

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко-технологічний**

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Механіко-технологічного

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Охорони праці та біотехнічних
систем у тваринництві

_____ (підпис) _____ (ПІБ)
“ ___ ” _____ 20__ р. .

_____ (підпис) _____ (ПІБ)
“ ___ ” _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Забезпечення параметрів мікроклімату в приміщеннях для
утримання ВРХ з дослідженням вентиляційної установки »

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
Освітня програма:

Орієнтація освітньої програми: Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Професор, доктор технічних наук _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Братішко В. В.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Професор, доктор технічних наук _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Хмельовський В. С.
(ПІБ)

Виконала _____
(підпис)

Корж Юлія Ігорівна
(ПІБ студента)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет механіко-технологічний
ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
Охорони праці та біотехнічних
систем у тваринництві**

Проф., д-р техн. наук

Хмельовський В. С.
(ПІБ)

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Корж Юлії Ігорівні

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма:

Орієнтація освітньої програми: Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Забезпечення параметрів мікроклімату в приміщеннях для утримання ВРХ з дослідженням вентиляційної установки»

Затверджена від «13» листопада 2024 р. № 2038 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.11.08

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»; приміщення корівника на 200 голів з фактичним розміщенням 192 голови; природна система вентиляції.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Параметри мікроклімату та їх вплив на утримання ВРХ
2. Види вентиляції та їх переваги і недоліки
3. Покращення систем вентиляції

Дата видачі завдання “20” листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Хмельовський В. С.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Корж Ю. І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Забезпечення параметрів мікроклімату в приміщеннях для утримання ВРХ з дослідженням вентиляційної установки».

Дана кваліфікаційна робота складається з вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаної літератури зі 50 найменувань та 2 додатків. Основна частина виконана на 47 сторінці, містить 7 рисунків і 4 таблиці і 5 графіків. Загальний обсяг роботи разом із додатками складає 62 сторінок.

У вступі було викладено актуальність теми дослідження та загальну характеристику роботи.

У першому розділі «Теоретичні основи формування мікроклімату в приміщеннях для утримання великої рогатої худоби» було розглянуто теоретичні основи формування мікроклімату тваринницьких приміщень, розглянуті нормативні параметри.

Другий розділ «Аналіз систем вентиляції в тваринницьких приміщеннях утримання ВРХ» являє собою аналіз фізичних процесів тепло- та вологообміну у корівнику (тепловиділення тварин, випаровування вологи), оцінює їхній вплив на параметри мікроклімату.

У третьому розділі «Характеристика об'єкта та умови дослідження» наведено основну характеристику господарства на основі якого проводилися дослідження. Проаналізовано наявну вентиляційну систему та умови мікроклімату.

Четвертий розділ «Дослідження вентиляційної установки» передбачає проведення теоретичного визначення необхідності повітрообміну обраного корівника та обґрунтування необхідності вдосконалення наявної системи вентиляції (природної до гібридної).

У п'ятому розділі «Економічна частина» наведено результати розрахунків економічної ефективності удосконаленої системи для обох запропонованих варіантів удосконалення.

У шостому розділі «Охорона праці та навколишнього середовища» висвітлено основні виклики, що покликані застосуванням запропонованих систем вентиляції та загальні норми забезпечення їх безпечної експлуатації.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено:

- Природна система вентиляції на об'єкті дослідження лише частково забезпечує нормативні показники мікроклімату, особливо у періоди високих зовнішніх температур та штилю.
- Оптимальна кратність повітрообміну у корівнику повинна становити 4 рази/год взимку та 6-10 разів/год влітку, що вимагає впровадження примусових елементів.
- Впровадження гібридної системи вентиляції тунельної або локальної з туманоутворення дозволить прогнозовано збільшити молочну продуктивність поголів'я до 10% за рахунок зниження теплового стресу.
- Річний економічний ефект від застосування удосконаленої гібридної вентиляційної системи становить 65 500 грн.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	9
1.1. Поняття та складові мікроклімату тваринницьких приміщень, їх нормативні значення.....	9
1.2. Біологічне значення параметрів мікроклімату для великої рогатої худоби	11
1.3 Фізичні процеси тепло- і вологообміну у тваринницьких приміщеннях	12
1.4 Висновки до розділу	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ УТРИМАННЯ ВРХ.....	16
2.1 Класифікація вентиляційних систем.....	16
2.2 Фактори впливу на вибір системи вентиляції.....	17
2.3. Типи вентиляторів та їх ефективність	19
2.4 Огляд сучасних енергоефективних систем вентиляції для корівників	22
2.5 Енергоефективність систем та її зміни в залежності від пори року	25
2.6 Висновки до розділу	26
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ..	28
3.1 Загальна характеристика господарства.....	28
3.2 Кліматичні умови господарства	29
3.3 Технологія утримання великої рогатої худоби на підприємстві.....	30
3.4 Конструктивні характеристики приміщення	32
3.5 Оцінка існуючих умов мікроклімату	34
3.6 Висновки до розділу	37

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ	39
4.1 Теоретичне визначення необхідності повітрообміну.....	39
4.2 Розрахунок кількості необхідних вентиляторів тунельної вентиляції та їх потужності.....	43
4.3 Розрахунок кількості локальних вентиляторів та системи туманоутворення	46
4.4 Висновок до розділу.....	48
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	50
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	53
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Утримання сільськогосподарських тварин все більше базується на засадах створення комфортних умов для утримуваної худоби та мінімізації збитків для природи. Застосування протягом багатьох років інтенсивної форми скотарства, як доміантної, мало значний економічний ефект за умови підвищення продуктивності худоби. При чому також спостерігається низка негативних екологічних ризиків для здоров'я тварин, що пов'язані з небезпекою виникнення хвороб через щільне утримання. У зв'язку із цим також виникає залежність погіршення показників мікроклімату.

При проектуванні приміщень важливо зважати на забезпечення оптимальних значень цих показників. Тепло, волога та гази, що виділяються при утриманні худоби неодмінно позначаються на внутрішньому середовищі корівника. Головним чином для стабілізації необхідно якісно налагодити системи вентиляції.

Велика рогата худоба, у порівнянні з іншими сільськогосподарськими тваринами, відносно добре адаптована до змін клімату. Так, вони здатні витримувати незначні межі коливання високих та низьких температур. Незважаючи на цю особливість гострою залишається потреба оптимізації мікроклімату корівника для забезпечення високої продуктивності при мінімізації шкоди біологічному ритму життя та здоров'ю стада.

Гостро постає необхідність дотримання зоогігієнічних вимог у кількох напрямках. Здійснювати контроль та регулювання низки факторів у ручному варіанті може бути неефективно, тому існує необхідність застосування автоматизованих систем управління мікрокліматом.

Одним з найважливіших напрямів удосконалення умов утримання великої рогатої худоби слугує підвищення ефективності систем вентиляції. Під час використання природної системи вентиляції, що традиційною для українських господарств, підтримка параметрів мікроклімату на належному рівні часто може

бути ускладненою сезонними коливаннями температури та вологості. Тож, у цьому питанні підкреслюється актуальність дослідження існуючих вентиляційних установок і розробці рішень ефективної підтримки мікроклімату протягом року.

Мету роботи можна окреслити як дослідження параметрів мікроклімату у приміщеннях утримання великої рогатої худоби з природною системою вентиляції, з подальшою оцінкою її ефективності та розробкою рішень покращення вентиляційної установки для нормалізації умов утримання стада.

Об'єктом дослідження слугує процес забезпечення оптимального мікроклімату в корівнику.

Предмет дослідження - природна та гібридна системи вентиляцій корівників.

Практичне значення роботи є можливість впровадження результатів дослідження для покращення умов утримання худоби, зокрема і підвищення їх продуктивності та добробуту, зменшення споживання електроенергії через впровадження автоматизованої системи керування вентиляцією.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1. Поняття та складові мікроклімату тваринницьких приміщень, їх нормативні значення

Велика рогата худоба характеризується прямою залежністю від природного обшару, у якому безпосередньо знаходиться ферма. Так важливим є як і загальне розміщення підприємства, так і внутрішні умови створені людиною. Створення місцевого клімату у тваринницьких приміщеннях безпосередньо буде залежати від варіанту утримання худоби(прив'язне, безприв'язне, потокове) , виробничого напрямку ферми та безпосередніх їх можливостей. Наприклад, при утриманні худоби за прив'язним способом, більшість часу поголів'я знаходитиметься у закритих приміщеннях, тому вони мають інші необхідні показники вологості та температури, ніж при безприв'язному утриманні.

Основними факторами, які варто враховувати при розроблені оптимальної системи мікроклімату є сукупність зовнішніх елементів довкілля. Серед них виділяють наступні:

- вологість;
- швидкість зміни повітряних мас;
- пилове забруднення повітря;
- забруднення повітря біологічними матеріалами;
- зміна елементного складу повітря;
- показники температури освітленості

Внутрішній клімат у приміщеннях змінюється і формується під впливом тепловиділення тварин, роботи обладнання, випаровуванням від решток життєдіяльності тварин, а також ступеню вентиляції. Визначення основних допустимих значень параметрів мікроклімату визначаються нормативно та

мають пряму залежність від стану та віку тварини, пори року та архітекtonіки приміщення. Відповідно до нормативних значень обираються значення наведених параметрів мікроклімату, при чому також враховується безпосередньо спосіб утримання стада. Оптимальні значення таких показників при прив'язному способі утримання наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Оптимальні значення основних показників мікроклімату у прив'язному корівнику

Назва показника	Номінальне нормативне значення
Температурний показник у приміщенні, °С	8-12
Вологість, %	≈ 75
Швидкість повітря, м/с	0,5-1,0
Вуглекислий газ, %	0,25
Аміак, мг/м ³	20,0

Крім того, дані значення також мають свої коливання відповідно до вікової групи тварин. Так, у таких типах приміщень, як родильне відділення та телятник, значення температурного режиму вищі - 15-20 °С і 12-15 °С, відповідно. При чому у цих же приміщеннях позник вологовмісту буде значно меншим - у межах від 40 до 70 %.

Отже, отримання позитивного мікроклімату є комплексним завданням, що містить у собі необхідність врахування багатьох чинників та важливості

дотримання нормативних показників, оскільки це може мати згубний вплив не лише для продуктивності тварин, а й для їх здоров'я.

1.2. Біологічне значення параметрів мікроклімату для великої рогатої худоби

Фізіологічні та поведінкові особливості відрізняються залежно від утримуваної худоби, тому є необхідним окремо виділяти групи тварин при визначенні комфортних умов. Так, при утриманні корів необхідно забезпечити комфортне місце для лежання та відкритий доступ до нього. Це дозволяє розвантажити суглоби та копита, збільшити циркуляцію крові у виміні, що відповідно дає змоги зміцнити копита та підвищити продуктивність отримання молока до 10%.

При життєдіяльності тварин у навколишнє середовище, окрім аміаку та вуглекислого газу, також неодмінно виділяється якась кількість тепла та водяної пари. Ці показники напряду залежать від самої живої маси тварин, а для стабілізації мікроклімату та виведення надлишку усіх показників застосовують системи вентиляції.

Несприятливі умови згубно впливають на життя та здоров'я тварин. Так, окрім основних схожих негативних впливів (зниження продуктивності, теплового стресу та хвороб), залежно від виду впливу (температура, вологість) та їх амплітуди коливань, спостерігаються їх відмінності. Наприклад, низькі температури можуть збільшувати витрати корму, знижувати загальний імунітет, а підвищенні - впливають на репродукцію худоби та погіршують якість отримуваної продукції (молока, м'яса). Низька вологість викликає проблеми з запиленістю та подразнює дихальні шляхи, знижує апетит, у свою чергу підвищена - погіршує якість підстилки.

Так, забезпечення оптимальних показників мікроклімату не тільки дозволяє покращити продуктивність тварин, але й дає змогу забезпечити їм найбільш комфортне життя з мінімізацією шкоди здоров'ю та стресу.

1.3 Фізичні процеси тепло- і вологообміну у тваринницьких приміщеннях

При розгляді питання фізичних процесів тепло- і вологообміну у приміщеннях утримання худоби варто зважати також на розпорядок типового дня молочної корови, що утримується в приміщенні (рисунок 1.1).

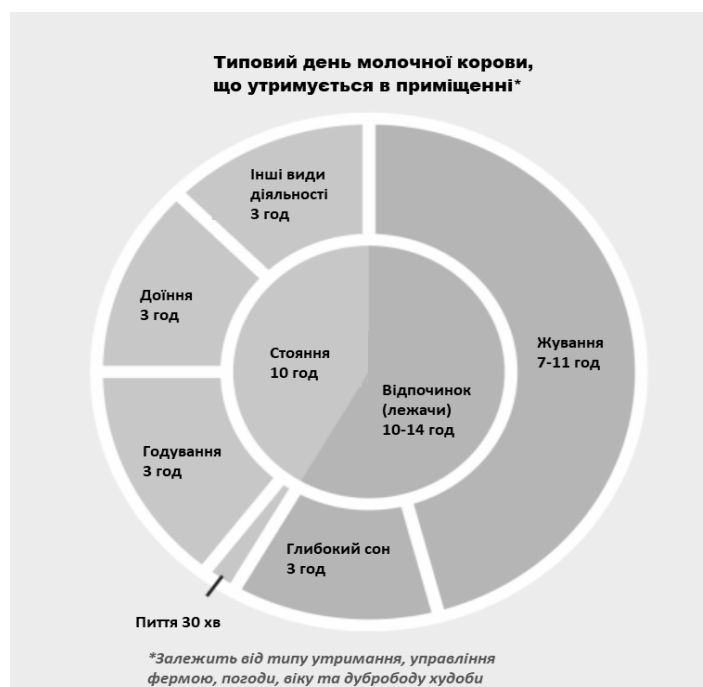


Рисунок 1.1 Схема типового розпорядку дня молочної корови, що утримується у приміщенні

Так зі схеми видно, що більшу частину доби корова залишається активною і під час усього цього часу, незважаючи від фази діяльності, вона буде виділяти тепло, що буде впливати на загальні значення мікроклімату. Загальне значення від тепло- та вологообміну буде складатися в залежності і від інших показників: теплообміну з навколишнім середовищем (повітрям та поверхнями) та коефіцієнту випаровування вологи. Раніше було розглянуто як ці показники безпосередньо впливають на продуктивність та здоров'я худоби, тому зараз необхідно дослідити як ці процеси відбуваються природно, щоб побачити важливість контролю та управління мікрокліматом.

Частини теплого повітря (нагріте від тварин, працюючого устаткування та сонця) природним підіймаються вгору, у той час як холодні шари опиняються внизу. Так, більш холодні атмосферні маси надходять через бокові вікна та двері і витісняють теплі - виходять з приміщення через світло-вентиляційні отвори у даху (рис. 1.2), утворюючи природну циркуляцію повітря, завдяки конвекції. Таким чином природній рух повітря пришвидшує випаровування через підвищення швидкості віддачі тепла та вологи.



Рисунок 1.2 Люк у даху для освітлення та вентилявання корівника

У кожної конструкції будівлі є власна здатність притягувати та віддавати тепло, що зветься теплопровідністю. В залежності від матеріалу виготовлених конструкцій коефіцієнт теплопровідності може відрізнятись, а тому здатність затримувати тепло буде теж різнитись. Тепло всередині приміщення передається від вже розігрітого повітря та передає його до холодних стін та підлоги, піддаючи повітря у цих зонах незаочному охолодженню. Залежно від змін температурних коливань всередині та зовні будівлі нагрівання та охолодження приміщення може відбуватися як і від виходу тепла з середини, так і надходження його з навколишнього світу (завдяки сонячним променям).

Також у корівнику спостерігається і природній вологообмін. Окрім безпосереднього виділення вологи від підстилкового матеріалу, сама корова також підвищує рівень вологи у приміщенні через дихання та потовиділення. Варто зазначити, що за середніми показниками одна доросла особина здатна виділяти в межах до 15 літрів пари за добу. Випаровуючись ця волога, хоч і знижує основний коефіцієнт вологи в приміщенні та тим самим зволожує внутрішні поверхні та знижує загальну температуру. Таким чином, близько 10 % усієї вологи випаровується від гною та підлоги, відповідно охолоджуючі корівник за рахунок поглинання теплоти.

У той самий час швидкість зміни повітряних мас відіграє найбільш значущу роль у процесі обміну тепла та вологи. Так, штиль, може сприяти перегріванню та збільшенню вологи у приміщенні, а підвищений вітер - надміру охолоджувати.

Отже, застосування контролю та регуляції над показниками мікроклімату у тваринницькому приміщенні необхідна та невід'ємна частина виробничого процесу утримання худоби. Так, застосування механічної системи вентилявання буде мати позитивний вплив на загальний стан внутрішніх умов корівника, що у свою чергу дозволить підвищити продуктивність, добробут та здоров'я тварин.

1.4 Висновки до розділу

У розділі детально було розглянуто основи формування мікроклімату тваринницьких приміщень, зокрема утримання великої рогатої худоби.

Так, з наведеного матеріалу видно, що мікроклімат не є сталим, а залежить від багатьох факторів. Навколишнє середовище та штучно створені умови такі як температура, вологість, концентрація газів та швидкість руху повітря в приміщенні напряму впливають на стан поголів'я. Ці показники корегуються нормативною базою та мають свої відхилення залежно від вікових груп тварин.

Відхилення від оптимальних значень провокують негативні наслідки як і для здоров'я худоби, так і для якості отримуваної продукції.

Внутрішній мікроклімат корівника завжди перебуває в нестабільному стані. Виділення тепла від тварин та техніки, збільшення вологовмісту та токсичних газів потребують негайної стабілізації через фізичні процеси.

Природна циркуляція повітря та теплообмін конструкцій не здатні повною мірою стабілізувати ситуацію, а отже необхідною умовою є застосування гібридних або повністю механічних систем вентиляції приміщень. Таке запровадження дозволять не тільки ефективно регулювати показники мікроклімату, а й забезпечать підвищення продуктивності тварин і зроблять процес автоматизованим.

Отже, досягнення сприятливого мікроклімату є комплексним інженерно-біологічним завданням. Успішне тваринництво ґрунтується на спроможності підприємства результативно керувати усіма елементами мікроклімату, застосовуючи відповідні системи для забезпечення сталої відповідності нормам та покращення добробуту тварин.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ УТРИМАННЯ ВРХ

2.1 Класифікація вентиляційних систем

У попередньому розділі було розглянуто важливість підтримання мікроклімату, забезпечуючи достатній рівень вентилявання приміщень. Так, важливими є і питання класифікації вентиляційних систем та різниця їх впливу на внутрішнє середовище корівника. Оскільки вентиляція здатна не лише поліпшувати загальний стан повітря, знижуючи концентрацію патогенних речовин, а й напряду впливати на термо- та вологорегуляцію.

Залежно від необхідного ефекту можна застосовувати різну за типом систему. Так їх класифікацію поділяють на групи:

- Призначення: загальна (впливає на весь повітрообмін у приміщенні), місцева (застосовується у місцях підвищеної концентрації шкідливих речовин та виводить їх без поширення) та комбінована;
- Спосіб забезпечення повітрообміну: припливна (свіже повітря заходить, забруднене виходить інфільтрацією), витяжна (забруднене виходить механічно, свіже заходить інфільтрацією) та припливно-витяжну (потоки повітря обмінюються механічно пристроями);
- Стимулювання переміщення: природна (під різницею щільності повітряних мас), примусову (механічно) та комбіновану;
- Характер потоку: вертикальні та горизонтальні.

Для визначення необхідної системи варто звертати увагу як і на безпосередні потреби та особливості приміщення (розмір, поголів'я, рівень виділення тепла та вологи), так і на переваги та недоліки кожної з них.

Природна система вентиляції буде найбільш енергоощадною та немає залежності від енергопостачання. Проте її особливість застосування полягає у

тому, що при такому варіанті повітрообмін буде відбуватися лише при правильному розташуванні усіх отворів для створення відтоку та притоку повітря (вікон та дверей), а також при наявності щілини аерації у даху та її пропускній здатності. Тож, при недоліку у проектуванні така система може бути неефективною і повітрообмін буде здійснений не на повну потужність.[49]

У свою чергу механічна вентиляція буде відбуватися за допомогою вентиляторів, що і створюватимуть потоки. Така система допоможе більш точно контролювати мікроклімат приміщень та разом з тим потребуватиме періодичного технічного обслуговування та залежатиме від енергопостачання. Механічна вентиляція також має два поширені типи систем: перехресна та тунельна, що набули свого поширення до застосування у молочних корівниках. Так, при перехресній системі повітря втягується паралельно до стійл, таким чином створюється саме перехресний потік. Тунельна ж вентиляція створює такі потоки по всьому приміщенню завдяки конструкції. [48]

Комбінований варіант же буде поєднувати у собі обидві вентиляційні системи, що дозволить забезпечити більшу оптимізацію роботи системи у різних умовах.

Підсумовуючи, вибір типу вентиляційної системи буде визначати ефективність усієї системи мікроклімату.

2.2 Фактори впливу на вибір системи вентиляції

При проектуванні системи вентиляції необхідно врахувати низку чинників, щоб обрана система мала позитивний вплив. Так, основні фактори включають такі основні групи:

- Належний повітрообмін;
- Швидкість вентилявання приміщень;
- Забезпечення гнучкості системи;

Тож, детально розглянемо кожен пункт щодо його важливості, та яким чином можна забезпечити його виконання.

Належний повітрообмін.

При досягненні оптимальних показників повітрообміну варто звернути увагу на необхідні норми цього показника в залежності від пори року. Так, для корівників узимку кратність обмінів повітря становить близько 4 за одну годину. Цей показник доволі мінімальний, щоб забезпечити видалення вологу, вуглекислий газ та патогенні домішки, але максимально зберегти тепло у відповідних нормах. Для літнього періоду повітрообмін збільшують до 6-10 разів/год. Таке збільшення необхідне через зростання нагрівання зовнішнього повітря та загального показника тепла у приміщенні.

Швидкість вентиляювання.

Швидкість вентиляювання у корівнику першочергово можна регулювати простим відкриванням дверей, шторок та панелей корівника. Серед можливих систем, що мають цей показник оптимальним, є система з негативним тиском. Так, повітря ззовні подаються системою згори через купольні дахи або автоматичні повітрозбірники. Це повітря проходить процес нагрівання або охолодження, щоб відповідати умовам температури приміщення. Тоді воно, за допомогою стельових або коридорних повітрозбірників розподіляється у середині приміщення. Принцип роботи такої системи продемонстровано на рисунку 2.1

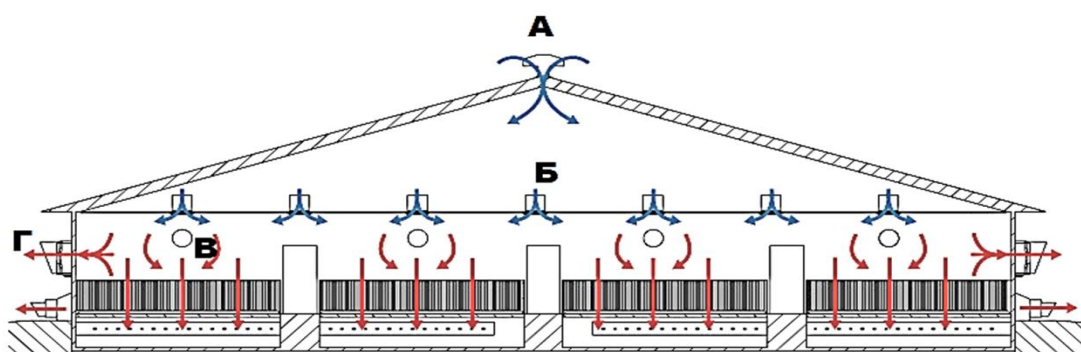


Рисунок 2.1 Принцип повітрообміну за допомогою системи негативного тиску:
А - Купол у даху; Б - Стельові вихідні отвори; В - Вентилятори переміщення; Г -
втяжні вентилятори

Гнучкість системи.

Гнучкість системи вентиляції можна описати як важливість вибору такої системи, що вільно буде мати змогу здійснювати роботу незалежно від клімату і зміни пір року. Так, система має незалежно від цього виводити зайву вологу та контролювати температурний показник у корівнику та відводити зайві вологу та тепло.

Враховання даних факторів при виборі оптимальної системи вентиляції здатне не лише позитивно впливати на продуктивність та здоров'я тварин, а також є і обґрунтовано безпековими нормами. Виділення таких газів як аміак, сірководень та вуглекислий газ змінює хімічний склад навколишнього повітря. Накопичення відходів тваринного походження, особливо у закритому приміщенні, значно підвищує їх концентрацію, що може викликати не лише проблеми зі здоров'я худоби, а також і працівників.

Тож, забезпечення вентиляції це не примха, а необхідна безпекова умова.

2.3. Типи вентиляторів та їх ефективність

Для досягнення позитивного ефекту при використанні вентиляційних систем необхідно правильно підібрати тип та розмір використовуваного вентилятора у даній системі. До основних типів вентиляторів, що застосовують в сільськогосподарському секторі для вентиляції приміщень відносять:[25]

- Відцентрові;
- Осьові.

Щоб чітко розуміти вибір вентилятора для потреб господарства, необхідно також розуміти принципи їх роботи, переваги і недоліки, що і розглянемо далі.

Відцентрові вентилятори

Такий тип вентилятора здатен підтримувати високий тиск. Принцип їх роботи можна описати нагнітанням повітря відцентровою силою, що утворюється під час обертання. Такі вентилятори, завдяки тому, що повітря потрапляє до них під кутом 90 градусів до осі обертання, здатні забезпечувати високу стабільність та значний тиск. Конструктивно, вони вхідний отвір у їх корпусі зазвичай є має менший розмір, ніж вихідний. Тому існує необхідність підібрати розмір за лопатями так, щоб забезпечити ефективність повітрообміну. Такі вентилятори також дають змогу точно контролювати та налаштовувати показники потоків повітря, мають порівняно низький рівень шуму та відрізняються довговічністю. До недоліків часто відносять більшу складність конструкції, більші витрати енергії у великих приміщеннях та складність в обслуговуванні.

Осьові вентилятори

Осьові вентиляторами є найпростішим типом вентиляторів. Вони є найпоширенішими у приміщеннях де існує потреба циркуляції повітря без великої кількості шкідливих газів. Звичайний осьовий вентилятор складається з крильчатки (робочого колеса) з лопатями, замкненим корпусом. Лопаті переміщаючись створюють різницю тисків, що і змішує повітря переміщуватись. Вони викидають повітря у напрямку, що і втягують його, при чому напрямок руху повітря буде паралельним до осі обертання вентилятора. Такі вентилятори зазвичай не створюють високого тиску, хоча деякі їх підвиди можуть, але у такому випадку буде необхідно внести деякі конструктивні зміни до будови: встановити статичні флюгери у повітропроводі, збільшити маточину робочого колеса та, відповідно зменшити лопаті, але зробити їх глибшими. До переваг таких вентиляторів відносять їх простоту конструкції, високу пропускну здатність та енергоефективність. Серед недоліків відзначають чутливість до опору повітропроводів, нижчу продуктивність при засміченні та створення меншого тиску.

При порівнянні цих вентиляторів відносно до застосування при вентиляванні корівників перевагу варто віддати саме осьовим вентиляторам. У таких приміщеннях, особливо в літній період, існує потреба заміни повітряних мас великих об'ємів. При чому вони будуть доволі енергоефективними та легкими у ремонті та обслуговуванні. Вони також можуть бути доволі гнучкими у використанні та застосовуватися комбіновано разом з природною вентиляцією.

Поширеним типом вентиляторів, що широко застосовуються в сільськогосподарському виробництві є:

- Стельові;
- Настінні;
- Реверсивні.

Найчастіше такі вентилятори за своєю конструкцією є саме осьовими. Важливо зазначити, що жоден з застосовуваних вентиляторів не може мати підлогове закріплення при відносно малих розмірах корівників, оскільки такі вентилятори будуть піднімати різні забруднення твердого типу та створювати додаткове запилення. Настінні вентилятори найчастіше мають застосування у приміщеннях з підвищеною вологістю. При застосуванні стельових вентиляторів варто встановити декілька невеликих вентиляторів по всьому приміщенню, ніж один великий - для кращої аерації приміщення.

Вибираючи місце встановлення вентилятора варто зважати, що потоки повітря доцільно направляти саме на корів. Так, монтаж вентиляторів варто здійснювати над стійлами та годівницями, спираючись також при цьому і на типи будівлі.

Тож, при розгляді питання вибору вентилятора для вентиляційної установки у корівнику перевагу варто віддати саме осьовим вентиляторам. Оскільки такі приміщення зазвичай не мають особливих потреб у використанні вентиляторів високого тиску та підвищених потреб у очищенні повітря від ядів у повітрі. Крім того осьові вентилятори можна комбінувати з природньою

вентиляцію приміщень і підтримувати комфорт тварин у корівнику у будь-яку пору року без надмірних енерговитрат. Розташування ж вентиляторів варто вибирати посилаючись на структуру будівлі (її висоту та будову).

2.4 Огляд сучасних енергоефективних систем вентиляції для корівників

У попередньому матеріалі було детально розглянуто для чого необхідно застосовувати вентиляцію у приміщеннях утримання худоби, який вплив на здоров'я та продуктивність має недостатнє вентилявання, та як цей показник впливає на загальний мікроклімат приміщень. Тепер доцільно провести огляд систем вентиляції корівників, розібрати фактори, що мають найбільший вплив при їх виборі та монтажі та інші технічні вимоги.

Так, важливим є сам початок проектування корівника та його архітектурних особливостей. Безпосередньо на циркулювання повітря буде впливати безліч факторів від висоти стель та щільності розміщення стійл та обладнання аж до типу встановлених перегородок та їх кількості. Більш щільне розміщення, без створення щілин у конструкції будівлі, не дасть надмірним обсягам холодного повітря входити до приміщення, а теплим - виходити, що особливо важливо в зимово-стійловий період.

На сьогодні у сучасних системах вентиляції процеси реагування на зміни в повітряному середовищі в корівнику та редагування їх до приведення в норму створюється автоматично. Так, за допомогою встановлених датчиків, що реагують на зміни вологи, температури та концентрації газів, системи здатні самі здійснювати поправки, без участі людини. Тож, для автоматичної регуляції вентиляторів та клапанів, необхідно також встановити автоматизовані системи управління мікрокліматом, наприклад DOL 430-434 від фірми "Агроклімат Україна"(рис 2.2) . Встановлення такої системи також потребуватиме фінансових вкладень, але дозволить зменшити ризики пов'язані з фактором людського

втручання та прибере необхідність відволікатися на різні параметри зміни, наприклад на різку зміну погоди.



Рисунок 2.2 Вигляд комп'ютера автоматичної системи контролю мікроклімату в корівнику.

Раніше вже було детально розглянуто різницю застосовуваних систем вентиляції (природної, механічної та гібридної). Так, зрозуміло, що завдяки особливостям конструкційного виконання корівника для природної вентиляції, найкращого застосування ця система досягне при помірному континентальному кліматі, який поширений у більшості областей України.

При такому кліматі перепади температури є значними та, зазвичай, прогнозованими; кількість опадів рівномірно розподілена між сезонами. Та, зважаючи на тенденцію глобального потепління, останніми роками в Україні спостерігаються доволі посушливі жаркі літні періоди та слабші за морозами, але вологі зими. Тож, важливим і доцільним може стати вибір саме комбінованої (гібридної) системи вентиляції.

При проектуванні приміщень із застосуванням комбінованої системи вентиляції (поєднання механічної та природної) враховують не лише щілини, вікна та інші елементи природного вентилявання, а також вводять вентилятори для посилення обміну повітря. Так, наприклад можна забезпечити повітрообмін

приміщення за допомогою каналів (повітропроводів), а у суху та жарку погоду - доповнити її додатковими вентиляторами. Таким чином можна не лише ефективно підпримувати параметри мікроклімату протягом року, а і мати енергоефективність, оскільки можна налагодити автоматичний процес увімкнення та вимкнення за потреби.

Для прив'язних корівників, де корови перебувають у стійлі майже весь час існує необхідність не лише загального забезпечення приміщення свіжим повітрям, а й його розподіл рівномірно для кожної тварини. Так, при врахуванні такої необхідності над стійлами (рядами стійл) встановлюють повітропроводи, через які охолоджене та очищене повітря розподіляється над головами усіх корів. Також для невеликих ферм прив'язного утримання хорошим варіантом буде встановлення стельових вентиляторів, про які уже згадувалося раніше, саме над рядами худоби.

У 2024 році на двох фермах підприємства ТОВ "Понори", що розташоване у Прилуцькому районі Чернігівської області було проведено дослідження. На фермі безприв'язного утримання встановили тутельну вентиляцію, що дало змогу подавати чисте та охолоджене повітря. У порівнянні відносно зовнішнього температура повітря всередині будівлі складала 7-10 °С, що мало позитивний ефект на самопочуття тварин. У цей самий час на другій фермі, з привязним утриманням, протянули рукави з отворами, що і забезпечували корів свіжим повітрям. Так, за результатами даного порівняння було встановлено, що тунельна вентиляція має кращі показники по забезпеченню достатнього рівня вентилявання. На фермі де було застосовано саме тунельну вентиляцію надої, в порівнянні, були більшими приблизно на 5 літрів у добу. [14]

При проєктуванні корівників безприв'язного утримання корів прийнято будувати більш містке приміщення, щоб забезпечити легке пересування корів всередині. Природна вентиляція тут буде забезпечуватися за допомогою більших вікон (за потреби жалюзів) та циркуляційних отворів, вентиляційних шахт на даху. Однак часто, а особливо у літній період, на фермах безприв'язного

утримання використовують потужні вентилятори стінового кріплення та тунельну (або крос-тунельну) вентиляцію.

Отже, для забезпечення оптимального значення мікроклімату не є питанням лише вибору якісної вентиляційної системи, що безперечно важливо. Це також і питання врахування кількох змінних факторів, таких як тип утримання поголів'я, конструктивних особливостей приміщення. Так, чітко видно, що для ферм прив'язного утримання є доречним застосування комбінованої системи, що дозволить здійснити рівномірний розподіл повітря всією площею, завдяки встановленню осьових вентиляторів та повітропроводів. Така система також допоможе підтримувати рівень вологості, концентрації шкідливих газів, а також температури, незалежно і від пори року, на оптимальних показниках.

2.5 Енергоефективність систем та її зміни в залежності від пори року

Застосування механічної та комбінованої систем вентиляції несуть за собою не лише матеріальні вкладення у їх встановлення та підтримку працездатності, а й додаткові витрати на електроенергію.[15] Далі розглянемо, який вплив на витрату енергоресурсів несе зміна сезонів та як відповідно цього змінюються потреби корівників у вентиляції.

В літній період температура навколишнього повітря досягає значних позитивних значень, що призводить збільшення теплового стресу у худоби. Для запобігання цього негативного впливу часто вентилятори змушені вмикати у роботу протягом усієї доби, що значно підвищує рівень спожитої електрики. Застосування ж енергоефективних вентиляторів (наприклад, з прямим електроприводом), на противагу звичайних дозволяє скоротити рівень споживаної енергії майже до двох разів.

Раніше було згадано про можливість застосування трубної вентиляції (протягування рукавів з отворами), тож варто зазначити, що такий тип також знижує можливі витрати на електроенергію до трьох разів, в порівнянні з встановленням кількох окремих вентиляторів по всьому приміщенні. Також ця система є автоматизованою, що дозволяє не використовувати вентилятори весь час і вмикає їх лише за потреби.

У зимовий час для мінімізації надходження всередину крижаного повітря існує необхідність скорочення потрапляння зовнішнього повітря до корівника. Таким принципом керуються навіть при застосуванні механічних типів вентиляції, в основному залишаючи можливість лише для виходу зайвої вологи та шкідливих газів. Так, поширеного застосування набули системи з можливістю рекуперації тепла. Принцип їх роботи полягає у тому, що вмонтований у систему теплообмін, за допомогою тепла повітря, що видаляється, підігріває повітря, що надходить. Це дозволяє підтримувати рівень тепла без протягом усього року на одному рівні без істотних втрат. Така система є доволі ефективною, особливо у суворих зимових умовах, хоч і є дороговартісною. Так, рівень витрат енергії в вентиляційних системах можна підтримувати у балансі за допомогою поєднання механічних та природних чинників. Вибір системи насамперед залежатиме і від кліматичних умов місця, де розташоване підприємство. Важливо зважати, що при застосуванні будь-якої системи необхідно забезпечувати обмін повітря у максимальному об'ємі приміщення корівника. У порівнянні усіх можливих типів систем найекономічнішою є саме природня система, хоча вона може бути не надто ефективною. Гібридна система ж у свою чергу поєднує енергоефективність природної та результативність механічної.

2.6 Висновки до розділу

Вентиляція у приміщенні тваринницького типу необхідна не лише для підтримки безпеки, а й для забезпечення зоо-гігієнічних норм. Вона прямо

впливає на термо- та вологорегуляцію приміщень, а також є необхідною для виведення вуглекислого газу та аміаку з приміщення, що має позитивний вплив на здоров'я тварин та працівників.

Вентиляційні системи класифікують за призначенням, способом повітрообміну та його стимулюванням. Незалежності від вибору системи її ефективність буде оцінюватися необхідністю забезпечення оптимальних показників протягом усього року (зимовий, перехідний та літній періоди).

Найменші економічні витрати притаманні природній вентиляції. Та така система може виявитися неефективною для великих об'ємів повітря. Так, найбільшу гнучкість має саме гібридна система вентиляції (поєднання природної та механізованої). Вона може досягати найбільших значень повітрообміну з порівняно невеликими затратами електроенергії.

Вибір та розробка системи вентиляції - це багатофакторний процес, який мусить брати до уваги спосіб утримання (прив'язне чи безприв'язне), конструкційні особливості будівлі та іншу низку факторів. Фінальна мета полягає у формуванні ефективної системи, що може підтримувати безпечний хімічний склад повітря та найкращий температурний режим протягом року.

РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Загальна характеристика господарства

Під час проходження практичного навчання для подальшої роботи в рамках написання даної магістерської роботи було обрано ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», що є одним з навчально-дослідних підрозділів університету державної власності. Станція займається як тваринництвом, зокрема вирощуванням молочної породи ВРХ та виробництва молока, так і рослинництвом, а також насінництвом.

Господарство розташоване у с. Пшеничне Київської області та розпочало свою діяльність під егідою університету ще у 1956 році (раніше, а саме з 1921 року воно експлуатувалася як радгосп “Митниця”). Наразі станція має у своєму господарюванні близько 1000 га та залишається базою практичного навчання студентів та наукових досліджень у сільськогосподарській галузі.

При веденні скотарства господарство зосереджується саме на виробництві молока. Поголов'я ВРХ становить близько 450 голів. Середньорічні надої на фуражну корову у господарстві складають більше 6300 кг та є доволі сталими протягом останніх років.

ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» має одну ферму прив'язного утримання. Стійла обладнані системою автоматичного відв'язування корів, видалення гною автоматизоване. Доїння корів здійснюється в молокопровід.

Для підтримання мікроклімату застосовують природну вентиляцію. У літній період відкривають максимальну кількість вікон та вентиляційно-світловий люк у даху. Також корів виводять на вигул. У зимовий період навпаки зачиняють максимально можливу кількість вентиляційних отворів для підтримання тепла у корівнику.

3.2 Кліматичні умови господарства

Як вже зазначалося раніше ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» розташоване в селі Пшеничне Київської області. Так, воно належить до помірно-континентальної кліматичної зони, що характеризується жарким літом та доволі м'якою зимою.

Погодні умови мають таку ж динаміку як по всій Київській області. За даними гідрометеорологічних служб останні роки, а зокрема найбільше 2024 рік, у регіоні помітне значне екстремальне потепління. Середні температурні показники літа 2024 склали $+23^{\circ}\text{C}$, що є вищим за кліматичну на $+2.6^{\circ}\text{C}$. Цей же показник за літній період склав $+20.6^{\circ}\text{C}$, що також є більше за норму (на $0,2^{\circ}\text{C}$).

Зима 2024-2025 років також характеризувалася аномально теплою погодою у регіоні - середня температура становила близько -1°C , що орієнтовно на 2°C вище за норму. Попередній зимовий період 2023-2024 рр. також став нетипово теплим. За метеорологічними даними середня температура за ці 3 місяці календарної зими не перевищувала $-0,8^{\circ}\text{C}$.

Кількість опадів Київської області зазвичай влітку є більшими, тоді як узимку меншими. Водночас у зв'язку з тенденцією до потепління, що також було описано вище, кількість опадів також змінюється: літні періоди стають більш посушливими, зимові - мають незначний (або майже відсутній) сніговий покрив.

Переважаючими вітрами у Пшеничному, як зокрема і Київської області, є північно-західний та південно-східний (див. рис. 3.1). Узимку вітри зазвичай є сильнішими та холоднішими, тоді як улітку можуть бути незначними, але посилюватися залежно від зміни циклонів.

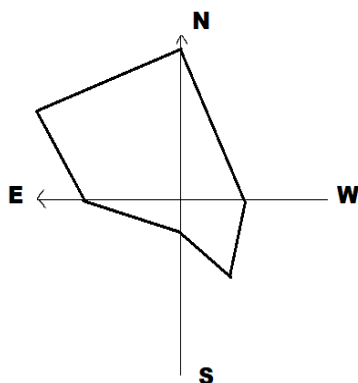


Рисунок 3.1 - Троянда вітрів для с. Пшеничне (схематичне відображення)

Так, можна зробити підсумок, що погода у с. Пшеничне, де розташована ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» все ще наближена до помірно-континентальної кліматичної зони. Проте останнім часом видно зміну до більш жаркого літа та теплішої зими, а також відносним зменшенням опадів. Ці зміни покликані глобальним потеплінням і потребують врахування під час проектування та організації мікроклімату.

3.3 Технологія утримання великої рогатої худоби на підприємстві

Худоба у господарстві утримується за при'вязною системою, що є поширеним варіантом для українських господарств. Така система передбачає утримання ВРХ на прив'язі у стійлах на більший відсоток часу. На ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» стійла також додатково обладнані автоматичною системою відв'язування худоби, що дає змогу відв'язувати усіх тварин у ряду одночасно. Таке рішення було прийнято для забезпечення коровам достатнього моціону без необхідності відв'язувати кожну окрему тварину окремо.

Організація утримання передбачає поділ за віково-фізіологічними групами. Так, дійні корови, молодняк, новонароджені телята та сухостійні корови утримуються окремо. Для цього на фермі застосовуються різні види

приміщень, зокрема 2 телятники, 1 приміщення на 100 голів та 2 приміщення на 200 голів.

Система годівлі механізована. Така система дозволяє автоматично змішувати кормові маси. Вона також має налаштування відповідної норми видачі корму по параметрах. Застосування такої системи дозволяє здійснювати більший контроль процесу годівлі та зменшувати витрати людської праці.

Напування тварин - індивідуальне, з застосуванням клапанних напувалок, з можливістю підігріву в холодну пору року. Процес напування відбувається завдяки тому, що тварина натискає (носом) на клапан і вода заповнює чашу через сопло, тоді тварина п'є воду, що була подана до цієї чаші.

Освітлення комбіноване з застосуванням ламп та природного світла. Забезпечення вентиляції приміщень полягає у природній системі вентиляції.

Як підстилковий матеріал застосовують сіно. Видалення гною забезпечується скребковим транспортером типу ТСН-2Б (рис. 3.2). Такий транспортер дозволяє обслуговувати 100-120 голів, при чому для його обслуговування достатньо одного працівника.

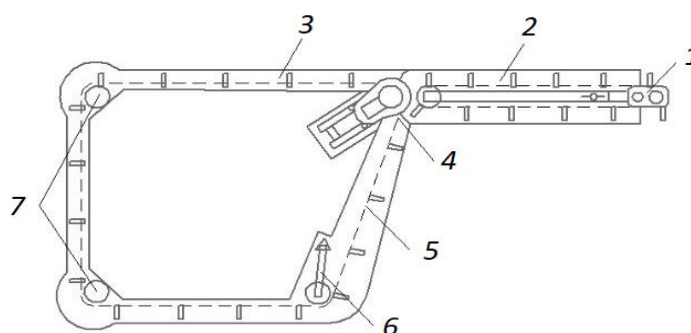


Рисунок 3.2 Схема скрепкового транспортеру для видалення гною типу ТСН-

2Б: 1 - привод похилого транспортера; 2 - похилий транспортер; 3 - горизонтальний транспортер; 4 - мотор-редуктор; 5 - ланцюг з скребками; 6 - натяжний пристрій; 7 - поворотний механізм.

Тож, технологія утримання ВРХ, загалом є механізованою та комплексною. Використання прогресивних рішень (автоматичне відв'язування,

механізована годівля) надає переваги в утриманні ВРХ та полегшує відповідні процеси в виконанні їх працівниками. Застосування традиційної системи у поєднанні з автоматизацією процесів дозволяє підвищувати ефективність праці та комфорт тварин. Розподіл за віковими та фізіологічними групами також дозволяє налагодити технології відповідно до них, щоб максимально досягти реалізацію генетичного потенціалу відповідних груп.

3.4 Конструктивні характеристики приміщення

Для розуміння ефективності впроваджених систем мікроклімату важливо також розглянути конструктивні характеристики приміщення. Раніше вже було згадано, що станція має одне приміщення на 100 голів та два приміщення на 200 голів, тож доцільно навести і схему генерального плану ферми (рис. 3.3).

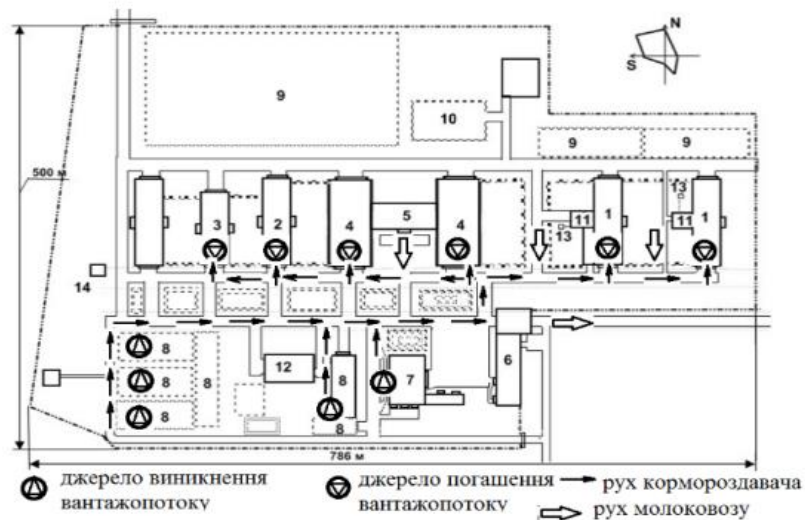


Рисунок 3.3 План-схема генерального плану тваринницької ферми з схемою організації вантажопотоків: 1- корівник на 100 голів; 2, 3 - телятник; 4, 5 - приміщення корівника модуля 2 на 200 голів; 6 - будинок тваринника; 7 - кормоцех; 8 - сховище кормових компонентів; 9 - вигульний майданчик; 10 - гноєсховище; 11- молочна ферма; 12 - пункт технічного обслуговування; 13 - відстійник; 14 - підстанція.

Для прикладу та подальшої роботи розглянемо приміщення на 200 голів. Вони позначені на схемі під позицією 4 і є приміщеннями опорного типу. Стінки приміщення виконані з цегли, підлога - земляна. Розміри такого корівника є нормо-типовими для прив'язної системи, тож ширина його складає 18 м, а довжина 78 м.

По довжині корівника розташований ряд вікон на висоті від рівня підлоги до нижньої частини вікна 1,2 м, розміри вікон становлять 1 на 1,2 м. Розташування основної кількості вікон у такий спосіб дозволяє забезпечити максимальний рівень освітленості приміщення у природній спосіб. Висота приміщення від нижньої точки до дахового коника складає близько 3,5 м.

У даху будівлі встановлено вентиляційно-освітлювальний отвір (коник), що дозволяє не лише надавати додаткового освітлення для приміщення, а також і регулювати мікроклімат. Так, за потреби більшого надходження повітря його можна відчинити, що часто доводиться робити у літню спеку, або ж зачинити, якщо необхідно більше зберігати тепло взимку. Найбільше значення обміну повітрям досягається за рахунок створення природних протягів через відчинені вікна та двері. Тож, тут також регулювання повітрообміном здійснюється за рахунок зміни кількості відчинених та зачинених отворів. Дах виконано двосхилим, що дозволяє ефективно відводити воду та сніг. Він є простим у конструкції та монтажі, а також дозволяє встановлювати вентиляційні системи і використовувати горище, що є перевагою для приміщень тваринницького призначення. Покрівля виконана з азбестоцементних листів.

Тож, конструктивні параметри корівників, що використовуються у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» є застосовуваними типовими проєктами для утримання ВРХ за прив'язним способом. У приміщеннях забезпечується достатня місткість за умов природної системи вентиляції. Також існує можливість модернізації і встановлення більш ефективної системи вентиляції. Уже наявні структурні особливості дозволяють доволі результативно підтримувати параметри мікроклімату на хорошому рівні, проте

за зміни погодних умов до більш жаркого та посушливого літа існує необхідність запровадженні змін у застосовуваний варіант вентиляційної системи.

3.5 Оцінка існуючих умов мікроклімату

Для подальшої роботи необхідно провести фактичну оцінку параметрів мікроклімату у тваринницькому приміщенні. Так, якщо раніше було розглянуто, які параметри є важливими для них, то зараз варто зосередити увагу саме на конкретних параметрах для підприємства. Також необхідно провести порівняльну оцінку існуючих параметрів з чинними зоогігієнічними нормами, щоб підкреслити необхідність вдосконалення наявної системи вентиляції.

Попередньо було згадано, що застосовуваним типом вентиляції є саме природна, тобто виконується вона через коникові отвори, вікна та двері. Так, помітною є проблема, що за фактичних незначних значень швидкості вітру, або взагалі при штилі, значення повітрообміну може бути мінімальним або взагалі відсутнє. Недостатній повітрообмін, у свою чергу, сприяє підвищенню температури внутрішнього повітря, підвищенню концентрації шкідливих газів та мікробів, а також зростанню вологості. Збільшення показникових даних цих параметрів має поганий вплив на здоров'я худоби та її продуктивність, що більш детально було розписано попередньо.

Для наведення детальної характеристики застосовуваної природної системи вентиляції варто розглянути яким чином забезпечується повітрообмін за такої системи та оцінити ефективність. Конструктивні елементи їх розташування, призначення та стан наведено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Основні елементи природної вентиляції тваринницького приміщення

Тип отвору	Розташування	Призначення	Ефективність
Вікна	уздовж довгих стін	природне освітлення, повітрообмін	задовільна
Двері	у торцевих стін	доступ для працівників та техніки, повітрообмін	добра
Отвори у даху	вздовж коника	видалення теплого повітря та надлишкової концентрації газів, вологи	часткова ефективність

Тож, з таблиці 3.1 видно, що природна вентиляція має найбільшу свою ефективність саме за рахунок вікон та дверей, а от коникові отвори потребують модернізації, оскільки здатність їх самостійного видалення теплого повітря та газів, вологи є доволі низькою. так,

Природна вентиляція головним чином регулюється за рахунок наявності відкритих вікон та дверей, про що вже згадувалося раніше.

Важливим фактором для урахування будь-якої системи вентиляції, а особливо для природної є і теплопровідність будівельних матеріалів. Цей показник показує теплову енергію, що проходить за одиницю часу через одиницю площі матеріалу. Тобто чим більше буде цей коефіцієнт, тим гірше матеріал зберігатиме тепло. При чому при застосуванні матеріалів, що краще зберігають тепло виникає ризик підвищення температури у корівнику від стін у літній період, що підвищує необхідність повітрообміну.

Тож, вибір оптимального матеріалу може також сприяти зміні показників у приміщенні, а за умови застосування лише природної системи вентиляції

відслідковувати контроль та надавати відповідні зміни до мікроклімату є неможливим.

Оцінка умов утримання великої рогатої худоби у корівниках ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція” показала відмінність показників мікроклімату залежно від пори року з номінальними показниками. У таблиці 3.2 розміщено порівняння та висновок відповідно до цих показників.

У зимовий період параметри мікроклімату часто задовольняють нормативні значення. Оскільки температурні показники та загалом клімат зими, останнім часом не надто відрізняється від осінньо-весняних показників (практично відсутні стійкі морози) застосування природної вентиляції може бути доволі ефективним у цей час року. При чому у літній період спостерігається як і підвищення температури, так і концентрація аміаку та вологи, що пояснюється недоліком вентиляції та загальним надмірним підвищенням зовнішньої температури.

Таблиця 3.2

Порівняння орієнтовних фактичних значень мікроклімату з нормативними залежно від пори року

Показник	Взимку, фактичний	Влітку, фактичний	Норма для дійних корів	Підсумок
Температура, °C	5-10	17-25	8-10	Влітку вище норми
Вологість, %	60-70	75-80	70-80	Близько до норми

Швидкість повітря, м/с	0,2	0,6	0,4-0,5	Не відповідає нормі
Концентрація аміаку в повітрі, мг/м ³	15	25	≤20	Перевищення влітку

Таким чином, можна спостерігати, що існуюча на підприємстві система вентиляції частково забезпечує нормативні значення мікроклімату. Проте у літній період можуть виникнути певні труднощі, що викликані зміною кліматичних умов у регіоні. Тож, для стабілізації параметрів мікроклімату, їх контроль та регуляцію, незалежно від погодних умов, варто розглянути можливість монтажу та застосування гібридної вентиляції та її елементів.

3.6 Висновки до розділу

Об'єкт дослідження демонструє типову ситуацію, коли традиційна технологія прив'язного утримання з класичними конструктивними рішеннями (цегляні стіни, двохскосий дах з коником) поєднується з частковою автоматизацією виробничих процесів (автоматизована годівля, автоматичне видалення гною, централізоване водопостачання).

Незважаючи на прогрес автоматизації догляду, система регулювання мікроклімату залишається застарілою. Покладання виключно на природну вентиляцію через вікна, двері та коникові отвори в даху, може призвести до надмірного нагрівання приміщення у літню спекотну погоду з мінімальним або

відсутнім вітром, а отже нести негативні наслідки для тварин через порушення природного теплообміну (перегрівання).

Отже, необхідно модернізувати системи задля можливості стабілізації мікроклімату за різних умов, шляхом впровадження гібридної системи вентиляції.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

4.1 Теоретичне визначення необхідності повітрообміну

Представимо графік порівняння фактичних та нормативних параметрів мікроклімату на рис. 4.1



Рис. 4.1. – Графік порівняння фактичних та нормативних показників мікроклімату

Так, видно, що взимку параметри мікроклімату в нормі, але влітку вони критично відхиляються.

Повітрообмін у приміщеннях тваринницького призначення визначається обсягом подачі свіжого або виведенням брудного повітря. Цей показник також може бути визначений і його кратністю за одиницю часу.

Згідно до норм визначаємо мінімальний допустимий обсяг вентиляції $V_{в.мін}$, м³/год, для цього застосуємо питомий повітрообмін:

$$V_{в.мін} = 0,01bm_iM_i, \quad (4.1)$$

де b – норма повітрообміну на 100 кг живої маси тварин i -го виду, м³/год (відповідні значення для видів тварин наведені у додатку А.1); m_i – кількість тварин, що утримуються у даному приміщенні, голів; M_i – середня жива маса однієї голови, кг.

Розрахунок здійснимо для приміщення на 200 голів у літній період, щоб побачити ефективність природної вентиляції для точних умов. Підставимо необхідні значення у формулу 4.1, кількість тварин у одному приміщенні сягає 192 голови.

$$V_{в.min} = 0,01 \times 40 \times 192 \times 600 = 46080 \text{ м}^3/\text{год}$$

Більш точний розрахунок повітрообміну здійснюють за допомогою врахування нормативно-допустимих значень концентрації газів, вологи та температури. Здебільшого необхідний повітрообмін розраховується виходячи з концентрації вуглекислого газу. Так, його значення у чистому повітрі, що потрапляє, має коливатися від 0,3 до 0,4 л/м³. Розрахунок саме за цим параметром надає змогу скоротити кількість розрахунків, оскільки можна стверджувати, що при нормі цього показника, значення для аміаку, сірководню та вологи у повітрі також будуть в межах норми.

Тож, для визначення концентрації шкідливих газів у корівнику застосовують формулу:

$$V_B = \frac{\rho \times m_i}{\rho_d - \rho_n}, \quad (4.2)$$

де ρ – кількість вуглекислого газу, що виділяє одна тварина за годину, л/год, $\rho = 143$; ρ_d – допустима концентрація вуглекислого газу у приміщенні, л/м³, $\rho_d = 2,5$; ρ_n – вміст вуглекислого газу у свіжому повітрі, л/м³, $\rho_n = 0,35$

Підставимо у формулу 4.2

$$V_B = \frac{143 \times 192}{2,5 - 0,35} = 12770,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

За допомогою теплового балансу перевіримо повітрообмін для літнього періоду за формулою:

$$V_{B.T} = \frac{\sum Q_{над}}{c_n(t_b - t_z)\gamma_n}, \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{над}}$ – значення теплоти, що виділяється в приміщенні, кДж/год; $C_{\text{п}}$ – питома теплоємність повітря, $C_{\text{п}} = 0,99$ кДж/кг*°С; $t_{\text{в}}$ та $t_{\text{з}}$ – температура внутрішнього та зовнішнього повітря відповідно, °С; $\gamma_{\text{п}}$ – щільність свіжого повітря, кг/м³.

Тут значення загальної кількості надмірної теплоти визначається сумарно з показників теплоти, що виділяють тварини ($Q_{\text{т}}$), тепловиділення приладами освітлення ($Q_{\text{ос}}$), теплоти від сонця ($Q_{\text{рад}}$), теплоти від приладів з електродвигуном ($Q_{\text{ел}}$) та віднятих витрат тепла приміщенням ($Q_{\text{вт}}$):

$$\sum Q_{\text{над}} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{ел}} + Q_{\text{ос}} + Q_{\text{рад}} - Q_{\text{вт}} \quad (4.4)$$

Кожне окреме значення у межах формули 4.4 також визначається аналітично, тож далі буде наведено необхідні формули, пояснення та обрахунки.

Показник $Q_{\text{т}}$ залежить від фактичного поголів'я, що утримуються у приміщенні та їх умов утримання, за формулою:

$$Q_{\text{т}} = m_i q_i k_{\text{т}} k_{\text{с}}, \quad (4.5)$$

де q_i – кількість виділяемого твариною тепла за одну годину, кДж/год; $k_{\text{т}}$ – коефіцієнт коливання вивільнення тепла залежно від температури приміщення; $k_{\text{с}}$ – коефіцієнт зменшення кількості тепла у спокої, для корів $k_{\text{с}} = 0,8$

Значення q_i та $k_{\text{т}}$ є нормативними значеннями, тож їх значення виберемо з довідникових таблиць. (див. додаток А.2).

Отже, підставимо відповідні значення у формулу 4.5

$$Q_{\text{т}} = 192 \times 2880 \times 1 \times 0,8 = 442368 \text{ кДж/год}$$

Кількість теплоти від освітлення враховується лише, якщо приміщення утримання без вікон. Так як у приміщенні, що для нього проводиться розрахунок, вікна наявні – цей показник не розраховується та не впливає на значення надмірної теплоти. При цьому необхідно врахувати значення кількості теплоти від працюючих машин з електроприводами (формула 4.6).

$$Q_{\text{ел}} = 900N_e, \quad (4.6)$$

де N_e – сумарна потужність електродвигунів;

Значення N_e приймаємо рівним 9,5, що враховує потужність двигунів від скребкової установки та доїльної установки, застосовуваних на підприємстві.

Тож, отримано значення

$$Q_{\text{ел}} = 900 \times 9,5 = 8550 \text{ кДж/год}$$

Тепер переходимо до знаходження значення теплоти від сонця. Сонячні промені проходять через стелю та стіни, а тому важливо врахувати обидва ці фактори. Тож, формулу для підрахунку можна записати так:

$$Q_{\text{рад}} = k_B q_B F_B + q_C F_C, \quad (4.7)$$

де k_B – коефіцієнт стану вікон; q_B та q_C – питома кількість теплоти, що потрапляє у приміщення через стелю та вікна кДж/(год*м²); F_B та F_C – загальні значення площ вікон та стелі відповідно, м².

Значення коефіцієнта $k_B=1,16$, приймаємо для легко-забруднених вікон з одинарним склінням. $q_B = 756$ кДж/(год*м²) для одинарного вікна з дерев'яною рамою (див. [6] с.290). $q_C = 75,6$ кДж/(год*м²). Значення суми площ вікон $F_B = 24$ м² та площі стелі $F_C = 1404$ м².

Тож, підставивши значення отримуємо:

$$Q_{\text{рад}} = 1,16 \times 756 \times 24 + 75,6 \times 1404 = 130697,3 \text{ кДж/год}$$

Оскільки витрати тепла приміщенням у теплу пору року є мінімальними ними можна знехтувати.

Тепер, підставивши значення у формулу 4.4, маємо:

$$\Sigma Q_{\text{над}} = 442368 + 8550 + 130697,3 = 581615,3 \text{ кДж/год}$$

При підстановці цього значення в формулу 4.3 і підстановці значень необхідної температури у корівнику та зовнішньої ми бачимо, що різниця

температур набуває від'ємного значення $\Delta t = 10 - 23.5 = -13.5^{\circ}\text{C}$. Звідси бачимо, що теплота не буде відводитися природньою вентиляцією, тобто приміщення буде перегріватися і за рахунок зовнішнього тепла від тварин і застосовуваної техніки, а також і від сонячної енергії. Так, бачимо необхідність застосування гібридної системи.

Охолодивши припливне повітря до 8°C необхідно також нормалізувати розподіл повітря по всьому корівнику.

Розрахуємо необхідний об'єм повітря для цього з формули 4.3

$$V_{\text{в.т}} = \frac{581615,3}{0,99 \times 2 \times 1,205} = 243771,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тунельна система допоможе досягти більшої ефективності на рівні 10%, отже можемо отримати необхідний повітрообмін на рівні:

$$V_{\text{отрим}} = 0,9 \times 243771,8 = 219394,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

4.2 Розрахунок кількості необхідних вентиляторів тунельної вентиляції та їх потужності

Розрахований раніше повітрообмін спробуємо досягти за допомогою впровадження тунельної вентиляції. Розглянемо встановлення однієї на торцевій частині будівлі корівника групу великих осьових вентиляторів, а на іншій встановлення жалюзі для регулювання потоків. Так, буде ефективно досягнення проходження повітря вздовж усього приміщення по його довжині. Для проведення подальших розрахунків збільшимо значення необхідного повітрообміну до $V_{\text{прийняте}} = 240000 \text{ м}^3/\text{год}$, щоб мати запас та полегшити розрахунок.

При виборі типу вентилятора варто зупинитися на осьовому вентиляторі. Важливим фактором при виборі також залишається номінальна потужність

вентилятора, тому обираємо вентилятори з потужністю $Q = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$, робочий тиск якого буде $p = 200 \text{ Па}$, а коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,65$.

Так, визначаємо необхідну кількість вентиляторів:

$$n_{\text{тунел}} = \frac{V_{\text{прийняте}}}{40000} = \frac{240000}{40000} = 6 \text{ штук}$$

Важливим фактором для подальших розрахунків потужності та остаточної економічної ефективності є визначення кількості необхідних днів для роботи такої системи. Прийmemo, що тунельну вентиляцію будуть застосовувати лише для виведення надлишкового тепла у жарку погоду. Так зазначимо, що використання системи буде лише 90 днів/рік.

Один вентилятор має потужність $Q = 40000 \text{ м}^3/\text{год} = 11,11 \text{ м}^3/\text{с}$. Так механічну потужність визначимо з формули:

$$P_{\text{мех}} = pQ \quad (4.8)$$

Підставивши значення до формули 4.8 отримаємо:

$$P_{\text{мех}} = 200 \times 11,11 = 2,222 \text{ Вт} = 2,22 \text{ кВт}$$

Тепер визначимо електричну потужність при ККД $\eta = 0,65$, з формули:

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{мех}}}{\eta} \quad (4.9)$$

Підставляємо необхідні значення у формулу 4.9 і отримуємо:

$$P_{\text{ел}} = \frac{2,22}{0,65} = 3,42 \text{ кВт}$$

Тепер можна визначити необхідну сумарну потужність для усіх 6 вентиляторів:

$$P_{\text{ел.сум}} = 6 \times P_{\text{ел}} = 3,42 \times 6 = 20,52 \text{ кВт}$$

Визначаємо кількість електроенергії споживаної за період роботи системи (90 днів протягом 24 годин = 2160 год)

$$E_{\text{вент}} = 20,52 \times 2160 = 44\,323 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Продемонструємо наочно залежність кількості вентиляторів від кількості шкідливих газів у корівнику у вигляді графіка (див. рис. 4.2). Так, на графіку продемонстровано лінійну залежність між обсягом газів у приміщенні та необхідною кількістю осьових вентиляторів для їх видалення. На графіку видно, що зі зростанням концентрації газів пропорційно збільшується і потреба в кількості вентиляторів, що забезпечують повітрообмін.

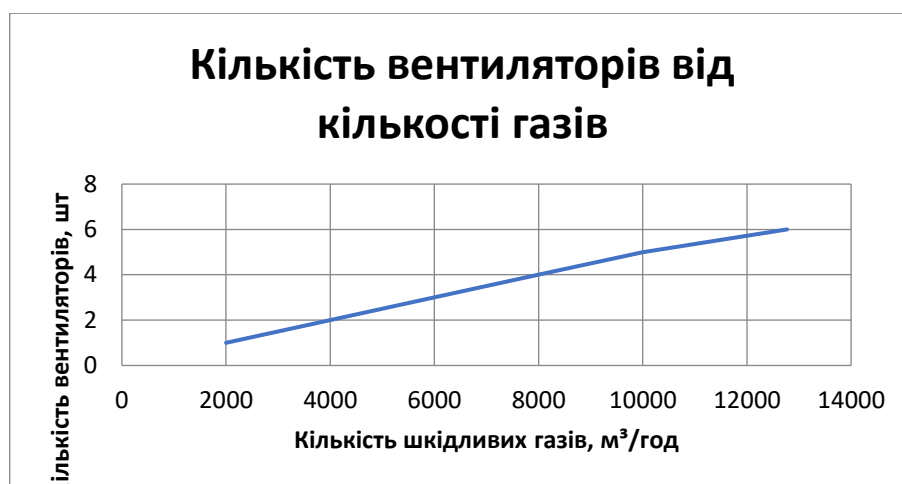


Рис. 4.2 – Графічна залежність кількості вентиляторів від кількості газів

Представимо і другий графік залежності продуктивності від частоти обертання (див. рис. 4.3).

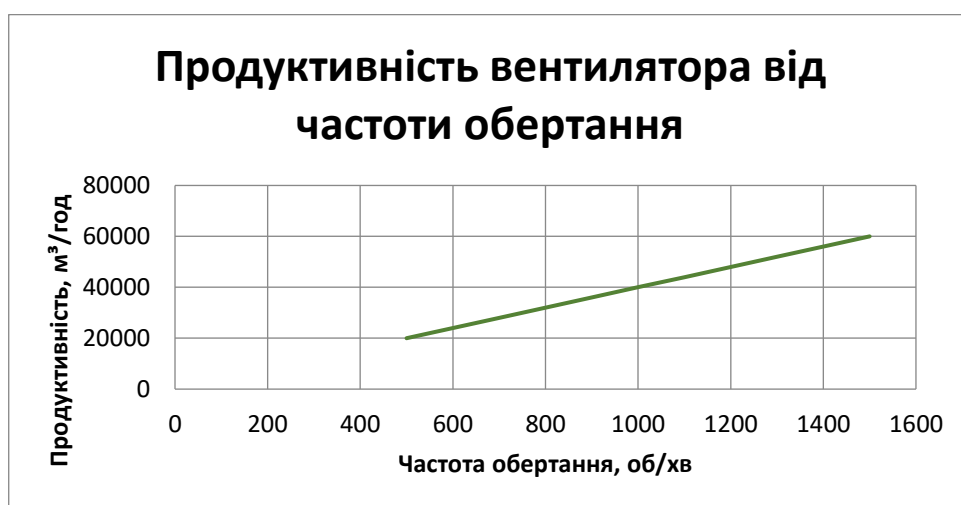


Рис. 4.3 – Графічна залежність продуктивності вентилятора від частоти обертання

На даному графіку проілюстровано прямопропорційну залежність, де зі збільшенням частоти обертання зростає і об'єм поданого повітря. При базовій частоті 1000 об/хв продуктивність становить 40000 м³/год, а при підвищенні може до 1500 об/хв досягати і 60000 м³/год.

4.3 Розрахунок кількості локальних вентиляторів та системи туманоутворення

Іншим ефективним рішенням буде встановлення над рядами стійл локальних вентиляторів, тобто напрямлених безпосередньо на тварину потоків повітря. Для створення охолодження повітря також паралельно встановлюємо систему тонкого туману над проходом чи в зоні голів корів. Так, дрібні краплі утвореного туману будуть, швидко випаровуючись, створювати охолоджувальний ефект. Тобто буде досягнення локального охолодження за помірних об'ємів повітря й енергії.

Кількість вентиляторів обираємо з розрахунку 1 вентилятор на 6 корів:

$$n_{\text{лок}} = \frac{192}{6} = 32 \text{ штуки}$$

Потужність одного вентилятора приймаємо на рівні для промислових осьових вентиляторів: $P_{\text{вен. лок}} = 0,75 \text{ кВт}$

Отже, визначаємо сумарну потужність вентиляторів:

$$P_{\text{вен. лок}} = 32 \times 0,75 = 24 \text{ кВт}$$

Приймаємо, що система буде працювати лише у денний час, а отже 12 год/доба.

Звідси, можемо визначити загальний час роботи за сезон (літній час):

$$H_{\text{лок}} = 90 \times 12 = 1080 \text{ год}$$

Загальна витрата енергії за сезон становить:

$$E_{\text{лок}} = 24 \times 1080 = 25920 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тепер визначаємо необхідні параметри для туманоутворення. Так приймаємо, що насос, що працює лише під час подачі туману має потужність $P_{\text{насос}} = 3 \text{ кВт}$

Насос працюватиме за схемою циклічно з інтервалами, тож фактичний час його роботи це частка 50% часу системи. Тобто час роботи насоса за сезон:

$$H_{\text{насос}} = 1080 \times 0,5 = 540 \text{ год}$$

Витрачена енергія за час роботи:

$$E_{\text{насос}} = 3 \times 540 = 1620 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Наведемо також графік залежності кількості тварин у приміщенні та кількістю локальних вентиляторів (див. рис. 4.4)



Рис. 4.4 – Кількість вентиляторів від кількості корів

Так, з графіку видно, що зі збільшенням поголів'я зростає і потреба у вентиляторах, що дозволяє зберігати сталу якість мікроклімату. Також при меншій кількості поголів'я можна відповідно зменшити і кількість вентиляторів.

На рис. 4.5 наведемо графік порівняння енерговитрат за сезон роботи для локальних вентиляторів та насосної системи утворення туману. Так, графік наочно показує, що головні енерговитрати для цього варіанту системи будуть

припадати саме на вентилятори, тому при подальшому виборі системи необхідно зважати і на цей пункт.



Рис. 4.5 – Порівняльна діаграма енергоспоживання локальних вентиляторів та систем туманоутворення.

4.4 Висновок до розділу

У розділі було проведено ряд розрахунків, за якими встановлено:

1. Природна вентиляція може бути ефективною лише за умови присутності хорошої провітрюваності приміщення. У літній час у приміщенні спостерігається підвищене теплове навантаження, викликане низкою факторів (підвищення загальної температури повітря, зменшення інтенсивності вітрів, збільшення нагрівання приміщення з одночасним зменшенням його тепловіддачі навколишньому середовищу).

2. Запропоноване запровадження тунельної вентиляції, що має ряд переваг та кілька недоліків. Така система має високу ефективність. Це пояснюється можливістю одночасного охолодження великої кількості тварин та простотою експлуатації, а також можливістю масштабувати систему під конкретні особливості приміщення. Одночасно з цим, тунельна вентиляція потребує і достатньої довжини приміщення і конструктивних особливостей, що дозволять забезпечити прямий потік повітря. При невдалому розташуванні входів можна спричинити

виникнення мертвих зон. Ефект тунельної вентиляції також буде залежати від конструкції та потребувати великих змін у конструкції.

3. Також розглянуто можливість застосування локальної системи охолодження за допомогою розміщення осьових вентиляторів над рядами стійл (1 вентилятор на 6 корів) з додатковим встановленням системи туманоутворення для зменшення температури в приміщенні. Така система матиме відносно невеликі енерговитрати. Швидка реалізація проекту дозволить забезпечити локальну дію без значної зміни конструкцій корівника. Разом із тим через підвищення вологості існує необхідність більшого контролю за якістю підстилкового матеріалу. Також система має вимоги по якості води (фільтрована без забруднень та домішок) і додаткового обслуговування (засмічення форсунок).

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Щоб ефективно оцінити термін окупності від запровадження запропонованих у розділі 4 систем необхідно розглянути обсяг усіх економічних витрат на запровадження тунельної вентиляції.

Так, для тунельної вентиляції, провівши аналіз варіантів промислових осьових вентиляторів орієнтовна вартість одного вентилятора складає близько $C_{1\text{вент}} = 50000$ грн. Тож для закупівлі 6 вентиляторів необхідно:

$$C_{6\text{вент}} = 6 \times 000 = 270000 \text{ грн}$$

Витрати на монтаж, зміцнення стін, жалюзі (або інші вихідні пристрої), автоматику, повітропроводи закладаємо на рівні $C_{\text{монтаж1}} = 450000$ грн.

Загальні витрати на закупівлю та монтаж тунельної вентиляції $C_{\text{встан.заг1}} = 720000$ грн.

Для локальної системи витрати на вентилятори, кронштейни та електропроводку для 32 штук становитиме орієнтовно $C_{32\text{вент}} = 480000$ грн

Витрати на насос високого тиску, групу фільтрації, монтаж та налагодження, автоматику та контроль закладаємо на орієнтовному рівні $C_{\text{монтаж2}} = 200000$ грн

Загальні витрати на закупівлю та монтаж локальної системи з туманоутворенням $C_{\text{встан.заг2}} = 680000$ грн.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт закладаємо на рівні 15% від загальних капіталовкладень:

$$TO1 = 0,15 \times 720000 = 108000 \text{ грн}$$

$$TO2 = 0,15 \times 680000 = 102000 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування також закладемо на такому ж рівні, а отже маємо:

$$A1 = 0,15 * 720000 = 108000 \text{ грн}$$

$$A2 = 0,15 * 680000 = 102000 \text{ грн}$$

Витрати на заробітну працю персоналу розрахуємо з урахування $w=150$ грн/год і витрат робочого часу на рік $H= 252$ год/рік:

$$ZP = wH$$

$$ZP1 = 150 \times 252 = 37800 \text{ грн}$$

$$ZP2 = 150 \times 192 = 28800 \text{ грн}$$

Визначаємо рівень експлуатаційних витрат як суму усіх витрат підприємства :

$$E1 = 108000 + 108000 + 37800 = 253800 \text{ грн}$$

$$E2 = 10200 + 10200 + 28800 = 232800 \text{ грн}$$

При запровадженні однієї з цих систем буде досягнуто більшого комфорту тварин у літній період, а отже можна очікувати, що надої за цей період збільшаться. Так, приймаємо, що для тунельної вентиляції цей показник збільшиться на 3 додаткових літри молока від однієї корови на добу, а для локального охолодження з туманоутворенням – на 2 літри від корови на добу.

Оцінивши ринок цін на закупівлю молока у ферм бачимо, що ціна на молоко залежить від його якості, так на молоко екстра класу середня ціна становить 16,50 грн/л, молоко вищого класу – 15,60 грн/, першого – 15,30 кг/л. Так для розрахунку прибутку за літній сезон (90 днів) приймемо ціну збуту молока $C_{збуту} = 15$ грн/л.

Отже, з урахуванням цього можна розрахувати, що прибуток за літній період при збільшенні надоїв становить:

$$C_{\text{молока1}} = 777600 \text{ грн/сезон}$$

$$C_{\text{молока2}} = 518400 \text{ грн/сезон}$$

Отже, перший варіант з тунельною вентиляцією забезпечує більший додатковий річний економічний ефект ДЕ на рівні 777600 грн.

Економічний ефект можна оцінити з розрахунку:

$$EE = E1 - E2 + DE = 253800 - 232800 + 777600 = 798600 \text{ грн}$$

Тепер можна визначити строк окупності вкладень:

$$CO = \frac{C_{\text{встан.заг1}} - C_{\text{встан.заг2}}}{EE} = \frac{720000 - 680000}{798600} = 0,05 \text{ року}$$

Отже, бачимо, що встановлення тунельної вентиляції у корівнику має порівняно більший рівень витрат, як і на встановлення так і в процесі експлуатації, ніж встановлення локальної системи з туманоутворенням. Запровадження змін у вигляді першої системи вентиляції принесе позитивний економічний ефект на рівні 798600 грн за рахунок збільшення надоїв у літній період. Причому за позитивного сценарію капіталовкладення можуть окупитися уже за 0,05 року.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Правова та організаційна основа охорони праці в Україні спирається на законодавчу базу: Конституцію, Кодексом законів про працю, а зокрема Законом України “Про охорону праці” і іншими нормативно-правовими актами. Розглянуті раніше особливості утримання великої рогатої худоби, а зокрема і параметри ефективного мікроклімату керуються зоогігієнічними нормами. Їх аспекти, оптимальні параметри та ризики пов’язані з недотриманням цих норм коротко підсумовано у таблиці 6.1

Таблиця 6.1

Оптимальний мікроклімат приміщень великої рогатої худоби

Аспект	Оптимальні параметри	Ризики
Температура	10-20°C	Відхилення температури можуть спричинити тепловий чи холодний стрес, знизити продуктивність та викликати проблеми зі здоров'ям
Вологість	60-80%	Ризики для здоров'я. Підвищення - пліснява, зниження - подразнення дихальних шляхів сухим повітрям

Вентиляція	Постійний обмін повітря	Накопичення шкідливих газів та виникнення теплового чи холодового стресу
Освітлення	200-300 люкс	Дискомфорт при поганому розподілі світла чи освітленості
Шум	≤ 70 дБ	Перевищення викликає стрес

Запровадження та обслуговування систем регуляції мікроклімату викликає необхідності втручання працівників, що несе за собою важливість регуляції цих процесів нормативами з охорони праці.

Важливим є розуміння розподілу обов'язків. Так, директор підприємства несе загальну відповідальність за норми, дотримання і стан охорони праці. У цей час безпосередня відповідальність за напрямком тваринництва покладається на головного технолога. Обов'язками ж фахівця з охорони праці підприємства є перевірка стану та загальна організація.

Серед ризиків для працівників підприємства головним фактором є травмування. Саме воно найчастіше спостерігається у галузі, оскільки неправильне експлуатація обладнання, експлуатація обладнання аварійного стану або загальне нехтування правилами безпеки та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), може легко призвести до травм різного ступеня важкості. [29]

Для ефективної мінімізації виникнення небезпечних ситуацій необхідно дотримуватись комплексу систематичних підходів. Так, регулярний моніторинг

показників мікроклімату, планове обслуговування систем згідно графіка та перевірка їх працездатності перед запуском в роботу, неодмінне використання ЗІЗ, проведення тренінгів та запровадження системи карт безпеки приміщення - допоможуть ефективно мінімізувати небезпеку на підприємстві.

Таким чином, безпека праці та оптимальний мікроклімат є нерозривними умовами, дотримання яких забезпечує не лише добробут тварин, а й безпечні умови для працівників.

ВИСНОВОК

У роботі детально розглянуто особливості параметрів мікроклімату та системи підтримання їх оптимальних нормативних значень, зокрема за допомогою вентиляції. Основним чином було висвітлено питання оптимізації мікроклімату для приміщень утримання ВРХ. У ході роботи було розглянуто різні типи систем вентиляції та наведено їх переваги та недоліки.

Таким чином, було встановлено, що застосування лише природної системи вентиляції, як і для ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», так і в цілому, є недостатньо ефективною. Такий висновок було зроблено на основі розрахунковому аналізу наявної системи вентиляції.

Відповідно до розрахункових та теоретичних було встановлено необхідність модернізації даної системи. Так, в умовах підвищення літніх температур і мінімізації вітрів, існує істотне відхилення ключових параметрів (температури та концентрації вуглекислого газу) від нормативних вимог. Це у свою чергу призводить до зниження продуктивності стада, може спричиняти хвороби та тепловий стрес.

З метою стабілізації мікроклімату було запропоновано запровадження гібридної системи вентиляції. Було обґрунтовано два основні шляхи модернізації: використання тунельної вентиляції або локального охолодження з використанням систем туманоутворення.

При проведенні економічних розрахунків було підтверджено доцільність впровадження рекомендованих технічних рішень. Також очікується підвищення продуктивності за літній сезон (підвищення надоїв), що дозволяє забезпечити швидку окупність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система утримання тварин / Захаренко М. О. та ін. Київ. 2020. 424 с.
2. Ревенко І. І., Заболотько О. О., Хмельовський В. С. Машиновикористання у тваринництві: підручник для студентів вищих аграрних навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. Київ. 2016. 260 с.
3. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Оселюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль. 2021. 246 с.
4. Фисенко І. А., Пустова О. Г., Ткаченко Д. В., Комфорт тварин. Миколаїв. 2020. 44 с.
5. Незаразні хвороби органів дихання сільськогосподарських тварин / Слівінська Л. Г. та ін. Львів. 2018. 165 с.
6. Проектування технологічних процесів у тваринництві: підручник / Ревенко І. І. та ін. Київ 2018. 292 с.
7. Болтянська Н. І., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Машиновикористання техніки в тваринництві: курс лекцій. Мелітополь. 2019. 160 с.
8. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Основи проектування підприємств: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Київ. 2018. 380 с.
9. Le Meilleur climat pour l'élevage bovin
Écotechnologies pour fermes d'élevage, agriculture et industries: веб-сайт.
URL: <https://francosrl.com/fr/page-daccueil/>
10. Parametry mikroklimatu w oborze
Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu: веб-сайт
URL: <https://www.wodr.poznan.pl/doradztwo/produkcja-zwierzeca/parametry-mikroklimatu-w-oborze>
11. Buildings and equipment for dairy farming
DAERA: веб-сайт URL: <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/buildings-and-equipment-dairy-farming>
12. Housing Management of Cattle and Buffalo

- Expert System for Cattle and Buffalo: веб-сайт
 URL: http://www.agritech.tnau.ac.in/expert_system/cattlebuffalo/Housing%20Management%20of%20Cattle%20and%20Buffalo.html
13. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Механізація технологічних процесів у тваринництві. Київ. 2012. 720 с.
14. Чому «Понори» мають різницю в надоях на двох фермах
 Agro Times: веб-сайт
 URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/chomu-ponory-mayut-riznyczyu-v-nadoyah-na-dvoh-fermah/>
15. Енергозбереження в молочному скотарстві
 MilkUa.info: веб-сайт
 URL: <https://milkua.info/uk/post/energoberezenna-v-molocnomu-skotarstvi-Tech>
16. Чому нетелей також необхідно охолоджувати в спеку
 MilkUa.info: веб-сайт
 URL: <https://milkua.info/uk/post/comu-netelej-takoz-potribno-oholodzuвати-v-speku>
17. Комфорт корів упродовж року
 MilkUa.info: веб-сайт
 URL: <https://milkua.info/uk/post/komfort-koriv-uprodovz-roku>
18. Система вентиляції з точним балансом
 Агроклімат Україна: веб-сайт
 URL: <https://agroclimate.com.ua/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0-%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%97-%D0%B7-%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%BC/>
19. Application of fans in agriculture

- Creoven: веб-сайт URL: <https://www.creoven.eu/fans-in-agriculture>
20. Natural Ventilation for Dairy Tie Stall Barns
PennState Extension: веб-сайт URL: <https://extension.psu.edu/natural-ventilation-for-dairy-tie-stall-barns>
21. Dairy Ventilation
Phason: веб-сайт
URL: <https://phasoncontrols.com/solutions/dairy-solutions/dairy-ventilation/>
22. Yao, Shi, Zhao, & Ding. (2019). Effect of Mixed-Flow Fans with a Newly Shaped Diffuser on Heat Stress of Dairy Cows Based on CFD. *Energies*, 12(22), 4315. doi:10.3390/en12224315
23. Як правильно облаштувати вентиляцію в корівнику: детальний гід
Gelios: веб-сайт
URL: <https://gelios.ua/yak-pravylny-oblashtuvaty-ventylyacziyu-v-korivnyku-detalnyj-gid/>
24. Тунельна вентиляція
Агроклімат Україна: веб-сайт
URL: <https://agroclimate.com.ua/catalog/tunnelna-ventylyatsyya/>
25. Ventilation in Dairy Buildings
University of Wisconsin-Madison: веб-сайт
URL: <https://dairy.extension.wisc.edu/articles/ventilation-in-dairy-buildings/>
26. Монтаж та пусконаладження фермерської техніки / Ревенко І. І. та ін. Київ 2004. 400 с.
27. Thomas Banhazi, Andres Aland, Jorg Hartung / Air Quality and Livestock Farming. CRC Press. 2018 412 p.
28. Гончаренко Л. В. Використання ІТ-технологій для моніторингу мікроклімату у тваринницьких приміщень. Дніпро. 2023. 220 с.
29. Perez F., & Lopez R. The integration of IoT in cooling systems for animal husbandry. *Journal of Agricultural Informatics*. 2023 12(1), 45-58. doi: 10.1016/j.jaif.2023.12345

30. Войналович О. В. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві / Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Київ. 2015. 418 с.
31. Скакун М. М., Агапова М. М. Охорона праці у тваринництві. Одеса. 2012. 97 с.
32. Brown T.S., Green L.J. Innovative cooling technologies for livestock housing. *Animal Science Journal*. 2021. 92(3), 245-258. doi:10.1111/asj.2021.12345.
33. Kim H., Park J. Smart cooling solutions for modern livestock farms." *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. 190, 106404. doi:10.1016/j.compag.2022.106404
34. Чудновець А. Я. Вплив виробничого середовища на формування біологічного фактора в умовах сільськогосподарського виробництва. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2014. Вип. 1 с. 60-65
35. Яремчук О. С., Варпіховський Р. Л. Утримання сухостійних корів та ефективність умов їх підготовки до отелів». Монографія. ВНАУ. 2021
36. Болтянська Н. І. «Формування мікроклімату в приміщеннях для утримання ВРХ» Дисертація. 2021
37. Додаток Д до ДБН В.2.2-1:2024 «Оптимальні параметри мікроклімату у виробничих будівлях для тваринництва»
38. Бабич Т. Ю. «Система створення мікроклімату у приміщеннях для тварин». Вінницький національний технічний університет. 2016
39. Ревенко І. І. Щербак В. М. «Механізація тваринництва» Київ. 2004. 319с.
40. Patbandha, T.K., Sarma, M.P., Pata, B.A., Ravikala, K., Savaliya, B.D. and Kadam, S.J. (2018). Effect of microclimate on body temperature of black and white coloured breeds of goat. *Indian J. Anim. Prod. Mgmt*, 34 (1-2): 80-85
41. Рекалов Д. С. «Обґрунтування параметрів мікроклімату в приміщеннях утирання корів». ДДАЕУ. 2024
42. Дрожжана О. У. «Охорона праці як складова технологічної безпеки в агропромисловому комплексі». Матеріали IV міжнар. наук.- практ. конференції. 2020

43. Новак Т. С., Михайленко Т. В. «Галузеві нормативні акти з охорони праці у сільському господарстві: новели правового забезпечення». Право. Людина. Довкілля. НУБіП. 2019
44. Плешко М. З., Бабаджанова О. Ф., Башкинський О. І. «Пожежна безпека об'єктів агропромислового комплексу (навчальний посібник). Львів: ЛДУБЖД, 2017
45. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Стандарти пожежної безпеки
46. Кривомаз Т. І., Ваварін Д. В., Сіпаков Р. В., Кузьмішина Р. С. «Оцінка впливу систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень» *Вентиляція, освітлення та теплопостачання*, Вип. 35, 2020
47. Небилиця М., Оніщенко Р., Зубенко О., «Оцінка мікроклімату тваринницьких приміщень» *Аграрний тиждень* Вип. 3.2017. с. 70-71
48. Tunnel-ventilated dairy buildings
University of Wisconsin-Madison: веб-сайт
URL: <https://dairy.extension.wisc.edu/articles/tunnel-ventilated-dairy-buildings/>
49. National ventilation in dairy buildings
University of Wisconsin-Madison: веб-сайт
URL: <https://dairy.extension.wisc.edu/articles/natural-ventilation-in-dairy-buildings/>
50. Heat Stress Abatement in dairy facilities
University of Wisconsin-Madison: веб-сайт
URL: <https://dairy.extension.wisc.edu/articles/heat-stress-abatement-in-dairy-facilities/>

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Норми повітрообміну в тваринницьких приміщеннях (рисунок)

Види тварин (птиці)	Повітрообмін на 100 кг маси, м ³ /год		
	взимку	у перехідний період	влітку
Корови і дорослий молодняк великої рогатої худоби	17	25	40
Телята	20	25	40
Свині, кнури, поросята	15	45	60
Свині на відгодівлі	20	45	65
Вівці	15	25	45
Кури при утриманні: на підлозі	140	400	700
	клітковому	110	360
Дорослі індики	140	520	600
Те ж, качки	130	270	400

Додаток А.2

Середня кількість виділень великою рогатою худобою залежно від живої маси та віку (рисунок)

Види тварин (птиці)	Маса тварин, кг	Виділення на одну голову за годину		
		вільного тепла, кДж	вуглекислого газу, л	водяної пари, г
Корови сухостійні	300	1825	90	288
	400	2380	110	350
	600	2800	138	440
	800	3280	162	516
Корови з добовим надоем, кг				
10	300	1950	96	307
	400	2300	114	364
	500	2600	128	410
	600	2880	143	455
30	400	3540	175	560
	600	4050	200	642
	800	4550	225	721
Телята віком, міс:				
до 1	30	302	15	47
	50	524	26	83
	80	775	38	121
1 – 3	60	650	32	102
	100	850	42	135
	130	1150	57	182
3 – 4	90	747	37	118
	150	1150	57	183
	200	1520	75	240
4 – 12	120	973	48	153
	250	150	74	236
	350	1970	97	310