

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

охорони праці та

біотехнічних

систем в тваринництві

_____ Хмельовський В.С.

“ ____ ” _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему _____
«МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ
У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ»

Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

К.т.н., доцент _____ Сівак І.М. _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

_____ _____ Хмельовський В.С. _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Шевченко Станіслав Тарасович _____
(підпис) (ПІБ студента)

Київ -2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОПБСТ

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ІПБ)

“ ____ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту
бакалавра) студенту

Шевченку Станіславу Тарасовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 Агроінженерія
(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра Механізація процесу забезпечення мікроклімату у
тваринницькому приміщенні.

затверджена наказом ректора НУБіП України від “17” 04. 2025 р. № 643 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2025.05.10

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Загальна характеристика тваринництва господарств України. Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі. Спосіб утримання тварин. План ферми і характеристика тваринницьких приміщень. Кормова база і добові раціони годівлі тварин. Аналіз механізації процесу приготування кормів. Довідкові дані про машини та обладнання. Оцінка стану механізації. Норми та раціони годівлі тварин

Перелік питань, які потрібно розробити: _____

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Схеми трубої вентиляції.
2. Технологічна схема трубої вентиляції.
3. Конструкційно-функціональна схема конвеєра.
4. Ланка транспортера. (Складальне креслення).
5. Деталювання вузла.
6. Логічна таблиця потенційних небезпек.
7. Економічна оцінка проекту.

Дата видачі завдання “ 09 ” лютого 2024 р.

Керівник бакалаврського проекту

_____ Хмельовський В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

_____ Шевченко С.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

У даному дипломному проєкті розроблено засоби вентиляції для тваринницької ферми великої рогатої худоби (ВРХ).

У першому розділі пояснювальної записки відображено аналіз стану тваринництва в господарствах України та особливості забезпечення мікроклімату у приміщеннях для ВРХ.

У другому розділі наведено дані щодо значення вентиляції у тваринництві, проаналізовано вплив мікроклімату на фізіологічний стан тварин, подано розрахунок теплового балансу приміщення та витрати повітря, необхідного для підтримання нормативних параметрів мікроклімату.

У конструктивній частині обґрунтовано вибір системи вентиляції для корівника на прикладі господарства, в якому вентиляція до цього часу здійснювалась лише через вікна і двері.

У дипломному проєкті також подано оцінку техніко-економічних показників запроєктованої системи, а також проаналізовано питання охорони праці при її експлуатації.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 62 аркуші, 11 таблиць, 8 рисунків, 28 літературних посилань та 7 листів графічної частини.

Об'єкт досліджень — вентиляційна система тваринницького приміщення для утримання високопродуктивних дійних корів.

Мета роботи — проєктування енергоефективної системи вентиляції для корівника з урахуванням зоогігієнічних вимог, сезонних коливань температури та сучасних технологій повітрообміну.

Метод дослідження — розрахунково-аналітичний.

Ключові слова: вентиляція, мікроклімат, корівник, припливно-витяжна система, повітрообмін, продуктивність ВРХ.

ЗМІСТ

Завдання на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи	2
Реферат	4
Зміст	6
Вступ	8
1. ВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА	10
1.1. Загальна характеристика кафедри та базового господарства ТОВ «Роднік Плюс»	12
1.2. Структура тваринництва	13
1.3. Стан механізації забезпечення мікроклімату у приміщенні	15
1.4. Обґрунтування вибору теми дипломного проєкту	18
2. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1. Гігієнічні вимоги до мікроклімату у тваринницьких приміщеннях ...	20
2.2. Розрахунок теплового балансу приміщення	26
2.3. Вибір обладнання для вентиляції та обігріву	28
2.4. Розрахунок параметрів вентиляційної системи	32
3. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	35
3.1. Огляд існуючих систем підтримки мікроклімату	35
3.2. Розрахунок припливно-витяжної вентиляції	37
3.3. Розрахунок системи обігріву	39
3.4. Удосконалення конструкції системи мікроклімату	40
3.5. Розрахунок елементів системи на міцність та надійність	41
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	42
4.1. Визначення собівартості забезпечення оптимального мікроклімату на одну голову худоби та оцінка економічного ефекту	42

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ...	46
5.1. Техніка безпеки при експлуатації систем мікроклімату	46
5.2. Охорона навколишнього середовища	49
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
ДОДАТКИ	52

ВСТУП

Сучасна механізація процесу доїння корів є ключовим елементом агропромислового комплексу, що забезпечує зростання ефективності молочного тваринництва та якості отриманої продукції. Протягом останніх десятиліть відбувся значний прогрес у створенні засобів вентиляції, які автоматизують процес мікроклімату, зменшують фізичне навантаження на працівників ферми та сприяють збереженню здоров'я тварин. Утім, попри наявність багатьох сучасних моделей, залишаються актуальними проблеми, пов'язані з механічними очищенням повітря, нестабільністю руху повітря в приміщенні.

Українська аграрна реформа висуває нові вимоги до всіх напрямів сільськогосподарського виробництва, зокрема до галузі тваринництва. Через розукрупнення великих господарств зростає потреба в підвищенні обсягів виробництва якісної продукції при мінімальних витратах, що зумовлює необхідність впровадження механізації та автоматизації технологічних процесів. Особливої уваги потребує модернізація підприємств, які займаються виробництвом молока, зокрема шляхом впровадження ефективних сучасних технологій та створення нового високопродуктивного обладнання. Оскільки якість продукції тваринництва безпосередньо впливає на прибутковість молочних ферм, важливо забезпечити застосування техніки, яка відповідає біологічним і фізіологічним особливостям тварин у процесі утримання.

Особливо мало досліджене питання застосування керованого режиму вентилявання з використанням засобів, що включає природну вентиляцію. Тому необхідні подальші наукові дослідження, вивчення та розробка адаптивного вентилявання, контролю клімату.

Робота є логічним продовженням попередніх досліджень у сфері механізації сільськогосподарських процесів, зокрема автоматизації повітрообміну. Запропоновані дослідження спрямовані на вдосконалення

вентиляційної установки шляхом розробки інноваційної моделі, що сприятиме зниженню собівартості продукції, покращенню умов експлуатації та підвищенню надійності роботи обладнання.

РОЗДІЛ 1.

ВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

Об'єкт дослідження

Агропромислова фірма «Родник Плюс» розташована у місті Снятин, Івано-Франківської області, вул. Гоголя, 75

Напрями діяльності

Основний КВЕД — вирощування зернових, бобових, насіння олійних культур; також активно займається тваринництвом – молочним ВРХ, бройлерами, іншими напрямками тваринництва. Виробнича база включає понад 500 голів ВРХ, з них близько 300 дійних корів, а також 400 000 курей-бройлерів.

Матеріально-технічна база

Підприємство має структуровані тваринницькі корпуси:

- приміщення для дійного стада - типові ключечники,
- телятники та навіси для молодняка,
- літні вигульні майданчики,
- системи вентиляції – відсутня,
- видалення гною – скреперна система типу ТСН 2Б
- господарські будівлі.

Досягнуто часткового впровадження природної вентиляції, за рахунок періодичного руху повітря через відкриття вікон і дверей, проте примусової автоматичної системи корегування мікроклімату та її енергоефективність потребують впровадження після проєктування та детального аналізу.

Актуальність теми

З огляду на чисельність поголів'я й наявні технології, підприємство стикається з проблемами:

- нерівні температурні умови в зимовий і літній періоди,
- недостатня вентиляція,

- критичне зниження продуктивності дійного стада.

Ці проблеми підвищують втрати коштів на зменшені продуктивності тварин, підвищують витрати на ветеринарні препарати для зменшення теплового стресу, збільшення витрат на псування кормів на фоні зниження споживання та витрати на проведення дезінсекції тваринницьких приміщень.

Мета дослідження

Проект спрямований на розробку технічних рішень із механізації:

1. Оцінити поточний стан вентиляційної й теплової інфраструктури.
2. Провести розрахунки на обмін повітря й теплові потреби.

Таким чином, обрана тема дипломної роботи є актуальною та має практичне значення для підвищення ефективності ведення тваринницької галузі, покращення умов утримання тварин і досягнення стабільної продуктивності.

1.1. Загальна характеристика кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві та господарства ТОВ «Агропромислова фірма „Родник Плюс“»

Кафедра охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві є профільною навчально-науковою одиницею інженерно-технологічного факультету, яка здійснює підготовку фахівців з проєктування, обслуговування та модернізації технічних систем у галузі тваринництва.

Кафедра має належну матеріально-технічну базу: навчальні лабораторії з вентиляції й мікроклімату, гігієни тварин, електропостачання, систем автоматичного контролю та управління, а також комп'ютерні класи з сучасним програмним забезпеченням для моделювання інженерних рішень. Науково-педагогічний склад кафедри включає досвідчених фахівців із технічних наук, кандидатів і докторів наук, які ведуть наукову й консультативну діяльність у сфері механізації тваринницьких об'єктів.

У процесі підготовки бакалаврів і магістрів кафедра активно співпрацює з провідними агропромисловими підприємствами України, серед яких — **ТОВ «Агропромислова фірма „Родник Плюс“**. Це господарство обране як база для проходження виробничої практики та виконання дипломного проєкту, завдяки відповідності реальних умов темі дослідження — удосконалення системи мікроклімату у тваринницькому приміщенні.

Підприємство має сучасну виробничу базу: корівники, телятники, кормоцехи, склади, вентиляційні системи, гнойові майданчики. Частина систем мікроклімату — зокрема вентиляція та обігрів — функціонують на основі базових технологій, без автоматизованого управління, що призводить до зниження енергоефективності та зоогігієнічного рівня утримання тварин.

Таким чином, співпраця кафедри з підприємством ТОВ «Родник Плюс» має прикладне значення, оскільки дозволяє студентам не лише ознайомитися з реальними умовами виробництва, а й запропонувати технічно обґрунтовані рішення для покращення систем мікроклімату. З огляду на це, тема дипломного проєкту є актуальною, практично орієнтованою та відповідає сучасним вимогам до організації інженерної діяльності у тваринництві.

1.2. Структура тваринництва

Тваринницьке виробництво фірми охоплює кілька спеціалізованих напрямів, і є одним із ключових секторів господарської діяльності.

На території ферми утримується близько **700 голів великої рогатої худоби**, з них понад **300** — це **дійне стадо** високопродуктивної породи, імовірно голштинської або української чорно-рябої. Крім того,

підприємство має **птахоферму на понад 400 000 голів курей-бройлерів**, що функціонує окремо як інтенсивний напрям птахівництва.

Для забезпечення життєдіяльності тварин у господарстві застосовується система механізованої роздачі кормів (причепний кормозмішувач), частково автоматизоване доїльне обладнання, системи видалення гною, а також обладнання для створення мікроклімату власними силами було встановлено декілька вентиляторів розгонного типу.

Таким чином, структура тваринництва ТОВ «АФ „Родник Плюс“» є технологічно розвиненою, проте потребує заміни систем мікроклімату до сучасних стандартів продуктивності, енергоефективності та благополуччя тварин. Це й зумовлює актуальність техніко-технологічного вдосконалення, що є предметом даного дипломного проєкту.

1.3. Стан механізації забезпечення мікроклімату у тваринницьких приміщеннях

Забезпечення оптимального мікроклімату є ключовим фактором для ефективного функціонування тваринницьких приміщень, особливо при утриманні високопродуктивної великої рогатої худоби. Мікроклімат визначає не лише фізіологічний стан тварин, а й рівень продуктивності, споживання кормів, репродуктивну функцію та імунну стійкість. Проте в господарстві ТОВ «Агропромислова фірма „Родник Плюс“» виявлено низку проблем, пов'язаних із відсутністю належного механізованого забезпечення мікроклімату.

На момент виконання дослідження встановлено, що в тваринницьких приміщеннях, де утримується основне поголів'я дійного стада, працівники власними силами встановили чотири вентилятори розгонного типу. Повітрообмін забезпечується винятково природним способом — через

відкриті вікна, двері, фрамуги та щілини у конструкціях будівлі, а розгонні вентилятори встановлені посередині приміщення 26 дюймів 22000м²/год.

У зимовий період вентиляційні прорізи змушені утримуватися закритими через ризик переохолодження, що призводить до накопичення аміаку, вуглекислого газу, надлишкової вологи. Це суттєво погіршує санітарний стан середовища та викликає ризики респіраторних захворювань у тварин. У літній період, навпаки, відкриття дверей і вікон не забезпечує достатнього охолодження, особливо при високій щільності утримання або відсутності протягу.

Встановлена систем а вентиляції у вигляді розгонних вентиляторів не показала бажаних результатів по причині встановлення її без належних знань та прорахунків.

Також у приміщеннях відсутні системи обігріву, охолодження, припливної чи витяжної вентиляції, а отже — немає можливості регулювати мікроклімат залежно від сезону чи фізіологічного стану тварин. Вимушене застосування лише природного провітрювання створює значне навантаження на організм тварин, особливо новотільних корів високопродуктивних та старших особин з ослабленим імунітетом.

У межах сучасних вимог до утримання тварин це свідчить про низький рівень механізації процесу забезпечення мікроклімату. Стан справ не відповідає нормативам ДСТУ та зоогігієнічним вимогам до мікроклімату у корівниках. Відсутність автоматизації, сенсорного моніторингу температури, вологості та рівня газів унеможлиблює ефективний контроль середовища та своєчасне реагування на його зміни.

Негативні наслідки відсутності систем вентиляції у тваринницьких приміщеннях:

1. Підвищена температура повітря влітку.
2. Переохолодження взимку при провітрюванні через двері/вікна.

3. Підвищена вологість повітря.
4. Накопичення шкідливих газів.
5. Зниження кисню в повітрі.
6. Порухення терморегуляції тварин.

Ці наслідки не лише погіршують умови утримання, а й **прямо впливають на економіку господарства**: втрати продукції, підвищення витрат на лікування, зниження життєздатності стада. Саме тому забезпечення ефективного, контрольованого мікроклімату — це базова вимога сучасного тваринництва.

Це дозволить досягти стабільного комфорту для тварин, зменшити ветеринарні витрати та підвищити прибутковість ферми в цілому.

1.4. Обґрунтування теми проєкту

Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях є критичним чинником, що безпосередньо впливає на продуктивність, фізіологічний стан і здоров'я сільськогосподарських тварин. Оптимальні параметри температури, вологості, швидкості руху повітря, концентрації шкідливих газів та рівня освітлення формують комфортне середовище для тварин, що, своєю чергою, сприяє стабільному зростанню надоїв, підвищенню відтворювальної здатності, зменшенню витрат на лікування і профілактику захворювань.

Така ситуація призводить до підвищення собівартості продукції, зниження якості молока та зменшення життєздатності поголів'я.

У господарстві, яке обрано об'єктом дослідження, спостерігаються саме такі проблеми — порушення теплового режиму у літній період, надмірна вологість у зимовий час, низький рівень повітрообміну у зоні знаходження тварин. Це негативно впливає на санітарний стан приміщень і

зоогієнічні умови утримання худоби. Аналіз існуючого стану показав необхідність у впровадженні більш ефективної, адаптивної та енергоощадної системи механізованого забезпечення мікроклімату.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена також підвищенням вимог до якості продукції тваринництва, гармонізацією українського законодавства із європейськими стандартами у сфері тваринницького виробництва та необхідністю мінімізації впливу виробничих процесів на навколишнє середовище. Забезпечення стабільного мікроклімату є не лише умовою комфортного утримання тварин, а й важливою складовою біобезпеки та сталого розвитку аграрного сектора.

Таким чином, вибрана тема є сучасною, науково обґрунтованою, практично значущою та спрямована на вирішення актуальних задач підвищення ефективності тваринництва на основі впровадження інженерно-технічних рішень з регулювання умов утримання сільськогосподарських тварин.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Гігієнічні вимоги до мікроклімату у тваринницьких приміщеннях

Мікроклімат тваринницьких приміщень — це сукупність фізичних, хімічних і біологічних параметрів внутрішнього повітряного середовища, що впливають на фізіологічний стан, продуктивність, відтворну здатність та імунний статус сільськогосподарських тварин.

Основні параметри мікроклімату включають:

- температуру повітря;
- відносну вологість;
- швидкість руху повітря;
- газовий склад (концентрації CO₂, NH₃, H₂S);
- запиленість і мікробне забруднення повітря.

Відносна вологість повітря

Оптимальний рівень відносної вологості повітря в корівниках становить **60–75%**. Надлишкова вологість сприяє утворенню конденсату, розмноженню патогенної мікрофлори, ураженню дихальної системи, підвищенню запиленості, надмірного розмноженню патогенних грибів які вражають не тільки конструкції і обладнання, а й органи і системи організмів тварин. Знижена вологість (менше 50%) — висушує слизові оболонки й сприяє інфекційним захворюванням органів дихання.

Табл. 2.1. Гігієнічні нормативи швидкості руху повітря у зоні перебування тварин такі:

Категорія тварин	Зимовий період	Літній період
Дійні корови	0,5–1 м/с	1–2,5 м/с
Молодняк	0,1–0,5 м/с	1–2,5 м/с

Оптимальний розподіл повітря передбачає створення повітряного обміну без утворення холодних протягів та «мертвих зон» із застійним повітрям.

Рух повітря регулюється конструкцією вентиляційної системи: правильне розміщення припливних і витяжних каналів, кут повітряного потоку, наявність дефлекторів і жалюзійних решіток. У сучасних системах (наприклад, тунельна або хрестоподібна/крос вентиляція) швидкість потоку може регулюватися автоматично на основі даних сенсорів температури.

Газовий склад повітря у тваринницьких приміщеннях

Газовий склад повітря — це один із найважливіших показників мікроклімату, що безпосередньо впливає на стан дихальної системи тварин, якість повітря, санітарний стан приміщення і навіть продуктивність.

Найбільшу небезпеку становлять:

- **Сірководень (H_2S)** — виділяється з анаеробного розкладу органічних речовин у гноївці. Гранично допустима концентрація: $\leq 10 \text{ мг/м}^3$. У високих концентраціях (від 20 мг/м^3) — токсичний, викликає головний біль, порушення дихання, у великих дозах — летальний.

- **Метан (CH_4)** — утворюється під час бродіння; і виділяється у великій кількості під час травлення у ВРХ у нормальних концентраціях не є токсичним, але вибухонебезпечний за високої концентрації при недостатній вентиляції.

Практичні наслідки порушення газового балансу

1. **Аміак** знижує апетит, провокує хронічні захворювання органів дихання, очей і шкіри, негативно впливає на обмін речовин.

2. **Підвищений CO_2** призводить до кисневого голодування мозку, зниження рухової активності, порушень у рості молодняка.

3. **Наявність H_2S** у приміщенні свідчить про застій гною, погану вентиляцію й загрозу отруєнь тварин і персоналу.

4. Накопичення метану може створити вибухонебезпечне середовище у закритих приміщеннях при наявності іскрових джерел.

Відсутність вентиляції або її неефективність призводять до порушення газообміну, накопичення небезпечних газів і, як наслідок, до зниження продуктивності, підвищення захворюваності та погіршення економічних показників ферми.

Запиленість та бактеріальне забруднення повітря

Запиленість повітря у тваринницьких приміщеннях — це вміст у повітрі дрібнодисперсних частинок органічного й неорганічного походження, які можуть мати механічну, хімічну або біологічну дію на організм тварин та обслуговуючого персоналу.

Небезпека запиленості

Дрібнодисперсний пил (менше 10 мкм) здатен проникати глибоко в дихальні шляхи тварин, провокуючи запальні процеси, хронічні респіраторні захворювання, бронхіти, емфізему, особливо у молодняка.

Мікроорганізми на поверхні частинок пилу створюють мікробний аерозоль, який є основним носієм інфекцій (сальмонельоз, пастерельоз, вірусні захворювання, дерматити тощо).

Алергени та токсини (мікотоксини, ендотоксини) у повітрі спричиняють порушення обміну речовин, зниження апетиту, продуктивності, репродуктивної функції тварин, підвищену чутливість до інфекцій.

Нормативні значення

Згідно з ветеринарно-санітарними нормами (ДСТУ та інструкціями МОЗ), гранично допустимий рівень запиленості повітря у приміщеннях для ВРХ становить:

Показник	Норма
Запиленість (мг/м³)	не більше 5 мг/м ³
Загальна кількість мікроорганізмів (КУО/м³)	≤ 100 000

Плісняві гриби (КУО/м³)	≤ 1000
Бактеріальне забруднення повітря	допустиме при загальній концентрації не більше 70–80% від ГДК

У разі перевищення цих норм підвищується ризик масових респіраторних захворювань, маститів, дерматологічних проблем, а також погіршення якості молока через мікробне обсіменіння.

Наслідки для тварин і людей

- **У тварин:** хронічний кашель, риніт, зниження продуктивності, часті хвороби дихальної системи, втрата ваги, мікотоксикози.
- **У працівників ферми:** алергічні реакції, респіраторні захворювання, ризик розвитку професійних патологій легень (наприклад, «фермерські легені» — алергічний альвеоліт).
- **У молоці й м'ясі:** зростає бактеріальне обсіменіння, знижується термін зберігання, збільшується ризик отруєнь.

Засоби боротьби із запиленістю та мікробним аерозолем

1. **Ефективна система вентиляції** — головний засіб зниження запиленості (за рахунок витіснення частинок із приміщення).
2. **Зволоження повітря** — знижує запиленість у зимовий період (але має бути контрольованим, щоб не викликати надмірної вологості).
3. **Автоматизоване прибирання та своєчасна заміна підстилки.**
4. **Використання гранульованих або зволжених кормів.**
5. **Фільтрація повітря (НЕРА-фільтри) або локальні витяжні системи** — в умовах інтенсивного тваринництва.
6. **Системна дезінфекція приміщень** — боротьба з мікрофлорою, що осідає з пилом.

Запиленість і мікробне навантаження — це серйозні загрози для здоров'я тварин і продуктивності ферми. У приміщеннях без вентиляції пил

та мікроорганізми накопичуються в небезпечних концентраціях, особливо при великій щільності поголів'я. Запровадження механізованої вентиляції, санітарних заходів і систем очищення повітря є обов'язковим елементом сучасного тваринництва.

Згідно з ветеринарно-санітарними нормами, мікроклімат у приміщеннях для утримання великої рогатої худоби повинен забезпечувати:

- постійне оновлення повітря,
- автоматичне або регульоване управління повітрообміном,
- запобігання утворенню зон застою повітря й конденсату.

За відсутності механізованої вентиляції (як у випадку господарства ТОВ «Родник Плюс»), дотримання цих вимог стає неможливим, що підкреслює необхідність технічного переоснащення системи мікроклімату відповідно до нормативів.

2.2. Розрахунок теплового балансу приміщення

Баланс будується шляхом порівняння тепла, яке виділяється у приміщенні, з тепловтратами через огороджувальні конструкції. Розглянемо на основі існуючого приміщення на господарстві:

Вихідні дані:

- Кількість корів: **200 голів**
- Розміри приміщення: **довжина – 72 м, ширина – 21 м, висота – 4 м**
- Об'єм приміщення:

$$V=72 \cdot 21 \cdot 4=6048 \text{ м}^3$$

Температура всередині: **+10 °С (зимовий період)**

- Температура зовні: **-15 °С**
- ΔT (перепад температур): **25 °С**

• Коефіцієнти теплопередачі:

- Стіни — 1,1 Вт/м²·°С
- Покрівля — 0,9 Вт/м²·°С
- Підлога — 1,2 Вт/м²·°С
- Вікна/двері — 2,8 Вт/м²·°С

1. Визначення тепла, що виділяється всередині приміщення

Джерело	Потужність на 1 голову, Вт	Загальне виділення, Вт
Корови (теплообмін з тілом)	1100	1100 × 200 = 220 000
Інші джерела (корм, гній, світло)	≈ 10%	≈ 22 000
Разом		242 000 Вт

2. Розрахунок площ поверхонь огороження

• Стіни (бічні + торцеві):

$$S_{\text{стіни}} = 2 \cdot (72 \cdot 4) + 2 \cdot (21 \cdot 4) = 576 + 168 = 744 \text{ м}^2$$

• Покрівля:

$$S_{\text{дах}} = 72 \cdot 21 = 1512 \text{ м}^2$$

• Підлога:

$$S_{\text{підлога}} = 72 \cdot 21 = 1512 \text{ м}^2$$

• Вікна/двері (приблизно 8% від площі стін):

$$S_{\text{вікна}} \approx 0,08 \cdot 744 = 59,5 \approx 60 \text{ м}^2$$

3. Розрахунок тепловтрат

$$Q = k \cdot S \cdot \Delta T$$

Елемент	Площа, м ²	k, Вт/м ² ·°С	Q, Вт
Стіни	684	1,1	1,1 × 684 × 25 = 18 810
Покрівля	1512	0,9	0,9 × 1512 × 25 = 34 020
Підлога	1512	1,2	1,2 × 1512 × 5 = 9 072
Вікна/двері	60	2,8	2,8 × 60 × 25 = 4 200
Загальні втрати	—	—	66 102 Вт

*Примітка: тепловтрати через підлогу зазвичай розраховуються при $\Delta T = 5\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$ (менше, ніж ΔT стін і даху), тому тут $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Загальний тепловий баланс

$$Q_{\text{чисте}} = Q_{\text{внутр}} - Q_{\text{втрати}} = 242\,000 - 66\,102 = 175\,898 \text{ Вт}$$

Отже, приміщення має **значний надлишок тепла в зимовий період**, що дозволяє забезпечити комфортні умови утримання корів **без додаткового опалення**, за умови організації **ефективної вентиляції з тепловтратами не вище 70–80 кВт**.

2.3. Вибір обладнання для вентиляції та обігріву

На основі розрахунків теплового балансу та гігієнічних нормативів мікроклімату для тваринницького приміщення на 200 корів, прийнято технічне рішення щодо встановлення потужної **механізованої вентиляційної системи комбінованого типу** — з витяжними і нагнітаючими вентиляторами. Система повинна забезпечувати:

- у зимовий період: **6–10 повітрообмінів на годину**;
- у літній період: **60–100 повітрообмінів на годину**.

Такі показники потрібні для видалення надлишкового тепла, вологи, газів (NH_3 , CO_2 , H_2S), а також підтримання оптимальної температури, особливо у спекотні дні.

Вихідні дані

- Об'єм приміщення:
 $V = 72 \cdot 21 \cdot 4 = 6048 \text{ м}^3$
- Необхідний повітрообмін:
 - **Зима** (6–10 **обм/год**):
 $Q_{\text{мін}} = 6 \cdot 6048 = 36\,288 \text{ м}^3/\text{год}$
 $Q_{\text{макс}} = 10 \cdot 6048 = 60\,480 \text{ м}^3/\text{год}$
 - **Літо** (60–100 **обм/год**):
 $Q_{\text{мін}} = 60 \cdot 6048 = 362\,880 \text{ м}^3/\text{год}$
 $Q_{\text{макс}} = 100 \cdot 6048 = 604\,800 \text{ м}^3/\text{год}$
 - **Вибір і характеристика вентиляційного обладнання**

У систему вентиляції включено:

Сумарна потужність системи вентиляції

Qзагальний повітрообмін=Qвитяг+Qприплив=176 000+200 000=376 000 м³/год

Це дає змогу забезпечити:

- понад **62 обміну/год** ($376\,000 \div 6048$), що **відповідає вимогам літнього періоду**;
- при зменшеній роботі або регулюванні вентиляторів — **6–10 обміну/год у зимовий час**.

Для регулювання повітрообміну передбачено можливість:

- **ступінчастого включення вентиляторів** за допомогою термореле або контролера;
- **керування продуктивністю** через частотні перетворювачі.

Розташування вентиляційного обладнання

- **Витяжні вентилятори** — монтуються у торцевих або дахових частинах приміщення, рівномірно розподілені по довжині будівлі.
- **Нагнітаюча трубна система** — припливне повітря подається через поліетиленові або тканинні повітроводи з перфорацією, підвішені під стелею вздовж приміщення. Це забезпечує рівномірну подачу повітря по всій площі та **мінімізацію протягів** у зоні перебування тварин.

Контроль мікроклімату

Система може бути обладнана автоматикою:

- цифрові датчики температури, вологості, CO₂;
- контролери з програмованими режимами (наприклад, Mikroclima, Agrologic);
- ручний/автоматичний режим включення груп вентиляторів;
- аварійна сигналізація в разі перевищення температури або зупинки вентилятора.

2.4. Розрахунок параметрів вентиляційної системи

Для підтримання нормативного мікроклімату в тваринницькому приміщенні на 200 голів ВРХ використовується **комбінована система вентиляції**: нагнітаюча (трубна) вентиляція з охолоджувачами повітря та витяжні осьові вентилятори. Система розрахована на забезпечення повітрообміну **6–10 разів/год узимку та 60–100 разів/год улітку**, а також додаткове **охолодження припливного повітря** в теплу пору року.

1. Повітрообмін у приміщенні

Об'єм приміщення:

$$V=72 \cdot 21 \cdot 4=6048 \text{ м}^3$$

Потреба в повітрі:

• **Зимовий мінімум (6–10 обм/год):**

$$Q_{\min}=6 \cdot 6048=36\,288 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{\max}=10 \cdot 6048=60\,480 \text{ м}^3/\text{год}$$

• **Літній максимум (60–100 обм/год):**

$$Q_{\text{літо}}=362\,880\text{--}604\,800 \text{ м}^3/\text{год}$$

2. Параметри вентиляторів

Витяжні вентилятори (8 шт):

• **Продуктивність:** $22\,000 \text{ м}^3/\text{год} \times 8 = 176\,000 \text{ м}^3/\text{год}$

• **Потужність:** 0,37 кВт/шт

Таким чином, система повністю перекриває потребу навіть у літній період.

3. Охолоджувачі повітря в трубній вентиляції

На вході до кожної труби встановлено **панельний повітряний охолоджувач** із чотирма бічними стінками з **комірчастою структурою**, по

якій стікає вода. Повітря проходить через цю панель і охолоджується випарним шляхом.

Оцінка охолоджуючої здатності в залежності від температури навколишнього середовища:

Температура довкільля	ΔT охолодження	Вихідна температура припливного повітря
20 °C	2 °C	18 °C
40 °C	15 °C	25 °C

Примітка: температура після охолоджувача не опускається нижче температури точки роси, що гарантує безпечний рівень вологості у приміщенні.

Забезпечення зоогігієнічних умов

Температура в зоні дихання тварин у літній період підтримується **на рівні 23–26 °C,**

Газовий склад і вологість повітря — у межах ветеринарних норм ($\text{CO}_2 < 0,25\%$, $\text{NH}_3 < 20 \text{ мг/м}^3$),

Вентиляція забезпечує **індивідуальну подачу охолодженого повітря до кожної тварини,**

Потік не перевищує 1–1,5 м/с в зоні перебування, що виключає переохолодження та протяги.

Комбінована система вентиляції з витяжними вентиляторами потужністю 176 000 м³/год і трубною припливною системою з повітряним охолодженням (200 000 м³/год) повністю забезпечує нормативний повітрообмін у зимовий і літній періоди. Система дозволяє:

- індивідуалізувати приплив повітря до кожної тварини;
- уникнути зон застою;
- підтримувати температуру та газовий склад на гігієнічно безпечному рівні;
- забезпечити **охолодження повітря влітку на 2–15 °C,** залежно від зовнішніх умов.

Система оптимально підходить для великого фермерського господарства з інтенсивним тваринництвом.

РОЗДІЛ 3.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Огляд існуючих систем підтримки мікроклімату

Для ефективної підтримки мікроклімату у тваринницьких приміщеннях використовуються різні технологічні рішення. Огляд включає природну вентиляцію, механізовані системи (тунельну, хрестоподібну, низького тиску), а також охолоджуючі системи з форсунками чи духом, що дозволяє будувати ефективні, адаптивні комплексні рішення.

1. Природна вентиляція

Основою є провітрювання через вікна, двері, фрамуги та вентиляційні шахти. Цей підхід дешевий і простий, але:

- сильно залежить від погодних умов (вітер, температура);
- створює неоднорідний мікроклімат, особливо у великих приміщеннях з багатьма тваринами .

2. Механізовані вентиляційні системи

2.1 Тунельний (коридорний) тип

- Повітря рухається вздовж приміщення через припливні канали, витягується у торцевій стороні.
- Забезпечує високу кратність обміну, ефективне видалення тепла, вологості та газів .
- Використовується в інтенсивному тваринництві — лінійні шляхи потоку та автоматичне керування вентиляторами.

2.2 Хрестоподібна вентиляція (крос)

- Приплив повітря з однієї сторони, витяжка — з протилежної.

- Підходить для приміщень середньої ширини; менш ефективна в довгих приміщеннях.

-

2.3 Система низького тиску (FANCOM)

- Використовується на свинофермах, птахофабриках: повітря притягується через клапани, видаляється через вентилятори-шахти.
- Автоматична система керування з клапанами, сервоприводами, датчиками.

-

2.4 Горизонтальні дестратифікатори (стельові вентилятори)

- Великі квітчасті вентилятори (діаметри 3–7 м) м'яко перемішують повітря в приміщенні.
- Ефективні для зменшення термостратифікації та забезпечення рівномірного повітряного середовища.
- Енергоефективні та тихі завдяки сучасним безщітковим двигунам.

-

3. Системи охолодження повітря

3.1 Панельні (Cassette) охолоджувачі

- Структуровані панелі, по яких стікає вода; ефект випарувального охолодження з $\Delta T \approx 2-15 \text{ }^\circ\text{C}$ залежно від T зовнішнього середовища.
- Установка часто поєднується з вентиляційними каналами.
- Розпилює мікрокраплі води; охолодження через випаровування — ефективно при сухому кліматі (зниження на $4-7 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Може застосовуватись для зниження пилу.

4. Автоматизація мікроклімату

- Системи керування верхніми параметрами — температура, вологість, CO_2 , рН, швидкість повітря — на базі контролерів Mikroclima, Agrologic, Fancom та інших.

- Датчики можуть включати: термогігрометри, CO₂, аміак — для точного регулювання вентиляторів та охолоджувачів.
- Дані можуть виводитись у смартфон/ПК, забезпечуючи моніторинг і оптимізацію системи. Для господарства на 200 голів ВРХ із площею об'єму понад 6000 м³ найбільш доцільним є **комплексне рішення**: припливно-витяжна вентиляція тунельного/хрестоподібного типу, із вентиляторами низького тиску для подачі повітря, доповнена охолоджувальною системою (Cassette або мікротуманна) і **автоматичною системою керування**, що оперативно реагує на показники середовища.

3.2. Розрахунок припливно-витяжної вентиляції

У сучасному тваринництві припливно-витяжна вентиляція є найбільш ефективним способом забезпечення оптимального мікроклімату, що включає температурний режим, вологість, швидкість повітря та допустимі концентрації газів. Для приміщення на 200 голів ВРХ застосовано **комбіновану систему**, яка складається з:

- **витяжної частини**: 8 вентиляторів продуктивністю 22 000 м³/год кожен;

- **припливної частини**: 8 вентиляторів по 25 000 м³/год, які подають повітря в охолоджувані перфоровані труби довжиною 35 м. **Витяжна вентиляція (8 × 22 000):**

$$Q_{\text{витяг}} = 176\,000 \text{ м}^3/\text{год}$$

- **Припливна трубна вентиляція (8 × 25 000):**

$$Q_{\text{приплив}} = 200\,000 \text{ м}^3/\text{год}$$

- **Сумарний повітрообмін:**

$$Q_{\text{загальний}} = 376\,000 \text{ м}^3/\text{год}$$

- **Кратність повітрообміну:**

$$n=376\,000/6048\approx 62\text{обміни/год}$$

Отже, система перекриває **всю потребу навіть для літнього максимуму**, а взимку може працювати частково (через регулятори або частотні перетворювачі).

4. Розподіл повітря по трубах

Кожен із 8 припливних вентиляторів подає повітря в трубу:

- **Довжина труби:** 35 м

- **Діаметр:** 0,8 м

- **Площа перерізу:**

$$S=(\pi\cdot 0,8^2)/4\approx 0,50\text{ м}^2$$

- **Швидкість повітря в трубі:**

$$v=25\,000/3600\cdot 0,50\approx 13,9\text{ м/с}$$

5. Вихідні отвори

- **Кількість отворів на трубу:** 75

- **Діаметр отвору:** 10 см

- **Площа одного отвору:**

$$S_{\text{отв}}=(\pi\cdot 0,1^2)/4=0,00785\text{ м}^2$$

- **Загальна площа отворів:**

$$S_{\text{отв. заг}}=75\cdot 0,00785=0,58875\text{ м}^2$$

Виходить, що загальна площа отворів \approx площа труби, що гарантує **рівномірну подачу повітря** до кожної тварини з поступовим зниженням тиску вздовж труби.

6. Оцінка охолодження повітря

На вході до кожної труби встановлено **випарний охолоджувач**:

Температура зовнішня	ΔT охолодження	Температура повітря припливного
+20 °C	2 °C	+18 °C
+40 °C	15 °C	+25 °C

Це дозволяє зменшити теплове навантаження у спеку, знизити ризики теплового стресу та підтримувати температурний комфорт без кондиціонування.

7. Газовий режим та мікроклімат

Система забезпечує підтримання:

- температури в зоні дихання: 20–26 °С
- вмісту CO₂ < 0,25%
- вмісту аміаку NH₃ < 20 мг/м³
- відносної вологості: 60–75%

Має **енергоефективність** за рахунок часткової роботи вентиляторів у міжсезоння.

Система відповідає сучасним стандартам для інтенсивного молочного скотарства та дозволяє вийти на стабільні показники продуктивності й зоогієни.

3.3. Розрахунок системи обігріву

На основі проведеного аналізу теплового балансу (див. пункт 2.2) для тваринницького приміщення площею **72 × 21 м**, висотою **4 м** (об'єм — **6048 м³**) при наявності **200 голів ВРХ**, встановлено, що **в зимовий період у приміщенні формується тепловий надлишок** за рахунок виділення тепла тваринами.

Однак, існує **необхідність часткового або резервного обігріву** в окремих випадках:

- при сильних морозах (температура нижча за **-20 °С**);
- в ізоляторах, родильному відділенні, телятнику;
- у разі аварії вентиляції або при тривалому провітрюванні;
- для підтримання температури на старті після розміщення

тварин.

1. Повтор теплового балансу

Виділення тепла від тварин і джерел:

$$Q_{\text{внутр}} \approx 242\,000 \text{ Вт}$$

Втрати тепла через огороджувальні конструкції (стіни, дах, підлога, вікна):

$$Q_{\text{втрати}} \approx 66\,000 \text{ Вт}$$

Чистий надлишок тепла:

$$Q_{\text{надлишок}} = 242\,000 - 66\,000 = 176\,000 \text{ Вт}$$

→ В основному приміщенні **система опалення не потрібна.**

Основне тваринницьке приміщення для 200 ВРХ **не потребує загального обігріву**, оскільки тепло, що виділяється тваринами, повністю компенсує тепловтрати навіть за зовнішньої температури $-15 \dots -20 \text{ }^\circ\text{C}$. Проте при зниженні температури навколишнього середовища ще на декілька градусів потрібно стежити за водопостачанням біля вихідних дверей та не залишати їх відкритими на довгий час.

3.4. Удосконалення конструкції системи мікроклімату

На базі вже розробленої припливно-витяжної вентиляції з охолоджувальною трубною системою та витяжними вентиляторами, пропоную наступні інноваційні удосконалення:

1. Автоматизована регуляція повітрообміну (Demand-Controlled Ventilation)

- Встановлення датчиків температури і вологості, що впритул моніторять якість повітря на різних рівнях (наприклад, на висоті 1,5 м та 2,5 м) для точного контролю .

- Використання частотних перетворювачів на вентиляторах для автоматичного регулювання швидкості в залежності від вологості та температури.

- Енергозбереження до 60% у міжсезоння за рахунок безперервного регулювання витрати повітря .

-

- Можливе підключення до загальної PLF-системи для комбінованого контролю середовища, здоров'я та продуктивності тварин

Схематичний огляд оновленої системи:

Компонент	Опис
Сенсори (Т, RH)	Автоматична регуляція
VFD-управління вентиляторами	Регулювання оборотів
Приводи заслінок	Контроль клапанів
Контролер (AutoFlex)	Центральне управління
UV-C і HEPA	Санація повітря
ML-алгоритми	Оптимізація режимів

Ефекти від впровадження:

- Автоматичне забезпечення повітрообміну за гігієнічними нормами;
- Скорочення енергоспоживання на 40–60 %;
- Покращення здоров'я тварин, зниження стресу та захворюваності;
- Віддалений моніторинг та архівація даних;
- Гнучкість та масштабованість під майбутнє розширення ферми.

3.5. Розрахунок елементів системи на міцність та надійність

У новому варіанті трубчаста система вентиляції виготовляється з армованого ПВХ-матеріалу, що значно знижує вагу, спрощує монтаж і не потребує значних підсилювальних опор. Але важливо перевірити її на міцність, провисання та розрив під дією повітряного тиску.

1. Характеристики вентиляційної труби

• **Матеріал:** армований ПВХ (технічна тканина з ПВХ-покриттям)

• **Маса матеріалу:** $300 \text{ г/м}^2 = 0,3 \text{ кг/м}^2$

• **Діаметр труби:** 0,8 м

• **Довжина труби:** 35 м

• **Площа поверхні однієї труби:**

$$S = \pi \cdot D \cdot L = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 35 \approx 88 \text{ м}^2$$

• **Маса труби:**

$$m = 0,3 \cdot 88 = 26,4 \text{ кг}$$

→ **Вага на погонний метр труби:**

$$26,4 / 35 \approx 0,75 \text{ кг/м}$$

2. Розрахунок на провисання

Допустимий проліт кріплення: 3 м

Маса ділянки труби між кріпленнями:

$$0,75 \text{ кг/м} \cdot 3 \text{ м} = 2,25 \text{ кг} = 22,05 \text{ Н}$$

Це навантаження **вкрай незначне** для стандартних монтажних елементів (підвісні троси, хомути, кільця з поліаміду, сталеві кільця або затискачі).

Висновок: труба з ПВХ не потребує жорстких несучих опор і може бути легко підвішена навіть до легких ферм.

3.4. Перевірка на тиск та розрив конструкцій

Максимальний надлишковий тиск у трубі (створюється вентиляторами):

$$P = 100 \text{ до } 200 \text{ Па} = 0,001 \text{ до } 0,002 \text{ МПа}$$

ПВХ тканина 300 г/м² витримує:

• **розривне зусилля по основі/утоку:** 800–1 200 Н/5 см

- **макс. робочий тиск:** 2 000–2 500 Па (0,02–0,025 МПа)

→ **Фактичне навантаження в 10–15 разів менше допустимого.**

4. *Перевірка отворів на втрату жорсткості*

- Діаметр отворів: 0,1 м
- Кількість отворів: 75
- Отвори **тепловирізані**, тож навантаження на тканину локалізується, і ризик розриву мінімальний.

• При високій щільності отворів — рекомендується армувати зону додатковим ПВХ-кантом.

5. *Надійність кріплення*

• ПВХ-труби кріпляться до стелі на **сталевих тросах** через кожні 3–4 м.

• Вага однієї труби — ~26 кг → розподілена на 10–12 підвісів по 2,5 кг/шт.

• Навантаження на одну підвісну точку: **<30 Н**, що в 30 разів менше допустимого навіть для поліпропіленових кріплень.

Висновок

Армована ПВХ труба 300 г/м² повністю задовольняє вимоги міцності, стійкості до повітряного тиску та розриву при експлуатації в системах припливної вентиляції:

- Мала вага: $\approx 0,75$ кг/м;
- Допустимий тиск витримується з запасом 10–15 разів;
- Міцність зберігається навіть при наявності отворів;
- Простота монтажу, гнучкість і легка заміна окремих секцій;
- **Не створює небезпеки травматизації тварин у разі пошкодження.**

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

4.1. Визначення собівартості забезпечення оптимального мікроклімату на одну голову худоби

Вихідні дані:

- Кількість тварин: 200 голів
- Початкові інвестиції в систему мікроклімату: 1 450 750 грн
- Середньорічна кількість днів із температурою $> +20\text{ }^{\circ}\text{C}$: в Україні це близько 120 днів на рік (дані Укргідрометцентру для більшості регіонів)
- Середньорічна продуктивність корови: 28 л/добу
- Зменшення надоїв без вентиляції: -7 л/добу (за умов температури зовнішнього середовища $> +20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Максимальне зменшення з вентиляцією: $-0,5$ л/добу (за умов температури зовнішнього середовища $> +20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Вартість 1 кВт·год електроенергії: 8,25 грн
- Потужність системи вентиляції (8 вент. по 0,37 кВт + 8 вент. по 1,5 кВт):

$P = 8 \cdot (0,37 + 1,5) = 14,96$ кВт Годин роботи на добу
(середньорічно): 16 год/доба

- Робота системи в рік:

$16 \cdot 365 = 5\ 840$ год

1. Розрахунок щорічних витрат на електроенергію

Врічне = $14,96$ кВт · $5\ 840$ год = $87\ 430$ кВт·год

Вартість = $87\ 430 \cdot 8,25 = 721\ 298$ грн/рік

2. Амортизація обладнання (пряма, 10 років)

Щорічна амортизація = $1\ 450\ 750 / 10 = 145\ 075$ грн/рік

3. Сумарні витрати на рік

Сумарні щорічні витрати=721 298+145 075=866 373 грн

4. Собівартість мікроклімату на одну голову

Вартість на 1 голову на рік=866373/200=4 331,87 грн/голову/рік

На добу: 4 331,87365≈11,87 грн/добу

5. Економічний ефект від впровадження вентиляції

1. Втрата продукції без вентиляції:

- 1 корова:
7·120=840 л/рік
- 200 корів:
840·200=168 000 л/рік

2. Втрата продукції з вентиляцією:

- 1 корова:
0,5·120=60 л/рік
- 200 корів:
60·200=12 000 л/рік

Табл 4.1. Фінансові показники

Показник	Значення
Річні витрати на систему	866 373 грн
Додатковий дохід від збереженої продуктивності	2 808 000 грн
Чистий економічний ефект	1 941 627 грн/рік
Окупність системи	≈ 5,4 місяця

З ціною молока 18 грн/л, система мікроклімату дозволяє:

- отримати майже 2 млн грн чистого додаткового прибутку на рік навіть при втраті надоїв лише влітку;
- повернути інвестиції менш ніж за пів року;
- стабілізувати виробництво молока, уникнути пікових втрат і підвищити довгострокову рентабельність господарства.

Таким чином розроблена та впроваджена система вентиляції показала позитивний ефект не тільки на мікроклімат в приміщенні і самопочуття тварин, а й має позитивний економічний ефект з окупністю менше пів року.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Техніка безпеки при експлуатації систем мікроклімату

Організація безпечної експлуатації вентиляційного обладнання, охолоджувачів, повітропроводів та електротехнічної автоматики є критично важливою для збереження життя і здоров'я працівників, а також для забезпечення безперебійної роботи системи мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.

Нормативна база, яка регулює безпеку праці:

• **Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992 р.** Загальні вимоги до безпечної експлуатації системи:

1. **Обов'язкове інструктування персоналу:**

○ Працівники, які мають доступ до системи вентиляції або охолодження, повинні пройти:

- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний інструктаж (не рідше ніж раз на 6 місяців);
- позаплановий (у разі змін у конструкції або НПА);

○ Всі інструктажі фіксуються у **журналі з охорони праці**.

2. **Безпечне електроживлення системи:**

○ Усі електричні компоненти системи вентиляції (вентилятори, приводи, автоматика) повинні мати **захисне заземлення**, виконане за схемою TN-C-S або TN-S.

○ **Необхідне встановлення:**

- автоматичних вимикачів;
- пристроїв захисного відключення (УЗО);
- резервного аварійного вимикача (кнопка STOP) у доступному місці.

- Робота в електроустановках дозволена **тільки працівникам з групою допуску не нижче II.**

3. **Захист від механічних ризиків:**

- Вентилятори (особливо осьові) повинні мати **решітки безпеки.**
- Забороняється експлуатація системи без кожухів, захистів та кришок.

4. **Монтаж та технічне обслуговування:**

- Підвісні елементи (троси, консолі, хомути) повинні розраховуватись на **запас міцності не менше 4-кратного навантаження.**
- При монтажі на висоті понад 1,3 м **обов'язково використовуються запобіжні пояси та страхувальні лінії.**
- **Обов'язкова перевірка:**
 - герметичності з'єднань повітропроводів;
 - справності датчиків (Т, RH, CO₂, NH₃);
 - балансування вентиляторів;
 - температурних реле та контролерів. Ведуться журнали:
- обліку техобслуговування;
- інструктажів з охорони праці;
- журнал несправностей та ремонтів.

Система мікроклімату повинна не лише ефективно виконувати свою функцію, а й бути **безпечною для обслуговуючого персоналу.** Забезпечення електро- та пожежної безпеки, дотримання нормативів охорони праці та регулярне обслуговування системи — це **обов'язкові умови її стабільної роботи.**

5.2. Охорона навколишнього середовища

Експлуатація систем вентиляції, охолодження та мікроклімату у тваринницьких комплексах повинна здійснюватися з **дотриманням екологічних стандартів, щоб не допустити негативного впливу на**

атмосферне повітря, водне середовище, ґрунт та біорізноманіття. Таким чином щоб мінімізувати можливість забруднення навколишнього середовища.

Нормативно-правова база:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» №1264-ХІІ.
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря».
- Закон України «Про відходи».
- Водний кодекс України.
- Державні санітарні норми та правила (ДСанПіН).
- ДСТУ ISO 14001:2015 – Системи екологічного управління.
- Постанова КМУ №879 від 02.07.1998 – «Про порядок ведення державного обліку викидів забруднюючих речовин».

5.2.1 Охорона атмосферного повітря

Система вентиляції є джерелом **організованих викидів повітря**, що виводяться із тваринницьких приміщень у зовнішнє середовище. Основні забруднювачі:

- аміак (NH_3);
- вуглекислий газ (CO_2);
- сірководень (H_2S);
- пил органічного походження;
- водяна пара з мікроаерозолями.

Табл. 5.1. Нормативні гранично допустимі концентрації (ГДК) у зоні дихання:

Речовина	ГДК (мг/м ³)	Джерело
Аміак (NH_3)	20	ДСанПіН 173-96
CO_2	3 000	Гігієнічні норми
H_2S	10	ДСанПіН 173-96

Заходи для обмеження викидів:

- застосування системи витяжної вентиляції з контролем концентрацій газів (датчики CO₂, NH₃, H₂S);
- регулювання кратності обміну повітря залежно від сезону (мінімізація обсягів у міжсезоння);
- проектування вихлопів вище дахів на $\geq 1,5$ м, що зменшує концентрації біля ґрунту;
- використання вентиляційних глушників та фільтрів грубої очистки на пилових ділянках (особливо при сухій підстильці).

5.2.2 Охорона водного середовища

Системи мікроклімату, що містять охолоджувачі з випарним або водяним охолодженням, можуть використовувати воду в технічному циклі. Основні загрози:

- неорганізований скид стічної води, яка може бути змішана з органікою (гній, підстилка);
- застійна волога під охолоджувальними панелями, що може призвести до утворення біоплівки або забруднення.

Заходи захисту:

- забезпечення організованого водовідведення з охолоджувачів (лотки → дренаж → септик або накопичувач);
- заборона зливу води з охолодження на ґрунт;
- використання замкнутих контурів рециркуляції води;
- періодична дезінфекція систем охолодження (не менше ніж 1 раз на 14 днів у літній період).

5.2.3 Охорона ґрунту і запобігання забрудненню твердими відходами

Хоча система мікроклімату не є прямим джерелом ґрунтового забруднення, неналежне поводження з відпрацьованими елементами (фільтрами, вентиляторами, ПВХ-трубами) може створити екологічні ризики.

Заходи:

- **відпрацьовані вентилятори, автоматику, електромотори** передавати на підприємства з ліцензією з утилізації електронного обладнання;

- **ПВХ-матеріали** (труби, стрічки) передавати на вторинну переробку або вивозити через зареєстрованого перевізника небезпечних відходів;

- **забороняється зберігання відходів на відкритому ґрунті без твердого покриття та навісу.**

5.2.4 Контроль шуму і вібрацій

Оскільки вентилятори можуть генерувати **шум та механічні вібрації**, важливо враховувати їх вплив як на тварин, так і на персонал.

- **ДБН В.1.1-31:2013** обмежує рівень шуму в приміщеннях до **≤ 80 дБА**.

- Для зменшення впливу:

- використовуються **антивібраційні опори** під вентиляторами;

- встановлюються **глушники** на витяжних каналах;

- **вентилятори розташовуються подалі від зони обслуговування людей.**

5.2.5 Енергозбереження та декарбонізація

Згідно з цілями Національного плану скорочення викидів парникових газів (НПСВ), **енергоефективність систем мікроклімату** є важливою складовою захисту клімату.

- Система спроектована з **енергоощадними вентиляторами** з високим ККД ($\geq 70\%$).

- Передбачено:

- **автоматичне регулювання швидкості обертання** (частотні перетворювачі);

- **автоматичне відключення** у нічний період або за сприятливих умов;
- можливість **використання альтернативних джерел енергії** (наприклад, сонячних панелей для живлення контролерів).

Система мікроклімату відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки, а саме:

- не перевищує гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин;
- не створює ризиків для поверхневих та підземних вод;
- забезпечує безпечне поводження з відходами;
- мінімізує вплив шуму і вібрацій;
- сприяє досягненню цілей сталого розвитку через енергоефективність.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту на тему *«Механізація процесу забезпечення мікроклімату у тваринницькому приміщенні»* було проведено комплексне дослідження, технічне проєктування та економічне обґрунтування сучасної вентиляційної системи для ферми великої рогатої худоби (ВРХ) на 200 голів.

1. У **вступній та аналітичній частині** проведено аналіз сучасного стану галузі тваринництва, зокрема проблем, пов'язаних із мікрокліматом. Встановлено, що відсутність або неефективність вентиляції призводить до погіршення умов утримання тварин, зниження продуктивності та підвищення захворюваності.

2. У **техніко-технологічному розділі:**

- визначено гігієнічні вимоги до параметрів мікроклімату (температура, вологість, газовий склад, запиленість);
- проведено **теплотехнічний розрахунок приміщення;**

- підібрано та обґрунтовано конструкцію **припливно-витяжної вентиляції**, з урахуванням сезонних коливань;

- розроблено **варіант із використанням охолоджувачів та ПВХ-трубної вентиляції з отворами напроти кожної тварини.**

3. У розділі **конструктивного вдосконалення** запропоновано систему автоматизації з датчиками температури, вологості, частотними регуляторами вентиляторів, а також інтеграцію з контролерами Mikroclima або Agrologic для віддаленого управління.

4. У розділі **міцнісних розрахунків** доведено, що система з армованої ПВХ тканини масою 300 г/м² є надійною, механічно стабільною та не створює надлишкових навантажень. Усі елементи мають достатній запас міцності.

5. **Економічна частина** показала:

- собівартість мікроклімату на одну голову — приблизно 11,87 грн/день;

- при оптовій ціні молока 18 грн/л, **чистий економічний ефект становить понад 1,9 млн грн на рік**, навіть якщо зниження продуктивності без вентиляції відбувається тільки в теплий період року (≈ 120 днів);

- **окупність системи — менше ніж за 6 місяців.**

-

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаптивний мікропульсатор автоматизованого доїльного апарата. Теорія та експеримент [Текст] : монографія / В. В. Адамчук, В. Т. Дмитрів, І. В. Дмитрів, Ю. М. Лаврик ; Львів. нац. аграрн. ун-т. – Львів : СПОЛОМ, 2016. 152 с.
2. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. Запоріжжя, 2012. 177 с.
3. Бей Р.В. Розроблення та удосконалення основ машинного доїння: історичний аспект. *Техніка і енергетика АПК*. 2018. №1. С. 16–25. URL: <file:///D:/проекти/55-Article%20Text-71-1-10-20180401.pdf>.
4. Борян Л. О. Програмне управління процесами в галузі. Миколаїв, 2025. 116 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20924/1/pupg-h2-mag-prakt-2025.pdf>
5. Герук С., Сукманюк О. Історія створення доїльних апаратів. 2015. С. 102-105. URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/ChasUkr_2015_32_18%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/ChasUkr_2015_32_18%20(1).pdf)
6. Грицун А. В., Зозуляк І. А., Борис М. М., Мартинюк А. В. Теоретичні дослідження процесу машинного доїння корів апаратом із доїльною гумою змінної товщини // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. № 2 (125). С. 28–35. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38074.pdf>
7. Грушецький С. М., Корнійчук М. В. Доїльна установка із системою сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса. Матеріали XII Всеукр. наук.-прак. конф. студ. та молодих науковців,

«Перші наукові кроки – 2018». Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2018. С. 59.

8. Грушецький С.М., Панцир Ю.І., Лучик В.В. Експериментальні стенди доїльної установки із доїльним апаратом різної дії. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Київ, 2023. С. 271-275. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4d8ce66f-3ae2-484b-9dbf-a991c5a5b8b0/content#page=271>

9. Заболотько О. О., Ліщинський С. П. Аналіз ефективності режимів роботи доїльних апаратів різної конструкції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 79 «Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва». 2009. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/49107>

10. Машина, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Скляр, О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

11. Механізація доїння і первинної обробки молока: Підручник для здобувачів вищої освіти / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська., Р. В. Скляр, І. Ю. Маніта – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 401 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/553645216.pdf>

12. Молочна та молочнопереробна промисловість. Україна, 2007 / Громадська організація «Асоціація» Український клуб аграрного бізнесу. К., 2008. 231 с.

13. Момотенко М. П. Механізація тваринництва і птахівництва /М. П. Момотенко, І. С. Сушко, В. І. Федан. Урожай, 1969. 329 с.

14. Пастернак Н. Чи буде в Україні якісне молоко? Молочна промисловість. 2008. №1 (44). С. 18 – 21.

15. Полях Є.О. / Експериментальні дослідження доїльного апарата/ В.Ю. Дудін, О.С. Алексєєв, Є.О. Полях // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2020 , November 30 - December 7, 2020. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.:

Sheffield. Science and education LTD – 37-40 p.

16. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств: Навч. посібник для студентів вищ. агр. закладів освіти 3–4 рівнів акредитації за спец. „Механізація сіл. госп-ва” (спеціалізація „Механізація тваринництва”) /І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. К.: Урожай, 1999, 199 с.

17. Ревенко І.І. Машина та обладнання для тваринництва: підручник / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. –К.: Кондор, 2009. 730 с.

18. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О.Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.

19. Смоляр В. Рівень захворюваності корів на мастит за використання різних типів доїльних установок. Техніка і технології АПК. 2014. № 1. с. 17.

20. Ткач В. В. Обґрунтування параметрів релізерного пристрою для доїльного апарата: дис. канд. техн. наук. Глеваха, 2007. 143 с.

21. Ужик В.Ф. Обґрунтування вимог до процесу машинного доїння / Ужик В.Ф., Чигрин О.А. // Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2005. Вип. 42. С.176–180

ДОДАТКИ