або проєктуванні нових об'єктів фермерських господарств.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх застосування для підвищення енергоефективності аграрних підприємств, зниження витрат на енергоресурси та покращення умов утримання тварин. Впровадження запропонованих рішень сприятиме не лише економії енергії, але й підвищенню загальної ефективності функціонування фермерського господарства.

Таким чином, результати проведеного дослідження підтверджують, що комплексний підхід до підвищення енергоефективності, який поєднує технічні, економічні та організаційні рішення, є ефективним інструментом модернізації систем енергоспоживання корівників та розвитку аграрного сектору в цілому.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко В.С. Енергоефективність аграрного виробництва: сучасний стан та перспективи розвитку. Київ: Аграрна наука, 2020. 214 с.
2. Бурлака В.В. Енергозбереження у тваринницьких приміщеннях. Харків: Факт, 2019. 186 с.
3. Гончарук І.М. Підвищення ефективності електроспоживання фермерських господарств. Вінниця: ВНАУ, 2021. 175 с.
4. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.
5. ДСТУ ISO 50006:2021. Системи енергетичного менеджменту. Визначення показників енергоефективності та базових рівнів енергоспоживання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021.
6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Київ, 2017.
7. Жук О.П. Проектування систем електропостачання сільськогосподарських підприємств. Львів: Сполом, 2018. 248 с.
8. Закон України «Про енергетичну ефективність». Відомості Верховної Ради України, 2022.
9. Коваленко С.М. Автоматизація технологічних процесів у тваринництві. Полтава: ПУЕТ, 2020. 193 с.
10. Кравченко М.О. Використання світлодіодного освітлення у виробничих будівлях АПК. Енергетика та автоматика. 2021. №3. С. 44–51.
11. Лисенко П.В. Системи вентиляції та мікроклімату корівників. Дніпро: Середняк, 2019. 168 с.
12. Методичні рекомендації з енергоаудиту сільськогосподарських підприємств. Київ: Мінагрополітики України, 2020. 96 с.
13. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Основи енергоменеджменту підприємств. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 220 с.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Петренко Ю.О. Електропривод насосних і вентиляційних установок. Одеса: Астропринт, 2017. 176 с.
15. Правила улаштування електроустановок. 7-ме видання. Харків: Форт, 2021.
16. Савченко І.В. Енергоощадні технології у молочному скотарстві. Суми: Університетська книга, 2022. 205 с.
17. Сидоренко А.М. Відновлювані джерела енергії в аграрному секторі. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 232 с.
18. Ткаченко Р.О. Економічна ефективність модернізації електрообладнання ферм. Економіка АПК. 2020. №8. С. 72–79.
19. Федоренко Л.В. Основи проектування електричних мереж 0,4 кВ. Київ: Каравела, 2019. 188 с.
20. Хоменко Д.П. Застосування частотних перетворювачів у системах вентиляції тваринницьких приміщень. Вісник аграрної науки. 2021. №6. С. 58–64.
21. Черненко О.С. Аналіз структури енергоспоживання молочних ферм України. Агросвіт. 2022. №4. С. 33–39.
22. Шевченко М.В. Електробезпека у сільськогосподарському виробництві. Київ: Ліра-К, 2020. 154 с.
23. Яремчук В.О. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень в енергетиці. Львів: Новий Світ-2000, 2018. 210 с.
24. FAO. Energy-Smart Food for People and Climate. Rome: Food and Agriculture Organization, 2019.
25. IEA. Energy Efficiency 2023. Paris: International Energy Agency, 2023.

					02.02-КР.2606«С».2025.10.30.008.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		