

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі з
розробкою бактерицидного рециркулятора**

Виконав: студент 5 курсу, групи АІз-1-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Грисенко Євген Вікторович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Носенко Євгеній Олегович

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали

«01» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Грисенку Євгену Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі з розробкою бактерицидного рециркулятора

керівник проєкту Алієв Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«01» травня 2026 року № 874

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій забезпечення мікроклімату приміщення для утримання. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз систем забезпечення мікроклімату на свинофермах. 2. Проектування технологічної лінії забезпечення мікроклімату. 3. Розробка бактерицидного рециркулятора повітря. 4.

Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. План, розріз (А1). 2. Технологічна схема (А1). 3. Вигляд загальний (А1). 4. Боковина (А3). 5. Кришка (А3). 6. Основа (А3). 7. Скоба (А3). 8. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Алієв Е.Б., професор	01.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

_____ Грисенко Є.В. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ Алієв Е.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

<i>№ п/п</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість аркушів</i>	<i>Номер аркуша</i>	<i>Примітка</i>
			<i><u>Текстові документи</u></i>			
1	A4	46ДП.009000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	78		
			<i><u>Графічні матеріали</u></i>			
2	A1	46ДП.009000.000.ПР	План, розріз	1	1	
3	A1	46ДП.009000.000.ТС	Технологічна схема	1	2	
4	A1	46ДП.009000.000.B3	Вигляд загальний	1	3	
5	A3	46ДП.009001.001	Боковина	1	4	
6	A3	46ДП.009001.002	Кришка	1	4	
7	A3	46ДП.009001.003	Основа	1	4	
8	A3	46ДП.009001.004	Скоба	1	4	
9	A1	46ДП.009000.000.ПЕ	Економічні показники	1	5	
			<i>46ДП.009000.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ доком.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		
Розробив		Грисенко Є.В.			Удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі з розробкою бактерицидного рециркулятора	літе
Перевірив		Алієв Е.Б.				аркуш
						4
H. контр.		Івлєв В.В.				ДДАЄУ Aіз-1-21
Затверд.		Дудін В. Ю.				

АНОТАЦІЯ

Грисенко Є.В. Удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі з розробкою бактерицидного рециркулятора / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі розглянуто питання удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермах шляхом проектування технологічної лінії вентиляції та розробки бактерицидного рециркулятора повітря. Проведено аналіз сучасного стану розвитку свинарства, технологій утримання тварин та впливу параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху повітря та газового складу) на продуктивність і здоров'я свиней.

У роботі досліджено існуючі системи вентиляції та очищення повітря у тваринницьких приміщеннях, а також методи знезараження повітря з використанням ультрафіолетового випромінювання. На основі аналізу обґрунтовано доцільність застосування бактерицидних рециркуляторів як елементів системи мікроклімату.

Розроблено технологічну схему забезпечення мікроклімату у свинарнику, визначено необхідний повітрообмін та підібрано вентиляційне обладнання. Виконано розрахунок основних параметрів бактерицидного рециркулятора, обґрунтовано його конструктивну схему та розроблено електричну схему керування.

Окремо розглянуто питання охорони праці та впливу запропонованих технічних рішень на навколишнє середовище. Проведено техніко-економічну оцінку ефективності впровадження розробленої системи, що підтверджує її доцільність у практиці свинарських підприємств.

Ключові слова: свинарство, мікроклімат, вентиляція, повітрообмін, бактерицидний рециркулятор, ультрафіолетове знезараження, система очищення повітря, продуктивність тварин, енергоефективність, тваринницькі приміщення.

Зміст

Вступ	7
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ НА СВИНОФЕРМАХ.....	9
1.1 Оцінка сучасного стану та тенденцій розвитку свинарства	9
1.2 Аналіз технологій утримання свиней	14
1.3 Основні параметри мікроклімату та їх вплив на продуктивність свиней ...	17
1.4 Огляд існуючих систем вентиляції та очищення повітря у свинарниках ...	21
1.5 Аналіз способів знезараження повітря та застосування бактеріцидних рециркуляторів.....	25
1.6 Висновки до розділу	29
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ	30
2.1 Вихідні дані для проектування.....	30
2.2 Постановка завдання на проектування.....	31
2.3 Розробка варіантів технологічного процесу та вибір остаточного варіанту ...	32
2.4 Визначення обсягу та кратності повітрообміну	35
2.5 Вибір типу та розрахунок кількості вентиляційних установок	36
2.6 Висновки до розділу	40
3 РОЗРОБКА БАКТЕРИЦИДНОГО РЕЦИРКУЛЯТОРА ПОВІТРЯ.....	42
3.1 Обґрунтування необхідності знезараження повітря	42
3.2 Аналіз існуючих конструкцій бактеріцидних рециркуляторів	43
3.3 Вибір принципової схеми та конструкції рециркулятора	47
3.4 Розрахунок основних параметрів рециркулятора.....	50
3.5 Електрична схема рециркулятора	55
3.6 Висновки до розділу	58
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	60
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	64
ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	68
Додатки	72

Вступ

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України вимагає впровадження інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та забезпечення високої якості продукції тваринництва. Особливо актуальним є питання створення оптимальних умов утримання сільськогосподарських тварин, зокрема свиней, оскільки мікроклімат у тваринницьких приміщеннях безпосередньо впливає на їх продуктивність, здоров'я та економічні показники господарства.

Свиноферми належать до об'єктів із підвищеним рівнем біологічного навантаження на повітряне середовище. У процесі життєдіяльності тварин у повітрі накопичуються шкідливі гази (аміак, сірководень, вуглекислий газ), пил, мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності. Недостатня ефективність систем вентиляції та очищення повітря призводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов, що, у свою чергу, спричиняє зниження імунітету тварин, підвищення захворюваності та зменшення продуктивності.

Однією з ключових проблем сучасного свинарства є забезпечення стабільного та безпечного мікроклімату незалежно від сезонних змін і технологічних умов утримання. Традиційні системи вентиляції не завжди забезпечують належний рівень очищення повітря від патогенних мікроорганізмів, що особливо важливо в умовах інтенсивного виробництва. У зв'язку з цим зростає актуальність застосування додаткових засобів знезараження повітря, зокрема бактерицидних рециркуляторів.

Бактерицидні рециркулятори повітря є ефективним засобом зниження мікробного навантаження у приміщеннях. Вони працюють за принципом багаторазового пропускання повітря через камеру з ультрафіолетовим випромінюванням, що забезпечує знищення бактерій, вірусів та грибків без шкоди для тварин і обслуговуючого персоналу. Використання таких пристроїв дозволяє значно покращити санітарний стан повітряного середовища та знизити ризик поширення інфекційних захворювань.

Актуальність теми дипломного проєкту обумовлена необхідністю вдосконалення існуючих систем забезпечення мікроклімату на свинофермах шляхом інтеграції сучасних технічних рішень, що поєднують ефективну вентиляцію та знезараження повітря. Розробка та впровадження бактерицидного рециркулятора як складової системи мікроклімату дозволить підвищити ефективність виробництва, покращити умови утримання тварин і зменшити економічні втрати, пов'язані із захворюваністю.

Метою даного проєкту є удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі шляхом розробки конструкції та обґрунтування параметрів бактерицидного рециркулятора повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан розвитку свинарства та технологій утримання тварин;
- проаналізувати методи знезараження повітря та доцільність використання ультрафіолетових рециркуляторів;
- розробити технологічну схему забезпечення мікроклімату у свинарнику;
- визначити необхідний повітрообмін та розрахувати вентиляційне обладнання;
- спроектувати бактерицидний рециркулятор та виконати розрахунок його основних параметрів;
- розробити електричну схему керування рециркулятором;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень;
- розглянути питання охорони праці та впливу на довкілля.

Об'єкт дослідження є система забезпечення мікроклімату у свинарських приміщеннях.

Предмет дослідження є процеси формування та регулювання мікроклімату у свинарнику, а також конструктивні та технологічні параметри систем вентиляції і бактерицидного очищення повітря.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ НА СВИНОФЕРМАХ

1.1 Оцінка сучасного стану та тенденцій розвитку свинарства

Сектор тваринництва традиційно займає важливе місце в аграрній економіці України, забезпечуючи населення продуктами харчування високої біологічної цінності та формуючи значну частину валової продукції сільського господарства. У структурі цієї галузі свинарство відіграє одну з ключових ролей, оскільки є важливим джерелом виробництва м'яса та суттєво впливає на рівень продовольчої безпеки держави. Висока швидкість відтворення поголів'я, відносно короткий виробничий цикл та стабільний попит на продукцію визначають стратегічне значення свинарства для національної економіки.

Крім забезпечення внутрішнього ринку м'ясною продукцією, свинарство сприяє розвитку суміжних галузей, зокрема кормовиробництва, переробної промисловості та логістики. Воно також відіграє соціальну роль, створюючи робочі місця у сільській місцевості та забезпечуючи додаткові джерела доходу для населення. Особливістю галузі є її здатність оперативно реагувати на зміну попиту, що робить її важливим інструментом стабілізації продовольчого ринку.

Разом із тим сучасний стан свинарства в Україні характеризується складними трансформаційними процесами. За останні десятиліття галузь зазнала значного скорочення поголів'я свиней, що супроводжується зниженням обсягів виробництва продукції та зміною структури господарювання. Якщо у 1990-х роках свинарство мало масовий характер і значною мірою базувалося на великих державних підприємствах, то у подальшому відбувся перерозподіл виробництва на користь приватного сектору. У 2000-х роках основна частина поголів'я утримувалася у

господарствах населення, що було зумовлено економічною нестабільністю та прагненням населення до самозабезпечення.

Починаючи з 2010-х років, спостерігається протилежна тенденція – поступове зміцнення позицій промислових підприємств і концентрація виробництва. Це пов'язано із впровадженням сучасних технологій, підвищенням вимог до біобезпеки та економічною неефективністю дрібнотоварного виробництва. Внаслідок цього свиноводство поступово трансформується з переважно домашнього у більш індустріалізоване.

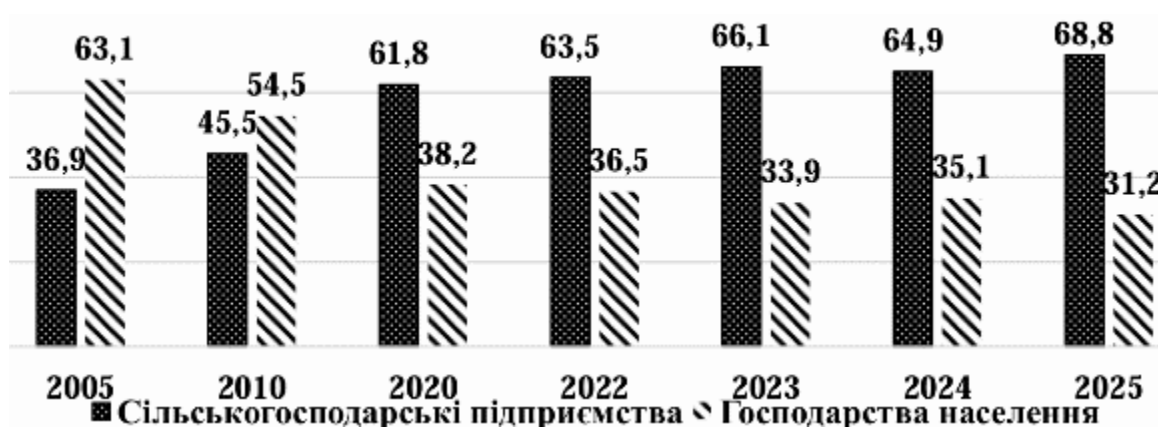


Рисунок 1.1 – Співвідношення поголів'я свиней за категоріями господарств, %

Аналіз статистичних даних свідчить про довгострокове скорочення поголів'я свиней в Україні. У порівнянні з початком 1990-х років їх чисельність зменшилася більш ніж у чотири рази. Особливо суттєвим є зниження поголів'я у господарствах населення, що пояснюється зростанням витрат на утримання, підвищенням вимог до ветеринарної безпеки та зниженням економічної доцільності ведення дрібного господарства. Водночас у секторі сільськогосподарських підприємств спостерігається відносна стабілізація, а в окремі періоди – навіть незначне зростання.

Суттєвий вплив на розвиток галузі мають сучасні виклики, зокрема епізоотичні загрози, серед яких особливе місце займає африканська чума свиней. Поширення цього захворювання призводить до значних

економічних втрат, знищення поголів'я та посилення вимог до біобезпеки. Це, у свою чергу, сприяє витісненню дрібних виробників з ринку та підвищенню ролі великих підприємств, які мають більше можливостей для впровадження захисних заходів.

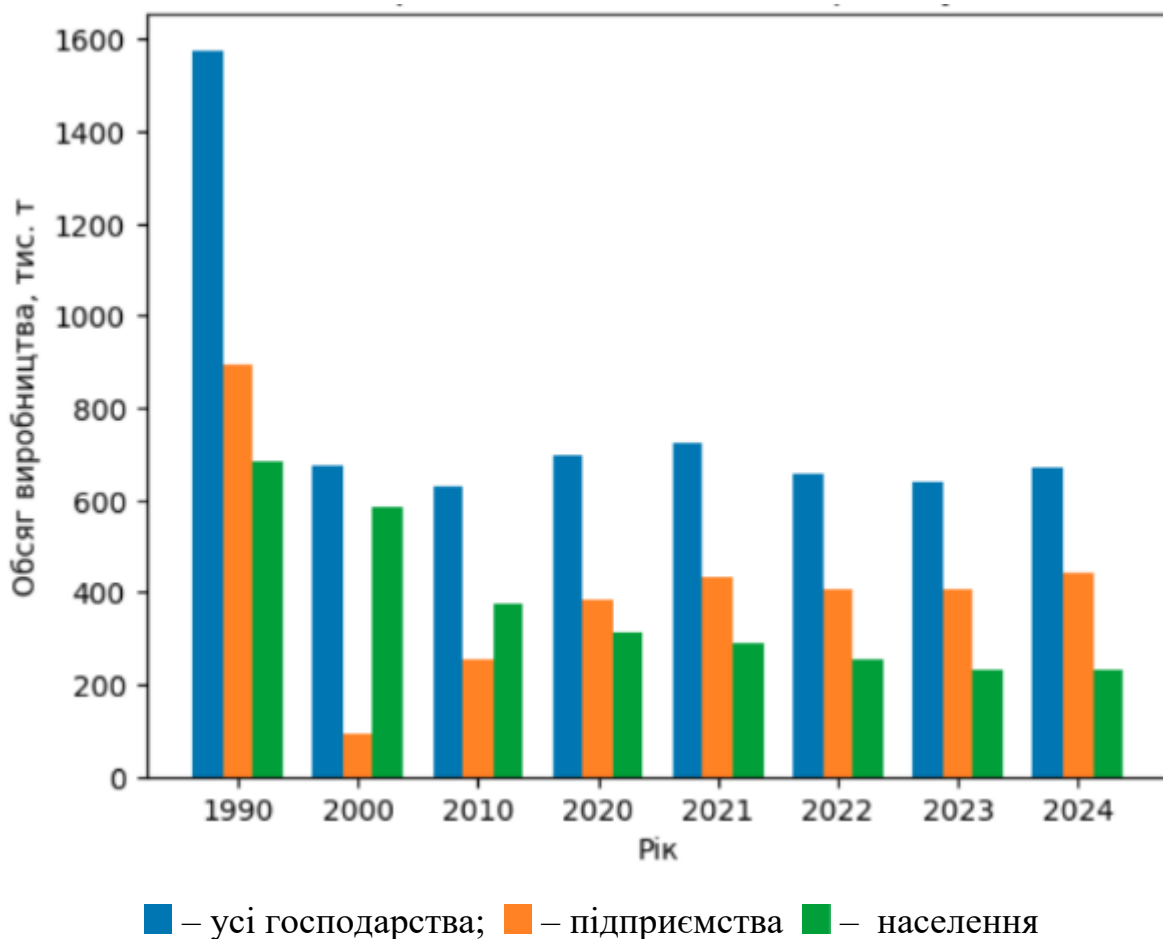


Рисунок 1.2 – Динаміка виробництва свинини в Україні

Окремим фактором, що суттєво вплинув на стан свинарства, є воєнні дії на території України. Вони призвели до руйнування виробничої інфраструктури, втрати частини поголів'я, порушення логістичних ланцюгів та зростання собівартості продукції. Особливо постраждали регіони, що знаходяться у зоні бойових дій, де значна кількість господарств була знищена або припинила свою діяльність. Крім того, спостерігається дефіцит трудових ресурсів та зниження інвестиційної активності.

Незважаючи на складні умови, галузь демонструє певну адаптивність. Промислові підприємства поступово відновлюють виробництво, оптимізують технологічні процеси та впроваджують сучасні рішення, спрямовані на підвищення ефективності. Важливою тенденцією є подальша концентрація виробництва: основна частина поголів'я зосереджується на великих підприємствах, які забезпечують більшу частку ринку.

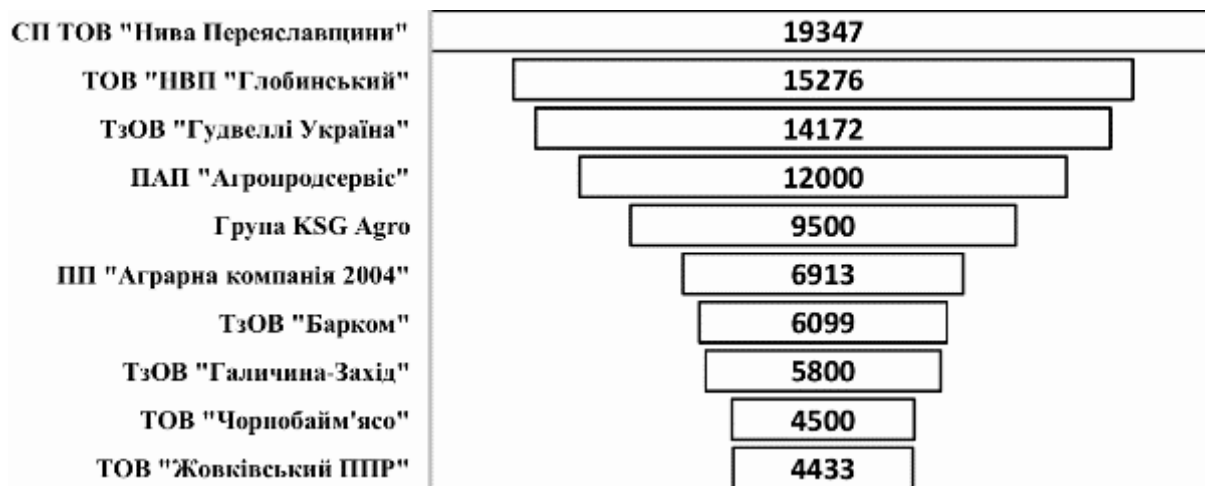


Рисунок 1.3 – Провідні підприємства свинарства України за кількістю свиноматок станом на 2024 рік

Структурний аналіз галузі свідчить про значну диференціацію підприємств за розмірами. Невелика кількість великих комплексів утримує основну частину поголів'я, тоді як більшість господарств мають незначні обсяги виробництва і практично не впливають на загальні показники галузі. Така структура є характерною для індустріалізованого свинарства і свідчить про зростання ролі високотехнологічного виробництва.

У регіональному аспекті спостерігається нерівномірний розподіл поголів'я свиней. Найбільша концентрація зосереджена у центральних та західних областях, які мають більш сприятливі умови для ведення господарства та менше постраждали від воєнних дій. Натомість у східних і

південних регіонах відзначається суттєве скорочення виробництва, що пов'язано з безпековими ризиками.

Важливим показником стану галузі є обсяги виробництва свинини. За останні десятиліття вони також зазнали значного скорочення. Проте структура виробництва змінилася: якщо раніше переважну частку забезпечували господарства населення, то нині лідируючі позиції займають сільськогосподарські підприємства. Це свідчить про підвищення рівня організації виробництва та його технологічної оснащеності.

Однією з ключових тенденцій розвитку сучасного свинарства є впровадження інноваційних технологій. До них належать автоматизовані системи годівлі, клімат-контроль у тваринницьких приміщеннях, цифрові системи моніторингу стану тварин, сучасні методи селекції та ветеринарного обслуговування. Застосування таких технологій дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість продукції.

Особливу роль відіграють інновації у кормовиробництві, оскільки витрати на корми становлять значну частку собівартості свинини. Використання збалансованих раціонів, ферментних добавок та сучасних технологій зберігання кормів сприяє підвищенню ефективності виробництва. Крім того, важливим напрямом є впровадження ресурсозберігаючих технологій та заходів з охорони довкілля.

Разом із позитивними змінами галузь стикається з рядом проблем. До них належать високі витрати на енергоресурси, нестабільність цін на корми, обмежений доступ до фінансових ресурсів, недостатній рівень державної підтримки та низька інноваційна активність частини підприємств. Значною проблемою залишається також кадровий дефіцит та недостатній рівень підготовки спеціалістів.

Подальший розвиток свинарства значною мірою залежить від державної політики у сфері агропромислового комплексу. Необхідним є створення сприятливих умов для інвестування, підтримка інноваційних проєктів, удосконалення нормативно-правової бази та гармонізація

стандартів з європейськими вимогами. Важливу роль відіграє також розвиток наукових досліджень та їх впровадження у виробництво.

Таким чином, сучасний стан свинарства в Україні характеризується складною динамікою, що поєднує негативні та позитивні тенденції. З одного боку, спостерігається скорочення поголів'я, вплив кризових факторів та структурні диспропорції, а з іншого – відбувається технологічна модернізація, концентрація виробництва та поступове підвищення ефективності галузі. Основним напрямом подальшого розвитку є перехід до інноваційної моделі функціонування, що дозволить забезпечити конкурентоспроможність вітчизняного свинарства та його стійкість до зовнішніх викликів.

1.2 Аналіз технологій утримання свиней

Світове свинарство є однією з провідних галузей тваринництва, а загальна чисельність поголів'я свиней у глобальному масштабі сягає приблизно 850 млн голів. Найбільша концентрація цих тварин спостерігається у країнах із розвиненим аграрним сектором, зокрема у Китаї, який утримує майже половину світового поголів'я. Значні обсяги також характерні для США, Бразилії, Німеччини, Іспанії, В'єтнаму та ряду інших країн. Україна у цьому переліку займає помірні позиції, поступаючись провідним виробникам.

Якщо оцінювати ефективність галузі за показником виробництва свинини на душу населення, то лідируючі позиції займають європейські країни. Зокрема, Данія демонструє надзвичайно високі результати, значно випереджаючи інші держави. Досить високі показники також мають Іспанія, Нідерланди, Канада та Німеччина. Водночас в Україні цей показник є значно нижчим, що свідчить про наявність резервів для розвитку галузі.

За офіційними статистичними даними, на початок 2022 року поголів'я свиней в Україні становило понад 5,6 млн голів. При цьому спостерігається

майже рівномірний розподіл між двома основними категоріями виробників: приблизно половина тварин утримується у сільськогосподарських підприємствах, інша частина — у господарствах населення. Така структура є характерною для перехідної моделі розвитку галузі, де поєднуються індустріальні та дрібнотоварні форми виробництва.

Аналіз структури поголів'я за розмірами підприємств свідчить про те, що значна частка тварин зосереджена у великих господарствах. Саме такі підприємства активно впроваджують сучасні технологічні рішення та забезпечують більш високий рівень ефективності виробництва. У господарствах середнього масштабу застосовуються як традиційні, так і інноваційні підходи, тоді як дрібні ферми здебільшого використовують спрощені технології утримання.

Відповідно до чинних нормативів, технології утримання свиней класифікуються за системами та способами організації виробництва. Виділяють дві основні системи: вигульну та безвигульну. Вигульна система передбачає наявність доступу тварин до відкритих майданчиків і може реалізовуватися у різних формах, зокрема станково-вигульній або вільно-вигульній. Безвигульне утримання, навпаки, здійснюється у закритих приміщеннях і включає кілька варіантів організації, серед яких підлогово-станкове, багатоярусне або конвеєрне.

Вибір конкретної технології впливає на планування приміщень, рівень механізації процесів, а також на способи обслуговування тварин. Суттєву роль відіграють і такі фактори, як тип підлоги (суцільна або щілинна), використання підстилки, способи годівлі та видалення гною. Наприклад, сучасні комплекси часто застосовують щілинні підлоги та автоматизовані системи гноєвидалення, що дозволяє значно знизити трудомісткість виробництва.

Окрім технічних характеристик, технології утримання відрізняються і за біологічними аспектами. До них належать способи відтворення поголів'я та організація вирощування тварин. Виробництво може здійснюватися як

безперервно протягом року, так і за певними циклами. За структурою вирощування виділяють одно-, дво- та трифазні системи, які відрізняються кількістю етапів переміщення тварин між виробничими зонами.

Узагальнюючи сучасні підходи, можна виділити кілька основних типів технологій, що застосовуються у свинарстві України. До першої групи належать традиційні технології, які базуються на типових рішеннях минулих десятиліть. Вони характеризуються використанням суцільних підлог, обмеженим рівнем механізації та відносно низькою продуктивністю.

Другу групу складають сучасні індустріальні технології, які широко застосовуються у розвинених країнах. Для них характерне утримання тварин на щілинних підлогах, чітка спеціалізація приміщень, автоматизація виробничих процесів і високий рівень біобезпеки. Саме такі системи забезпечують максимальну ефективність і стабільність виробництва.

Окремо виділяють альтернативні або маловитратні технології, що передбачають використання спрощених рішень, зокрема утримання тварин на глибокій підстилці у приміщеннях ангарного типу. Такі системи потребують менших капіталовкладень і є доступними для середніх господарств, хоча й поступаються за рівнем контролю мікроклімату.

Четверту групу становить приватний сектор, де утримання свиней здійснюється у невеликих обсягах. У таких господарствах рівень механізації мінімальний, а технологічні процеси здебільшого виконуються вручну. Це обумовлює нижчу продуктивність, але дозволяє забезпечити власні потреби населення.

У світовій практиці найбільш поширеними є інтенсивні технології з використанням щілинних підлог та закритих приміщень. Вони передбачають чітку організацію виробничого процесу з поділом тварин на технологічні групи, застосування принципу «все зайнято – все вільно» та використання автоматизованих систем годівлі. Такий підхід забезпечує ефективне використання ресурсів і високий рівень продуктивності.

Отже, сучасні технології утримання свиней характеризуються значним різноманіттям і постійним удосконаленням. Основною тенденцією є перехід від традиційних методів до індустріальних і високотехнологічних систем, які забезпечують підвищення ефективності виробництва, покращення умов утримання тварин та зниження витрат. Це створює передумови для подальшого розвитку галузі та її інтеграції у світовий аграрний простір.

1.3 Основні параметри мікроклімату та їх вплив на продуктивність свиней

У країнах Європейського Союзу переважна частина свиноголів'я (понад 120 млн голів) утримується в закритих тваринницьких будівлях. Такий підхід обумовлений необхідністю захисту тварин від впливу зовнішнього середовища та створення контрольованих умов, що сприяють підвищенню продуктивності. У порівнянні з відкритим утриманням, інтенсивні системи дозволяють досягати кращих виробничих показників, а також забезпечують можливість централізованого збору гною і зменшення негативного впливу на довкілля. Важливим елементом функціонування таких приміщень є ефективне управління мікрокліматом, ключову роль у якому відіграє система вентиляції. Водночас проблема рівномірного розподілу повітряних потоків у тривимірному просторі залишається недостатньо вирішеною, що вимагає подальших досліджень у напрямі оптимізації повітрообміну.

Під мікрокліматом свинарника розуміють сукупність фізичних, хімічних та біологічних характеристик внутрішнього середовища, які впливають на стан здоров'я та продуктивність тварин. До ключових параметрів належать температура повітря і огорожувальних конструкцій, відносна вологість, швидкість та напрям руху повітря, концентрація газів (зокрема вуглекислого газу, аміаку, сірководню), запиленість і мікробне

навантаження повітря, рівень освітлення, шумовий фон і ступінь іонізації. Усі ці показники регламентуються відповідними нормативами технологічного проєктування.

Відхилення мікрокліматичних показників від оптимальних значень призводить до негативних наслідків: зниження приростів живої маси може досягати 20–30 % і більше, збільшується падіж молодняку, погіршується ефективність використання кормів, скорочується термін експлуатації обладнання, а також знижується загальна резистентність організму тварин до захворювань. Формування необхідного мікроклімату забезпечується шляхом організації вентиляції, а також систем опалення або охолодження залежно від сезону.

Сучасні системи мікроклімату орієнтовані насамперед на підтримання оптимальної температури та якості повітря. Освітлення, як правило, закладається ще на стадії проєктування будівлі — шляхом визначення площі світлових прорізів і встановлення штучних джерел світла. Варто зазначити, що для різних технологічних груп свиней нормативні параметри можуть відрізнятися, причому окремі показники, зокрема температура, змінюються залежно від віку та фізіологічного стану тварин.

Мікроклімат у свинарнику доцільно розглядати з двох основних позицій. Перша – це тепловий режим, який визначається температурою, швидкістю руху повітря та інтенсивністю тепловіддачі (через контакт із поверхнями або випромінювання). Друга – це якість повітря, що характеризується вмістом кисню та концентрацією шкідливих домішок, таких як аміак, вуглекислий газ, пил та інші аерозолі.

Важливим поняттям є так звана термонеутральна зона – діапазон температур, у межах якого організм свині витрачає мінімум енергії на підтримання температури тіла. Межі цієї зони залежать від маси тварини, рівня годівлі та інших факторів. Окрім температури, на тепловий комфорт впливають швидкість повітряних потоків і теплове випромінювання. Водночас короточасні коливання температур за межами комфортної зони

вивчені недостатньо, що ускладнює точне нормування режимів утримання.

Приміщення		Значення показників				
		 $T, ^\circ\text{C}$	 $W, \%$	 $v, \text{м/с}$	вміст у повітрі	
					 $\text{CO}_2, \%$	 $\text{NH}_3, \text{мг/л}$
	Свинарники-маточники	18–22	70	0,15	0,2	0,02
	Свинарники для дорощування	18–22	70	0,5	—	—
	Свинарники-відгодівельники	14–20	75	0,5	—	—

 $T, ^\circ\text{C}$ температура повітря	 $W, \%$ відносна вологість повітря	 $v, \text{м/с}$ швидкість руху повітря	 $\text{CO}_2, \%$ вміст діоксиду вуглецю	 $\text{NH}_3, \text{мг/л}$ вміст аміаку	 $\text{H}_2\text{S}, \text{мг/л}$ вміст сірководню
--	---	---	---	--	---

Рисунок 1.4 – Нормативні середні значення параметрів мікроклімату

Температурні параметри для різних груп свиней суттєво відрізняються. Наприклад, для дорослих тварин оптимальні температури знаходяться в межах 13–18 °С, тоді як для новонароджених поросят потрібні значно вищі значення (до 30 °С у перші дні життя). З віком потреба у високих температурах поступово зменшується. Забезпечення таких умов часто потребує значних енергетичних витрат, однак це є необхідною передумовою нормального розвитку молодняку.

Недотримання температурного режиму може мати серйозні наслідки. За низьких температур організм змушений витратити додаткову енергію на обігрів, що підвищує споживання корму і може призвести до переохолодження. Високі температури, навпаки, ускладнюють тепловіддачу, викликають перегрів і знижують продуктивність. Особливо небезпечними є різкі коливання температур, які негативно впливають на молодняк через недостатньо сформовану імунну систему.

Не менш важливим фактором є вологість повітря. Вона безпосередньо

впливає на процеси терморегуляції. Висока вологість (понад 80–85 %) ускладнює віддачу тепла і сприяє розвитку патогенних мікроорганізмів. У холодний період це часто призводить до захворювань органів дихання та травлення. Оптимальним вважається діапазон 60–70 %, хоча допустимі межі можуть змінюватися залежно від температури.

Підвищена вологість також негативно впливає на обмін речовин і загальний фізіологічний стан тварин. У таких умовах знижується приріст маси, погіршується апетит і збільшуються витрати кормів. Крім того, створюються сприятливі умови для розвитку грибків і бактерій, що може викликати шкірні захворювання.

Швидкість руху повітря є ще одним важливим параметром. Вона впливає на теплообмін і якість повітряного середовища. Недостатній повітрообмін призводить до накопичення шкідливих газів і вологи, тоді як надмірна швидкість може викликати протяги та простудні захворювання. Оптимальні значення залежать від віку тварин і пори року: для молодняку вони нижчі, ніж для дорослих особин.

Сучасні свинарники зазвичай поділяються на окремі секції, у яких утримуються тварини одного віку. Це дозволяє більш точно регулювати мікроклімат відповідно до їхніх потреб. Управління параметрами середовища здійснюється переважно через зміну інтенсивності вентиляції та використання систем опалення.

Особливої уваги потребують відлучені поросята, оскільки період після відлучення супроводжується значним стресом. Невідповідні кліматичні умови в цей час можуть суттєво погіршити їхній стан і знизити продуктивність у подальшому.

З практичної точки зору можна виділити чотири основні причини важливості оптимального мікроклімату:

1. Продуктивність виробництва. Кліматичні умови впливають на споживання корму, швидкість росту та ефективність його використання. Як переохолодження, так і перегрів знижують продуктивність.

2. Стан здоров'я. Невідповідний мікроклімат сприяє розвитку захворювань, особливо респіраторних.

3. Імунний статус. Якість повітря та тепловий комфорт безпосередньо впливають на стійкість організму до інфекцій.

4. Санітарний стан і викиди. Порушення мікроклімату може призводити до забруднення приміщень, підвищення концентрації аміаку та збільшення шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Таким чином, забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату є одним із ключових факторів ефективного ведення свинарства, що визначає як продуктивність, так і благополуччя тварин.

1.4 Огляд існуючих систем вентиляції та очищення повітря у свинарниках

Сучасне свинарство характеризується високими вимогами до формування стабільного мікроклімату, оскільки повітряне середовище у тваринницьких приміщеннях є неоднорідним і змінюється залежно від розподілу тепла, вологи та забруднюючих речовин. У межах одного приміщення формуються зони з різними параметрами повітря: біля припливних отворів спостерігаються нижчі температури та менша концентрація шкідливих газів, тоді як поблизу тварин і джерел органічних відходів ці показники суттєво зростають. Таким чином, характер повітряних потоків безпосередньо визначає просторовий розподіл температури та домішок у свинарнику, формуючи так звані кліматичні зони.

Особливо важливою є зона перебування тварин, яка зазвичай обмежується шаром повітря від підлоги до висоти приблизно 0,5 м. Саме в цьому об'ємі повітря повинні забезпечуватися оптимальні умови для росту, здоров'я та продуктивності свиней. Ефективність вентиляційної системи значною мірою визначається її здатністю підтримувати необхідні параметри саме в цій критичній зоні, однак у практиці експлуатації недостатньо

вивченими залишаються особливості мікроклімату для різних вікових груп тварин у різних схемах вентиляції.



Рисунок 1.5 – Принципова схема функціонування системи забезпечення мікроклімату

Сучасні системи формування мікроклімату у свинарниках зазвичай включають три основні підсистеми: вентиляцію, опалення та кондиціонування повітря. Вентиляційні системи забезпечують регулювання газового складу повітря та часткове тепловидалення в теплий період року, тоді як системи опалення та охолодження відповідають за стабілізацію температурного режиму незалежно від зовнішніх умов.

Класифікація вентиляційних систем. За принципом дії вентиляція у тваринницьких приміщеннях поділяється на природну та механічну (штучну). Природна вентиляція функціонує за рахунок різниці температур, вітрового тиску та природної циркуляції повітря і забезпечує відносно низьку кратність повітрообміну ($K < 3$). Такий тип систем є енергоефективним, однак недостатньо стабільним для сучасних

інтенсивних технологій утримання тварин.

Механічна вентиляція базується на використанні вентиляторів і дозволяє точно регулювати параметри повітрообміну ($3 < K < 9$ і вище). Вона може бути припливною, витяжною або комбінованою, а за способом організації – централізованою або децентралізованою. Саме цей тип систем є домінуючим у промисловому свиначарстві завдяки високій керованості та стабільності параметрів мікроклімату.

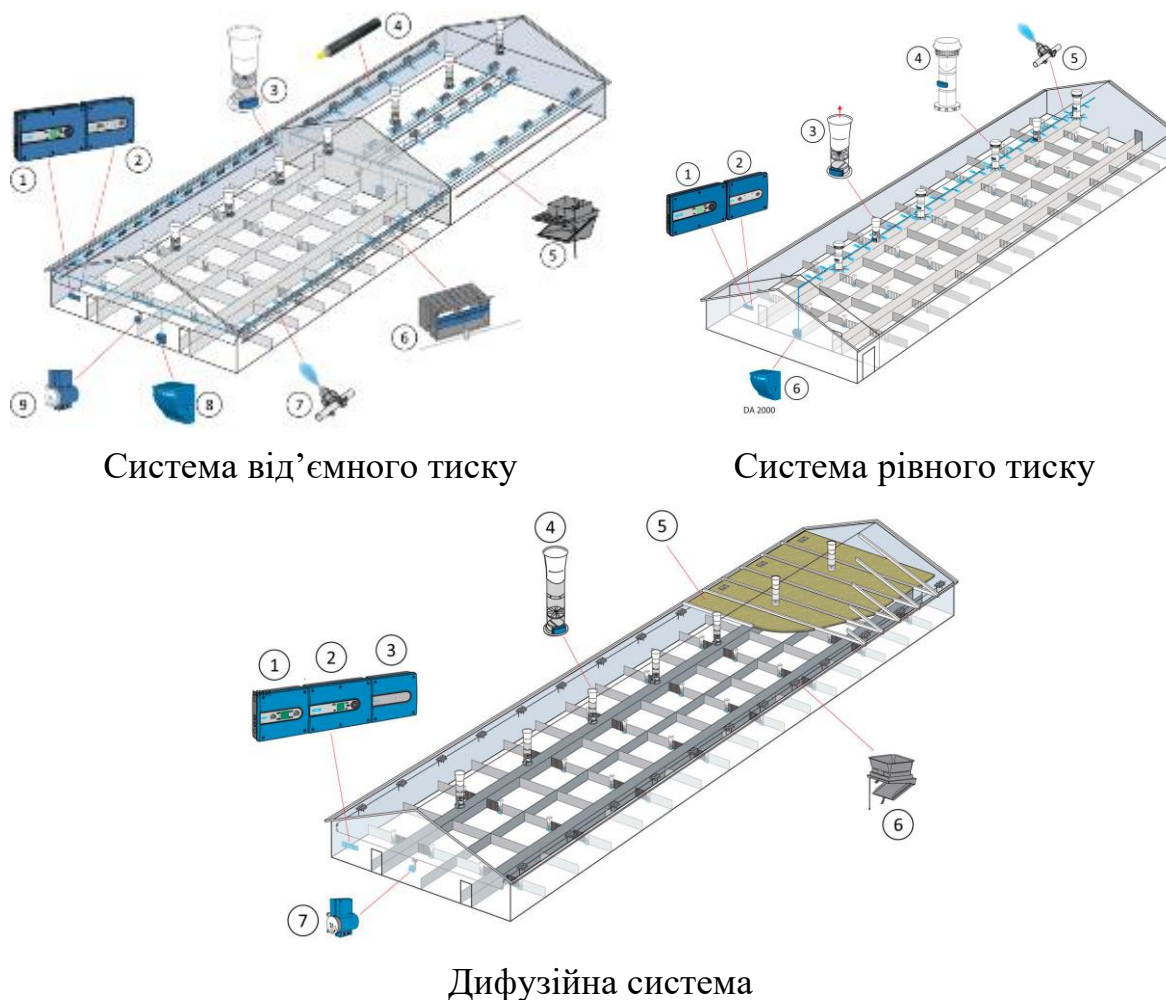


Рисунок 1.6 – Класифікація вентиляційних систем

Основні схеми вентиляції у свинарниках. У практиці свинарських підприємств застосовується кілька типових конфігурацій систем мікроклімату, які відрізняються переважно схемами організації повітряних потоків. Найбільш поширеними є системи від'ємного тиску, дифузійні

системи та системи рівного тиску.

Система вентиляції від'ємного тиску є однією з найбільш розповсюджених у промислових свинарниках. Її принцип полягає у видаленні повітря витяжними вентиляторами, що створює розрідження всередині приміщення і забезпечує надходження свіжого повітря через регульовані припливні клапани. Управління клапанами здійснюється автоматично відповідно до сигналів контролера мікроклімату. Особливістю таких систем є можливість спрямування повітряного потоку: у літній період повітря подається безпосередньо в зону тварин для охолодження, тоді як узимку воно попередньо змішується з теплим повітрям у верхній частині приміщення, що знижує ризик переохолодження.

Додатково в таких системах часто використовуються стельові або стінові припливні клапани, а також форсунки зрошення, які забезпечують випарне охолодження, зниження запиленості та підтримання вологості. Для обігріву застосовують централізовані теплообмінники або газові теплогенератори прямої дії. У деяких випадках можливе використання підпільної вентиляції, що дозволяє ефективніше видаляти аміак із гнойових каналів ще до його поширення в приміщенні.

Основним недоліком систем від'ємного тиску є ризик обмерзання припливних клапанів у зимовий період, що може призводити до порушення роботи сервоприводів та зниження надійності системи.

Дифузійна система вентиляції базується на використанні перфорованих стельових панелей, через які повітря надходить у приміщення з низькою швидкістю. Така організація потоку забезпечує рівномірний розподіл повітря та мінімізує утворення протягів у зоні тварин. Влітку система може доповнюватися припливними клапанами, що дозволяє підвищити інтенсивність охолодження.

Недоліками дифузійних систем є можливість утворення конденсату або інію на стелі, а також складність очищення перфорованих поверхонь від пилу та мікроорганізмів.

Система рівного тиску працює за рахунок одночасної подачі та видалення повітря припливними і витяжними вентиляторами. Розміщення припливних шахт зазвичай здійснюється рівномірно по площі приміщення, що забезпечує стабільний розподіл повітряних потоків. Для запобігання подачі холодного повітря у зимовий період використовуються змішувальні вентилятори, які підмішують тепле внутрішнє повітря до припливного.

Перевагою таких систем є слабка залежність від зовнішніх вітрових умов, однак істотним недоліком є підвищене енергоспоживання порівняно з системами від'ємного тиску.

Загальні тенденції розвитку систем вентиляції. Сучасні тенденції у розвитку систем мікроклімату свинарників спрямовані на підвищення енергоефективності, стабілізацію параметрів повітря в зоні перебування тварин та зменшення екологічного навантаження. У зв'язку з цим все більшого поширення набувають комбіновані системи вентиляції, які поєднують переваги різних принципів повітрообміну та дозволяють більш точно керувати розподілом повітряних потоків.

Окремим напрямом розвитку є впровадження систем очищення повітря та утилізації тепла, які дозволяють зменшити викиди аміаку, пилу та неприємних запахів, а також знизити витрати енергії на опалення.

1.5 Аналіз способів знезараження повітря та застосування бактерицидних рециркуляторів

Загальна характеристика проблеми повітряної контамінації. У тваринницьких приміщеннях, зокрема у свинарниках, повітря є одним із ключових факторів поширення інфекційних агентів. Дослідження показують, що патогени можуть передаватися аерогенним шляхом і переноситися на значні відстані разом із пиловими частинками та аерозолями. До таких збудників належать віруси та бактерії, які мають високу епізоотологічну значущість, зокрема вірус репродуктивно-

респіраторного синдрому свиней (PRRSV), збудники респіраторних інфекцій та умовно-патогенні бактерії.

Крім мікроорганізмів, у повітрі тваринницьких приміщень присутня значна кількість пилу, який виступає не лише механічним забруднювачем, але й переносником патогенів. Саме тому сучасні підходи до санітарної обробки повітря спрямовані на одночасне зниження як мікробного навантаження, так і пилової фракції.

Основні способи знезараження повітря. Механічна фільтрація повітря. Одним із базових методів очищення повітря є використання фільтрів різного класу ефективності. У дослідженні показано, що навіть фільтри грубого очищення (клас ISO Coarse / G3) здатні частково знижувати кількість мікроорганізмів у повітрі.

Однак їх ефективність є обмеженою:

- зниження вірусів і бактерій становить приблизно 50–79%;
- частина дрібнодисперсних частинок (<10 мкм) проходить крізь фільтр;
- ефективність залежить від накопичення пилу, що може як підвищувати, так і знижувати затримання частинок.

Таким чином, механічна фільтрація сама по собі не забезпечує достатнього рівня епідеміологічної безпеки в умовах високої мікробної контамінації.

Ультрафіолетове знезараження (UVC-опромінення). Більш ефективним методом є використання ультрафіолетового випромінювання (UVC, діапазон 100–280 нм). Його дія базується на пошкодженні ДНК і РНК мікроорганізмів шляхом утворення тимінових димерів, що призводить до втрати здатності до розмноження.

Основні особливості UVC:

- висока бактерицидна та віруліцидна ефективність;
- залежність ефективності від дози випромінювання (інтенсивність × час експозиції);

– чутливість різних мікроорганізмів відрізняється.

За даними дослідження, UVC-опромінення забезпечує:

– понад 99% зниження бактеріальних і вірусних частинок;

– для деяких збудників (наприклад, *Actinobacillus pleuropneumoniae*) ефективність досягає 100%.

Важливо, що відносна вологість повітря в діапазоні умов експерименту не суттєво впливала на ефективність UVC, що є важливим для умов тваринницьких приміщень.

Комбіновані системи: фільтрація + UVC. Найбільш ефективним підходом є поєднання механічної фільтрації з UVC-опроміненням у рециркуляційних системах повітрообробки.

Результати експериментів демонструють:

- зниження кількості бактерій у повітрі до 37% від контрольного рівня;
- зменшення загального пилу до 78%;
- локально (перед/після модуля) — до 99,4% зниження бактерій і 95% пилу.

Таким чином, комбіновані системи значно перевищують ефективність кожного методу окремо.

Принцип роботи бактерицидних рециркуляторів. Бактерицидний рециркулятор повітря є пристроєм, який забезпечує постійне очищення внутрішнього повітря шляхом його примусової циркуляції через систему фільтрації та ультрафіолетового опромінення.

Типова конструкція включає:

- вхідний повітряний фільтр (грубе очищення пилу);
- вентилятор (створення повітряного потоку);
- UVC-лампи (бактерицидна обробка);
- захисні елементи для запобігання витоку УФ-випромінювання.

У досліджуваній системі додатково забезпечувалась кратність повітрообміну до 6 разів на годину, що суттєво підвищувало загальну ефективність очищення.

Ефективність застосування у тваринницьких приміщеннях. В умовах експериментального свинарника використання UVC-рециркуляційного модуля призвело до:

- значного зниження бактеріального навантаження у повітрі;
- зменшення концентрації пилу;
- покращення показників якості повітря порівняно з контрольним приміщенням.

У середньому:

- кількість бактерій зменшувалась до 37–68%;
- пил – до 78–86% від контрольних значень.

Крім того, локальні вимірювання безпосередньо на виході з модуля показали майже повне очищення повітря.

Фактори, що впливають на ефективність знезараження. На ефективність роботи бактерицидних рециркуляторів впливають:

- швидкість повітряного потоку (визначає час опромінення);
- інтенсивність UVC-випромінювання;
- конструкція фільтраційного блоку;
- наявність пилу (екранує мікроорганізми);
- вид мікроорганізмів (різна стійкість до УФ);
- умови вологості та температури.

Зокрема, підвищена вологість може впливати на виживання мікроорганізмів у фільтруючому матеріалі, але не суттєво знижує ефективність самого UVC-опромінення.

Переваги та обмеження технології. Переваги:

- висока ефективність знезараження (>99%);
- одночасне зниження пилу і мікрофлори;
- відсутність хімічних реагентів;
- можливість безперервної роботи;
- покращення мікроклімату та здоров'я тварин.

Обмеження:

- необхідність технічного обслуговування ламп і фільтрів;
- залежність ефективності від правильного проектування системи;
- можливе накопичення патогенів у фільтруючому матеріалі;
- неоднорідність повітряних потоків у великих приміщеннях.

1.6 Висновки до розділу

Проведено комплексний аналіз сучасного стану свинарства, технологій утримання тварин, параметрів мікроклімату та систем вентиляції і знезараження повітря. Встановлено, що галузь свинарства в Україні перебуває у стані структурної трансформації з тенденцією до концентрації виробництва у великих високотехнологічних підприємствах. Основним напрямом розвитку є впровадження інтенсивних технологій, автоматизації та підвищення біобезпеки.

Показано, що ефективність виробництва значною мірою визначається якістю мікроклімату у тваринницьких приміщеннях, де ключовими факторами є температура, вологість, швидкість руху повітря та газовий склад. Відхилення цих параметрів від нормативних значень призводить до суттєвого зниження продуктивності та погіршення здоров'я тварин.

Аналіз систем вентиляції засвідчив перевагу механічних та комбінованих рішень, зокрема систем від'ємного тиску та дифузійних схем, які забезпечують більш стабільні параметри повітрообміну. Водночас перспективним напрямом є інтеграція енергоефективних та керованих систем мікроклімату.

Окремо встановлено, що для підвищення санітарної безпеки доцільним є застосування комбінованих технологій очищення повітря, зокрема механічної фільтрації та ультрафіолетового знезараження. Використання бактерицидних рециркуляторів дозволяє суттєво знизити мікробне та пилове навантаження у приміщеннях.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

2.1 Вихідні дані для проектування

Вихідні дані для проектування системи забезпечення мікроклімату у свинарниках-відгодівельниках формуються на основі нормативних вимог до параметрів внутрішнього повітряного середовища, які повинні гарантувати оптимальні умови утримання тварин, їх здоров'я та продуктивність. Основні показники приймаються відповідно до чинних нормативних документів і наведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Нормовані параметри мікроклімату встановлюють допустимі межі температури, вологості та швидкості руху повітря, які необхідно забезпечити в приміщеннях для відгодівельного поголів'я свиней.

Таблиця 2.1 – Нормативні параметри мікроклімату у приміщеннях для
утримання свиней

Призначення будівель та приміщень	Температура повітря, °C (розрахункова)	Межі (макс./мін.), °C	Відносна вологість, % (макс./мін.)
Свинарники для відгодівельного поголів'я	19	21 / 17	75 / 40

Оптимальні температурні та вологісні режими є критично важливими, оскільки безпосередньо впливають на інтенсивність росту тварин, ефективність використання кормів та загальний санітарний стан приміщення. Перевищення або зниження допустимих значень призводить до теплового стресу, зниження приростів живої маси та підвищення ризику захворювань.

Нормативні значення параметрів повітря повинні забезпечуватися безпосередньо в зоні перебування тварин, тобто у просторі до 1,0 м над рівнем підлоги. Саме в цій зоні формується основний тепловий і газовий

обмін, тому точність підтримання мікроклімату має вирішальне значення для ефективності виробництва.

Таблиця 2.2 – Допустима швидкість руху повітря у свинарниках

Найменування приміщень	Розрахункова швидкість у холодний та перехідний періоди, м/с	Допустима швидкість у теплий період, м/с
Приміщення для відгодівельного поголів'я	0,3	1,0

Вимоги до повітрообміну встановлюють мінімальні обсяги подачі свіжого повітря залежно від сезону року. Для відгодівельного поголів'я вони становлять:

- у холодний період – не менше 30 м³/год на 1 ц живої маси;
- у перехідний період – 45 м³/год на 1 ц;
- у теплий період – 60 м³/год на 1 ц.

Також визначаються гранично допустимі концентрації шкідливих газів у повітрі тваринницьких приміщень. Зокрема:

- вуглекислий газ (CO₂) – не більше 0,2 % (2 л/м³);
- аміак (NH₃) – до 20 мг/м³;
- сірководень (H₂S) – до 10 мг/м³.

Дотримання цих показників є обов'язковою умовою забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки, стабільної роботи тваринницького комплексу та високої продуктивності поголів'я.

2.2 Постановка завдання на проектування

Виходячи з мети проєкту, аналізу сучасних технологічних рішень, викладених у попередньому розділі, а також з урахуванням зоотехнічних, технологічних, економічних та екологічних вимог, основним завданням

даного розділу є розробка системи (лінії) забезпечення мікроклімату у свинарнику-відгодівельнику.

У межах проєктування необхідно:

- обґрунтувати вибір технологічної схеми забезпечення мікроклімату;
- визначити тип і склад основного обладнання системи вентиляції, опалення та, за потреби, охолодження повітря;
- виконати розрахунок необхідної продуктивності вентиляційного обладнання відповідно до нормативного повітрообміну;
- підібрати технічні засоби механізації та автоматизації процесів регулювання мікроклімату;
- визначити їх кількість і розміщення у виробничому приміщенні;
- розрахувати основні експлуатаційні показники роботи системи (кратність повітрообміну, енерговитрати, ефективність підтримання параметрів повітряного середовища).

Розроблювана система повинна забезпечувати стабільне підтримання нормативних параметрів мікроклімату у всіх технологічних зонах утримання тварин, бути енергоефективною, надійною в експлуатації та адаптованою до сезонних змін зовнішніх кліматичних умов.

2.3 Розробка варіантів технологічного процесу та вибір остаточного варіанту

Підтримання нормативних параметрів мікроклімату у тваринницьких приміщеннях забезпечується за допомогою систем вентиляції, які є основним інженерним інструментом регулювання повітряного середовища. Такі системи виконують комплекс функцій: заміну забрудненого повітря свіжим, регулювання температури (підігрів або охолодження), видалення надлишкової вологи, зниження запиленості, а також часткове знезараження повітря та нейтралізацію шкідливих газів.

Процес вентиляції у свинарниках є багатофакторним і залежить від ряду конструктивних та експлуатаційних параметрів будівлі. До них належать теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій, інтенсивність тепловиділення тваринами, рівень волого- та газоутворення, спосіб видалення гною, а також теплоємність матеріалів, що використовуються в конструкції приміщення. Сукупність цих факторів визначає загальну ефективність роботи вентиляційної системи.

За функціональним призначенням системи вентиляції поділяються на загальнообмінні та локальні. За способом організації повітрообміну вони можуть бути припливними, витяжними або припливно-витяжними. За принципом створення руху повітря розрізняють природні (гравітаційні) та механічні (примусові) системи вентиляції.

Вибір оптимального варіанту вентиляції ускладнюється необхідністю врахування змінних умов експлуатації. Зокрема, потреба у повітрообміні та температурних режимах суттєво змінюється залежно від сезону року, вікової та виробничої групи тварин, а також технології їх утримання. Це вимагає застосування систем із широким діапазоном регулювання параметрів.

Природні системи вентиляції характеризуються конструктивною простотою, відсутністю енергоспоживання на привід обладнання та низькими капітальними витратами. До їх переваг також належить екологічність і відсутність шумового навантаження. Однак основним недоліком є низька стабільність роботи та залежність від зовнішніх кліматичних умов, що обмежує їх використання у сучасних інтенсивних технологіях свинарства.

Примусові (механічні) системи вентиляції забезпечують стабільний та керований повітрообмін незалежно від зовнішніх факторів. Вони дозволяють точно регулювати параметри мікроклімату, легко інтегруються в автоматизовані системи управління та можуть працювати в безперервному режимі. Водночас такі системи є більш складними за конструкцією,

потребують енергетичних витрат, регулярного обслуговування та можуть створювати додатковий шумовий вплив.

Найбільш комплексним способом формування мікроклімату є системи кондиціювання повітря, які забезпечують не лише вентиляцію, а й глибоке регулювання температури, вологості, очищення, іонізації та знезараження повітря. Проте через високу вартість обладнання та експлуатації їх застосування доцільне лише у високотехнологічних тваринницьких комплексах із великою концентрацією поголів'я та підвищеними вимогами до біобезпеки.

За напрямом руху повітря у приміщенні вентиляційні системи поділяють на вертикальні та горизонтальні. Практика показує, що найбільш ефективними є вертикальні схеми організації повітрообміну з подачею повітря зверху вниз, оскільки вони забезпечують кращий розподіл повітряних потоків у зоні перебування тварин і більш ефективно видалення забрудненого повітря.

При проєктуванні систем вентиляції у свинарниках необхідно дотримуватися таких основних вимог:

- припливні повітропроводи доцільно розміщувати у верхній або середній частині приміщення та оснащувати елементами розсіювання (дефлекторами, насадками), що дозволяє запобігти прямому впливу холодного повітря на тварин;

- витяжні канали слід встановлювати у нижній зоні, поблизу розміщення тварин, а при використанні щілинних підлог – додатково передбачати видалення повітря з підпідлогових гнойових каналів;

- не допускається розташування припливних і витяжних отворів навпроти один одного, а також на відстані менш ніж 2,5 м, щоб уникнути короткого замикання повітряних потоків і утворення застійних зон;

- розподільні повітропроводи рекомендується виготовляти з легких, корозійностійких і економічних матеріалів, зокрема полімерів або синтетичних тканин;

– конструкція системи повинна передбачати можливість гнучкого регулювання режимів роботи для забезпечення оптимального мікроклімату в різні періоди року.

Враховуючи результати попередніх розрахунків, особливості технології утримання тварин та нормативні вимоги до мікроклімату, у якості базового варіанту приймається механічна припливно-витяжна система вентиляції з організацією повітрообміну за вертикальною схемою (зверху вниз). Така система забезпечує стабільність параметрів повітря, високу керованість процесом вентиляції та відповідає вимогам сучасних інтенсивних технологій свинарства.

2.4 Визначення обсягу та кратності повітрообміну

Розрахунок необхідного повітрообміну у свинарниках виконується з метою забезпечення нормативних концентрацій шкідливих газів у повітрі приміщення та створення безпечних умов утримання тварин. Основним критерієм є видалення вуглекислого газу (CO_2), який є одним із ключових показників якості повітряного середовища.

Необхідний обсяг повітрообміну визначається за розрахунковою залежністю:

$$V_{\text{п}} = \frac{\rho m_i}{\rho_d - \rho_1},$$

де $V_{\text{п}}$ – необхідний (допустимий) обсяг повітрообміну, $\text{м}^3/\text{год}$; ρ – кількість шкідливих речовин (CO_2), що виділяється однією твариною за годину, $\text{л}/\text{год}$ (для відгодівельного поголів'я $\rho = 44 \text{ л}/\text{год}$); ρ_d – допустима концентрація CO_2 у повітрі приміщення, $\text{л}/\text{м}^3$ ($\rho_d = 2 \text{ л}/\text{м}^3$); ρ_1 – вміст CO_2 у припливному (зовнішньому) повітрі, $\text{л}/\text{м}^3$ ($\rho_1 = 0,3 \text{ л}/\text{м}^3$); m – кількість тварин у приміщенні ($m = 1000$ голів).

Підставляючи вихідні дані, отримуємо:

$$V_p = \frac{44 \cdot 1000}{2 - 0,3} = 25882,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, необхідний обсяг повітрообміну для забезпечення нормативного мікроклімату у приміщенні становить 25882,3 м³/год.

Далі визначаємо кратність повітрообміну, яка показує, скільки разів за годину повністю оновлюється повітря в приміщенні:

$$K_{об} = \frac{V_p}{V_{пр}},$$

де $V_{пр}$ – корисний об'єм приміщення, м³.

За геометричними параметрами свинарника:

$$V_{пр} = 90 \times 12 \times 3,5 = 3780 \text{ м}^3.$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$K_{об} = 25882,3 / 3780 = 6,84$$

Отже, кратність повітрообміну становить 6,84 рази на годину.

Оскільки отримане значення кратності повітрообміну $K_{об} > 3$, це підтверджує доцільність використання механічної (штучної) припливно-втяжної системи вентиляції, яка здатна забезпечити необхідну інтенсивність повітрообміну та стабільність мікрокліматичних параметрів у всіх технологічних режимах експлуатації.

2.5 Вибір типу та розрахунок кількості вентиляційних установок

Формування оптимального мікроклімату у тваринницьких приміщеннях досягається передусім за рахунок організованого повітрообміну. При цьому припливне повітря, залежно від умов експлуатації, може піддаватися додатковій обробці: очищенню від пилу, дезодорації, знезараженню, нагріванню або охолодженню, а також регулюванню вологості. Такий комплексний підхід дозволяє підтримувати необхідні санітарно-гігієнічні параметри середовища.

Вибір технічних засобів і структури системи мікроклімату

визначається, насамперед, необхідною кратністю повітрообміну, а також особливостями технологічного процесу утримання тварин. Практика показує, що застосування окремих елементів (наприклад, лише вентиляції або тільки опалення) не забезпечує стабільного результату. Тому доцільним є використання комплексних систем, у яких усі компоненти узгоджені між собою за продуктивністю та режимами роботи.

У тваринництві широко застосовуються як централізовані, так і децентралізовані системи теплопостачання та вентиляції. Централізовані комплекси (типу «Клімат-2», «Клімат-3») зазвичай використовуються на великих підприємствах і передбачають подачу теплоносія від котельні до калориферів. Децентралізовані рішення (наприклад, «Клімат-4») більш характерні для ферм середньої потужності та базуються на використанні автономних теплогенераторів або електрокалориферів.

Сучасні вентиляційно-опалювальні установки включають:

- припливні агрегати з вентиляторами та калориферами;
- витяжні вентилятори;
- системи автоматичного керування;
- датчики температури, вологості та якості повітря.

Особливу роль відіграють припливні установки, які забезпечують підготовку повітря перед подачею у приміщення. Вони можуть містити калорифери (водяні або електричні), зволожувачі, фільтри та системи регулювання. Наприклад, електрокалориферні установки характеризуються простотою конструкції, високою надійністю та зручністю інтеграції в автоматизовані системи керування, що є важливим для сучасних свинарників.

Разом із тим, аналіз існуючих систем показує, що частина з них орієнтована лише на регулювання температури, що є недостатнім. У холодний період це може призводити до зниження повітрообміну і, як наслідок, до накопичення шкідливих газів. Тому ефективна система повинна забезпечувати незалежне регулювання як температури, так і

повітрообміну.

З урахуванням сучасних вимог до енергоефективності та надійності все більшого поширення набувають багатовентиляторні припливно-витяжні установки, які дозволяють:

- рівномірно розподіляти повітря у приміщенні;
- забезпечувати подачу повітря за схемою «зверху вниз»;
- здійснювати часткову рециркуляцію теплого повітря;
- автоматично підтримувати задані параметри мікроклімату.

До таких систем належать установки типу ПВУ (припливно-витяжні установки), які відзначаються високою надійністю, оскільки вихід з ладу окремого вентилятора не призводить до повної зупинки системи. Крім того, вони дозволяють ефективно поєднувати функції вентиляції та опалення.

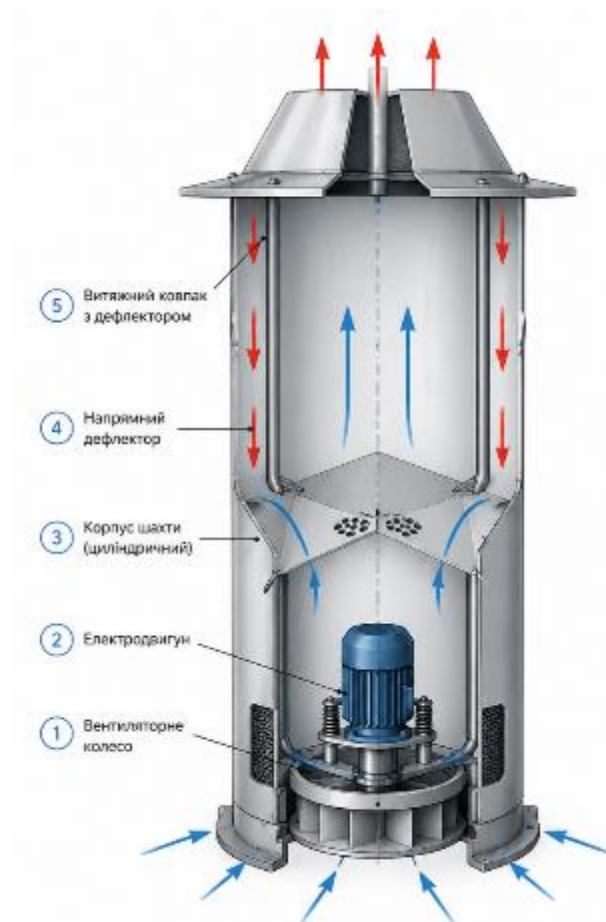


Рисунок 2.1 – Конструкція припливно-витяжної установки ПВУ

Враховуючи проведений аналіз, приймаємо для проєктованого

свинарника припливно-витяжну установку типу ПВУ, яка забезпечує:

- необхідну продуктивність повітрообміну;
- підігрів припливного повітря в холодний період;
- рівномірний розподіл повітря у зоні утримання тварин;
- можливість автоматичного регулювання параметрів мікроклімату.

Проведемо вибір конкретного типорозміру припливно-витяжної установки та визначимо їх необхідну кількість для забезпечення заданих параметрів мікроклімату.

Сумарну продуктивність витяжної частини вентиляційної системи при механічному спонуканні повітрообміну визначаємо з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_b = (2 - 3)V_n,$$

З урахуванням середнього значення коефіцієнта (2,5) отримаємо:

$$V_b = 2,5 \cdot 25882,3 = 64705,7 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Отримане значення враховує необхідність інтенсифікації повітрообміну в теплий період року, нерівномірність розподілу повітряних потоків, а також додаткові втрати продуктивності, пов'язані з опорами повітропроводів і обладнання.

Кількість вентиляційних установок визначаємо за формулою:

$$n_b = \frac{V_b}{Q_b},$$

де Q_b – продуктивність однієї вентиляційної установки.

Розглянемо можливі варіанти: ПВУ-4: $Q_b=16000 \text{ м}^3/\text{год}$; ПВУ-6: $Q_b=36000 \text{ м}^3/\text{год}$; ПВУ-9: $Q_b=72000 \text{ м}^3/\text{год}$.

З урахуванням розрахованої потреби доцільно обрати установку більшої продуктивності, що дозволить зменшити кількість обладнання та спростити систему керування.

Для установки ПВУ-9 маємо:

$$n_b = \frac{64705,7}{72000} = 0,9$$

Оскільки кількість установок повинна бути цілим числом, приймаємо одну припливно-витяжну установку типу ПВУ-9.

Слід зазначити, що установка ПВУ-9 конструктивно включає кілька (зокрема 9) витяжних каналів (шахт), кожен з яких має продуктивність близько 8000 м³/год. Така багатовентиляторна структура забезпечує:

- рівномірний розподіл витяжки по об'єму приміщення;
- підвищену надійність системи (при виході з ладу одного вентилятора система продовжує працювати);
- можливість ступінчастого або плавного регулювання повітрообміну.

Додатковою перевагою вибору ПВУ-9 є наявність резерву продуктивності, що дозволяє:

- компенсувати пікові теплові та газові навантаження;
- адаптувати режим роботи до сезонних змін;
- забезпечити стабільність мікроклімату при зміні кількості або маси тварин.

Таким чином, застосування однієї установки ПВУ-9 є технічно доцільним, енергетично обґрунтованим і повністю забезпечує необхідні параметри повітрообміну у свинарнику-відгодівельнику на 1000 голів.

2.6 Висновки до розділу

У результаті виконаного проєктування технологічної лінії забезпечення мікроклімату у свинарнику-відгодівельнику встановлено, що підтримання нормативних параметрів повітряного середовища є ключовою умовою ефективного ведення тваринництва. На основі аналізу вихідних даних і нормативних вимог визначено оптимальні значення температури, вологості, швидкості руху повітря та допустимих концентрацій шкідливих газів.

Обґрунтовано доцільність застосування механічної припливно-

втяжної системи вентиляції з організацією повітрообміну за вертикальною схемою «зверху вниз», яка забезпечує рівномірний розподіл повітря та ефективне видалення забруднень із зони перебування тварин. У ході розрахунків визначено необхідний обсяг повітрообміну ($\approx 25,9$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$) та кратність (6,84 рази/год), що підтверджує потребу в інтенсивній та керованій вентиляції.

На основі техніко-економічного аналізу обрано припливно-втяжну установку типу ПВУ-9, яка забезпечує необхідну продуктивність, надійність роботи та можливість автоматичного регулювання параметрів мікроклімату. Прийняте рішення дозволяє ефективно компенсувати теплові та газові навантаження, адаптувати систему до сезонних змін і гарантувати стабільні умови утримання поголів'я.

Таким чином, розроблена система є технічно обґрунтованою, енергоефективною та відповідає сучасним вимогам до організації мікроклімату у свинарниках, забезпечуючи підвищення продуктивності тварин і покращення санітарно-гігієнічних умов виробництва.

3 РОЗРОБКА БАКТЕРИЦИДНОГО РЕЦИРКУЛЯТОРА ПОВІТРЯ

3.1 Обґрунтування необхідності знезараження повітря

Ефективне функціонування тваринницьких приміщень, зокрема свинарників-відгодівельників, значною мірою залежить не лише від параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху повітря), але й від санітарно-гігієнічного стану повітряного середовища. Одним із ключових факторів, що впливають на здоров'я тварин і продуктивність виробництва, є мікробне забруднення повітря.

У процесі утримання свиней у повітрі приміщення накопичуються патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, грибки), які потрапляють у повітря з виділеннями тварин, підстилки, кормів, гною та пилу. Особливо інтенсивне мікробне навантаження спостерігається у приміщеннях із високою щільністю утримання поголів'я та обмеженим повітрообміном. За таких умов навіть ефективна вентиляція не завжди забезпечує достатній рівень очищення повітря від біологічних забруднень.

Підвищена концентрація мікроорганізмів у повітрі є причиною виникнення та поширення інфекційних і респіраторних захворювань у тварин. Це, у свою чергу, призводить до зниження приростів живої маси, погіршення конверсії кормів, підвищення падежу та зростання витрат на ветеринарні заходи. Крім того, забруднене повітря негативно впливає і на обслуговуючий персонал, підвищуючи ризик професійних захворювань.

Сучасні системи вентиляції забезпечують видалення надлишкової вологи, тепла та шкідливих газів, однак їх ефективність щодо зниження мікробного навантаження є обмеженою. Це обумовлює необхідність впровадження додаткових технічних засобів для знезараження повітря безпосередньо у приміщенні.

Одним із найбільш ефективних і економічно доцільних способів очищення повітря від мікроорганізмів є використання бактерицидних рециркуляторів. Принцип їх роботи полягає у примусовому пропусканні повітря через зону дії ультрафіолетового (УФ) випромінювання, яке має виражену бактерицидну дію. УФ-випромінювання руйнує структуру ДНК мікроорганізмів, що призводить до їх інактивації та втрати здатності до розмноження.

Застосування рециркуляторів має ряд суттєвих переваг:

- можливість безперервної роботи у присутності тварин (у разі закритого типу установок);
- зниження концентрації патогенних мікроорганізмів у повітрі;
- покращення загального санітарного стану приміщення;
- зменшення ризику виникнення інфекційних захворювань;
- підвищення ефективності виробництва та біобезпеки господарства.

Особливо актуальним є використання бактерицидних рециркуляторів у холодний період року, коли інтенсивність вентиляції обмежується з метою збереження тепла, що сприяє накопиченню мікрофлори у повітрі. У таких умовах рециркуляція та знезараження повітря стають важливими елементами підтримання оптимального мікроклімату.

3.2 Аналіз існуючих конструкцій бактерицидних рециркуляторів

Бактерицидні рециркулятори повітря належать до класу пристроїв, призначених для знезараження повітряного середовища шляхом впливу ультрафіолетового (УФ) випромінювання. Вони широко застосовуються у медичних, громадських та тваринницьких приміщеннях, зокрема у свинарниках, де необхідно забезпечити зниження мікробного навантаження без припинення технологічного процесу. Основною перевагою рециркуляторів закритого типу є можливість їх безпечної роботи у

присутності людей і тварин, що є критично важливим для безперервного виробництва.

Аналіз існуючих конструкцій показує, що більшість сучасних рециркуляторів побудовані за однаковим принципом: повітря за допомогою вентилятора примусово подається у внутрішню камеру, де піддається дії бактерицидного УФ-випромінювання, після чого повертається у приміщення. Ефективність роботи таких пристроїв визначається тривалістю опромінення, інтенсивністю випромінювання, швидкістю повітряного потоку та конструкцією камери знезараження.

Відомий ультрафіолетовий знезаражувач-рециркулятор повітря у приміщеннях (рис. 3.1) містить корпус, трубчасту круглоциліндричну камеру, бактерицидну лампу, систему вентиляторів для забору та викиду повітря, світловідбивний шар, модуль живлення та програмований таймер.



Рисунок 3.1 – Відомий ультрафіолетовий знезаражувач-рециркулятор повітря

Така конструкція дозволяє забезпечити базовий рівень знезараження повітря. Проте суттєвим недоліком є відсутність автоматичного регулювання швидкості повітряного потоку, зокрема через відсутність датчика швидкості повітря. Це призводить до того, що повітря може проходити через камеру занадто швидко, не отримуючи достатньої дози УФ-опромінення, що знижує ефективність знезараження.

Іншим прикладом є пристрій бактерицидного знезараження повітря, в якому камера виконана у вигляді циліндра, а джерело УФ-випромінювання розміщене вісесиметрично. Така схема дозволяє максимально ефективно використовувати бактерицидний потік і забезпечує рівномірне опромінення повітря. Водночас недоліками є відсутність автоматизації процесу, а також відсутність системи самоочищення внутрішніх поверхонь. У процесі експлуатації це призводить до накопичення пилу на лампах і відбивачах, що значно знижує ефективність випромінювання. Крім того, відсутність фільтрів не запобігає потраплянню великих частинок і комах у робочу камеру.

Також відомі рециркулятори повітря (рис. 3.2) прямокутної форми, які містять корпус із кількома бактерицидними лампами та вентиляторами для створення повітряного потоку. Такі пристрої є конструктивно простими та достатньо поширеними. Однак вони мають ряд суттєвих недоліків: відсутність автоматичного керування процесом знезараження, неможливість контролю ефективності роботи ламп, а також підвищені енерговитрати через одночасну роботу кількох джерел випромінювання. Відомо, що в процесі експлуатації інтенсивність УФ-випромінювання ламп зменшується більш ніж на 20 %, що без відповідного контролю призводить до зниження якості знезараження. Використання лише лічильників часу роботи не дозволяє точно визначити момент втрати ефективності ламп.

Загальний аналіз існуючих конструкцій показує, що їх основними недоліками є:

- недостатній рівень автоматизації процесу знезараження;

- відсутність контролю параметрів повітряного потоку;
- зниження ефективності через забруднення внутрішніх поверхонь;
- відсутність систем контролю інтенсивності УФ-випромінювання;
- підвищені енерговитрати;
- обмежені можливості технічного обслуговування.

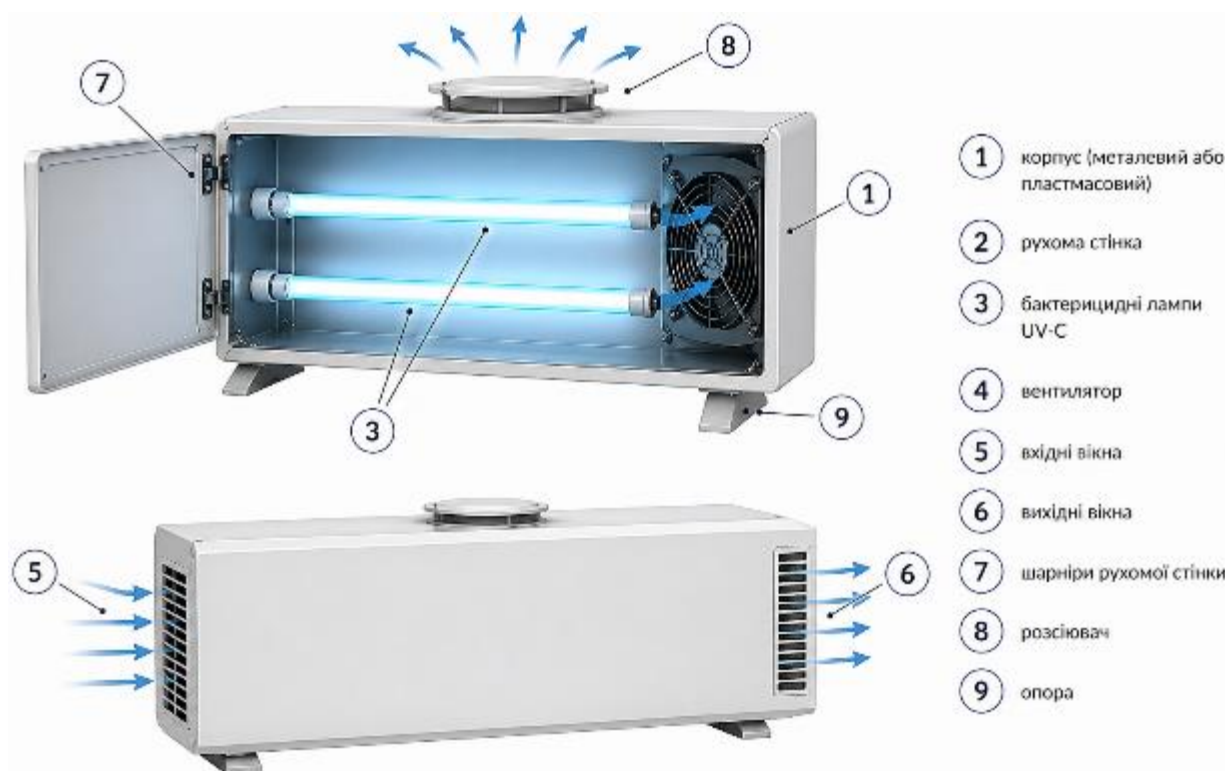


Рисунок 3.2 – Відомі рециркулятори повітря прямокутної форми

У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення конструкції бактерицидних рециркуляторів з метою підвищення їх ефективності та енергоекономічності.

Корисна модель, що пропонується, належить до пристроїв бактерицидного знезараження повітря з використанням ультрафіолетового випромінювання у невеликих за обсягом закритих приміщеннях у присутності людей і тварин. Її призначенням є інактивація мікроорганізмів різних видів у повітряному середовищі та зменшення поширення збудників інфекційних захворювань, що передаються повітряним і повітряно-крапельним шляхом.

Метою розробки є підвищення ефективності процесу знезараження повітря, покращення його якості та зниження енерговитрат шляхом впровадження автоматизованого керування роботою пристрою.

Поставлена задача вирішується шляхом створення бактерицидного рециркулятора, в якому передбачено:

- встановлення фільтрів із сітчастого матеріалу для затримання механічних домішок;
- використання блока автоматичного керування;
- впровадження датчика інтенсивності ультрафіолетового випромінювання;
- застосування датчика швидкості повітряного потоку.

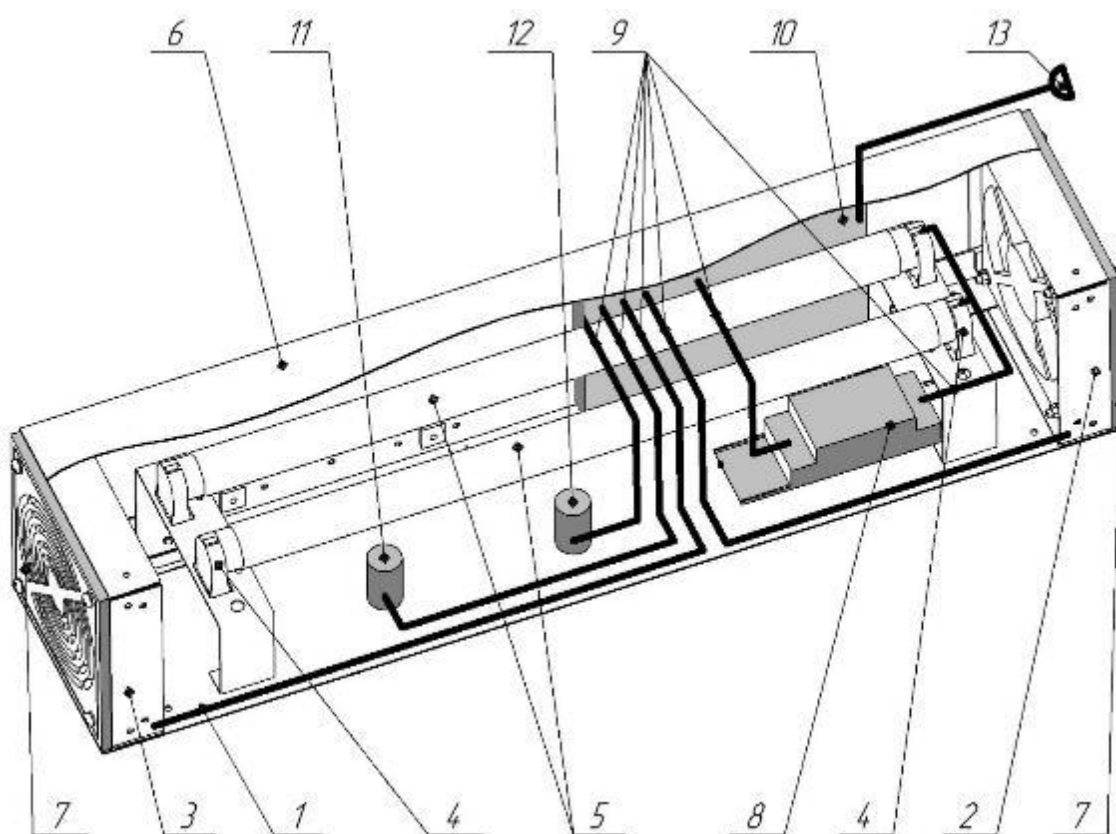
Завдяки такому технічному рішенню забезпечується оптимальна тривалість опромінення повітря, підвищується ефективність знезараження, зменшуються енерговитрати та спрощується технічне обслуговування обладнання. Крім того, автоматизація процесу дозволяє адаптувати режими роботи рециркулятора до реальних умов експлуатації, що є особливо важливим для тваринницьких приміщень із змінними параметрами мікроклімату.

3.3 Вибір принципової схеми та конструкції рециркулятора

Для забезпечення ефективного знезараження повітря у свинарських приміщеннях доцільно застосовувати рециркуляційні бактерицидні установки закритого типу, що дозволяють обробляти повітря без виведення тварин із зони утримання. З урахуванням підвищеної запиленості, наявності аміаку, сірководню та біоаерозолів у свинарниках, обрана принципова схема повинна поєднувати функції механічної фільтрації, інтенсивного ультрафіолетового опромінення та керованого повітряного потоку.

В якості базового рішення прийнято конструкцію бактерицидного рециркулятора (рис. 3.3), що реалізує примусову циркуляцію повітря через

закриту камеру знезараження. Основу пристрою становить несуча рама, на якій змонтовано всі функціональні елементи системи. На вхідному та вихідному торцях конструкції встановлюються вентилятори, які відповідно забезпечують забір забрудненого повітря з приміщення та повернення очищеного повітря назад у зону утримання тварин. Така схема створює локальний замкнений повітряний контур, що особливо важливо для свинарників із обмеженою природною вентиляцією.



- 1 – каркас (рама); 2 – вентилятор для всмоктування забрудненого повітря;
 3 – вентилятор для видалення очищеного повітря; 4 – система фіксації
 бактерицидних ламп; 5 – ультрафіолетові бактерицидні лампи; 6 – кришка
 з внутрішнім світловідбивним покриттям; 7 – фільтрувальні елементи; 8 –
 електропроводка; 9 – електронний баластний модуль; 10 – блок керування
 пристроєм; 11 – датчик контролю інтенсивності УФ-випромінювання; 12 –
 датчик вимірювання швидкості повітряного потоку; 13 – кабель
 електроживлення зі штепсельною вилкою

Рисунок 3.3 – Принципова схема та конструкція рециркулятора

Всередині корпусу передбачено систему кріплення ультрафіолетових бактерицидних ламп, які є основним джерелом знезаражувального випромінювання. Для підвищення ефективності використання УФ-потoku внутрішні поверхні камери виконані зі світловідбиваючим покриттям. Це забезпечує багаторазове відбиття променів та збільшення дози опромінення повітряного потоку без підвищення енергоспоживання. Такий підхід є особливо доцільним у свинарниках, де концентрація мікроорганізмів значно вища, ніж у побутових або адміністративних приміщеннях.

На вході та виході рециркулятора встановлюються фільтрувальні елементи сітчастого типу, які виконують функцію попереднього очищення повітря від крупнодисперсного пилу, шерсті та інших механічних домішок. Це дозволяє зменшити забруднення внутрішніх поверхонь і підвищити стабільність роботи бактерицидних ламп. За необхідності конструкція може бути доповнена багатоступеневою системою фільтрації для роботи в умовах підвищеного пилового навантаження.

Електроживлення та керування роботою рециркулятора здійснюється через блок керування, який об'єднує всі електричні компоненти системи. До нього підключаються вентилятори, електронний баласт ламп, а також датчики контролю параметрів роботи. Зокрема, у внутрішньому об'ємі передбачено встановлення датчика інтенсивності ультрафіолетового випромінювання та датчика швидкості повітряного потоку. Використання цих датчиків дозволяє реалізувати адаптивний режим роботи, при якому продуктивність вентиляторів та кількість задіяних ламп автоматично змінюються залежно від умов експлуатації.

Принцип роботи рециркулятора полягає у наступному. Забруднене повітря із свинарського приміщення через вхідний фільтр надходить до вентилятора, який подає його у внутрішню камеру. Тут повітряний потік проходить через зону інтенсивного ультрафіолетового опромінення, де під дією бактерицидного випромінювання відбувається інактивація патогенних мікроорганізмів, вірусів і грибової мікрофлори. Тривалість перебування

повітря у камері визначається швидкістю його руху, яка регулюється зміною частоти обертання вентиляторів. Після обробки повітря проходить через вихідний фільтр і повертається у приміщення.

Важливою конструктивною особливістю є наявність автоматизованої системи контролю, яка забезпечує підтримання заданих параметрів знезараження. У разі зниження інтенсивності ультрафіолетового випромінювання понад допустимий рівень система подає сигнал про необхідність обслуговування або заміни ламп. Це є критично важливим для свинарських господарств, де безперервність роботи обладнання напряду впливає на санітарний стан приміщень і здоров'я тварин.

Додатково в конструкції передбачено режим самоочищення, який дозволяє видаляти пилові відкладення з внутрішніх поверхонь шляхом циклічного вмикання вентиляторів без роботи ламп. Такий режим особливо актуальний для свинарників, де накопичення органічного пилу відбувається інтенсивніше, ніж у інших типах приміщень.

Отже, обрана принципова схема рециркулятора забезпечує поєднання високої ефективності знезараження, енергоефективності та адаптивності до умов свинарських приміщень. Запропонована конструкція дозволяє підтримувати необхідний санітарно-гігієнічний стан повітря, зменшувати концентрацію шкідливих біологічних агентів та покращувати мікроклімат у зоні утримання тварин, що є важливою передумовою підвищення продуктивності свинарства.

3.4 Розрахунок основних параметрів рециркулятора

Розрахунок основних параметрів бактерицидного рециркулятора для умов свинарника виконується з урахуванням геометричних характеристик приміщення, вимог до повітрообміну та параметрів ультрафіолетового знезараження повітря. Розглянуте приміщення має розміри $90 \times 12 \times 3,5$ м, що відповідає загальному внутрішньому об'єму, який визначається залежністю

$$V_{\text{пр}} = L \cdot B \cdot H,$$

де L , B та H – відповідно довжина, ширина та висота приміщення.

Підставивши значення, отримуємо $V_{\text{пр}}=90 \cdot 12 \cdot 3,5=3780 \text{ м}^3$, що характеризує значний об'єм повітряного середовища, схильного до накопичення біологічних забруднювачів, аміаку та пилових частинок у процесі утримання тварин.

Необхідний повітрообмін для забезпечення нормативного мікроклімату визначається через кратність оновлення повітряного середовища, що описується співвідношенням

$$L = K \cdot V_{\text{пр}} L$$

де L – загальна витрата повітря, а K – кратність повітрообміну. Для розглянутого випадку прийнято значення $L=25882,3 \text{ м}^3/\text{год}$, що відповідає кратності приблизно $K=L/V_{\text{пр}}=25882,3/3780 \approx 6,85 \text{ 1/год}$. Це означає, що повітря в приміщенні повинно проходити повний цикл оновлення майже сім разів на годину, що є характерним для інтенсивних тваринницьких об'єктів із високим рівнем біологічного навантаження.

Реалізація такого повітрообміну за допомогою одного рециркулятора з продуктивністю $Q=78,15 \text{ м}^3/\text{год}$ призводить до необхідності теоретичної кількості пристроїв, яка визначається як

$$N = L / Q.$$

Підставивши значення, отримуємо $N \approx 25882,3/78,15 \approx 331$, що підтверджує неможливість одноразового повітрообміну лише за рахунок дискретних пристроїв. У зв'язку з цим система знезараження повітря повинна функціонувати на основі багаторазової рециркуляції, при якій один і той самий об'єм повітря проходить через зону ультрафіолетового опромінення багаторазово, поступово накопичуючи бактерицидну дозу.

Фізичний процес очищення повітря в рециркуляторі базується на проходженні повітря через робочу камеру, об'єм якої визначається геометрією пристрою $V_{\text{кам}}=0,552 \cdot 0,135 \cdot 0,136=0,0101 \text{ м}^3$. Час перебування

повітря в зоні опромінення визначається як $t = V_{\text{кам}} / Q_t$, де Q – об’ємна витрата повітря в перерахунку на секунду. Перевівши продуктивність у відповідні одиниці $Q = 78,15 / 3600 = 0,0217 \text{ м}^3/\text{с}$, отримуємо час експозиції $t \approx 0,0101 / 0,0217 \approx 0,46 \text{ с}$, що є критично важливим параметром для формування бактерицидної дози.

Бактерицидна дія забезпечується ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі 253,7 нм, що відповідає максимуму поглинання ДНК мікроорганізмів. Інтенсивність випромінювання в робочій зоні визначається як відношення оптичної потужності до площі опромінення

$$E = P / A.$$

При сумарній потужності ламп близько 7 Вт та площі перерізу камери $A = 0,552 \cdot 0,135 = 0,0745 \text{ м}^2$, отримуємо інтенсивність $E \approx 94 \text{ Вт/м}^2$, що в перерахунку відповідає приблизно $9,4 \text{ мВт/см}^2$.

Бактерицидна доза ультрафіолетового опромінення визначається як добуток інтенсивності випромінювання на час експозиції

$$D = E \cdot t.$$

Підставляючи розрахункові значення, отримуємо $D \approx 9,4 \cdot 0,46 \approx 4,37 \text{ мДж/см}^2$, що характеризує ефективність одного проходу повітря через рециркулятор. Порівняння з нормативними значеннями показує, що для інактивації бактерій необхідна доза становить 5–10 мДж/см², для вірусів 10–30 мДж/см², а для спор до 50 мДж/см², що свідчить про недостатність однократного проходження повітря.

У зв’язку з цим ефективність системи визначається кратністю проходження повітря через зону опромінення, яка описується залежністю $n = D_{\text{необх}} / D_{\text{факт}}$. Для бактерій ця кратність становить приблизно $n \approx 2,3$, а для вірусів – $n \approx 4,6$, що означає необхідність багаторазової циркуляції повітря для досягнення повного санітарного ефекту.

Таким чином, загальна ефективність системи є функцією кількох взаємопов’язаних параметрів $\eta = f(K, t, E, n)$, де кратність повітрообміну, час експозиції, інтенсивність випромінювання та кількість циклів визначають

кінцевий результат знезараження. У реальних умовах свинарника досягається не миттєве очищення всього об'єму повітря, а його поступова кумулятивна дезінфекція за рахунок багаторазового проходження через зону УФ-опромінення.

Практична реалізація такої системи передбачає встановлення не одного, а групи рециркуляторів у кількості 20 одиниць (1 на 2 станка в приміщенні), що забезпечує рівномірний розподіл потоків повітря, усунення застійних зон та підвищення кратності очищення. При цьому важливу роль відіграє організація внутрішньої аеродинаміки приміщення, оскільки перемішування повітря вентиляційними потоками безпосередньо впливає на ефективність знезараження.

У підсумку слід зазначити, що отримані розрахункові залежності підтверджують доцільність використання бактерицидних рециркуляторів як елементів багатоступеневої системи мікрокліматичного забезпечення. Їх ефективність визначається не миттєвим пропусканням повітря, а накопиченням дози ультрафіолетового опромінення в часі, що дозволяє забезпечити стабільне зниження мікробіологічного забруднення повітряного середовища в умовах інтенсивного тваринництва.

З наведених даних видно, що зі збільшенням швидкості повітряного потоку в рециркуляторі відбувається суттєве зменшення часу перебування повітря в зоні ультрафіолетового опромінення, що безпосередньо призводить до зниження дози бактерицидного впливу. Залежність має обернений характер і наближається до гіперболічної, що пояснюється співвідношенням:

$$D = P \cdot V_{\text{кам}} / A \cdot Q$$

або з урахуванням швидкості потоку:

$$D \sim 1/v$$

Таким чином, підвищення швидкості повітря хоча й збільшує продуктивність системи, але одночасно зменшує ефективність знезараження за один прохід.

На графіку (рис. 3.4) наведено зміну бактерицидної дози при збільшенні швидкості повітряного потоку в робочій камері рециркулятора. Спостерігається чітка обернена залежність: при зростанні швидкості з $\sim 0,15$ м/с до $\sim 0,87$ м/с доза знижується майже у 6 разів – з ~ 87 мДж/см² до $\sim 14,5$ мДж/см².

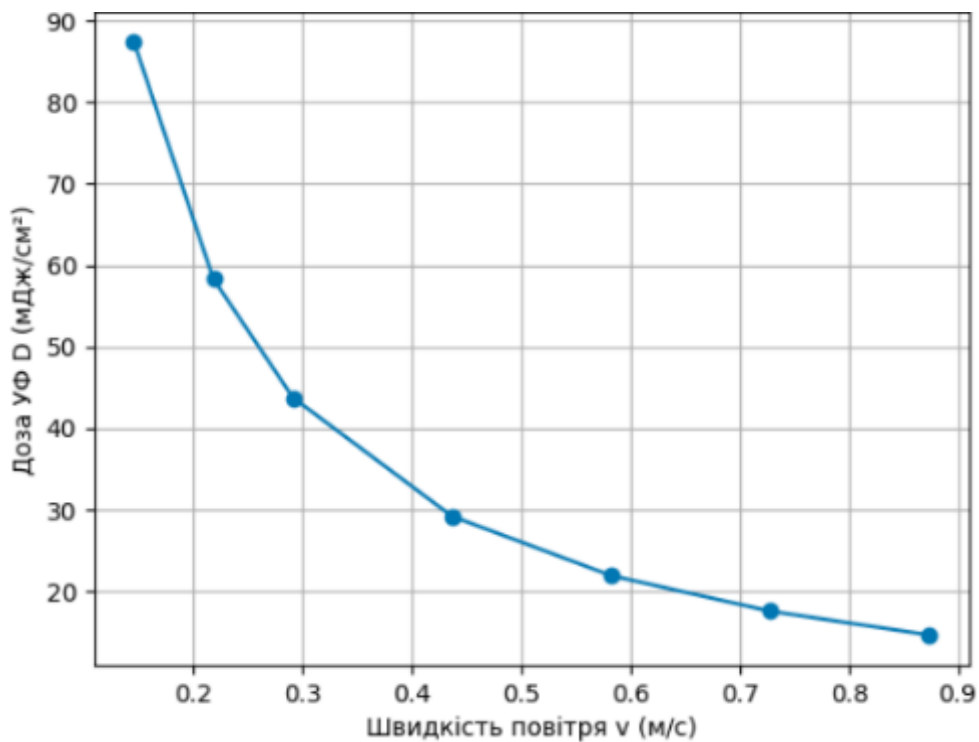


Рисунок 3.4 – Графік залежності дози УФ-випромінювання від швидкості повітря

Отримані результати підтверджують, що ключовим параметром ефективності бактерицидного рециркулятора є не лише потужність ультрафіолетових ламп, а й швидкість повітряного потоку. Оптимізація роботи системи повинна передбачати компроміс між продуктивністю вентилятора та часом експозиції повітря в зоні УФ-опромінення.

З практичної точки зору це означає, що для умов свинарника доцільно використовувати регульовану швидкість вентилятора, яка дозволяє адаптувати режим роботи рециркулятора до рівня мікробіологічного навантаження. При підвищеному забрудненні доцільно знижувати

швидкість потоку для збільшення дози опромінення, тоді як у штатному режимі можливе підвищення продуктивності при допустимому рівні знезараження.

3.5 Електрична схема рециркулятора

Електрична схема рециркулятора повітря призначена для забезпечення стабільної та безпечної роботи системи знезараження і циркуляції повітря у тваринницьких приміщеннях, зокрема у свинарниках. Загальна структура електричної частини пристрою побудована таким чином, щоб забезпечити одночасну роботу бактерицидних ламп, вентиляційного модуля та системи керування режимами роботи, а також гарантувати захист елементів від перевантажень і аварійних режимів.

Спрощена електрична схема рециркулятора наведена на рис. 3.5 і включає основні функціональні вузли: бактерицидні лампи EL1 та EL2, пускорегулювальні елементи SF1 і SF2 (стартери), дросель LL (електромагнітний пускорегулювальний апарат – ЕмПРА), вентилятор М, індикатор наявності напруги HL1, баластний резистор R1, запобіжник FU1, а також електронний таймер, який керує режимами вмикання та вимикання установки.

Основним функціональним навантаженням рециркулятора є бактерицидні ультрафіолетові лампи EL1 та EL2. Вони призначені для знезараження повітряного потоку, що проходить через корпус пристрою. Живлення ламп здійснюється через пускорегулювальний апарат, який включає дросель LL і стартери SF1 та SF2. Дросель виконує функцію обмеження струму під час запуску ламп, а також стабілізації їх роботи в робочому режимі. Стартери забезпечують початковий розряд, необхідний для запалювання газорозрядних ламп ультрафіолетового випромінювання.

Важливим елементом схеми є вентилятор М, який забезпечує примусову циркуляцію повітря через зону опромінення бактерицидними

лампами. Таким чином, створюється безперервний потік повітря, що проходить через зону ультрафіолетового опромінення, що підвищує ефективність знезараження повітряного середовища у свинарнику. Живлення вентилятора здійснюється від тієї ж мережі змінного струму 220 В, що і основні елементи установки.

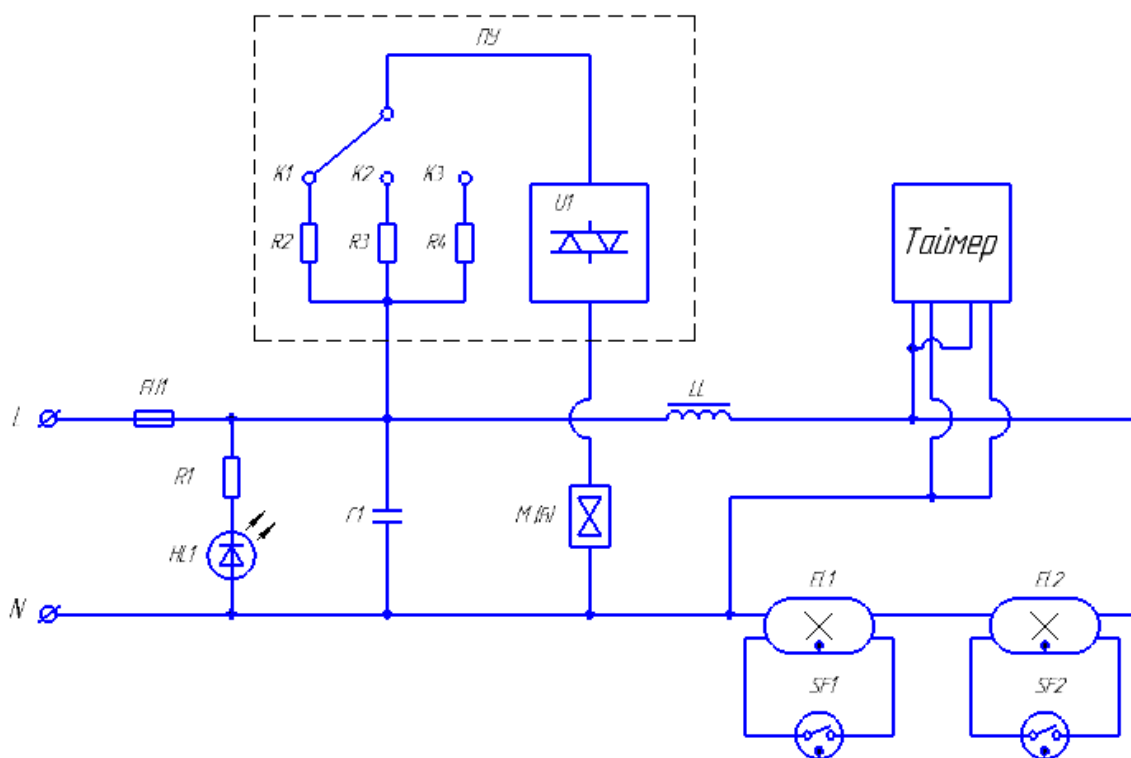


Рисунок 3.5 – Електрична схема рециркулятора

Для контролю наявності живлення в схемі передбачено індикатор HL1, який сигналізує про подачу напруги на пристрій. Це дозволяє обслуговуючому персоналу швидко оцінити стан роботи рециркулятора без необхідності додаткових вимірювань. Захист електричної частини від коротких замикань та перевантажень здійснюється за допомогою плавкого запобіжника FU1, який відключає живлення у разі виникнення аварійної ситуації, запобігаючи пошкодженню обладнання та можливого виникненню пожежонебезпечних ситуацій.

Окрему важливу роль у схемі відіграє баластний резистор R1, який використовується для стабілізації електричних режимів роботи окремих

елементів схеми та обмеження струмових імпульсів у перехідних процесах. Це сприяє підвищенню надійності та довговічності як ламп, так і пускорегулювальних елементів.

Ключовим елементом системи керування є електронний таймер, який забезпечує автоматизацію роботи рециркулятора. Його основна функція полягає у програмованому вмиканні та вимиканні пристрою відповідно до заданих користувачем часових інтервалів. Це дозволяє оптимізувати режим роботи системи знезараження повітря, зменшити енергоспоживання та забезпечити необхідний рівень санітарної обробки повітря у приміщенні без постійної участі оператора.

Таймер працює від стандартної мережі змінного струму напругою 220 В і розрахований на струмове навантаження до 16 А, що дозволяє безпосередньо керувати роботою рециркулятора без додаткових проміжних реле у більшості випадків. Точність встановлення часу становить 1 хвилину, що забезпечує достатню гнучкість у налаштуванні режимів роботи системи.

Функціонально таймер підтримує до 8 циклів вмикання та вимикання протягом доби, що дає можливість організувати багатофазний режим роботи рециркулятора відповідно до технологічних потреб утримання тварин. Крім добового програмування, пристрій дозволяє задавати режими роботи за днями тижня, що особливо важливо при нерівномірному навантаженні на систему вентиляції та знезараження в різні періоди експлуатації свинарника.

Для зручності користувача таймер має 24-годинний формат відображення часу та містить до 15 програмних комбінацій, що дозволяє гнучко налаштовувати режими роботи під конкретні умови господарства. Внутрішнє живлення таймера здійснюється від батареї типу CR2032, яка забезпечує збереження налаштувань при відключенні основного електроживлення.

Загалом електрична схема рециркулятора РЦП 01С-30-001 є простою, але функціонально достатньо надійною системою, яка поєднує елементи освітлювально-бактерицидної обробки повітря, примусової вентиляції та

автоматизованого керування режимами роботи. Така структура забезпечує ефективну експлуатацію пристрою у складних умовах тваринницьких приміщень, де важливими є стабільність роботи, енергоефективність та мінімізація людського втручання.

Завдяки поєднанню електромеханічних та електронних компонентів схема забезпечує високий рівень надійності, простоту обслуговування та можливість адаптації режимів роботи під конкретні технологічні вимоги свинарника. Це робить рециркулятор ефективним елементом системи підтримання санітарно-гігієнічних умов утримання тварин.

3.6 Висновки до розділу

Виконано комплексне обґрунтування, розробку та розрахунок бактерицидного рециркулятора повітря для умов свинарника. Показано, що в сучасних тваринницьких приміщеннях рівень мікробіологічного забруднення повітря є одним із ключових факторів, який безпосередньо впливає на здоров'я тварин, їх продуктивність та загальний санітарний стан господарства. Встановлено, що традиційні системи вентиляції не забезпечують достатнього рівня знезараження повітря, що обумовлює необхідність застосування додаткових технічних засобів, зокрема бактерицидних рециркуляторів.

У результаті аналізу існуючих конструкцій встановлено їх основні недоліки, серед яких недостатній рівень автоматизації, відсутність контролю параметрів повітряного потоку та інтенсивності УФ-випромінювання, а також зниження ефективності роботи внаслідок забруднення внутрішніх елементів. На основі цього запропоновано удосконалену конструкцію рециркулятора, яка включає систему фільтрації, автоматизований блок керування, датчики контролю основних параметрів роботи та світловідбивні поверхні для підвищення ефективності ультрафіолетового опромінення.

Виконані розрахунки основних параметрів показали, що ефективність знезараження повітря залежить від кратності повітрообміну, швидкості повітряного потоку, часу експозиції та інтенсивності УФ-випромінювання. Встановлено, що для досягнення нормативного рівня санітарної безпеки необхідна багаторазова циркуляція повітря через зону опромінювання, оскільки однократний прохід не забезпечує достатньої бактерицидної дози. Виявлено обернену залежність між швидкістю повітряного потоку та ефективністю знезараження, що визначає необхідність регулювання режимів роботи рециркулятора.

Розроблена електрична схема забезпечує надійну роботу всіх функціональних вузлів пристрою, включаючи бактерицидні лампи, вентилятори та систему керування на базі електронного таймера. Запропоноване технічне рішення дозволяє автоматизувати процес знезараження повітря, знизити енергоспоживання та підвищити безпеку експлуатації обладнання.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Забезпечення належного мікроклімату у свинарських приміщеннях є важливою складовою технології утримання тварин, яка безпосередньо впливає не лише на продуктивність поголів'я, але й на безпеку працівників та екологічний стан навколишнього середовища. Умови роботи у свинарниках характеризуються підвищеною вологістю, наявністю шкідливих газів (аміак, сірководень, вуглекислий газ), біоаерозолів та пилу органічного походження, що створює потенційні ризики для здоров'я обслуговуючого персоналу.

У зв'язку з цим системи мікроклімату, зокрема вентиляція, обігрів, охолодження та бактерицидна обробка повітря, повинні розглядатися не лише як технологічні елементи, але й як засоби забезпечення охорони праці та екологічної безпеки. Впровадження сучасних рециркуляційних систем знезараження повітря дозволяє одночасно підвищити біобезпеку тваринницьких приміщень та зменшити негативний вплив на довкілля.

У процесі експлуатації свинарників працівники піддаються впливу низки шкідливих виробничих факторів:

- підвищена концентрація аміаку (NH_3), сірководню (H_2S) та вуглекислого газу (CO_2);
- біологічні аерозолі (бактерії, віруси, грибки);
- органічний пил і частинки підстилки та кормів;
- підвищена вологість повітря (до 80–90 %);
- шум від вентиляційного обладнання;
- ультрафіолетове випромінювання при роботі бактерицидних установок;
- електричні ризики при обслуговуванні обладнання.

Тривалий вплив цих факторів може призводити до розвитку професійних захворювань органів дихання, алергічних реакцій,

подразнення слизових оболонок, а також загального зниження працездатності персоналу. Особливо небезпечним є поєднання високої вологості та аміаку, що сприяє корозії обладнання та погіршенню санітарних умов.

Для забезпечення безпечних умов праці при обслуговуванні систем мікроклімату свинарника необхідно впроваджувати комплекс організаційних та технічних заходів.

Організаційні заходи включають:

- інструктаж персоналу з правил експлуатації вентиляційного та бактерицидного обладнання;
- періодичне навчання з питань охорони праці та електробезпеки;
- контроль за дотриманням режимів роботи обладнання;
- регламентне технічне обслуговування систем мікроклімату;
- ведення журналів перевірки стану вентиляційних та рециркуляційних установок.

Технічні заходи включають:

- використання закритих бактерицидних рециркуляторів, що виключають прямий вплив УФ-випромінювання на персонал;
- встановлення захисних решіток і кожухів на рухомі частини вентиляторів;
- застосування автоматизованих систем керування, які мінімізують ручне втручання;
- впровадження датчиків контролю концентрації шкідливих газів та параметрів мікроклімату;
- використання систем аварійного вимкнення електроживлення;
- заземлення електрообладнання та застосування пристроїв захисного відключення.

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці при роботі з ультрафіолетовими лампами, оскільки пряме опромінення може викликати опіки шкіри та ушкодження органів зору. У зв'язку з цим бактерицидні

установки повинні мати повністю закриту конструкцію та блокування доступу до джерел випромінювання під час роботи.

Бактерицидні рециркулятори, що використовуються для знезараження повітря у свинарниках, відносяться до електротехнічного обладнання з підвищеним рівнем відповідальності, оскільки поєднують електричні, механічні та оптичні елементи.

Основні вимоги безпеки при їх експлуатації:

- забороняється відкривати корпус пристрою під час роботи;
- обслуговування ламп здійснюється лише після повного відключення живлення;
- заміна бактерицидних ламп проводиться у захисних рукавичках;
- забороняється перебування персоналу в зоні можливого витоку УФ-випромінювання;
- необхідно регулярно перевіряти справність блоків живлення та пускорегулювальних пристроїв;
- електропроводка повинна бути захищена від вологи та механічних пошкоджень.

Застосування автоматизованих систем керування, зокрема таймерів та датчиків контролю інтенсивності випромінювання, дозволяє зменшити участь людини у процесі експлуатації, що значно підвищує рівень безпеки.

Свинарські комплекси є потенційними джерелами забруднення навколишнього середовища через викиди аміаку, метану, сірководню, органічного пилу та стічних вод. Тому система забезпечення мікроклімату повинна бути інтегрована у загальну екологічну стратегію господарства.

Основними екологічними аспектами є:

- зменшення викидів шкідливих газів у атмосферу;
- зниження мікробіологічного забруднення повітря;
- утилізація та обробка гною і стічних вод;
- зменшення енергоспоживання систем вентиляції та знезараження;
- зниження шумового навантаження.

Використання бактерицидних рециркуляторів дозволяє зменшити потребу у надмірному повітрообміні, що, у свою чергу, знижує втрати тепла та енерговитрати на обігрів приміщень. Це позитивно впливає на загальний енергетичний баланс господарства та зменшує викиди парникових газів, пов'язані з виробництвом енергії.

Крім того, зниження мікробного навантаження у повітрі зменшує ризик поширення інфекцій за межі приміщення, що є важливим фактором біологічної безпеки регіону.

Для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище необхідно впроваджувати такі заходи:

- використання енергоефективного вентиляційного обладнання з регулюванням продуктивності;
- застосування герметичних систем збору та транспортування гною;
- очищення вентиляційних викидів за допомогою фільтрів та біофільтрів;
- контроль рівня шуму вентиляційних установок;
- впровадження систем автоматичного регулювання мікроклімату;
- використання рециркуляторів закритого типу для зменшення потреби у відкритому повітрообміні.

Важливим напрямом є також впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють зменшити споживання електроенергії та теплових ресурсів при одночасному забезпеченні нормативних параметрів мікроклімату.

Таким чином, забезпечення мікроклімату у свинарниках тісно пов'язане з питаннями охорони праці та захисту навколишнього середовища. Впровадження сучасних систем вентиляції та бактерицидного знезараження повітря дозволяє одночасно покращити санітарно-гігієнічні умови утримання тварин, знизити ризики для персоналу та мінімізувати негативний вплив на екологію.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Техніко-економічне обґрунтування впровадження розробленого бактерицидного рециркулятора повітря у свинарських приміщеннях базується на порівнянні його експлуатаційних показників із існуючим аналогом. У розрахунках прийнято, що у приміщенні використовується 20 одиниць обладнання, при цьому базовий рециркулятор має споживану потужність 130 Вт, а розроблений – 75 Вт. Річний фонд роботи обладнання прийнято 8000 годин. Тариф на електроенергію для промислових споживачів становить 4,32 грн за 1 кВт·год.

Розрахунок споживання електроенергії показує, що базовий варіант при сумарній потужності 2,6 кВт ($0,13 \text{ кВт} \times 20 \text{ шт.}$) споживає за рік 20800 кВт·год електроенергії. У той же час розроблений варіант при сумарній потужності 1,5 кВт ($0,075 \text{ кВт} \times 20 \text{ шт.}$) споживає 12000 кВт·год на рік. Таким чином, річна економія електроенергії становить 8800 кВт·год, що є суттєвим зниженням енергоспоживання системи мікроклімату.

Витрати на електроенергію для базового варіанту становлять 89 856 грн на рік, тоді як для розробленого – 51 840 грн. Отже, річна економія коштів лише за рахунок зменшення споживання електроенергії становить 38 016 грн, що є основною складовою економічного ефекту від впровадження нової конструкції.

Трудові витрати на технічне обслуговування включають заміну бактерицидних ламп, ресурс яких становить близько 9000 годин роботи, що відповідає приблизно одному року експлуатації. Прийнято, що на обслуговування одного рециркулятора витрачається 0,5 люд.-год, відповідно для 20 одиниць обладнання загальні трудові витрати становлять 10 люд.-год на рік. При середній вартості праці 120 грн/год витрати на технічне обслуговування складають 1200 грн на рік для обох варіантів.

Амортизаційні відрахування визначалися прямолінійним методом при строку служби обладнання 5 років. Вартість базового рециркулятора прийнята 6000 грн за одиницю, розробленого – 7200 грн. Відповідно річні амортизаційні витрати становлять 24 000 грн для базового варіанту та 28 800 грн для розробленого.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування прийнято на рівні 8% від вартості обладнання для базового варіанту та 5% для розробленого, що обумовлено підвищеною надійністю нової конструкції. У грошовому вираженні це становить 9600 грн на рік для базового та 7200 грн для розробленого варіанту.

Загальні річні експлуатаційні витрати базового рециркулятора складають 124 656 грн, тоді як для розробленого – 88 040 грн. Таким чином, річний економічний ефект від впровадження нової конструкції становить 36 616 грн.

Додаткові капітальні витрати на впровадження розробленого варіанту становлять 24 000 грн, що визначається різницею у вартості обладнання. На основі цього строк окупності інвестицій становить 0,65 року, або приблизно 7,8 місяця, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

Таблиця 5.1 – Результати техніко-економічна ефективність використання розробленого бактерицидного рециркулятора

Показник	Базовий варіант	Розроблений варіант
Кількість, шт	20	20
Потужність, кВт	2,6	1,5
Річне споживання, кВт·год	20 800	12 000
Вартість електроенергії, грн/рік	89 856	51 840
Амортизація, грн/рік	24 000	28 800
ТО і ремонт, грн/рік	9 600	7 200
Загальні витрати, грн/рік	124 656	88 040
Річна економія, грн	—	36 616
Строк окупності	—	~0,65 року

Отримані результати підтверджують, що незважаючи на дещо вищу початкову вартість, розроблений бактерицидний рециркулятор є більш економічно доцільним завдяки значному зниженню енергоспоживання, меншим витратам на ремонт та підвищеній ефективності роботи. Це забезпечує не лише економічний ефект, але й покращення санітарно-гігієнічних умов утримання тварин.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасного стану свинарства, систем утримання тварин, мікроклімату та вентиляції. Встановлено, що галузь в Україні розвивається у напрямі концентрації виробництва, автоматизації та підвищення біобезпеки. Показано, що продуктивність тварин значною мірою залежить від стабільності параметрів мікроклімату, відхилення яких негативно впливає на їхній стан і продуктивність. Виявлено переваги механічних і комбінованих систем вентиляції та доцільність впровадження енергоефективних рішень. Обґрунтовано ефективність застосування бактерицидних рециркуляторів для зниження мікробного забруднення повітря та підвищення санітарної безпеки приміщень.

2. У результаті проектування технологічної лінії забезпечення мікроклімату у свинарнику встановлено, що підтримання нормативних параметрів повітря є необхідною умовою ефективного тваринництва. Обґрунтовано застосування механічної припливно-витяжної вентиляції за схемою «зверху вниз», яка забезпечує рівномірний розподіл повітря та видалення забруднень. Визначено необхідний повітрообмін ($\approx 25,9$ тис. м³/год) і кратність 6,84 рази/год, що підтверджує потребу в інтенсивній керованій вентиляції. Обрано установку ПВУ-9, яка забезпечує потрібну продуктивність і автоматичне регулювання параметрів мікроклімату. Розроблена система є технічно обґрунтованою, енергоефективною та забезпечує покращення умов утримання тварин і підвищення їх продуктивності.

3. Виконано розробку та обґрунтування бактерицидного рециркулятора для свинарника. Показано, що мікробіологічне забруднення повітря суттєво впливає на здоров'я та продуктивність тварин, а традиційна вентиляція не забезпечує достатнього рівня знезараження. Запропоновано удосконалену конструкцію з фільтрацією, автоматичним керуванням і контролем параметрів роботи. Встановлено залежність ефективності від

кратності повітрообміну, швидкості потоку та інтенсивності УФ-випромінювання, що потребує регулювання режимів роботи. Розроблене рішення підвищує ефективність знезараження, знижує енергоспоживання та покращує санітарні умови утримання тварин.

4. Забезпечення мікроклімату у свинарниках тісно пов'язане з питаннями охорони праці та захисту навколишнього середовища. Впровадження сучасних систем вентиляції та бактерицидного знезараження повітря дозволяє одночасно покращити санітарно-гігієнічні умови утримання тварин, знизити ризики для персоналу та мінімізувати негативний вплив на екологію.

5. Розроблений бактерицидний рециркулятор (20 шт.) при потужності 75 Вт замість 130 Вт забезпечує зниження річного споживання електроенергії з 20 800 до 12 000 кВт·год та економію 38 016 грн/рік. Загальні експлуатаційні витрати зменшуються з 124 656 до 88 040 грн/рік, що дає річний економічний ефект 36 616 грн. Додаткові капітальні витрати 24 000 грн окупаються за 0,65 року ($\approx 7,8$ місяця), що підтверджує високу економічну ефективність впровадження.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Feng, Q., & Qian, S. (2019). Research on management of pig farms. 3rd International Conference on Data Science and Business Analytics (ICDSBA). <https://doi.org/10.1109/ICDSBA48748.2019.00022>
2. Повод, М., Бондарська, О., Лихач, В., Жижка, С., Нечмілов, В., & Дудін, В. (2021). Технологія виробництва і переробки продукції свинарства: навчальний посібник. Науково-методичний центр ВФПО.
3. Романюха, І. О., & Дудін, В. Ю. (2014). Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств (2-ге вид., перероб. і доп.). Нова ідеологія.
4. Ревенко, І. І., Брагінець, М. В., & Заболотько, О. О. (2012). Машини та обладнання для тваринництва: посібник-практикум (2-ге вид.). Кондор.
5. Самохіна, Є. А., Повод, М. Г., & Милостивий, Р. В. (2018). Параметри мікроклімату в свинарських приміщеннях влітку за різних систем вентиляції та їхній вплив на продуктивність лактуючих свиноматок і ріст підсисних поросят. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво, (2), 218–223.
6. Дудін, В. Ю., Романюха, І. О., Кіряцев, Л. О., Гаврильченко, О. С., & Повод, М. Г. (2013). Удосконалення процесу проектування свиноферм в сучасних умовах. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, (2), 72–75.
7. Жижка, С., & Повод, М. (2019). Відтворювальні якості свиноматок залежно від систем мікроклімату впродовж року. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво, 4(39), 85–91.
8. Волощук, В. М., Гладій, М. В., Іванов, В. О., & Засуха, Л. В. (2018). Автоматизована система забезпечення оптимального мікроклімату у тваринницьких приміщеннях. Український патент №129759.

9. Рижкова, Т. Ю., & Величко, К. С. (2018). Ультрафіолетовий знезаражувач-рециркулятор повітря у приміщеннях. Український патент №129452.
10. Семенов, А. О., Кожушко, Г. М., & Семенова, Н. В. (2013). Пристрій бактерицидного знезараження повітря в приміщеннях. Український патент №80079.
11. Шевкіс, В. З., & Шевкіс, В. В. (2016). Рециркулятор повітря. Український патент №110106.
12. Yaropud, V., & Honcharuk, I. (2022). Development and justification of constructive-regime parameters of the automated system of microclimate provision in APC premises. In *Modernization of research area: national prospects and European practices* (pp. 360–389). Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-221-0-14>
13. Kaletnik, G., Yaropud, V., & Babyn, I. (2024). Development of resource-saving technical and technological support for production and animal husbandry. *Primedia eLaunch*. <https://doi.org/10.46299/979-8-89619-784-3>
14. Yaropud, V., Hunko, I., Aliiev, E., & Kupchuk, I. (2021). Justification of the mechatronic system for pigsty microclimate maintenance. *Agraarteadus*, 32(2), 341–351. <https://doi.org/10.15159/jas.21.23>
15. Алієв, Е. Б., Яропуд, В. М., & Білоус, І. М. (2020). Обґрунтування складу енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях. *Вібрації в техніці та технологіях*, (2), 129–137. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2020-2-14>
16. Яропуд, В. М., & Алієв, Е. Б. (2021). Результати обстеження стану забезпечення мікроклімату в свинарнику із системою вентиляції від'ємного тиску. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, (2), 168–177. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2021-2-17>
17. Гончарук, І. В., Яропуд, В. М., Алієв, Е. Б., & Купчук, І. М. (2021). Адаптивний тритрубний теплоутилізатор. Український патент №148273.

18. Лихач, В. Я., & Лихач, А. В. (2020). Технологічні інновації у свинарстві. ФОП Ямчинський О. В.
19. Шпичак, О. М., Лупенко, Ю. О., & Присяжнюк, М. В. (2012). Аналіз і прогноз кон'юнктури світових ринків продукції тваринництва. ННЦ ІАЕ.
20. Eurostat. (2007). Agricultural statistics: Data 1995–2005. European Communities. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3930297/5958774/KS-ED-07-001-EN.PDF>
21. ВНТП-АПК-02.05. (2005). Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства. Київ.
22. Жижка, С., & Повод, М. (2019). Відтворювальні якості свиноматок залежно від систем мікроклімату. Вісник СНАУ, 4(39), 85–91.
23. Ткачук, О. Д. (2010). Вплив мікроклімату на основні показники резистентності свиней. Вісник Полтавської державної аграрної академії, (2), 136–140.
24. Оцупок, О. М., Харчилава, К. Л., & Іщук, І. М. (2019). Дослідження тепловологісних режимів приміщень. У Матеріали XLVIII науково-технічної конференції ВНТУ (с. 2044–2046).
25. Лихач, В. Я. (2017). Інноваційні технології виробництва продукції тваринництва. МНАУ. <https://dSPACE.mnau.edu.ua>
26. Демчук, М. В., & Решетнік, А. О. (2006). Мікроклімат та ефективність роботи системи вентиляції. Науковий вісник ЛНАВМ, 8(1), 36–42.
27. Жижка, С. В., Повод, М. Г., & Милостивий, Р. В. (2019). Вплив параметрів мікроклімату на продуктивність свиноматок. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 7(2), 90–96.
28. Шульга, М. О., Алексахін, О. О., & Шушляков, Д. О. (2014). Теплогазопостачання та вентиляція. ХНУМГ.

29. Пришляк, В. М., Яропуд, В. М., Ковязін, О. С., & Алієв, Е. Б. (2014). Обґрунтування геометричних параметрів теплоутилізатора. Промислова гідравліка і пневматика, (4), 83–87.
30. Пришляк, В. М., Яропуд, В. М., Ковязін, О. С., & Алієв, Е. Б. (2014). Теоретичні дослідження пневмовтрат теплоутилізатора. Науковий вісник НУБіП України, 196(3), 192–199.
31. Алієв, Е. Б., & Яропуд, В. М. (2015). Порівняльний аналіз теоретичних й експериментальних досліджень теплоутилізатора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 45(2), 120–124.
32. Яропуд, В. М., & Алієв, Е. Б. (2015). Методика інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора. Науковий вісник НУБіП України, 212(2), 214–221.

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Удосконалення системи забезпечення мікроклімату на свинофермі з розробкою бактерицидного рециркулятора

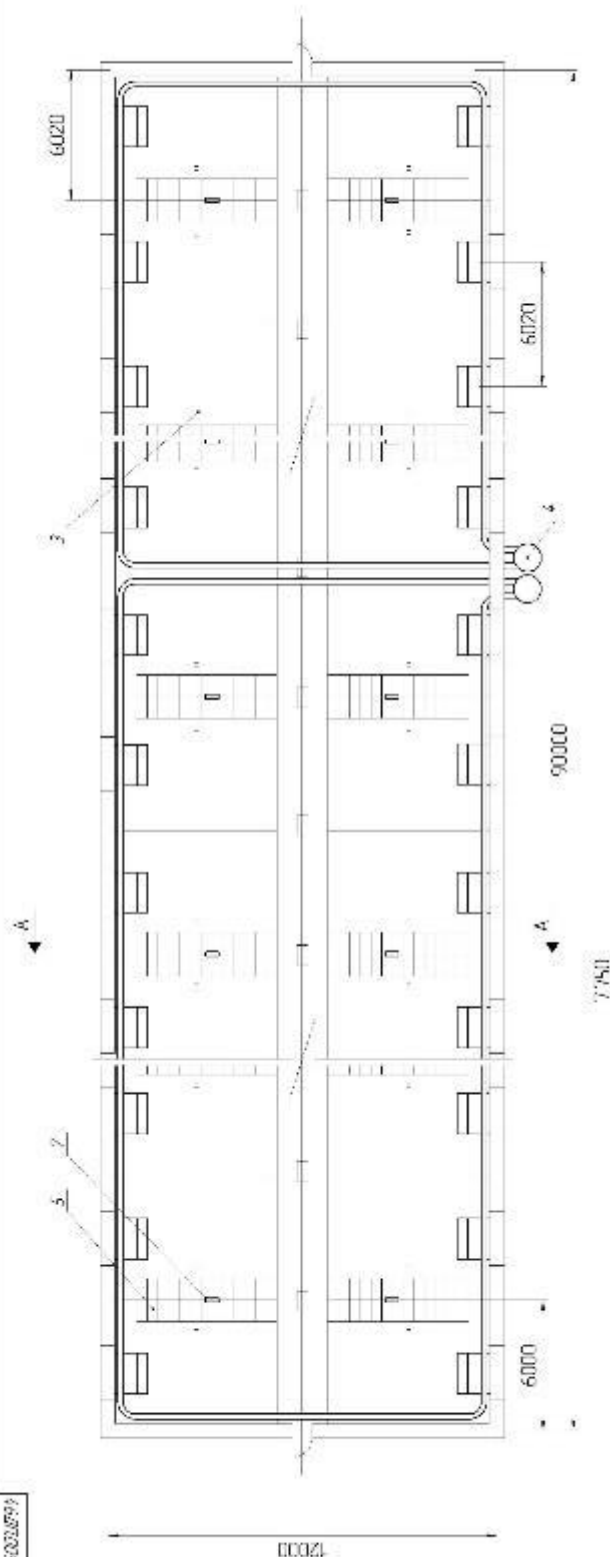
Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 5 курсу, групи АІЗ-1-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Грисенко Євген Вікторович

Керівник: доктор філософії
Васильєв Дмитро Леонідович

Дніпро, 2026

№ 02/0010206/02.07.99

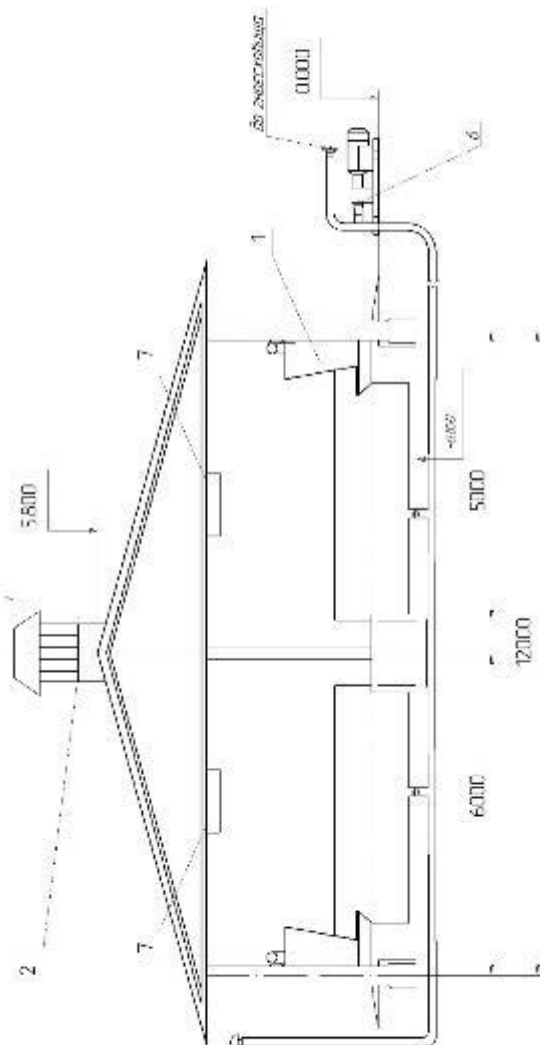


Экспликация помещений

Наименование	Кол-во	Площадь, м²
1. Зона для приема	1	1800
2. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	

Экспликация помещений

Наименование	Кол-во	Площадь, м²
1. Зона для приема (по плану)	40	1800
2. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
3. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
4. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
5. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
6. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
7. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	



Наименование	Кол-во	Площадь, м²
1. Зона для приема (по плану)	40	1800
2. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
3. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
4. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
5. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
6. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	
7. Зона для приема (по плану) - 25 кв.м	40	

