МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Мельниченко Назарій Вадимович

УДК 631.22:697.92

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення системи мікроклімату тваринницьких приміщень з модернізацією припливно-витяжної вентиляції

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Мельниченко Н. В.

Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Мельниченко Назарій Вадимович. Удосконалення системи мікроклімату тваринницьких приміщень з модернізацією припливно-витяжної вентиляції. *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Пояснювальна записка до дипломного проєкту присвячена удосконаленню припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів з метою забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, підвищення ефективності повітрообміну та покращення умов утримання великої рогатої худоби.

У роботі наведено виробничо-технологічну характеристику молочно-товарної ферми, уточнено генеральний план, виконано розрахунок структури стада, потреби у воді, кормах, кормосховищах і гноєсховищі. Розглянуто засоби механізації основних технологічних процесів на фермі.

Основну увагу приділено розробці конструкції припливно-витяжної установки для корівника. Обґрунтовано вибір вентиляційного обладнання, описано будову та принцип роботи системи, виконано розрахунок осьового вентилятора, необхідного повітрообміну та площі витяжних каналів.

У дипломному проєкті розроблено заходи з охорони праці під час експлуатації вентиляційної системи, проведено аналіз небезпечних виробничих факторів, виконано розрахунки захисного заземлення, шуму й освітлення, наведено заходи пожежної безпеки.

В економічній частині визначено капітальні вкладення, економію електроенергії та економічний ефект від покращення мікроклімату. Запропоноване удосконалення є технічно доцільним і економічно обґрунтованим, оскільки сприяє підвищенню продуктивності тварин, поліпшенню санітарно-гігієнічних умов та зниженню експлуатаційних витрат.

Ключові слова: корівник, велика рогата худоба, мікроклімат, припливно-витяжна вентиляція, повітрообмін, осьовий вентилятор, вентиляційна установка, температурно-вологісний режим.

ANNOTATION

Nazarii Vadymovych Melnychenko. Improving the microclimate system in livestock buildings through the modernisation of supply and exhaust ventilation. – *Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The explanatory note to this dissertation project focuses on improving the supply and exhaust ventilation system of a 200-head cattle shed with the aim of ensuring compliance with microclimate standards, increasing air exchange efficiency, and improving livestock housing conditions.

The thesis presents the production and technological characteristics of a dairy farm, refines the master plan, and calculates the herd structure, as well as requirements for water, feed, feed storage and manure storage. The means of mechanising the main technological processes on the farm are examined.

The main focus is on the design of a supply and exhaust ventilation system for the cowshed. The choice of ventilation equipment is justified, the structure and operating principle of the system are described, and calculations are performed for the axial fan, the required air exchange rate and the area of the exhaust ducts.

The thesis project develops occupational health and safety measures for the operation of the ventilation system, analyses hazardous production factors, calculates protective earthing, noise and lighting, and outlines fire safety measures.

The economic section determines the capital investment, energy savings and economic benefits resulting from the improvement of the microclimate. The proposed improvement is technically feasible and economically justified, as it contributes to increased animal productivity, improved sanitary and hygienic conditions and reduced operating costs.

Keywords: cattle shed, cattle, microclimate, supply and exhaust ventilation, air exchange, axial fan, ventilation unit, temperature and humidity conditions.

ЗМІСТ

ВСТУП……..….6
РОЗДІЛ 1. ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМИ З УТОЧНЕННЯМ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ…….....10
1.1. Опис генплану…….…10
1.2. Розрахунок структури стада…….……..11
1.3 Розрахунок потреби у воді…….……..12
1.4. Розрахунок добової та річної потреби в кормах……..……..15
1.5. Розрахунок обсягу сховищ для інших кормів……..……..17
1.6. Розрахунок виходу гною та розмірів гноєсховища……...……18
РОЗДІЛ 2. РЕКОМЕНДОВАНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ НА ФЕРМІ…….19
2.1. Механізація водопостачання та автопоїння……..19
2.2. Механізація прибирання гною та підтримання мікроклімату……...…..20
2.3. Механізація вантажних робіт……...…..20
2.4. Доїльно-молочний блок…….……21
2.5. Охолодження та первинна обробка молока……...……21
2.6. Розробка технологічної лінії в ї вентиляції……...……21
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ……...….36
3.1. Пристрій і принцип роботи обладнання «Клімат»…….……...36
3.2. Розрахунок параметрів осьового вентилятора…….……37
3.3. Визначення показників техніко-економічної ефективності……39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ…….……..41
4.1. Загальні положення……41
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів……...……42
4.3. Організаційні та технічні заходи безпеки……..……42
4.4. Розрахунок необхідного повітрообміну……43
4.5. Розрахунок площі витяжних каналів…….……44
4.6. Розрахунок захисного заземлення електрообладнання……..…….45

4.7. Розрахунок шуму та освітлення……...…..45
4.8. Пожежна безпека……..……..46
Висновки до розділу……..47
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ……...…….48
5.1. Загальні положення……..48
5.2. Вихідні дані для розрахунку…….48
5.3. Розрахунок капітальних вкладень……...…….49
5.4. Розрахунок економії електроенергії…….....…….50
5.5. Розрахунок економічного ефекту від покращення мікроклімату……..……..51
5.6. Розрахунок економії ветеринарно-санітарних витрат…….....51
5.7. Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат……52
5.8. Визначення річного економічного ефекту та строку окупності……...…52
Висновки до розділу……..……..54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...……55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….…….……57

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне тваринництво є однією з провідних галузей агропромислового виробництва, від ефективності якої значною мірою залежить забезпечення населення якісною молочною продукцією та економічна стабільність сільськогосподарських підприємств. В умовах інтенсивного ведення молочного скотарства особливо важливого значення набуває створення оптимальних умов утримання великої рогатої худоби, оскільки мікроклімат у тваринницьких приміщеннях безпосередньо впливає на продуктивність, фізіологічний стан, відтворювальну здатність і загальне здоров'я тварин.

Одним із основних чинників формування належного мікроклімату в корівнику є ефективна робота припливно-витяжної системи вентиляції. У приміщеннях для утримання корів постійно виділяються волога, теплота, вуглекислий газ, аміак, сірководень та інші шкідливі домішки, які за недостатнього повітрообміну накопичуються в зоні перебування тварин. Це може призводити до погіршення санітарно-гігієнічних умов, зниження продуктивності корів, підвищення рівня захворюваності та збільшення витрат на ветеринарне обслуговування.

Особливо актуальним питання вентиляції є для корівників на 200 голів, де через значну концентрацію тварин у приміщенні швидко змінюються параметри повітряного середовища. Недостатня або нерівномірна вентиляція спричиняє утворення зон із підвищеною вологістю, протягами або застійним повітрям. У зимовий період виникає проблема надмірного охолодження приміщення при інтенсивному провітрюванні, а в літній період – перегрівання повітря та теплового стресу у тварин. Тому система вентиляції має забезпечувати не лише необхідний повітрообмін, а й енергоощадну, надійну та регульовану роботу залежно від пори року, температури зовнішнього повітря, вологості та кількості тварин.

На багатьох діючих фермах вентиляційні системи є застарілими, недостатньо автоматизованими або не відповідають сучасним вимогам до енергоефективності та санітарно-гігієнічних умов утримання тварин. Часто повітрообмін здійснюється природним шляхом або за допомогою обладнання, яке не забезпечує рівномірного розподілу повітря в усьому об’ємі приміщення. У зв’язку з цим виникає необхідність удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника з урахуванням технологічних, зоотехнічних, енергетичних та експлуатаційних вимог.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності роботи системи вентиляції корівника на 200 голів шляхом удосконалення її конструктивних і технологічних параметрів, що дасть змогу покращити мікроклімат у приміщенні, зменшити витрати енергії, підвищити комфорт утримання тварин та забезпечити стабільні умови для виробництва молока.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, підвищення ефективності повітрообміну та зниження експлуатаційних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати сучасні вимоги до мікроклімату в приміщеннях для утримання великої рогатої худоби;

– розглянути існуючі типи систем вентиляції тваринницьких приміщень та оцінити їх переваги і недоліки;

– визначити основні фактори, що впливають на формування повітряного середовища в корівнику на 200 голів;

– провести розрахунок необхідного повітрообміну для приміщення корівника;

– обґрунтувати напрям удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції;

– підібрати основні елементи вентиляційного обладнання;

– оцінити ефективність запропонованого технічного рішення з погляду покращення мікроклімату та енергозбереження;

– розглянути питання охорони праці та безпеки під час експлуатації вентиляційної системи.

Об’єктом дослідження є технологічний процес формування мікроклімату в корівнику на 200 голів.

Предметом дослідження є припливно-витяжна система вентиляції корівника, її конструктивні параметри, режими роботи та вплив на якість повітряного середовища у приміщенні.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С. Король Д.Р., **Мельниченко Н.В.,** Мельнічук Є.О., Добранський С.С. Енерго- та ресурсозбереження в механізованих системах транспортування і дозування кормів на свинокомплексі Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 120-122.

2. Боровський В.М., **Мельниченко Н.В.,** Мельнічук Є.О., Горай І.О. Перспективи використання штучного інтелекту для автоматизації тваринницьких ферм. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/borovskyj_26-2.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоноване удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції може бути використане під час модернізації існуючих або проєктування нових корівників на 200 голів. Реалізація запропонованих рішень сприятиме покращенню умов утримання тварин, підвищенню їх продуктивності, зменшенню негативного впливу шкідливих газів і надлишкової вологості, а також раціональнішому використанню енергетичних ресурсів.

Отже, удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника є важливим напрямом підвищення ефективності молочного виробництва. Забезпечення стабільного та якісного повітрообміну в тваринницькому приміщенні створює передумови для збереження здоров’я поголів’я, покращення виробничих показників ферми та підвищення загальної ефективності функціонування тваринницького підприємства.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок комп’ютерного тексту, містить 6 рисунків, 23 таблиці та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМИ З УТОЧНЕННЯМ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ

1.1. Опис генплану

Генеральний план – це початок комплексу або ферми. Він є графічним відображенням кінцевого результату творчої праці проектувальників по створенню раціонального тваринницького підприємства [2].

Проектування генплану комплексу починають з вибору земельної ділянки, розташування якої узгоджують з перспективним планом, санітарно-гігієнічними та протипожежними нормами [3].

Обрана ділянка під комплекс повинна відповідати і виробничим вимогам. До виробничих вимог відносяться: зручність розташування ферми щодо кормової бази, наявність хороших будівель і доріг, хороший зв'язок із селом, наявність надійного водо- і теплопостачання, достатня твердість ґрунтів і їх придатність для зведення будівель[6].

Ділянка повинна розташовуватися нижче населеного пункту, водозабірних споруд і вище ветеринарних об'єктів і гноєсховищ. Ділянка для будівництва комплексу повинна бути рівною або з ухилом $3...9^0$. Відстань від житлових будівель до комплексу ВРХ повинна бути не менш 300 м [7].

До санітарно-гігієнічних вимог відносяться: облаштування ветеринарної зони, а також санітарні розриви між виробничими приміщеннями, ізоляція ферми від навколишньої території смугами насадження чагарнику, дерев. На проєктованому комплексі необхідно передбачити засоби захисту від проникнення або занесення інфекції, які можуть потрапляти туди з тваринами або людьми.

Це досягається системою захисту зон. Транспорт, що доставляє корми, не повинен проїжджати виробничу зону [14].

Технологічні вимоги до генерального плану полягають у забезпеченні

потоковості виробництва, виключенні зустрічних і пересічних потоків, дотриманні норм технологічного проектування [13].

Генеральний план передбачає раціональне розташування будівель, що забезпечує потік виробничого процесу. Поділ території на зони показано в таблиці 1.1.

Таблиця1.1 – Поділ території ферми на зони [9].

Зона	Найменування об'єкта
1. Основного призначення (виробнича)	Корівники на 200 корів, блок молочний, вигульні майданчики.
2. Адміністративно-господарська	Адміністративно-побутові будівлі, ветсанпропускник, пожежні резервуари.
3. Зберігання та приготування кормів.	Кормоцех, будівлі та споруди для зберігання кормів
4. Допоміжні споруди	Котельня, водонапірна вежа, артсвердловина.
5. Споруди для зберігання та переробки гною	Гнойосховище, споруди з переробки гною.

При розробці генерального плану необхідно прагнути до максимального скорочення території, недопущення необґрунтованого використання її резервів в архітектурно-планувальними рішеннями. З метою раціонального використання земельних угідь підприємство проектувалося такої конфігурації, яка сприяла ефективному використанню, як самої ділянки, так і прилеглих до неї сільгоспугідь [8].

1.2. Розрахунок структури стада

Розрахунок структури поголів'я для молочно-товарної ферми визначаємо, користуючись розрахунковими коефіцієнтами для знаходження кількості скотомісць в основних приміщеннях. Структуру поголів'я зводимо в таблицю 1.2.

Телята профілакторного періоду передаються на дорощування. Отже, тварин вікового періоду від 6 до 12 місяців виключаємо з розрахунків. З урахуванням цього, загальна кількість тварин складе 224 корови і 132 телят.

У зв'язку зі спеціалізацією ферми з виробництва молока з планованим річним надоєм5000 кг на корову і прийнятим безприв'язним утриманням тварин вибираємо один корівник на 200 корів за типовим проєктом 219-243.

Таблиця 1.2 – Структура поголів'я ферми

Група тварин	Розрахунковий коефіцієнт	Кількість твариномісць
1. Корови всього, у тому числі:	1,0	200
дійні	0,7	150
сухостійні	0,13	26
тільні та глибокотільні	0,12	24
2. Нетелі за 2 місяці до отелення	0,12	24
3. Телята профілакторного періоду (10…20-денного віку)	0,06	12
4. Телята, в тому числі:	0,6	120
Від 20-денного до 3..4-х місяців віку	0,3	60
Від 3...6 місяців	0,3	60
5.Молодняк загалом, у тому числі	0,35	70
Від 6 до 12 місяців	0	20
Нетелі до 6…7 місяців вагітності	0,25	50
Разом:		472

1.3 Розрахунок потреби у воді

На тваринницьких підприємствах вода витрачається в основному на поїння тварин, які повинні отримувати її в достатній кількості і в будь-який час доби, а також на інші виробничі потреби – технологічні, господарські та протипожежні. Для розрахунку використовуємо норми споживання води для ВРХ певного виду тварин (1 , табл. 5.1). Добову потребу визначаємо за нормами для стійлового та пасовищного періодів і зводимо в таблицю 1.3

Таблиця 1.3 – Норма водоспоживання для тварин на 1 голову, л/добу

Споживач	Всього	У тому числі			На пасовищах
		на поїдання	гарячою	холодної	
Корови	100	65	15	85	50
Нетелі за 2 місяці до отелення	50	20	18	28	25

Потреба у воді на поїння тварин $Q^{ср}_{доб}$, л/добу, визначаємо за середньодобовими нормами водоспоживання різними статево-віковими групами тварин за формулою [7]:

$$Q^{ср}_{доб} = q_1 \ m_1 + q_2 m_2 + ... + q_n \ m_n, \quad (1.1)$$

де q_1 ,q_2 ,q_n – середньодобова норма витрати води на голову, л.;

m_1 ,m_2 ,m_n –кількість тварин у групі, гол.

$$Q^{ср}_{доба} = 100 \cdot 224 + 20 \cdot 132 = 25040 \text{ л/доба.}$$

З урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності ($К_{доба}$ =1,5) знаходимо максимальну добову витрату води $Q^{max}_{доба}$, л/доба [7].

$$Q^{max}_{доба} = К_{доба} \cdot Q^{ср}_{доба}; \quad (1.2)$$

$$Q^{max}_{доба} = 1,5 \cdot 25040 = 37560 \text{ л/доба.}$$

Тоді середня годинна витрата води $Q^{ср}_{год}$, л/год, складе:

$$Q^{ср}_{год} = 37560/ 24 = 1565 \text{ л/год.} \quad (1.3)$$

Максимальну годинну витрату води $Q^{max}_{год}$, л/год, визначаємо з урахуванням коефіцієнта годинної нерівномірності

$$Q^{max}_{год} = К_{год} \cdot Q^{ср}_{год} , \quad (1.4)$$

де $К_{год}$= 2,5 - коефіцієнт годинної нерівномірності.

$$Q^{max}_{год} = 2,5 \cdot 1565 = 3912,5 \text{ л/год.}$$

Середньосекундна витрата води $q_с$, $м^3$ /с, дорівнюватиме

$$q_с = Q^{max}_{год} /3600 = 3912,5/3600 = 1,0868 \text{л/с} = 0,001086 \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.5)$$

Діаметр зовнішнього водопроводу D, мм, для кожної ділянки водопровідної мережі визначимо за формулою [4]:

$$D = 2\sqrt{\frac{q_c}{\pi V}}, \quad (1.6)$$

де V=1,0 м/с – швидкість руху води.

$$D = 2\sqrt{\frac{0,001086}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,03720м = 37,20\text{мм}$$

Об'єм водонапірної вежі $V_б$, $м^3$, визначаємо за формулою

$$V_б = V_р + V_а + V_{пож} ; \quad (1.7)$$

де $V_р$ – регулюючий об'єм водонапірного бака, $м^3$;

V_a – аварійний запас води, м^3 ;

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

Регулюючий об'єм ємності $V_р$, м^3 , що забезпечує безперебійне водопостачання споживачів, визначаємо за формулою [5]:

$$V_p = (0,15...0,25)\ Q^{max}_{доба}, \quad (1.8)$$

$$V_р = 0,15 \cdot 37560 = 5634 \text{ л} = 5,6 \text{ м}^3 .$$

Аварійний запас води $V_а$, м^3 , визначають, виходячи з умови усунення аварії протягом 2-х годин, тобто [5]:

$$V_a = 2 \cdot Q^{max}_{год} , \quad (1.9)$$

$$V_а = 2 \cdot 3,91 = 7,82 \text{ м}^3 .$$

Протипожежний запас води $V_{пож}$, м^3 , для водонапірних веж рекомендується брати з розрахунку гасіння пожежі протягом 10 хв. у двох місцях із загальною витратою води 10 л/с, тобто [12]:

$$V_{пож} = \frac{10 \cdot 60 \cdot 10}{1000} = 6 \text{м}^3$$

Тоді

$$V_б = 5,6 + 7,82 + 6 = 19,42 \text{ м}^3 .$$

З припущенням збільшення кратності включень насосної станції приймаємо водонапірну вежу місткістю V=25 м^3 , типовий проект 901-520/70.Для перекачування вод використовують насосну станцію № 902-1-19 [3]

1.4. Розрахунок добової та річної потреби в кормах

Річну потребу в кормах визначаємо за наявністю поголів'я тварин і кормовими раціонами. Раціони годівлі вибираємо залежно від продуктивності тварин, їх виду і зони розташування господарства [2].

Приймаємо сінажно-силосно-концентратний тип годівлі, при якому сінаж становить 17% , силос 11% , сіно 6% , коренеплоди 6% , концентрати 30% . При цьому тривалість зимового періоду становить – 230, літнього – 135 днів. З метою спрощення розрахунків об'єднаємо тварин по групах, раціон для яких відрізняється незначно. У нашому випадку це будуть:

- корови дійні (150 голів), ново- і глибокостільні (24), тобто 150 + 24 = 174 голови (перша група);

- другу групу складають сухостійні, нетелі, тобто 26 + 24 = 50 голів.

Телята у віці до 20 днів годують молоком 6 л/добу (12 голів)

За даними таблиці складаємо раціон для тварин.

Таблиця 1.4 – Середньодобовий раціон для 1 групи тварин (для дійних корів, ново- і глибокоплідних), кг.

Період	Сіно	Сенаж	Силос	Коренеплоди	Концентрати	Зелені корми
Зимовий	5,0	6,0	14,0	20,0	4,0	-
Літній	-	-	-	-	3,2	60,0

Таблиця 1.5 – Середньодобовий раціон для 2 групи тварин (сухостійні, нетелі), кг.

Період	Сіно	Сенаж	Силос	Коренеплоди	Концентрати	Зелені корми
Зимовий	5,0	6,0	5,0	10,0	4,0	-
Літній	-	-	-		0,4	17,0

Визначаємо добову потребу в різних кормах Q, кг/добу, для всіх груп тварин за формулою [5]:

$$Q=a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2 + \ldots + a_n \cdot m_n \text{ ; кг/добу} \qquad (1.10)$$

де a_1 , a_2 , a_n – витрата різних кормів за раціоном на 1 тварину, кг/добу;

m_1 , m_2 , m_n – кількість тварин у кожній групі, голів.

Тоді добова потреба в кормах першої групи складе:

Сіна: $Q_{\text{сіна}}$ =5,0 · 174 =870 кг;

Сінажу: $Q_{\text{сінаж}}$ = 6,0 · 174= 1044 кг;

Силосу: $Q_{\text{силосу}}$ = 14,0 · 174= 2436 кг;

Коренеплодів: $Q_{\text{коренепл}}$ = 20,0 · 174= 3480 кг;

Концентратів: $Q_{\text{конц}}^{\text{зим}}$ = 4,0 · 174=696 кг;

$$Q_{\text{конц}}^{\text{л}} = 3,2 \cdot 174 = 556,8 \text{ кг;}$$

Зелених кормів: $Q_{\text{з.к.}}$ = 60 · 174= 10440 кг.

Тоді добова потреба в кормах другої групи складе:

Сіна: $Q_{\text{сіна}}$ =5,0 · 50 =250 кг;

Сінажу: $Q_{\text{сінаж}}$ = 6,0 · 50= 300 кг;

Силосу: $Q_{силос} = 5,0 \cdot 50 = 250$ кг;

Коренеплід: $Q_{коренепл} = 10,0 \cdot 50 = 500$ кг;

Концентратів: $Q_{конц}^{зим} = 4,0 \cdot 50 = 200$ кг;

$$Q_{конц}^{л} = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ кг};$$

Зелених кормів: $Q_{з.к.} = 17 \cdot 50 = 850$ кг.

Всього підлягає обробці в кормоцеху така кількість кормів [5]:

$$Q_{к.ц.} = Q_{сіна} + Q_{сінаж} + Q_{силос} + Q_{коренепл} + Q_{конц}^{зим} =$$

$$= 1,12 + 1,34 + 2,7 + 4,0 + 0,9 = 10,06 \text{ т/добу.}$$

Визначаємо річну потребу в кормах і результати розрахунків зводимо в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Річна потреба в кормах.

Види кормів	Добова потреба в кормах				Річна потреба в кормах, т
	1-а група		2-га група		
	Взимку	Влітку	Взимку	Влітку	
Сіно	870	-	250	-	257,6
Сенаж	1044	-	300	-	309,12
Силос	2436	-	250	-	617,78
Коренеплоди	3480	-	500	-	915,4
Концентрати	696	556,8	200	20	283,9
Зелені корми	-	10440	-	850	1524
Разом:	8526	10996,8	1500	870	3907,09

Річна потреба в кормах 3907,09 т.

З урахуванням страхового фонду (5…10 %) загальна річна потреба в кормах по фермі складе 4298 тонн.

1.5. Розрахунок обсягу сховищ для інших кормів

Для зберігання грубих і соковитих кормів необхідно прийняти такі сховища, в яких втрати поживних речовин були б найменшими. Дослідження вчених показують, що при силосуванні в облицьованих в х траншеях втрати становлять 10...25 %, у звичайних траншеях – 15...25 %, а в баштах – 10...11 % [2].

Сховища для сінажу і силосу слід будувати поблизу тваринницьких приміщень з урахуванням їх розташування, кількості худоби і добового раціону.

У нашому випадку підлягає обробці 1,5…8,5 т/добу. Вибираємо кормоцех продуктивністю 10 т/добу. За цією величиною вибираємо типовий проект кормоцеху 801-255. Габарити 28× 12 м.

Визначимо місткість і кількість сховищ для сінажу та силосу.

Місткість сховищ $V_{загальна}$, м^3 , визначаємо за формулою [9]:

$$V_{загальна} = k_з \cdot Q_{рік} / \rho, \text{ м}^3 \qquad (1.11)$$

де $k_з$ – коефіцієнт запасу, що враховує втрати від псування кормів при зберіганні;

$Q_{рік}$ – річна потреба сінажу та силосу для всіх груп тварин , т;

ρ – щільність кормів , т / м^3.

Силосування та сінажування здійснюємо в траншеях. Приймаємо коефіцієнт запасу:

для сінажу – 1,12;

для силосу – 1,15.

Приймаємо щільність:

для сінажу – 0,5т / м^3 ;

для силосу – 0,6 т / м^3.

Тоді загальна місткість їх буде:

для сінажу $V_{сінажу} = (1,25 \cdot 309,12) / 0,5 = 692,4$ м^3 ;

для силосу $V_{силосу} = (1,15 \cdot 617,78) / 0,6 = 1184,07$ м^3 .

Вибираємо ТП 811-37. Габарити 50× 9× 3=1350 м^3 , для сінажу і для силосу.

Кількість траншей:

$$n_{сінажн..} = 692,4 / 1350 = 0,5;$$

Приймаємо одну сінажну траншею.

$$n_{силосна.} = 1184,07/ 1350 = 0,8;$$

Приймаємо одну силосну траншею.

Залишок силосу зберігаємо в траншеї, що знаходиться за межами ферми.

З урахуванням річних потреб і рекомендованих норм запасу підбираємо типові сховища для сіна, коренеплодів і концентрованих кормів (комбікормів).

Навіс для сховища сіна, типовий проект № 817-150 18 х 30 м, місткістю 500 тонн – одне сховище

Коренеплодосховище на 1000 т, типовий проект № 813-76 18 х 74 м – одне сховище.

Склад концентрованих кормів на 100 т, типовий проект № 813-7,5х20 м. Забезпечує двотижневий запас.

1.6. Розрахунок виходу гною та розмірів гноєсховища

Розмір гноєсховища визначаємо залежно від виду і поголів'я тварин з урахуванням норм виходу гною і термінів його зберігання [8].

Корисну площу гноєсховища F, м^2 , визначаємо за формулою

$$F = \frac{n \cdot q_n \cdot t_\partial}{\rho \cdot h}; \qquad (1.19)$$

де n – поголів'я тварин, гол.;

q_n – маса гною від однієї тварини за добу, кг/гол.;

t_∂ – кількість днів зберігання гною в сховищі, (100 ... 150 днів);

p – середня щільність гною, (700 ... 800 кг/м^3);

h – висота укладання гною, (1,5 ...2,5 м).$F = \frac{(200 \cdot 50 + 24 \cdot 25 + 132 \cdot 7) \cdot 150}{700 \cdot 2} =$ 1234,7

м^2

Вибираємо гноєсховище корисною площею 1235,7 м^2 і місткістю 2000 м^3, типовий проєкт №801-315 [6].

РОЗДІЛ 2
РЕКОМЕНДОВАНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ НА ФЕРМІ

2.1. Механізація водопостачання та автопоїння

Механізація та автоматизація водопостачання тваринницьких ферм дозволяє значно скоротити витрати праці та знизити собівартість тваринницької продукції. Крім того, механізація водопостачання підвищує протипожежну безпеку виробничих приміщень та покращує санітарний стан ферми. Вибір засобів механізації водопостачання здійснюється з урахуванням середньодобової норми водоспоживання і виробничої потреби [11].

На проєктованому комплексі одна тварина споживає за добу50 л води. Вода також необхідна для приготування кормів у кормоцеху з розрахунку на1 кг сухого корму – 2 л води [10].

Вода необхідна і в санітарно-побутових приміщеннях. На фермі споживається вода з підземних джерел. За допомогою насосної станції вода подається у водонапірну башту, а потім по трубопроводах до споживачів. За допомогою водонапірної башти створюється необхідний напір у магістралі, регулюється добова витрата води і створюється її необхідний запас. Для закачування води застосовуємо відцентровий вихровий насос ВН-2Ц-6 з встановленою потужністю 13,0 кВт і подачею 6,8...10,4 м^3/год. [8]

Для напування тварин застосовуються індивідуальні поїлки ПА-1 з розрахунку одна поїлка на 2 тварин. Вона приєднується до водопроводу так, щоб з неї могли пити по черзі дві тварини.

2.2. Механізація прибирання гною та підтримання мікроклімату

Серед технологічних ліній, що застосовуються в тваринництві, особливе місце займають лінії з прибирання гною з приміщень, його переробки та використання. Створення великих тваринницьких підприємств індустріального типу, підвищені вимоги до охорони водного і повітряного басейнів, необхідність використання всієї маси гною для удобрення полів загострили

проблему механізації виконання всіх операцій. Створення сприятливих санітарних умов для роботи на фермі, підвищення продуктивності праці - найважливіші вимоги, що пред'являються до систем технічних засобів для механізації прибирання та утилізації гною [13].

На проєктованій фермі для видалення гною будемо застосовувати скребковий транспортер періодичної дії ТСН-160 і установку для видалення гною з приміщення типу УПН-15. Її застосування дозволить скоротити витрати праці і коштів на видалення гною з тваринницьких приміщень [6].

Створення і автоматичне підтримання необхідних параметрів мікроклімату є важливою проблемою у тваринництві. Дослідженнями і досвідом багатьох господарств встановлено, що за недотримання оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин знижується їх продуктивність, збільшується витрата кормів на отримання продукції, зростає падіж тварин, скорочуються терміни експлуатації машин і будівель, зростають простудні захворювання обслуговуючого персоналу [9].

На проектованій фермі тварини утримуються в корівниках, побудованих за типовим проектом 801-2-22. Для забезпечення приміщень чистим повітрям можна застосувати припливно-витяжну систему вентиляції з механічним спонуканням. Для підтримки оптимальної температури можна встановити осьові низьконапірні вентилятори.

2.3. Механізація вантажних робіт

Вантажні механізми на комплексі застосовуються для завантаження кормів, а також завантаження гною з гнойосховищ. Для завантаження грубих кормів, силосу і сінажу застосовуємо грейферний навантажувач ПГ-0,5Д, встановлений на трактор МТЗ-80. Комбікорми в бункера-дозатори БСК-10 завантажуються завантажувачем ЗСК-10. Частина коренеплодів, яка зберігається в буртах, за з у міру спорожнення сховища, завантажується бурякозавантажувачем СНТ-2,15 в кузов автомобіля ГАЗ-53Б і доставляється в сховище коренеплодів [7].

Рідка фракція гною з гноєсховища видаляється за допомогою розкидача рідких добрив МЖТ-11, який агрегатується з трактором Т-150К. Тверда фракція видаляється за допомогою навантажувача НПК-30 і розкидачів органічних добрив ПРТ-11, агрегатованого з трактором Т-150К [5].

2.4. Доїльно-молочний блок

Доїльний-молочний блок обладнаний доїльним залом Ялинка 2×х12 з автоматизованою установкою типу АДМ-8.

2.5. Охолодження та первинна обробка молока

Охолодження – найкращий метод збереження натуральних властивостей молока. Екологічно доцільно охолоджувати молоко до 10° С, якщо час його зберігання не перевищуватиме 5 – 6 год; до 6 – 7° С – при зберіганні не більше 12 год; і до 4 – 5° С – при зберіганні не більше 24 год [15].

Більш досконалі способи охолодження із застосуванням апаратів безперервної дії – молочних охолоджувачів, що працюють з використанням штучного холоду і забезпечують охолодження молока в потоці без контакту з повітрям [17].

Для охолодження молока застосовуємо один танк-охолоджувач ємністю 4000л, оснащений компресорно-охолоджувальним агрегатом, скомбінованим з рекуператором тепла ємністю 500л, що дозволить нагрівати і використовувати воду для виробничих потреб, наприклад, при санітарній обробці доїльного обладнання, підмиванні вимені тварин тощо.

2.6. Розробка технологічної лінії в ї вентиляції

За принципом дії системи вентиляції поділяють на природну (гравітаційну), примусову з механічним стимулятором потоку і комбіновану. При природній вентиляції повітрообмін відбувається внаслідок різниці щільності повітря всередині і поза приміщеннями, а також під впливом вітру. Така система не завжди може забезпечити достатній повітрообмін. Примусова

вентиляція з механічним стимулятором, у свою чергу, поділяється на нагнітальну, витяжну і нагнітально-витяжну. Крім того, перша може бути без підігріву повітря, що подається в приміщення, або з підігрівом[3].

Система вентиляції повинна забезпечувати оптимальний, що випливає із зоотехнічних вимог, температурно-вологісний режим і хімічний склад повітря в приміщенні, тому повітрообмін та інші параметри системи вентиляції розраховують за спеціальними методиками [7].

З усіх факторів мікроклімату найбільш важливу роль у тваринницьких приміщеннях відіграє температура повітря, а також підлоги та огороджувальних поверхонь, оскільки вона безпосередньо впливає на терморегуляцію, теплообмін, а, отже, і на обмін речовин в організмі та інші процеси життєдіяльності.

Практично під мікрокліматом приміщень розуміють регульований повітрообмін, тобто організоване видалення з приміщень забрудненого і подачу в них чистого повітря через систему вентиляції. За допомогою останньої в приміщеннях підтримують оптимальний температурно-вологісний режим і хімічний склад повітря; забезпечують рівномірний розподіл і циркуляцію повітря всередині приміщень для запобігання утворенню «застійних зон»; запобігають конденсації пари на внутрішніх поверхнях огорож (стіни, стелі тощо); створюють у тваринницьких і птахівничих приміщеннях нормальні умови для роботи обслуговуючого персоналу.

Механічна нагнітальна система вентиляції для корівника на 200 голів прив'язного утримання показана на малюнку 1. Теплопостачання здійснюється від котельні, розташованої в молочному блоці і обладнаної паровим котлом КВ-300М або Д-721А.

Припливне повітря нагнітається вентилятором Ц4-70 № 8 з підігрівом в калорифері КФБ-7, після чого розподіляється через перфоровані повітроводи у верхній частині стійлового приміщення. Витяжна частина вентиляції природна, з видаленням забрудненого повітря через щілину, влаштовану між плитами по коньку даху вздовж усього приміщення.

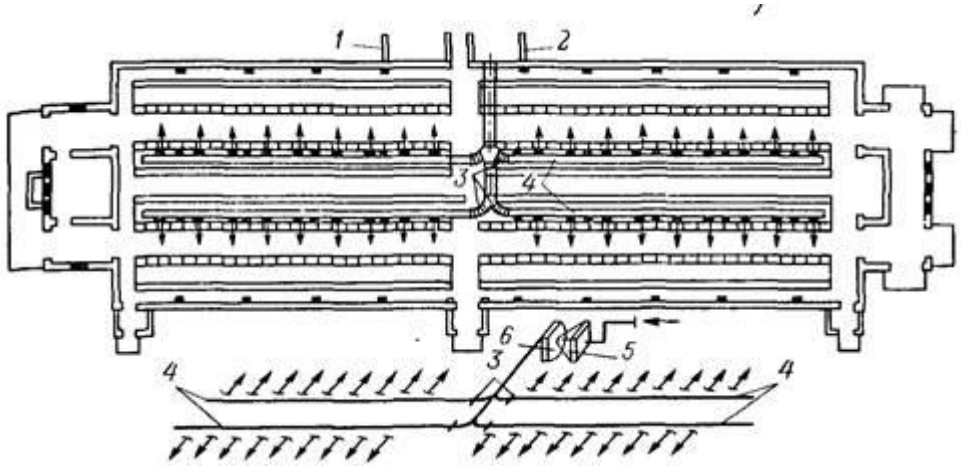


Рис. 2.1. Нагнітальна вентиляційна система в чотирирядній корівнику: 1 – молочний блок; 2 – вентиляційна камера; 3 – дросельні клапани; 4 – повітроводи; 5 – калорифер КФБ-7; 6 – відцентровий вентилятор.

Як самостійна витяжна система застосовується рідко. Вона примусово за допомогою осьових вентиляторів видаляє забруднене повітря з приміщення. При цьому тиск повітря в останньому знижується, і зовнішнє повітря спрямовується всередину через вентиляційні отвори в щілинах. Така система обслуговується комплектом обладнання «Клімат-4» без застосування теплогенератора.

Повітряобмін, необхідний для тваринницьких приміщень, значно перевищує можливості природної вентиляції, що вимагає установки нагнітально-витяжних систем зі штучним підігрівом припливного повітря в зимовий час (особливо в свинарниках-маточниках і пташниках кліткового утримання з високою концентрацією поголів'я) [12].

Нагнітальна механічна система подає на 15-20% повітря більше, ніж його проходить через витяжну систему. Вона здатна забезпечити свіжим повітрям у необхідній кількості будь-яке місце приміщення. Промисловість випускає спеціальні комплекти обладнання під загальною назвою «Клімат», а також вентиляційно-опалювальні агрегати серії КПС і калориферні установки різної потужності для обслуговування спеціальних ферм і комплексів промислового типу [16].

Залежно від необхідного напрямку основного потоку повітря в приміщенні системи вентиляції бувають вертикальні і горизонтальні. Найбільш

раціональною вважається вертикальна подача повітря за схемою зверху вниз. На малюнку 2 показані принципові схеми пристрою системи регулювання мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Нагнітають повітря відцентрові вентилятори Ц4-70 № 7 або № 8, а видаляють його за цією схемою осьові вентилятори серії ВО комплекту обладнання «Клімат-4», розташовані в стінах нижньої частини будівлі. Для аварійної вентиляції останні обладнуються витяжними шахтами, забезпеченими утепленими клапанами [18].

У південних районах використовують систему вентиляції з комплектами випарного охолодження КІО-13 (рис. 2.2). Кондиціонер включає дахові вентилятори, які працюють на приплив, і витяжні вентилятори ВО, розташовані в стінах будівлі.

Основні вимоги до роботи систем вентиляції для тваринницьких і птахівничих приміщень зводяться до наступного:

Припливні канали (шахти) слід розташовувати у верхній або середній частині приміщення, оскільки при значних швидкостях руху повітря їх близьке розташування до тварин може стати причиною простудних захворювань. Канали обладнують дефлекторами або насадками, що відхиляють потік зовнішнього повітря від тварин.

Витяжні канали слід виконувати в нижній частині приміщення, в зоні розташування тварин або птиці і додатково під підлогою – для витяжки забрудненого повітря з каналів навозовидалення. Повітрозабірні тумби витяжних каналів або отвори в стінах не можна розташовувати проти припливних каналів або на малій відстані від них (менше 2,5 м). При недотриманні цієї вимоги в приміщенні можуть утворитися застійні зони («повітряні мішки»).

Розподільні припливні повітроводи рекомендується робити з більш економічних синтетичних матеріалів (плівки).

Для підвищення температури припливного повітря в зимовий час рекомендується застосовувати засоби локального обігріву як менш металоємні і такі, що дозволяють автоматизувати систему. До таких засобів відносяться

електрокалорифери серії СФО або ОКБ, водяні калорифери серії КФС або КФБ, а також теплогенератори типу ТГ-2,5, ТГ-10 та ін. Особливий інтерес представляють нові конструкції автоматизованих припливно-вентиляційних установок серії ПВУ, які працюють у поєднанні з електронагрівальними елементами (ТЗН) і не вимагають розподільних повітропроводів.

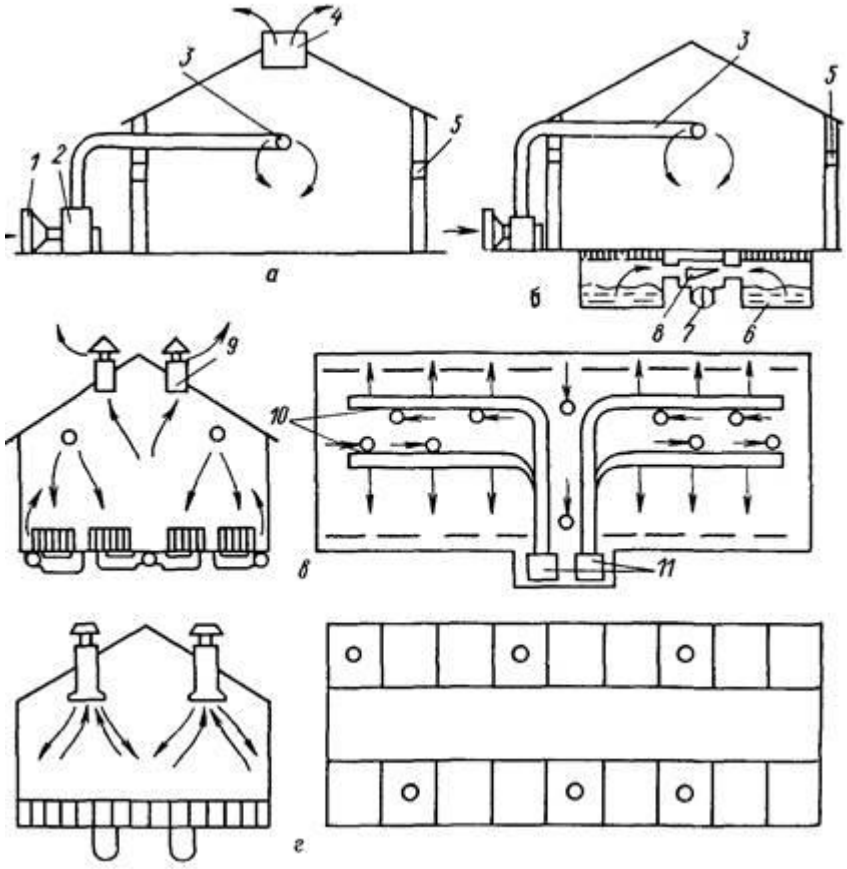


Рис. 2.2. Схеми систем забезпечення заданого мікроклімату в різних тваринницьких приміщеннях: а – корівники при прив'язному і безприв'язному утриманні; б – при міщення з підпільним зберіганням гною; в – комплекси на 24 тис. свиней на рік; г – комплекси на 108 тис. свиней на рік; 1 – калорифер; 2 – припливний вентилятор; 3 – повітропровід; 4 – витяжна шахта; 5 – вікно; 6 – витяжний канал; 7 – витяжний вентилятор; 8 – верхній повітропровід у системі витяжки; 9 – витяжна шахта з вентилятором; 10 – витяжні канали; 11 – вентиляційно-опалювальні агрегати [19].

У різні періоди року – холодний, перехідний (при температурі зовнішнього повітря до 283 К) і теплий – система вентиляції повинна працювати за різними схемами і в різних режимах, оскільки потреба в

повітрообміні змінюється в широких межах. Так, у пташниках вона може варіюватися в 5…10 разів. Це означає, що такі межі перебудови системи залежно від сезону повинні бути передбачені в її конструктивному рішенні.

Системи повітряного опалення_класифікують за способом переміщення повітря – з природним і штучним спонуканням, за радіусом дії – місцеві та центральні, за ступенем заміни повітря в приміщенні – прямоточні, рециркуляційні та з частковою рециркуляцією.

На рис. 2.3 показані схеми місцевих систем повітряного опалення з різним ступенем заміни повітря в приміщенні. До складу цих систем входять тепловий центр 7, що містить калорифер і вентилятор, канали витяжної вентиляції (шахти) 2 і трубопроводи 3 для підведення і відведення теплоносія. У місцевих системах не передбачено повітропроводів, внаслідок чого повітря в приміщення подається зосередженими струменями.

У прямоточних системах (рис. 2.3, а) зовнішнє повітря з температурою $t_н$ підігрівається калорифером до температури $t_г$ і подається в приміщення в кількості, достатній для створення необхідного повітряного режиму. Така ж кількість повітря видаляється з приміщення з температурою $t_в$ по каналах витяжної вентиляції або через нещільності в зовнішніх огорожах [17].

При частковій рециркуляції (рис. 2.3, б) до калорифера надходить частина зовнішнього повітря з температурою $t_н$, а інша частина – з приміщення з температурою $t_а$. Змішуючись, повітря нагрівається в калорифері до температури $t_г$ і подається в приміщення для опалення. Вентилюється приміщення тільки частиною повітря, яке забирається зовні. Така ж частина повітря видаляється системою витяжної вентиляції [13].

Якщо повітря потрібно тільки нагрівати без його вентилювання, застосовують рециркуляційну систему повітряного опалення (рис. 2.3, в). Тоді в приміщенні відбувається циркуляція внутрішнього повітря без його заміни [10].

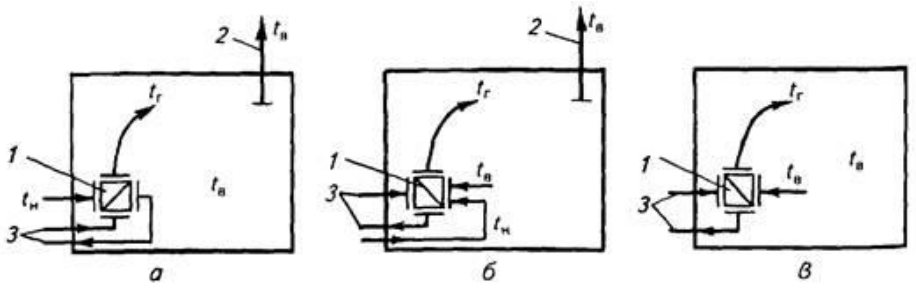


Рис. 2.3. Схеми місцевих систем повітряного опалення: а – прямоточна; б — з частковою рециркуляцією; в - рециркуляційна; 1 — тепловий центр; 2 — канал витяжної вентиляції; 3 — трубопроводи теплоносія [7].

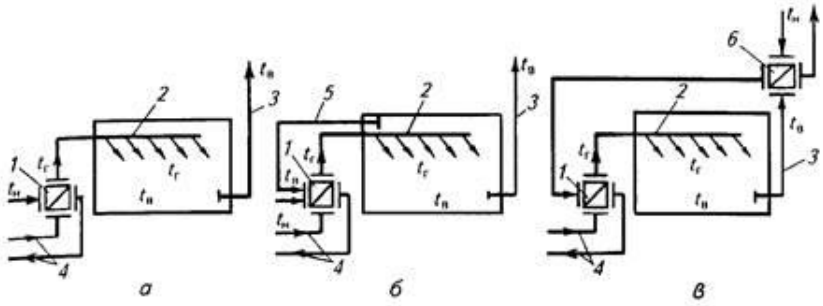


Рис. 2.4. Схеми центральних систем повітряного опалення: а – прямоточна; б – з частковою рециркуляцією; в – прямоточна рекуперативна; 1 – тепловий центр; 2 – припливний повітропровід; 3 – витяжний повітропровід; 4 – трубопровід теплоносія; 5 – рециркуляційний повітропровід; 6 – теплообмінник-утилізатор [5].

Центральні системи повітряного опалення (рис. 2.4) забезпечують обігрів одного або декількох приміщень великої будівлі. За своєю будовою вони в основному схожі на місцеві системи, відрізняючись лише наявністю системи повітропроводів для подачі повітря в приміщення. Особливе значення мають повітророзподільники, що забезпечують рівномірне заповнення свіжого повітря по об'єму приміщення. Зі схем, представлених на рис. 2.4, кращими техніко-економічними показниками володіє прямоточна рекуперативна система повітряного опалення (рис. 2.4, в), що забезпечує економне витрачання теплової енергії за рахунок використання теплообмінника-утилізатора 6. Попередній підігрів зовнішнього повітря перед подачею його в калорифер забезпечується за рахунок теплоти внутрішнього повітря, що видаляється з приміщення. Однак такі установки більш складні в експлуатації.

На тваринницьких фермах в основному застосовують прямоточні місцеві та центральні системи. У деяких випадках використовують рекуперативні прямоточні системи. Системи з частковою рециркуляцією допускаються в приміщенні для відгодівлі великої рогатої худоби та свиней.

Система вентиляції. Вентиляційна установка зазвичай складається з вентилятора з електричним двигуном і вентиляційної мережі, до якої входять система повітропроводів і пристосування для забору і випуску повітря.

Вентилятор призначений для переміщення повітря. Збудником руху повітря в ньому є робоче колесо з лопатками (лопатями), укладене в спеціальний кожух. При обертанні колеса від електродвигуна лопатки приводять в рух повітря, при цьому, дещо стискаючи його, тобто, надаючи повітрю швидкість і тиск[2].

За значенням повного тиску, що розвивається, вентилятори поділяються на пристрої низького (до 980 Па), середнього (980–2940 Па) і високого (2940–11770 Па) тиску; за принципом дії – на відцентрові та осьові; за конструктивним виконанням – на вентилятори загального призначення і спеціальні, правого і лівого обертання тощо. У вентиляційно-опалювальних системах тваринницьких приміщень застосовують вентилятори низького і середнього тиску, відцентрові і осьові, загального призначення і дахові, правого і лівого обертання [9].

Всі типи відцентрових і осьових вентиляторів виготовляють різних розмірів. Наприклад, вентилятор № 5 має діаметр колеса 500 мм [12].

Відцентрові вентилятори (рис. 2.5) здатні розвивати високий тиск (до 3,92 кПа) при переміщенні великої кількості повітря (до 150 тис. м3/год). Їх використовують у припливних вентиляційно-опалювальних системах і загальнообмінній вентиляції, а іноді у витяжних системах, наприклад, з місцевими відсмоктувачами [13.

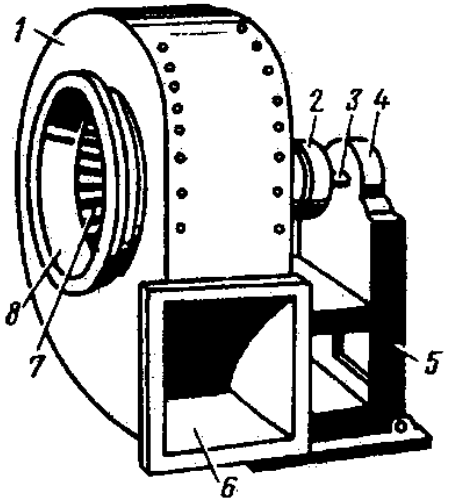


Рис. 2.5. Відцентровий вентилятор: 1 – спіральний кожух; 2 – шків; 3 – вал; 4 – опорний підшипник; 5 – рама; 6 – вихідний отвір; 7 – лопатеве колесо; 8 – вхідний отвір [12].

Правильний напрямок обертання відцентрового вентилятора відповідає розвороту спіралі кожуха. При обертанні в протилежну сторону напрямок руху повітря не змінюється, але його кількість зменшується на 25–40%.

Відцентрові вентилятори можуть мати неповоротні, поворотні і роз'ємні кожухи, з'єднуватися з електродвигуном безпосередньо або за допомогою ремінної передачі [14].

Вентилятори, виконані за одним аеродинамічним принципом і однією схемою, мають геометрично подібні розміри і відносяться до одного типу. Вентилятори одного типу, але різних розмірів (номерів) складають серію (типорозмірний ряд) вентиляторів [9].

Найкращими аеродинамічними властивостями володіють вентилятори Ц4-70. Крім того, вони значно легші, компактніші за вентилятори Ц 9-55 і Ц 9-57 і характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії. Робоче колесо вентилятора Ц 4-70 має дванадцять плоских, загнутих назад лопаток, завдяки чому різко зменшується шум у порівнянні з вентиляторами інших в ів типів. Вентилятори Ц 9-55 і Ц 9-57 мають більш міцну конструкцію робочого колеса (32 лопатки) і кожуха, і тому їх можна застосовувати в приміщеннях, повітря яких містить дрібний пил [6].

Осьові вентилятори (рис. 2.6) характеризуються відносно малими тисками (не більше 0,49 кПа) при великій продуктивності (до 120 тис. $м^3$ /год). Їх в основному застосовують, якщо необхідно переміщати великі обсяги повітря при незначних протитисках в системах загальнообмінної витяжки, а також встановлюють в припливних системах загальнообмінної вентиляції і в вентиляційно-опалювальних агрегатах [13].

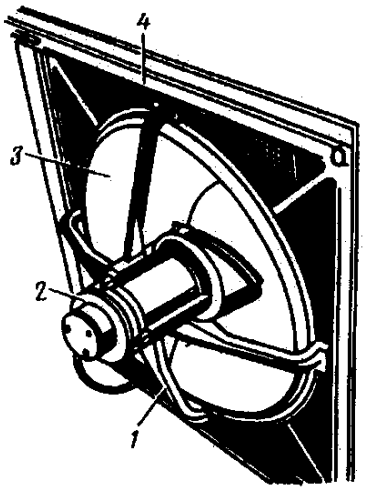


Рис. 2.6. Осьовий вентилятор В0-7М: 1 – кронштейн; 2 – електродвигун; 3 – лопатка; 4 – корпус [7].

Осьовий вентилятор являє собою лопатеве колесо, укладене в циліндричний кожух. Обертаючись, воно ущільнює і проштовхує повітря вперед між лопатками в осьовому напрямку.

Робочі колеса осьових вентиляторів виготовляють симетричного і несиметричного профілю. У першому випадку продуктивність агрегату не залежить в у від напрямку обертання колеса. Лопатки несиметричного профілю мають підвищені аеродинамічні якості (тиск, ККД), але на продуктивність такого вентилятора впливає напрямок обертання.

У вентиляційно-опалювальних системах тваринницьких приміщень доцільно застосовувати осьові вентилятори серій МЦ, 0,6-320 і ВО. Вентилятори МЦ і 0,6-320 чотирилопатеві з несиметричними лопатками. Робоче колесо кріпиться на одному валу з електродвигуном [2].

У порівнянні з відцентровими осьові вентилятори розвивають менший тиск, створюють менший шум і мають менший ККД. Переваги осьових вентиляторів:

реверсивність, простота пристрою і монтажу, компактність і менша маса. Їх можна встановлювати в стінових отворах і безпосередньо в повітроводах.

Дахові вентилятори призначені для установки на дахах будівель. Їх випускають як з відцентровими, так і з осьовими робочими колесами і використовують головним чином для децентралізованої загальнообмінної вентиляції з температурою переміщуваного повітря до 60-70 ^{0}С.

Опалювальні системи. У тваринницьких приміщеннях застосовують такі види опалення: пічне, центральне (водяне і парове низького тиску) і повітряне. Найбільш широко використовуються системи повітряного опалення.

Сутність повітряного опалення полягає в тому, що підігріте в калорифері повітря впускається в приміщення безпосередньо або через систему повітропроводів вентиляційної установки. В якості генераторів тепла в системах повітряного опалення використовують теплообмінні апарати – калорифери. Повітря в них може нагріватися водою, парою, електрикою або продуктами згоряння палива. Залежно від виду первинного теплоносія розрізняють водяні, парові, електричні та вогневі калорифери. Водяні та парові калорифери застосовують у у випадку, якщо в господарстві є котельня. Там, де споруджувати котельні економічно невигідно, встановлюють вогневі або електричні калорифери.

Електричні калорифери в порівнянні з іншими типами повітронагрівачів мають більш високий ККД. Вони компактні і зручні в обслуговуванні, постійно готові до роботи, дозволяють повністю автоматизувати управління.

Теплопродуктивність електрокалориферів можна регулювати в широких межах.

В даний час у тваринницьких приміщеннях в основному прийнята припливно-витяжна вентиляція на природній тязі повітря. Для правильної її експлуатації потрібен порівняно точний оптимальний розрахунок обсягу вентиляції. При цьому зазвичай враховують вміст у повітрі вуглекислого газу і водяної пари. Визначають годинний обсяг вентиляції, кратність повітрообміну, сумарну площу перетину витяжних труб і припливних каналів, кількість витяжних труб і припливних каналів [3].

Для підтримки параметрів мікроклімату в оптимальному режимі або близькому до оптимального необхідно видаляти з приміщення шкідливі гази і оновлювати повітря, тобто здійснювати повітрообмін відповідно до встановлених норм.

Критерієм придатності повітря є вміст у ньому вуглекислоти. Необхідний за вмістом вуглекислоти повітрообмін V_{co_2} , м^3 / год, визначають за формулою [8]:

$$V_{co_2} = \frac{C_{ж} \cdot \mathrm{N}}{C_{в} - C_{н}}, \text{ м3 / год}, \qquad (3.1)$$

де $C_{ж}$ – кількість вуглекислоти, що виділяється однією твариною, л/год;

N – поголів'я тварин у приміщенні, гол.;

$C_{в}$ – вміст вуглекислоти в свіжому припливному повітрі, л/м^3 , ($C_{н}$ =0,3 л/м^3);

$C_{в}$ – гранично допустима концентрація вуглекислоти в приміщенні, л/м^3

$$V_{co_2} = \frac{90 \cdot 100 + 87 \cdot 48 + 36 \cdot 21}{2{,}0 - 0{,}3} = 8195 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Необхідний за вмістом вологи повітрообмін V_{H_2O} , м^3 / год, у пташнику визначається за формулою [8]:

$$V_{H_2O} = \frac{q \cdot N + W}{(q_1 - q_2) \cdot \rho}, \qquad (3.2)$$

де q – кількість вологи, що виділяється однією твариною, г/год;

q_1 – вологовміст повітря в приміщенні при допустимій відносній вологості для даного виду тварин, г/кг;

q_2 – вологовміст зовнішнього повітря, г/кг;

W – кількість вологи, що виділяється з мокрих місць підлоги, годівниць, поїлок, г/год, (W=25% від добутку $q \cdot N$);

ρ - щільність сухого повітря, кг/м^3

$$V_{H_2O} = \frac{(288 \cdot 100 + 87 \cdot 153 + 36 \cdot 67) + (288 \cdot 100 + 87 \cdot 153 + 36 \cdot 67) \cdot 0{,}25}{(13{,}875 - 3{,}2) \cdot 1{,}222} = 4266{,}3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Відношення розрахункового обсягу повітря, яке подається (видаляється) за одиницю часу, до корисного обсягу приміщення $V_{пом}$ називається кратністю повітрообміну,$K_{об}$ [13]:

$$K_{об} = \frac{V}{V_{пом}} = \frac{8195}{8190} = 1{,}0. \quad (3.3)$$

У разі $K_{об}$ >5 необхідно забезпечувати кондиціонування повітря.

При використанні природної вентиляції загальну площу витяжних каналів $F_в$, м^2 , розраховують за формулою [7]:

$$F_в = \frac{V}{3600 v_в}, \quad (3.4)$$

де V – прийнятий для розрахунків повітрообмін, м^3/год;

$v_в$ – швидкість руху повітря в каналі, м/с,

$$v_в = \sqrt{\frac{2gH(\rho_н - \rho_в)}{\rho_в}}, \quad (3.5)$$

де H – висота витяжного каналу, м, (Н=3,5 м);

g=9,81 м/с^2 ;

$\rho_н$,$\rho_в$ – відповідно щільність повітря зовні і всередині приміщення, кг/м^3 ;

$$v_в = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}5 \cdot (1{,}226 - 1{,}222)}{1{,}222}} = 0{,}474 \text{ м/с}.$$

$$F_в = \frac{8195}{3600 \cdot 0{,}474} = 4{,}8 \text{ м}^2 .$$

Кількість каналів$n_к$, шт., визначаємо за виразом [17]:

$$n_к = \frac{F_в}{f_в}, \quad (3.6)$$

де $f_в$ – площа поперечного перерізу каналу, м^2 , (приймаємо $f_в$ зі стандартного ряду розмірів: 0,4×0,4; 0,5×0,5; 0,6×0,6; 0,7×0,7; 1×1 м $f_в$ =0,49м^2)

$$n_к = \frac{4{,}8}{0{,}49} = 10 \text{ шт.}$$

Сумарну продуктивність $W_в$, м^3/год, витяжних вентиляторів у системах вентиляції з механічним збудженням повітряного потоку визначаємо з певним запасом:

$$W_в = (2 \div 3) \cdot V_п, \quad (3.7)$$

де $2 \div 3$ – коефіцієнт запасу,

$$W_в = 2 \cdot 8195 = 16390 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Продуктивність припливних вентиляторів повинна на 10 ÷ 20% перевищувати продуктивність витяжних установок, щоб створювати в приміщенні дещо підвищений тиск повітря. Завдяки цьому зовнішнє холодне повітря, пилоподібні частинки і хвороботворні мікроорганізми не будуть потрапляти в приміщення крізь щілини стін, вікон і дверей [9].

Кількість $n_в$, шт., вентиляційних установок визначаємо з відношення 13:

$$n_в = \frac{W_в}{Q_в}, \quad (3.8)$$

де $Q_в$ – продуктивність обраного вентилятора, м^3/год, ($Q_в$ =11000м^3 /год).

$$n_в = \frac{16390}{11000} = 1{,}5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 осьових вентиляторів ВО-7 з наступною характеристикою:

подача при тиску 20 Па – 12000 м^3 /год;

діаметр робочого колеса – 710 мм;

частота обертання – 1000 хв$^{-1}$;

потужність двигуна – 0,37 кВт;

діапазон регулювання частоти обертання – 10:1;

маса електровентилятора – 26 кг.

У тваринницьких приміщеннях в основному застосовують повітряне опалення, поєднане з вентиляцією. У ряді приміщень крім повітряного застосовують додаткове опалення у вигляді водяного опалення (батареї), електрообігрівальних підлог або локальних джерел тепла [8].

Основною будівлею комплексу є корівник на 200 голів, що представляє собою одноповерхову будівлю (78×21 м). Утримання корів – безприв'язне в боксах. Комплекс забезпечується гарячою водою з котельні (з параметрами 70-95°С) [16].

Основна будівля для тварин обладнана припливно-витяжною системою вентиляції з механічним спонуканням тяги і підігрівом повітря в холодний

період року. У корівнику розміщені дві припливні вентиляційні камери, розташовані в торцях будівлі. У камері встановлений вентиляційно-опалювальний припливний агрегат, що складається з двох секцій водяних калориферів і відцентрового вентилятора Ц4-70 № 10 з керованою повітряною заслінкою. Від кожного припливного агрегату в стійлове приміщення (до його середини) проведений верхній центральний розподільний повітропровід змінного перетину з випускними отворами. По повітропроводу свіже повітря рівномірно розподіляється в приміщенні. У теплий період року припливне повітря подається без підігріву, причому основна його маса надходить у будівлю через відкриті вікна [15].

Витяжка відпрацьованого повітря з приміщення здійснюється двома шляхами: 40% його видаляється з гнойових каналів, а решта 60% — п'ятьма витяжними вентиляторами, встановленими у верхніх вертикальних круглих витяжних шахтах; які розташовані в перекритті в шаховому порядку (кожен вентилятор типу ЦЗ-04 № 5 має подачу по повітрю 11000 $м^3$ /год). Щоб видаляти повітря з гнойових каналів, до їх заглиблень проведені повітряні канали — спуски, з'єднані верхніми ділянками витяжних каналів. З торцевих сторін кожної стійлової секції витяжні канали пов'язані з камерою статичного розрядження і витяжним відцентровим вентилятором. Вентилятори викидають повітря вгору над дахом через вертикальні круглі шахти. Відцентрові вентилятори встановлені на майданчиках, піднятих на стійках в торцевих частинах кожної стійлової секції. Витяжка повітря з гнойових каналів здійснюється цілодобово в усі періоди року [13].

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ

3.1. Пристрій і принцип роботи обладнання «Клімат»

Автоматизовані комплекти обладнання типу «Клімат» (рис. 3.1), куди входить розглянуте вище обладнання.

Комплекти *«Клімат-2», «Клімат-3»* призначені для створення необхідних температурно-вологісних умов у тваринницьких і птахівничих приміщеннях з системами повітряного обігріву за допомогою опалювально-вентиляційних агрегатів з водяними (паровими) калориферами.

Комплекти обладнання «Клімат-2», «Клімат-3» можуть мати вентилятори різних номерів.

Підігріте в калорифері або теплогенераторі повітря випускається в приміщення, як правило, через систему повітропроводів 1 і 13. У комплектах передбачений захист калориферів від замерзання при зменшенні температури води в зворотному трубопроводі нижче 30^0 С. Влітку температуру повітря в приміщенні регулюють, змінюючи частоту обертання валу витяжних вентиляторів[2].

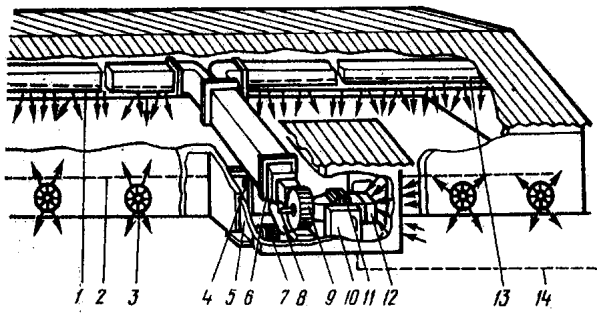


Рис. 3.1. Схема установки в корівнику комплекту обладнання типу «Клімат»: 1,13 – повітроводи; 2,14 – електричні кабелі; 3 – осьовий вентилятор; 4 – регулятор частоти обертання вентиляторів; 5 – вентиляційна камера; 6 – засувка; 7,8 – електроприводи; 9 – відцентровий вентилятор; 10 – щит управління; 11 – електрокалорифер; 12 – вхідне вікно [8].

3.2. Розрахунок параметрів осьового вентилятора

Обчислюємо коефіцієнт швидкохідності n_s ,

$$n_s = 53\frac{L^{0,5}}{P^{0,75}}\omega_0, \tag{3.1}$$

де L – продуктивність вентилятора, м^3 /с;

P – тиск, що розвивається вентилятором, Па;

ω_0 – кутова швидкість вентилятора, рад/с;

і перевіряють, чи відповідає отримане значення області роботи осьових вентиляторів n_s = 200 ÷ 400 [11].

$$n_s = 53\frac{3,33^{0,5}}{40^{0,75}}104 = 334.$$

Окружну швидкістьu_2, м/с, на зовнішньому діаметрі колеса визначаємо за формулою [13]:

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}, \tag{3.2}$$

де D_2 – діаметр втулки, D_2 =0,12 м.

Окружна швидкість [13]:

$$u_2 = \frac{3,14 \cdot\ 0,12 \cdot 1000}{60} = 36,85\frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Площу кільцевого перерізуω_K, м^2, знаходимо за формулою[13]:

$$\omega_K = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^1)}{4}. \tag{3.3}$$

$$\omega_K = \frac{3,14(0,71 - 0,12)}{4} = 0,384 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт витрати φ визначимо за формулою[13]:

$$\varphi = \frac{L}{\omega_K u_2} = \frac{3,33}{0,384 \cdot 36,85} = 0,235. \tag{3.4}$$

Осьову складову абсолютної швидкості C_n, м/с.

$$C_n = \varphi \cdot u_2, \tag{3.5}$$

$$C_n = 0,235 \cdot 36,85 = 8,66\frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Середній діаметр лопаток$D_{\text{ср}}$, м, визначимо за формулою [13]:

$$D_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{(D_2^2 + D_1^1)}{2}}. \tag{3.6}$$

$$D_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{(0{,}12 + 0{,}71)}{2}} = 0{,}5 \text{ м}.$$

Окружну швидкість$u_{\text{ср}}$, м/с, на середньому діаметрі колеса визначаємо за формулою [13]:

$$u_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{ср}}\,\omega_0}{2}, \tag{3.7}$$

$$u_{\text{ср}} = \frac{0{,}5 \cdot 104}{2} = 26{,}4\,\frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Кут лопаткиβ_1° на вході визначаємо за формулою [13]:

$$\beta_1 = arctg\,\frac{C_n}{u_{\text{ср}}}, \tag{3.8}$$

Кут лопатки $\beta_1 = arctg\,\frac{8{,}66}{26{,}4} = 18°$.

Кількість лопаток Z приймаємо 4 штуки.

Крок профілю t, м, дорівнює

$$t = \frac{\pi D_{\text{ср}}}{Z} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5}{4} = 0{,}4 \text{ м}. \tag{3.9}$$

Довжину хорди лопатки b, м, визнач за формулою [13]:

$$b = 0{,}6 \cdot t = 0{,}6 \cdot 0{,}4 = 0{,}24 \text{ м}. \tag{3.10}$$

Кут установки лопатки $\theta°$ равен [13]:

$$\theta = \beta_1 + 2° = 18 + 2 = 20°. \tag{3.11}$$

Модернізація вентилятора полягає в зміненому робочому колесі, яке має аеродинамічну форму зі спеціальною геометрією лопатей, що забезпечує більшу продуктивність у порівнянні зі стандартним робочим колесом п ри тих же витратах електроенергії [13].

Робоче колесо виготовлено зі сплаву алюмінію і має легку вагу, тому двигун відчуває менше перевантажень в момент запуску, а отже, продовжує термін експлуатації електродвигуна.

ВО-7,1 (Клімат-47) віконний витяжний вентилятор має квадратний корпус і дозволяє легко монтувати вентилятор в стінові або віконні прорізи.

Корпус вентилятора виготовляється з листової оцинкованої сталі і має жорстку конструкцію.

Посадковий діаметр на вал електродвигуна 22 мм.

Зовнішній діаметр робочого колеса 710 мм.

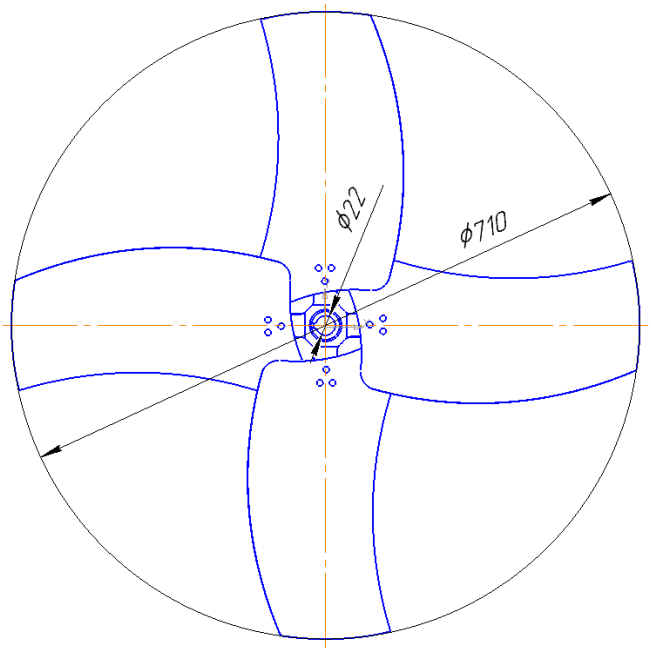


Рис. 3.2. Схема робочого колеса

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики

Найменування	Виробництво, $м^3$/год	Потужність двигуна, кВт	Частота обертання, $хв^{-1}$	Напруга, В	Маса, кг
Вентилятор осьовий ВО-7 (Стандартний)	1100	0,37	1000	380	32
Вентилятор осьовий ВО-7 (Модернізований)	1200	0,3	1000	380	26

3.3. Визначення показників техніко-економічної ефективності

Модернізований вентилятор зі зміненим робочим колесом, яке має аеродинамічну форму зі спеціальною геометрією лопатей, забезпечує більшу продуктивність у порівнянні зі стандартним робочим колесом при тих же витратах електроенергії.

Також лопаті робочого колеса виготовлені зі сплаву алюмінію, що дозволило знизити вагу робочого колеса на 1,6 кілограма, за рахунок чого збільшується продуктивність вентилятора, двигун відчуває менше перевантажень в момент запуску і подовжується термін його експлуатації.

Добова продуктивність шести $Q_{доба}$, $м^3$, стандартних і модернізованих вентиляторів [13]:

$$Q = Q_{год} \cdot 24 \cdot 6, \frac{м^3}{доб}, \quad (3.12)$$

де$Q_ч$ – годинна продуктивність вентилятора,$\frac{м^3}{год}$. ;

Продуктивність стандартного $Q = 11000 \cdot 24 \cdot 6 = 1584000, \frac{м^3}{сут}$,

Продуктивність модернізованого $Q = 12000 \cdot 24 \cdot 6 = 1728000, \frac{м^3}{сут}$.

Відповідно, при роботі вентиляторів можна досягти економії електроенергії, знизивши продуктивність (оберти) вентиляторів, або протягом доби можна відключити один з вентиляторів на 12 годин.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Охорона праці під час експлуатації припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів спрямована на створення безпечних умов для обслуговуючого персоналу та запобігання впливу шкідливих виробничих факторів. У тваринницьких приміщеннях працівники можуть перебувати під дією підвищеної вологості, пилу органічного походження, аміаку, сірководню, вуглекислого газу, шуму, вібрації, електричного струму та рухомих частин технологічного обладнання. Тому вентиляційна система повинна забезпечувати не лише нормативний мікроклімат для тварин, а й безпечне повітряне середовище для людей.

Удосконалення вентиляції корівника передбачає надійне видалення забрудненого повітря, організовану подачу свіжого повітря, зменшення утворення застійних зон, підтримання допустимої вологості та зниження концентрації шкідливих газів. Під час розроблення заходів охорони праці враховано вимоги Закону України «Про охорону праці», правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, правил пожежної безпеки та санітарних норм виробничого мікроклімату.

Відповідальність за безпечну експлуатацію вентиляційної системи покладається на керівника виробничого підрозділу та працівника, призначеного наказом по господарству. До обслуговування вентиляторів, електродвигунів, шаф керування, калориферів, датчиків і приводів заслінок допускаються лише особи, які пройшли інструктаж, навчання безпечним методам праці та перевірку знань.

Роботи з електрообладнанням повинні виконувати працівники з відповідною групою з електробезпеки.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Основними небезпечними факторами під час експлуатації вентиляційної системи є ураження електричним струмом, травмування рухомими частинами вентиляторів, падіння під час обслуговування вентиляційних шахт і дефлекторів, а також пожежна небезпека електрообладнання. Особливу увагу необхідно приділяти роботам на висоті, адже огляд і очищення витяжних шахт, дахових вентиляторів та повітропроводів можуть виконуватися з використанням драбин або помостів.

До шкідливих виробничих факторів належать підвищена вологість, наявність пилу, мікроорганізмів, аміаку, сірководню та вуглекислого газу у повітрі робочої зони. У разі недостатнього повітрообміну ці домішки накопичуються в зоні перебування працівників і тварин, погіршують самопочуття персоналу, знижують працездатність і можуть спричинити захворювання органів дихання. Додатковим фактором є шум від вентиляторів та електродвигунів, який за тривалої дії негативно впливає на організм людини.

Ризик травмування підвищується через вологу або забруднену підлогу, обмежені проходи біля обладнання, недостатнє освітлення, наявність відкритих гнойових каналів, пошкоджених кабелів або неогороджених рухомих частин машин. Тому заходи охорони праці повинні охоплювати організацію робочих місць, технічний стан обладнання, електробезпеку, пожежну безпеку, вентиляцію, освітлення та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

4.3. Організаційні та технічні заходи безпеки

Перед початком роботи відповідальний працівник повинен перевірити справність вентиляційної системи, наявність огороджень, відсутність сторонніх предметів у повітроводах, справність вимикачів, автоматів захисту, заземлення, аварійної сигналізації та освітлення. Забороняється експлуатувати вентилятори при знятих захисних кожухах, пошкодженій ізоляції, підвищеній вібрації,

сторонньому шумі, запаху перегрітої ізоляції або несправних пускових пристроях [9].

Технічне обслуговування вентиляції необхідно проводити за затвердженим графіком. До складу робіт входить очищення повітроводів від пилу, перевірка кріплення вентиляторів, огляд електродвигунів, змащування підшипників, контроль стану ремінних передач, перевірка датчиків температури і вологості, а також контроль фактичного повітрообміну. Під час виконання ремонтних робіт обладнання має бути вимкнене від мережі, а на пусковому пристрої необхідно вивісити плакат «Не вмикати — працюють люди» [8].

Працівники повинні використовувати спецодяг, вологостійке взуття, рукавиці, захисні окуляри та респіратори під час очищення повітроводів. Роботи на висоті виконують не менше ніж двоє працівників із застосуванням справних драбин, помостів і страхувальних засобів. Забороняється виконувати такі роботи під час ожеледиці, сильного вітру, грози або недостатнього освітлення [13].

4.4. Розрахунок необхідного повітрообміну

Одним із найважливіших заходів охорони праці у корівнику є забезпечення достатнього повітрообміну. Розрахунок виконаємо за кількістю тварин та за умовою розбавлення аміаку. Для корівника на 200 голів приймаємо питому витрату повітря у теплому періоді року q = 100 м³/(гол·год) [11].

$$L = N \cdot q, \tag{4.1}$$

де L – необхідний повітрообмін, м³/год; N – кількість тварин, гол.; q – питома витрата повітря на одну голову, м³/(гол·год) [10].

$$L = 200 \cdot 100 = 20000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже, мінімально необхідний повітрообмін за кількістю тварин становить 20000 м³/год. Однак для охорони праці важливо перевірити повітрообмін за концентрацією аміаку. Орієнтовне виділення аміаку від однієї корови приймаємо gNH_3 = 4 г/(гол·год). Загальна кількість аміаку [7]:

$$GNH_3 = N \cdot gNH_3 = 200 \cdot 4 = 800 \text{ г/год} = 800000 \text{ мг/год}.$$

Гранично допустиму концентрацію аміаку в повітрі робочої зони приймаємо $C_{доп}$ = 20 мг/м³. Необхідний повітрообмін за умовою розбавлення аміаку визначимо за формулою [7]:

$$LNH_3 = GNH_3 / C_{доп}, \quad (4.2)$$

$$LNH_3 = 800000 / 20 = 40000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Оскільки розрахунок за аміаком дав більше значення, для проєктованої системи приймаємо розрахунковий повітрообмін $L_{прийм}$ = 40000 м³/год. Це значення повинно забезпечуватися у режимі інтенсивного провітрювання, особливо в теплий період року та під час підвищеної вологості [8].

Перевіримо кратність повітрообміну. Приймаємо орієнтовні габарити корівника: довжина 78 м, ширина 21 м, висота 3,6 м. Об’єм приміщення становитиме [7]:

$$V = 78 \cdot 21 \cdot 3,6 = 5896,8 \text{ м}^3.$$

$$K = L_{прийм} / V = 40000 / 5896,8 = 6,78 \text{ год}^{-1}.$$

Отже, кратність повітрообміну становить приблизно 6,8 разу за годину. Для забезпечення такого режиму приймаємо вентилятори продуктивністю $Q_в$ = 10000 м³/год. Необхідна кількість вентиляторів [6]:

$$n = L_{прийм} / Qв = 40000 / 10000 = 4 \text{ шт}.$$

Для створення організованої подачі свіжого повітря продуктивність припливної частини приймаємо на 10 % більшою за витяжну [5]:

$$Lпр = 1,1 \cdot 40000 = 44000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Таким чином, система вентиляції повинна мати 4 витяжні вентилятори продуктивністю по 10000 м³/год, а припливна частина повинна забезпечувати подачу приблизно 44000 м³/год повітря [14].

4.5. Розрахунок площі витяжних каналів

Для забезпечення розрахункового повітрообміну визначимо сумарну площу перерізу витяжних каналів. Швидкість руху повітря в каналі приймаємо v = 1,5 м/с.

$$F = L / (3600 \cdot v), \quad (4.3)$$

$$F = 40000 / (3600 \cdot 1,5) = 7,41 \text{ м}^2.$$

Приймаємо витяжні канали перерізом 0,7 × 0,7 м. Площа одного каналу [12]:

$$f_1 = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ м}^2.$$

$$n = F / f_1 = 7,41 / 0,49 = 15,1.$$

Приймаємо 16 витяжних каналів перерізом 0,7 × 0,7 м або еквівалентну сумарну площу витяжних отворів. Розміщувати їх необхідно рівномірно по довжині приміщення, щоб уникнути застійних зон і місцевого накопичення шкідливих газів.

4.6. Розрахунок захисного заземлення електрообладнання

Для запобігання ураженню електричним струмом корпуси вентиляторів, електродвигунів, шаф керування, металевих повітроводів і калориферів необхідно заземлити. Приймаємо питомий опір ґрунту $\rho = 100$ Ом·м, коефіцієнт сезонності $\psi = 1,3$, довжину вертикального заземлювача $l = 3$ м, діаметр стержня $d = 0,016$ м, допустимий опір заземлення $R_{доп} = 4$ Ом.

$$R_1 = (\rho \cdot \psi / 2\pi l) \cdot \ln(4l / d). \quad (4.4)$$

$$R_1 = (100 \cdot 1,3 / 2 \cdot 3,14 \cdot 3) \cdot \ln(12 / 0,016) = 45,7 \text{ Ом}.$$

З урахуванням коефіцієнта використання групового заземлювача $\eta = 0,6$ необхідна кількість вертикальних заземлювачів становитиме:

$$n = R_1 / (R_{доп} \cdot \eta) = 45,7 / (4 \cdot 0,6) = 19,04. \quad (4.5)$$

Приймаємо 20 вертикальних сталевих заземлювачів довжиною 3 м, з’єднаних сталевою смугою в загальний контур. Після монтажу необхідно виконати вимірювання фактичного опору заземлення. Якщо фактичний опір перевищує допустиме значення, кількість заземлювачів слід збільшити.

4.7. Розрахунок шуму та освітлення

Вентилятори є джерелами виробничого шуму, тому необхідно оцінити сумарний рівень звуку. Приймаємо рівень шуму від одного вентилятора $L_1 = 75$

дБА, кількість одночасно працюючих вентиляторів n = 4. Сумарний рівень шуму від однакових джерел визначаємо за формулою:

$$L\Sigma = L_1 + 10 \lg n, \quad (4.6)$$

$$L\Sigma = 75 + 10 \lg 4 = 75 + 6{,}02 = 81{,}02 \text{ дБА}.$$

Отриманий рівень шуму становить близько 81 дБА. Для його зниження необхідно застосовувати балансування робочих коліс, справні підшипники, віброізоляційні прокладки, гнучкі вставки в повітроводах та своєчасне технічне обслуговування. За умови зниження шуму на 8 дБА очікуваний рівень становитиме [9]:

$$L_{\text{після}} = 81 - 8 = 73 \text{ дБА}.$$

Безпечне обслуговування вентиляційної системи потребує достатнього освітлення. Розрахунок виконаємо методом світлового потоку. Площа корівника S = 78 · 21 = 1638 м². Приймаємо нормовану освітленість E = 75 лк, коефіцієнт запасу k = 1,5, світловий потік одного світильника Fл = 5000 лм, коефіцієнт використання η = 0,45, коефіцієнт нерівномірності z = 1,1.

$$n = (E \cdot S \cdot k) / (F_л \cdot \eta \cdot z), \quad (4.7)$$

$$n = (75 \cdot 1638 \cdot 1{,}5) / (5000 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}1) = 74{,}45.$$

Приймаємо 76 світлодіодних світильників зі світловим потоком 5000 лм кожний. Якщо потужність одного світильника становить 40 Вт, загальна встановлена потужність освітлення буде [13]:

$$P = 76 \cdot 40 = 3040 \text{ Вт} = 3{,}04 \text{ кВт}.$$

Світильники необхідно розміщувати рівномірно вздовж проходів, а біля вентиляційної камери, щитів керування та місць обслуговування вентиляторів передбачити додаткове місцеве освітлення.

4.8. Пожежна безпека

Пожежна небезпека вентиляційної системи пов’язана з роботою електродвигунів, кабельних ліній, пускової апаратури, можливим перегріванням калориферів, коротким замиканням і накопиченням пилу в повітроводах. Для запобігання пожежам необхідно підтримувати справність

електрообладнання, не допускати перевантаження мережі, регулярно очищати повітроводи, перевіряти стан кабелів, контактів і автоматів захисту.

$$N_в = S / 200 = 1638 / 200 = 8,19.$$

Приймаємо 9 вогнегасників. З урахуванням наявності вентиляційної камери та електрощитової приймаємо 10 вогнегасників, з них порошкові – для загального розміщення у приміщенні, а вуглекислотні – біля електрощитів і шаф керування. Вогнегасники розміщують на видимих і доступних місцях, біля виходів, у центральних проходах та біля електрообладнання.

Висновки до розділу

Розрахунками встановлено, що необхідний повітрообмін за умовою розбавлення аміаку становить 40000 м³/год. Для його забезпечення потрібно встановити 4 витяжні вентилятори продуктивністю 10000 м³/год кожний, а припливна частина повинна подавати приблизно 44000 м³/год повітря. Сумарна площа витяжних каналів має становити 7,41 м², що відповідає 16 каналам перерізом 0,7 × 0,7 м. Для електробезпеки прийнято контур захисного заземлення з 20 вертикальних заземлювачів довжиною 3 м.

Розрахований рівень шуму від чотирьох вентиляторів становить 81 дБА, після застосування шумозахисних заходів — близько 73 дБА. Для освітлення корівника прийнято 76 світлодіодних світильників загальною потужністю 3,04 кВт. Для пожежної безпеки передбачено 10 вогнегасників. Запропоновані заходи забезпечують безпечні умови праці персоналу під час експлуатації та технічного обслуговування вентиляційної системи.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1. Загальні положення

Економічне обґрунтування є завершальним етапом оцінювання доцільності впровадження запропонованого технічного рішення. У даному дипломному проєкті розглядається удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів. Основним призначенням модернізації є забезпечення стабільного повітрообміну, підтримання нормативного мікроклімату, зменшення концентрації шкідливих газів, зниження вологості повітря та поліпшення умов утримання тварин.

Економічний результат від модернізації вентиляційної системи формується за рахунок зменшення витрат електроенергії, скорочення втрат молочної продуктивності, зниження ветеринарно-санітарних витрат і підвищення надійності роботи обладнання. У розрахунках враховано, що стабільний мікроклімат не створює додаткову продуктивність безпосередньо, а насамперед зменшує втрати, які виникають у разі підвищеної вологості, накопичення аміаку, перегрівання повітря влітку та недостатнього повітрообміну взимку.

Розрахунки виконуються шляхом визначення капітальних вкладень, річної економії, додаткових експлуатаційних витрат, річного економічного ефекту, строку окупності та коефіцієнта економічної ефективності. За результатами розрахунку робиться висновок щодо доцільності впровадження удосконаленої припливно-витяжної системи вентиляції у корівнику на 200 голів.

5.2. Вихідні дані для розрахунку

Для економічного обґрунтування використано технологічні показники корівника на 200 голів та прийняті розрахункові значення для роботи вентиляційного обладнання. Плановий річний надій на одну корову

приймається 5000 кг. Для забезпечення повітрообміну прийнято чотири витяжні вентилятори продуктивністю 10000 м³/год кожний, тобто загальна розрахункова продуктивність системи становить 40000 м³/год.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Кількість корів у корівнику	N	200 гол.
Річний надій на одну корову	$q_м$	5000 кг/рік
Розрахунковий повітрообмін	L	40000 м³/год
Кількість вентиляторів	n	4 шт.
Потужність стандартного вентилятора	P1	0,37 кВт
Потужність модернізованого вентилятора	P2	0,30 кВт
Річний фонд роботи вентиляторів	T	4000 год
Вартість 1 кВт·год електроенергії	Це	7,00 грн
Приріст реалізованої продукції за рахунок мікроклімату	Δq	1,5 %
Закупівельна ціна молока	Цм	14,35 грн/кг
Нормативний коефіцієнт ефективності	Ен	0,15

Прийнятий приріст реалізованої продукції 1,5 % є помірним і враховує не максимальний можливий ефект, а лише зменшення втрат продуктивності завдяки стабілізації мікроклімату. Такий підхід дозволяє уникнути завищення очікуваного економічного результату.

5.3. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення на удосконалення вентиляційної системи включають витрати на модернізацію вентиляторів, придбання елементів автоматичного керування, датчиків контролю мікроклімату, повітроводів, електромонтажних матеріалів, монтажні та пусконалагоджувальні роботи. Розрахунок капітальних вкладень наведено в таблиці 5.2.

Загальна сума капітальних вкладень становить:

$$K_Σ = 18000+32000+20000+38000+17500+22000+8000+8500=164000 \text{ грн.}$$

Отже, для впровадження удосконаленої припливно-витяжної системи вентиляції необхідні капітальні вкладення у розмірі 164000 грн.

Таблиця 5.2 – Розрахунок капітальних вкладень

Стаття витрат	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
Модернізовані робочі колеса вентиляторів	4 шт.	4500	18000
Блоки автоматичного керування вентиляторами	4 шт.	8000	32000
Датчики температури та вологості	1 компл.	20000	20000
Повітроводи, жалюзійні решітки, клапани, дефлектори	1 компл.	38000	38000
Кабельна продукція, автомати захисту, пускова апаратура	1 компл.	17500	17500
Монтажні роботи	1 компл.	22000	22000
Пусконалагоджувальні роботи	1 компл.	8000	8000
Заземлення, кріплення, маркування, засоби захисту	1 компл.	8500	8500
Разом			164000

5.4. Розрахунок економії електроенергії

Економія електроенергії досягається за рахунок зменшення встановленої потужності електродвигунів вентиляторів. Потужність одного стандартного вентилятора приймається 0,37 кВт, а модернізованого вентилятора – 0,30 кВт.

Сумарна потужність стандартних вентиляторів:

$$P_{ст} = n \cdot P_1 = 4 \cdot 0{,}37 = 1{,}48 \text{ кВт}.$$

Сумарна потужність модернізованих вентиляторів:

$$P_{мод} = n \cdot P_2 = 4 \cdot 0{,}30 = 1{,}20 \text{ кВт}.$$

Зменшення встановленої потужності становить:

$$\Delta P = P_{ст} - P_{мод} = 1{,}48 - 1{,}20 = 0{,}28 \text{ кВт}.$$

Річна економія електроенергії визначається за формулою:

$$E_{ел} = \Delta P \cdot T = 0{,}28 \cdot 4000 = 1120 \text{ кВт·год}.$$

Грошова економія електроенергії становить:

$$E_{гр.ел} = E_{ел} \cdot Ц_е = 1120 \cdot 7{,}00 = 7840 \text{ грн}.$$

Таким чином, річна економія за рахунок зменшення витрат електроенергії становить 7840 грн. Хоча ця сума не є найбільшою складовою економічного ефекту, вона підтверджує енергетичну доцільність запропонованої модернізації.

5.5. Розрахунок економічного ефекту від покращення мікроклімату

Основний економічний ефект від удосконалення вентиляції пов’язаний із покращенням умов утримання тварин. За недостатнього повітрообміну у корівнику накопичуються волога, аміак, вуглекислий газ і сірководень, що може призводити до погіршення фізіологічного стану тварин, зниження споживання корму та зменшення надоїв. Удосконалена вентиляційна система забезпечує рівномірніше видалення забрудненого повітря та подачу свіжого повітря, тому втрати продуктивності зменшуються.

Річний обсяг виробництва молока до впровадження заходу визначається за формулою:

$$Q_м = N \cdot q_M = 200 \cdot 5000 = 1000000 \text{ кг.}$$

Додатковий обсяг реалізованого молока за рахунок стабілізації мікроклімату:

$$\Delta Q_м = Q_м \cdot \Delta q / 100 = 1000000 \cdot 1{,}5 / 100 = 15000 \text{ кг.}$$

Додатковий дохід від реалізації молока:

$$Е_м = \Delta Q_м \cdot Ц_м = 15000 \cdot 14{,}35 = 215250 \text{ грн.}$$

Отже, додатковий річний дохід від зменшення втрат молочної продуктивності становить 215250 грн. Цей показник є найбільш вагомою складовою економічного ефекту, оскільки мікроклімат безпосередньо впливає на продуктивність і стан тварин.

5.6. Розрахунок економії ветеринарно-санітарних витрат

Підтримання нормативного мікроклімату сприяє зменшенню вологості підстилки, концентрації аміаку і пилу, а також покращує санітарний стан приміщення. Це дає змогу скоротити витрати на профілактичні ветеринарні заходи, лікування захворювань органів дихання та додаткове санітарне обслуговування.

Для розрахунку приймаємо, що економія ветеринарно-санітарних витрат становить 120 грн на одну корову на рік. Тоді загальна річна економія визначається за формулою:

$$Е_{вет} = N \cdot З_{вет} = 200 \cdot 120 = 24000 \text{ грн.}$$

Отже, річна економія ветеринарно-санітарних витрат становить 24000 грн.

5.7. Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат

Під час експлуатації модернізованої вентиляційної системи виникають додаткові витрати, пов’язані з амортизацією обладнання, технічним обслуговуванням, поточним ремонтом та перевіркою системи автоматичного керування. Ці витрати необхідно врахувати під час визначення річного економічного ефекту.

Амортизаційні відрахування приймаємо у розмірі 10 % від капітальних вкладень:

$$А = 0{,}10 \cdot КΣ = 0{,}10 \cdot 164000 = 16400 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування приймаємо у розмірі 3 % від капітальних вкладень:

$$ВТО = 0{,}03 \cdot КΣ = 0{,}03 \cdot 164000 = 4920 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт приймаємо у розмірі 2 % від капітальних вкладень:

$$Вр = 0{,}02 \cdot КΣ = 0{,}02 \cdot 164000 = 3280 \text{ грн.}$$

Загальні додаткові експлуатаційні витрати становлять:

$$ВΣ = А + ВТО + Вр = 16400 + 4920 + 3280 = 24600 \text{ грн.}$$

5.8. Визначення річного економічного ефекту та строку окупності

Загальна річна економія від упровадження удосконаленої вентиляційної системи складається з економії електроенергії, додаткового доходу від реалізації молока та економії ветеринарно-санітарних витрат:

$$ЕΣ = Е_{м} + Е_{гр.ел} + Е_{вет} = 215250 + 7840 + 24000 = 247090 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначається як різниця між загальною річною економією та додатковими експлуатаційними витратами:

$$Ер = ЕΣ – ВΣ = 247090 – 24600 = 222490 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$Ток = КΣ / Ер = 164000 / 222490 = 0,74 року.$$

У місяцях строк окупності становить:

$$Ток.міс = 0,74 \cdot 12 = 8,9 міс.$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$Е = Ер / КΣ = 222490 / 164000 = 1,36.$$

Оскільки отриманий коефіцієнт економічної ефективності 1,36 перевищує нормативне значення 0,15, впровадження запропонованого технічного рішення є економічно доцільним.

Таблиця 5.3 – Основні техніко-економічні показники проєкту

Показник	Значення
Капітальні вкладення	164000 грн
Річна економія електроенергії	1120 кВт·год
Грошова економія електроенергії	7840 грн
Додатковий обсяг реалізації молока	15000 кг
Додатковий дохід від реалізації молока	215250 грн
Економія ветеринарно-санітарних витрат	24000 грн
Загальна річна економія	247090 грн
Додаткові експлуатаційні витрати	24600 грн
Річний економічний ефект	222490 грн
Строк окупності	0,74 року
Строк окупності у місяцях	8,9 міс.
Коефіцієнт економічної ефективності	1,36

Висновки до розділу

У розділі виконано економічне обґрунтування удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів. Загальні капітальні вкладення становлять 164000 грн. Річна економія електроенергії дорівнює 1120 кВт·год, або 7840 грн. За рахунок стабілізації мікроклімату додатковий обсяг реалізованого молока становить 15000 кг на рік, що забезпечує 215250 грн додаткового доходу, а економія ветеринарно-санітарних витрат становить 24000 грн. Загальна річна економія дорівнює 247090 грн, річний економічний ефект - 222490 грн. Строк окупності капітальних вкладень становить 0,74 року, або близько 9 місяців, а коефіцієнт економічної ефективності – 1,36. Отже, запропонована модернізація є економічно доцільною і може бути рекомендована до впровадження у виробничих умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У розрахунково-пояснювальній записці проведено розрахунок і опис генерального плану ферми на 400 голів.

У першому розділі представлено опис господарства, розглянуто питання технології утримання тварин на фермі.

У технологічній частині описується механізація припливно-витяжної системи, проведено розрахунок системи, визначено кількість витяжних вентиляторів ОВ-7.1, необхідну для роботи системи вентиляції «Клімат - 3».

У конструкторській частині проведено модернізацію осьового вентилятора ВО-7.1. За рахунок застосування нових лопатей вентилятора аеродинамічної форми, виготовлених з алюмінієвого сплаву, зросла продуктивність вентилятора з 11000 до 12000 $м^3$ /год. Модернізація також сприяє продовженню терміну служби приводного електродвигуна.

Розрахунками встановлено, що необхідний повітрообмін за умовою розбавлення аміаку становить 40000 $м^3$/год. Для його забезпечення потрібно встановити 4 витяжні вентилятори продуктивністю 10000 $м^3$/год кожний, а припливна частина повинна подавати приблизно 44000 $м^3$/год повітря. Сумарна площа витяжних каналів має становити 7,41 $м^2$, що відповідає 16 каналам перерізом 0,7×0,7 м. Для електробезпеки прийнято контур захисного заземлення з 20 вертикальних заземлювачів довжиною 3 м.

Розрахований рівень шуму від чотирьох вентиляторів становить 81 дБА, після застосування шумозахисних заходів – близько 73 дБА. Для освітлення корівника прийнято 76 світлодіодних світильників загальною потужністю 3,04 кВт. Для пожежної безпеки передбачено 10 вогнегасників. Запропоновані заходи забезпечують безпечні умови праці персоналу під час експлуатації та технічного обслуговування вентиляційної системи.

У п’ятому розділі виконано економічне обґрунтування удосконалення припливно-витяжної системи вентиляції корівника на 200 голів. Загальні капітальні вкладення становлять 164000 грн. Річна економія електроенергії дорівнює 1120 кВт·год, або 7840 грн. За рахунок стабілізації мікроклімату додатковий обсяг реалізованого молока становить 15000 кг на рік, що

забезпечує 215250 грн додаткового доходу, а економія ветеринарно-санітарних витрат становить 24000 грн. Загальна річна економія дорівнює 247090 грн, річний економічний ефект – 222490 грн. Строк окупності капітальних вкладень становить 0,74 року, або близько 9 місяців, а коефіцієнт економічної ефективності – 1,36. Отже, запропонована модернізація є економічно доцільною і може бути рекомендована до впровадження у виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сідашенко О. І., Науменко О. А. та ін. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.

2. Redfield, R.C.: Performance of low-bandwidth, semi-active damping concepts for suspension control, Vehicle System Dynamics, Vol. 20, No. 5, (1991), pp. 245.

3. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

4. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

5. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Хмельовський В. С., Ребенко В. І., Заболотько О. О. та ін. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 567 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/5980 (дата звернення: 07.05.2026).

6. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2012. 731 с.

7. Заболотько О. О., Хмельовський В. С., Ребенко В. І., Потапова С. Є., Ачкевич О. М., Радчук В. В. Проектування і розрахунок технологічних систем у тваринництві : навчальний посібник. Київ : ЦП «Компринт», 2018. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/5979 (дата звернення: 07.05.2026).

8. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Основи проектування тваринницьких підприємств : підручник. Мелітополь : Видавничий дім «Кондор», 2018. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/5791 (дата звернення: 07.05.2026).

9. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник. Мелітополь : ТДАТУ, 2012.

10. Ревенко І. І., Хмельовський В. С. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2017.

11. Брагінець М. В., Ревенко І. І. Машини і обладнання для тваринництва : практикум. Київ : Урожай, 2008.

12. Сторожук В. М., Курбатов А. С. Мікроклімат тваринницьких приміщень та шляхи його поліпшення. Київ : Урожай, 1991. 176 с.

13. Сидорчук О. В., Ткаченко О. І. Проектування технологічних процесів у тваринництві. Львів : ЛДАУ, 2009.

14. Голуб Г. А., Кухарець С. М., Ярош Я. Д. Машини та обладнання агропромислового виробництва : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2015.

15. Яропуд В. М. Системи забезпечення мікроклімату у тваринницьких приміщеннях : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2018.

16. Бендера І. М., Рудь А. В., Козій М. С. Проектування сільськогосподарських підприємств : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011.

17. Братішко В., Бурлака С. Біотехнологічні методи забезпечення норм мікроклімату тваринницьких приміщень. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2025. № 347(1). С. 561–565. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-77

18. Калетнік Г. М., Яропуд В. М. Експериментальні дослідження ефективності функціонування систем забезпечення мікроклімату від'ємного тиску в тваринницьких приміщеннях. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. URL: https://dspace.kntu.kr.ua/items/a1375bbf-a6ba-4f4d-888d-ee5ea64c65f0 (дата звернення: 07.05.2026).

19. Гевко Р. Б., Рогатинський Р. М., Ткаченко І. Г. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль : ТДТУ, 2005. 228 с.

20. Дідур В. А., Науменко О. А., Пастушенко С. І. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. Київ : Аграрна освіта, 2008. 428 с.

21. Тищенко Л. М., Ольшанський В. П., Заїка П. М. Вентиляційні установки та теплотехнічне обладнання сільськогосподарських підприємств. Харків : ХНТУСГ, 2010.

22. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта М. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів. Київ : Агроосвіта. 2018. 547 с.