

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Рудь Ярослав Васильович**

**УДК 631.22**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Обґрунтування параметрів автоматизованої системи  
осушення повітря для свинокомплексів**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Рудь Я.В.

**Керівник роботи**

Міненко С.В.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

**Рудь Ярослав Васильович. Обґрунтування параметрів автоматизованої системи осушення повітря для свинокомплексів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Аналіз роботи наявних систем примусової вентиляції в зимову пору року в малих свинарських приміщеннях показав, що для зниження відносної вологості повітря та її наслідків у свиней, а також раціонального витрачання електроенергії та поліпшення газового складу повітря, необхідно розробити автоматизовану систему осушення повітря.

Розроблено автоматизовану систему осушення повітря у тваринницьких приміщеннях, що забезпечує підтримання необхідної відносної вологості повітря в автоматичному режимі. Розроблено алгоритм керування автоматизованою системою осушення повітря.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що розроблена автоматизована система осушення повітря у свинарських приміщеннях забезпечує підтримання потрібної температури повітря 18...20<sup>0</sup>С і відносної вологості 65...75%, згідно із зоогігієнічними вимогами.

Виробничі випробування протягом зимового періоду за температур зовнішнього повітря 0...-20<sup>0</sup>С у свинарнику на 100 голів об'ємом 1350 м<sup>3</sup> засвідчили, що витрати потужності на підтримання потрібної в приміщенні температури 18...20<sup>0</sup>С і відносної вологості 65...75% становили 9 кВт за продуктивності установки 97 г/с.

*Ключові слова: мікроклімат, вентиляція, температура, вологість, автоматизація.*

## ANNOTATION

**Rud Yaroslav. Substantiation of the parameters of an automated air drying system for pig farms.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.  
– Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

An analysis of the operation of existing forced ventilation systems in small piggeries in winter has shown that an automated air dehumidification system should be developed to reduce relative air humidity and its consequences in pigs, as well as to rationalise energy consumption and improve the gas composition of the air.

An automated system for dehumidifying air in livestock premises has been developed that ensures the maintenance of the required relative humidity in an automatic mode. A control algorithm for the automated air dehumidification system was developed.

As a result of experimental studies, it was found that the developed automated air dehumidification system in pigsties ensures the maintenance of the required air temperature of 18...20°C and relative humidity of 65...75%, in accordance with zoohygienic requirements.

Production tests during the winter period at outdoor temperatures of 0...-20°C in a pigsty for 100 heads with a volume of 1350 m<sup>3</sup> showed that the power consumption to maintain the required indoor temperature of 18...20°C and relative humidity of 65...75% was 9 kW at a plant capacity of 97 g/s.

Keywords: microclimate, ventilation, temperature, humidity, automation.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ.....	8
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Досягнута на теперішній період продуктивність тваринництва залежить від різних обставин: природного потенціалу, на який припадає близько 20%; якості кормів 45...48%; умов утримання 20...24%, що сумарно складає 85...92%, та 8...15% відносяться до рівня енергетичних витрат. Енерговитрати забезпечують роботу технологічних систем, здебільшого пов'язаних із досягненням нормативних значень параметрів мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.

В свою чергу енергоефективність систем забезпечення мікроклімату залежить від вартості технологічного обладнання та використовуваних засобів автоматизації процесів, витрат на впровадження у виробництво, а саме доставку, підключення, налагодження, навчання персоналу.

Недотримання вимог щодо мікроклімату в приміщеннях призводить до зниження надоїв на 10...20%, зменшення приросту маси на 20...30%, збільшення відходу молодняка до 5...40%, зниження несучості курей на 30...35% і додаткової витрати кормів, зниження стійкості тварин до різних захворювань.

Під мікрокліматом приміщень мається на увазі регульований повітрообмін подачею припливного повітря ( $\text{м}^3/\text{год}$ ), віднесений до 100 кг живої маси, наприклад, для свинарників 15...20  $\text{м}^3/\text{год}$ , корівників 17  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Одним зі шляхів істотного поліпшення систем мікроклімату тваринницьких приміщень є застосування автоматизованих пристроїв забезпечення необхідних параметрів мікроклімату з мінімально можливими витратами електроенергії.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес осушення повітря у свинокомплексі в зимовий період.

**Предмет дослідження** – конструктивно-технологічні параметри розробленої автоматизованої системи осушення повітря.

**Мета досліджень:** обґрунтування параметрів і розробка автоматизованої системи осушення повітря у свинарнику, що забезпечує підвищення ефективності виробництва свинини за рахунок підтримання необхідної відносної вологості повітря.

Для досягнення мети досліджень необхідно вирішити наступні **завдання:**  
виявити перспективний напрямок у створенні енергоефективних конструкцій систем мікроклімату для малих свинарських приміщень;

розробити алгоритм управління мікрокліматом на базі автоматизованої системи осушення повітря у свинарнику;

на основі експериментальних досліджень встановити раціональні конструкційні та технологічні параметри елементів конструкції автоматизованої системи осушення повітря.

**Методи наукового дослідження.** Методологічну основу досліджень склали методи системного та структурного аналізу, математичної статистики та порівняльного експерименту. Аналітичний опис технологічних процесів виконувався з використанням законів і методів класичної механіки та математичного аналізу. Лабораторні дослідження та виробничі випробування проводилися з використанням відомих методик, обробка експериментальних досліджень здійснювалася з використанням програм Microsoft Office Excel 2013, StatgraphicsPlus 5.5.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С., Рудь Я. Експериментальна установка для осушення повітря у тваринницьких приміщеннях. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 395-396.

2. Міненко С.В., Рудь Я.В. Розроблена система осушення повітря у тваринницьких приміщеннях. *Інженерні процеси та системи: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та*

молодих вчених «Інженерні процеси та системи». 14-15 червня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 38-41.

3. **Рудь Я.В.** Сучасні системи забезпечення параметрів мікроклімату. *Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (1 грудня 2023 р.)*. Дніпро. ДДАЕУ, 2023. С. 22-24.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для агропромислового комплексу України представляє розроблена система осушення повітря у тваринницьких приміщеннях, що забезпечує підтримання необхідної відносної вологості повітря в автоматичному режимі.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 23 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 30 рисунків і 2 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

Нині в сучасному вітчизняному свиначстві використовують різні системи забезпечення параметрів мікроклімату. Усі ці системи мають переваги та недоліки [23].

На даний момент вченими розроблено різноманітні рекуперативні теплоутилізатори для тваринницьких ферм і комплексів, у яких теплообмін між теплим повітрям, що видаляється, та холодним припливним, відбувається через розділову стінку або з використанням проміжного теплоносія. За своєю конструкцією рекуперативні теплообмінники різні [23].

Під час реконструкції старих і проектування нових тваринницьких ферм і комплексів слід враховувати оптимальні параметри мікроклімату, відповідні до виробничих і вікових груп тварин, що створюються опалювально-вентиляційними системами (ОВС) [23].

Розглянемо обладнання серії "Клімат", до якого входить теплоутилізаторна електроустановка УТ-Ф-12 (рис 1.1), що складається з теплообмінника, який складається з двох основних частин: - конденсаційної - у потоці припливного повітря (зовнішнього); - випарної - у каналі повітря, що видаляється (внутрішнього) [23].

Устаткування серії "Клімат" працює так: завдяки припливному вентилятору нагнітається зовнішнє повітря, нагрівається в теплообміннику і потрапляє в приміщення. За допомогою зміни кількості повітря, що проходить через теплообмінник, регулюється теплова потужність теплообмінника. За рахунок зміни частоти обертання вентиляторів можна змінити подачу припливного повітря [23].

Функціональну схему утилізатора типу УТ-Ф-12 представлено на рис. 1.1.



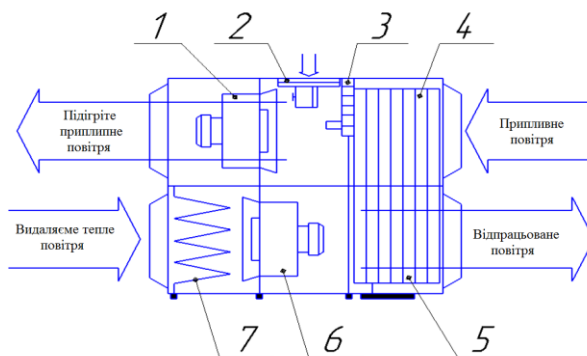


Рис. 1.1. Функціональна схема утилізатора типу УТ-Ф-12: 1 – припливний вентилятор; 2 – жалюзі обвідного каналу; 3 – жалюзі від обмерзання; 4 – конденсаційна секція теплообмінника; 5 – випарна секція теплообмінника; 6 – витяжний вентилятор; 7 – фільтр [23].

Недоліками обладнання серії "Клімат" є те, що дане обладнання не забезпечує суворого підтримання параметрів мікроклімату в різні періоди року та в усій зоні розташування тварин і птиці, оскільки система автоматичного управління передбачає спрацьовування від одного датчика, встановлюваного в приміщенні, та ступінчасте регулювання повітропродуктивності. Безумовно, показник середовища в місці встановлення датчика не може характеризувати параметри всього приміщення [23].

Система "Клімат" за наявності двох каналів управління – за вологістю і температурою – не забезпечують їхніх узгоджених дій, що призводить до перевитрати енергії. Потребує конструктивного удосконалення саме обладнання і насамперед система зволоження. Окреме тепловентиляційне обладнання (вентилятори, повітронагрівачі, ТГ, калорифери) також необхідно вдосконалити з метою підвищення ККД, надійності, зниження металоємності та вартості [23].

Устаткування серії "Клімат" для створення мікроклімату має низьку якість виконання: через неправильне балансування відцентрові вентилятори виходять з ладу, не відпрацювавши 200...300 год, а їхня заміна або ремонт призводять до різких відхилень параметрів мікроклімату від норми, причому на тривалий час.

Тепловентиляційна установка децентралізованого типу з утилізацією тепла ТУ-1М (рис. 1.2) не має проміжного теплоносія. Цю установку застосовують у приміщеннях відгодівлі та молодняка [23].

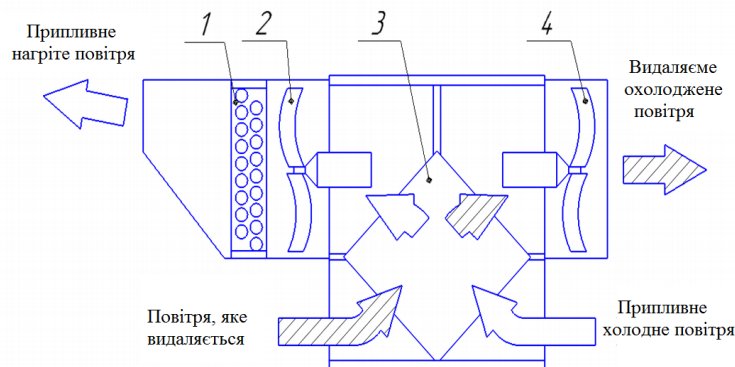


Рис. 1.2. Функціональна схема установки ТУ-1М: 1 – електрокалорифер; 2 – вентилятор припливний; 3 – теплообмінник; 4 – вентилятор витяжний [23].

Для роботи установки ТУ-1М не потрібні повітропроводи. Принцип роботи заснований на рівномірному розподілі зовнішнього припливного повітря в радіусі до 18 м, що дає змогу уникнути застійних зон. Для тваринницьких приміщень, що мають ширину прольоту понад 18 м, можливе застосування декількох установок, розташованих у шаховому порядку. Децентралізованість системи забезпечує наявність в одному приміщенні кількох кліматичних зон, застосовуючи для обраної групи установок різні параметри терморегуляторів. Однією з переваг цього рішення є можливість утримання різних статево-вікових груп або видів тварин [23].

До недоліків установки ТУ-1 можна віднести нездатність забезпечити необхідну відносну вологість повітря у тваринницькому приміщенні, а також складність конструкції [23].

Теплоутилізаційну установку "Агровент" із проміжним теплоносієм наведено на рис. 1.3. За допомогою витяжного вентилятора забруднене повітря із зони знаходження тварин викидають в атмосферу. Далі забруднене повітря охолоджується у витяжному блоці теплообмінника і відбувається часткова рециркуляція повітря.

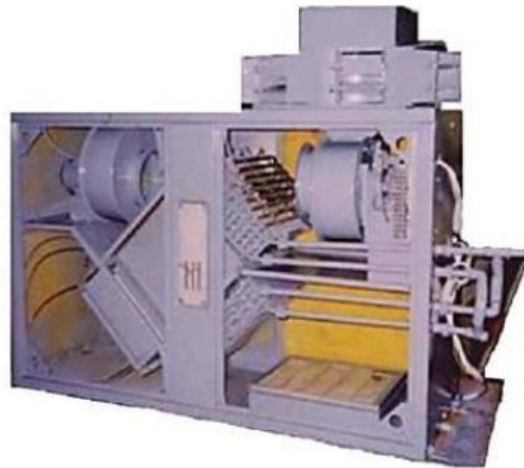


Рис. 1.3. Установа "Агровент"

Установа "Агровент" складається з теплообмінників припливного 1 і витяжного 5 повітря, які з'єднані трубопроводами. Ними циркулює 40%-вий розчин етиленгліколю. Насос 6 і перепускний клапан 7 забезпечує циркуляцію етиленгліколю в системі. Припливний 2 і витяжний 8 вентилятори, система повітропроводів, рециркуляційна заслінка 3 і заслінка обвідного каналу 4 забезпечують переміщення повітряних потоків.

Функціональну схему установки "Агровент" наведено на рис. 1.4.

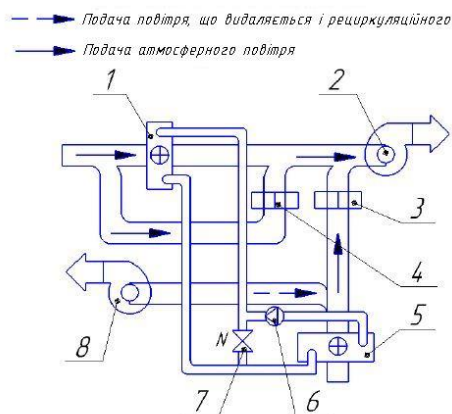


Рис. 1.4. Функціональна схема установки "Агровент". 1 – нагрівальний блок теплоутилізатора; 2 – нагрівальний вентилятор; 3 – заслінки відвідного каналу; 4 – заслінка циркуляційного каналу; 5 – охолоджувальний блок теплоутилізатора; 6 – насос; 7 – перепускний клапан; 8 – витяжний вентилятор.

Даний принцип роботи установки "Агровент" дає можливість постійної подачі нагрітого повітря в тваринницьке приміщення. Недоліком є те, що

підігрів досягається за рахунок дисбалансу продуктивностей припливної та витяжної систем установки, загальний ККД установки незначно знижується.

Пластинчасті повітряні утилізатори теплоти витяжного повітря рекуперативного типу з протитечійною організацією повітряних потоків виробляє фірма Gemmel. Відмітна особливість полягає в застосуванні полімерних плівок як теплообмінних пластин.

Завдяки використанню термозбіжного матеріалу, плівки натягуються на дерев'яний каркас і щільно охоплюють каркас, зберігаючи задану форму. Теплообмінні плівки розташовуються вертикально, з кроком 20 мм. Пластинчастий рекуператор WT-25 показано на рис. 1.5.

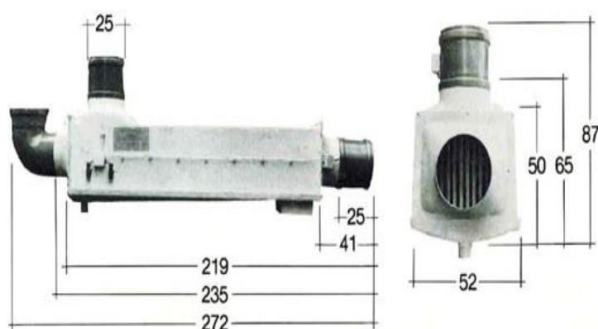


Рис. 1.5. Пластинчастий рекуператор WT-25.

На рис. 1.6 представлена функціональна схема пластинчастого рекуператора WT-25. Встановлення рекуператора здійснюється у верхній зоні приміщення, подача зовнішнього повітря здійснюється припливним вентилятором 8 з горищного простору, через впускне вікно 3. Примусова витяжка забрудненого повітря повітропроводом 5, розміщеним вище покрівлі 4, здійснюється вентилятором 7, розташованим у стіні приміщення 10.

Пластинчастий рекуператор Gemmel має істотний недолік, пов'язаний із застосуванням полімерного теплообмінника. Для більш високого коефіцієнта теплопередачі необхідне використання плівки завтовшки не більше 0,09 мм, що зі свого боку позначається на міцності матеріалу теплообмінника. Також необхідно відзначити крихкість полімерного теплообмінника за низьких температур повітряного потоку, а в разі розриву плівки теплообмінник підлягає заміні.

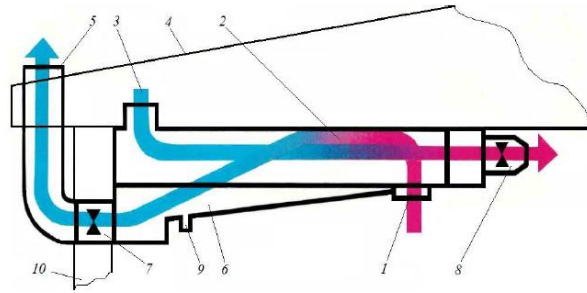


Рис. 1.6. Функціональна схема рекуператора Gemmel: 1 – витяжне вікно рекуператора; 2 – теплообмінник; 3 – впускне вікно рекуператора; 4 – покрівля; 5 – випускний повітропровід; 6 – піддон; 7 – витяжний вентилятор; 8 – припливний вентилятор; 9 – зливний патрубок; 10 – зовнішня стіна приміщення.

Наразі в приміщеннях для утримання тварин здебільшого використовують децентралізовану систему забезпечення мікроклімату з поздовжньою повітороздачею, у якій застосовують припливну опалювально-вентиляційну установку СФОЦ для подачі та розподілу повітря в приміщенні.

Електрокалориферний агрегат типу СФОЦ (рис. 1.7) складається з каркаса, виконаного зі швелерів, і з трьох секцій оребрених ТЕНів.



Рис. 1.7. Електрокалориферний агрегат СФОЦ.

Перевагами установки типу СФОЦ є відсутність припливних і витяжних повітропроводів, забруднене повітря з приміщення видаляється за допомогою природної вентиляції через витяжні шахти, що мінімізує витрати на електроенергію. Застосовувані електричні ТЕНи не потребують захисту від заморожування, прості та надійні. Дана установка має і свої недоліки:

застосування електричних ТЕНів збільшує витрату електроенергії порівняно з водяними калориферами, малий ступінь автоматизації з регулювання окремих параметрів мікроклімату в приміщенні, що зменшує експлуатаційні витрати на регулювання, налагодження та технічне обслуговування автоматики.

Існуючі системи мікроклімату для підігріву припливного повітря в холодний період року витрачають значну кількість дорогої енергії. Так, тепловтрати на вентиляцію сучасного тваринницького приміщення становлять 70-80% сумарних втрат. Разом з тим, величезна кількість тепла, що видаляється з приміщення з відпрацьованим вентиляційним повітрям, практично не використовується.

Необхідність автоматичного регулювання систем мікроклімату зумовлена також різкими коливаннями параметрів зовнішнього повітря протягом доби в різні періоди року, особливо навесні та восени. Це призводить до того, що без автоматичного регулювання (з ручним перемиканням теплової установки з одного режиму на інший) в одному випадку не подається потрібної кількості тепла і тому не забезпечується заданого мікроклімату, а в іншому - наявна перевитрата тепла, що збільшує енерговитрати та експлуатаційні витрати. Для тваринницьких приміщень необхідно створювати автоматичні системи з можливістю контролю та управління необхідних параметрів повітря середовища проживання тварин.

Під час забезпечення раціонального мікроклімату в тваринницькому приміщенні для економії енергоресурсів необхідно враховувати такі принципи:

- розробляти енергозберігаючі пристрої та технології створення оптимального мікроклімату в приміщенні з тваринами;
- використовувати системи вентиляції, що подають свіже повітря безпосередньо в зону перебування тварин;
- використовувати тепле відпрацьоване повітря;
- застосування автоматизованих систем забезпечення мікроклімату в тваринницькому приміщенні.

Розглянуті системи мікроклімату мають низку переваг і недоліків. Здебільшого це складні й дорогі пристрої, що потребують спеціального кваліфікаційного обслуговування. Винятком є установки типу СФОЦ, які дотепер застосовують у тваринницьких приміщеннях у зимовий період року.

Системами забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень займалось багато провідних учених і фахівців: Расстригін В.Н., Тихомиров Д.О., Сичков А.В., Першин А.Ф., Тихомиров А.В., Ільїн І.В., Ігнаткін І.Ю., Гришин В.Х., Самарін Г.Н., Тихомиров Д.А., Трунов С.С., Ламонов М.Г., Кузьмічов О.В., Новіков М.М., Новіков С.Н., Самарін В.О., Бородін І.Ф., Воробйов В.О., Рудобашта С.П., Судніков Ю.О., Присянов М.Н., Турушев В.А. та інші науковці.

Вченими Расстригіним В.М., Тихомировим Д.А., Сичковим О.В., Першиним О.Ф. і Тихомировим О.В. запропоновано електротеплоутилізаційну установку з рециркуляцією повітря. Установка містить озонатор і здатна ефективно очищати та знезаражувати повітря, завдяки чому з'являється можливість використання відпрацьованого теплого внутрішнього повітря для підігріву вентиляційного повітря в холодний період року. Цей пристрій установки не дає змоги забезпечувати необхідну відносну вологість повітря в приміщенні.

Дослідження провідних учених і фахівців зробили неоціненний внесок у розвиток тваринництва країни. Але необхідно шукати нові, більш енергоефективні шляхи вирішення розробки автоматизованих систем мікроклімату для тваринницьких приміщень, особливо для малих господарств у складній економічній ситуації, що склалася.

### **Висновки по розділу**

Проведений аналіз сучасного стану галузі, тенденцій розвитку способів і технічних засобів забезпечення мікроклімату у свинарстві засвідчив, що свині - одні з найприбутковіших тварин для розведення та відгодівлі, адже вони є

найпліднішими та скоростиглими. За порівняно невеликих трудових витрат можна отримувати за короткий час велику кількість високоякісної продукції.

Прийняте в даний час утримання свиней всіх статевих-вікових груп без ізоляції в одному приміщенні супроводжується великим відходом і зниженням продуктивності. Висока концентрація поголів'я у тваринницьких приміщеннях призводить до різкого збільшення накопичення в повітряному середовищі продуктів обміну речовин в організмі тварин (шкідливих газів, водяної пари), а також до збільшення пилової та бактеріальної забрудненості повітря, що негативно впливає на фізіологічний стан організму та продуктивність тварин. Тому доцільніше утримувати свиней на малих фермах.

Для забезпечення високої стійкості тварин до захворювань, максимальної їхньої продуктивності, зниження собівартості продукції необхідно дбати про створення для тварин комплексу сприятливих чинників довкілля, основними з яких є: температура, вологість, рухливість і загазованість повітря у тваринницьких приміщеннях. Проведений нами аналіз показує, що несприятливий мікроклімат у свинарських приміщеннях значно знижує продуктивність тварин.



## РОЗДІЛ 2

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На кафедрі агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету розроблено та сконструйовано експериментальну установку, основний ефект якої полягає в можливості використання природного холоду для осушення вологого повітря у тваринницькому приміщенні [21].

На рис. 2.1 представлена конструктивно-технологічна схема експериментальної установки. Вона складається з повітропроводу 4, камери змішувача 12 для змішування внутрішнього і зовнішнього повітря, нагрівального елемента 1; відцентрового вентилятора з приводом 9, піддону 11 для збору конденсату, парогенератора 15 для подачі пари в приміщення [21].

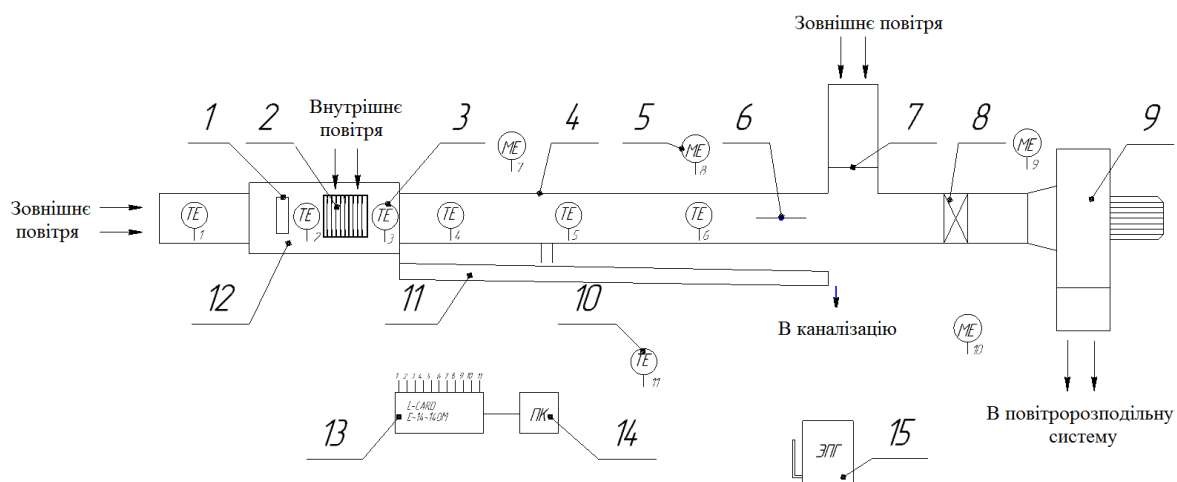


Рис. 2.1. Конструктивно-технологічна схема експериментальної установки  
 1 – ТЕН, 2 – заслінка подачі внутрішнього повітря, 3 – датчик температури повітря, 4 – повітропровід, 5 – датчик відносної вологості повітря в приміщенні, 6 – заслінка повітроосушувача, 7 – заслінка установки, 8 – калорифер, 9 – вентилятор, 10 – датчик температури повітря в приміщенні, 11 – піддон, 12 – змішувальна камера, 13 – аналого-цифровий перетворювач, 14 - персональний комп'ютер, 15 – електропарогенератор [21].

Змішувальна камера являє собою прямокутний паралелепіпед, дві грані якого мають заслінки, що дають змогу регулювати подачу внутрішнього і

зовнішнього повітря. У середині змішувальної камери встановлено нагрівальний елемент 1 для підігріву суміші внутрішнього і зовнішнього повітря. Встановлений під повітропроводом піддон 6 призначений для збору сконденсованої вологи із зовнішньої стінки труби, далі ця волога виводиться з приміщення в каналізацію [21].

Також до складу установки входить аналого-цифровий перетворювач 9 з датчиками 4, 8 для вимірювання температури та відносної вологості повітря.

На рис. 2.2 і 2.3 представлено експериментальну установку, до складу якої введено все необхідне обладнання [21].

Для виконання досліджень ми відтворили фізичні параметри, за яких буде в реальності відбуватися процес осушення повітря з використанням природного холоду. Вивчивши параметри мікроклімату (температура і відносна вологість у повітрі тваринницького приміщення), ми визначили, що експеримент має виконуватися за температури зовнішнього повітря в інтервалі  $-20 \dots -5$  °C, відносній вологості всередині приміщення не менше 95% [21].

В експериментальній установці здійснювався теплообмін між внутрішнім повітрям у приміщенні та сумішшю внутрішнього і зовнішнього повітря всередині повітропроводу з метою зниження відносної вологості повітря всередині приміщення [21].

Рух повітря всередині повітропроводу забезпечувався відцентровим вентилятором з асинхронним електродвигуном MS90L-2 (рис. 23) [21].



Рис. 2.2. Експериментальна установка для осушення повітря у тваринницьких приміщення [21].



Рис. 2.3. Експериментальна установка для осушення повітря у тваринницьких приміщеннях [21].

Для виконання досліджень ми відтворили фізичні параметри, за яких буде в реальності відбуватися процес осушення повітря з використанням природного холоду. Вивчивши параметри мікроклімату (температура і відносна вологість у повітрі тваринницького приміщення), ми визначили, що експеримент має виконуватися за температури зовнішнього повітря в інтервалі  $-20 \dots -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , відносної вологості всередині приміщення не менше 95% [21].

В експериментальній установці здійснювався теплообмін між внутрішнім повітрям у приміщенні та сумішшю внутрішнього і зовнішнього повітря всередині повітропроводу з метою зниження відносної вологості повітря всередині приміщення [21].

Рух повітря всередині повітропроводу забезпечувався відцентровим вентилятором з асинхронним електродвигуном MS90L-2 (рис. 2.3) [21].

Для зміни швидкості руху повітря всередині системи осушення повітря використовували відцентровий вентилятор із частотним перетворювачем. Він призначений для зміни частоти обертання ротора асинхронних електродвигунів шляхом зміни частоти змінного струму. Частотний перетворювач підключався послідовно в трифазну мережу з електродвигуном [21].

Технічна характеристика електродвигуна представлена в таблиці 2.1 [21].

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика електродвигуна [21].

Типорозмір	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	ККД, %	Рівень звуку, дБ	Діаметр валу, мм	Маса, кг
MS90L-2	2,2	2900	78,0	56	22	16,5

Підключення електродвигуна до відцентрового вентилятора представлено на рис. 2.4 [21].

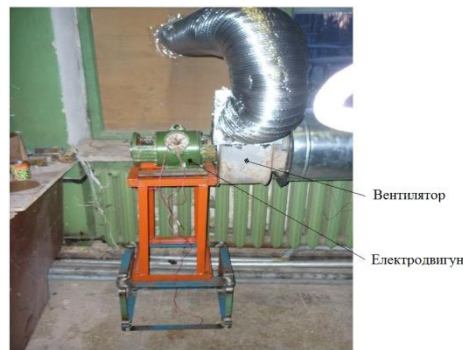


Рис. 2.4. Підключення електродвигуна до відцентрового вентилятора [21].

З'єднання відцентрового вентилятора з повітропроводом здійснювалося хомутами діаметром 400 мм за допомогою болтового з'єднання [21].

Технічна характеристика відцентрового вентилятора представлена в таблиці 2.2 [21].

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика відцентрового вентилятора [21].

Позначення	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Повний тиск, Па	Напруга, В	Частота, Гц	Сила струму, А	Споживана потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	Маса, кг
ВР280-46 №4	1600	1100	380	50	1,27/0,73	2,2	3000	31

На рис. 2.5 представлена змішувальна камера системи осушення повітря. Вона являє собою прямокутний паралелепіпед, виготовлений з оцинкованої сталі завтовшки 0,5 мм, дві грані якого мають заслінки, що дають змогу регулювати подачу внутрішнього і зовнішнього повітря. Одна з бічних стінок камери знімна для вільного доступу до її елементів. Усередині змішувальної камери встановлено нагрівальний елемент для підігріву зовнішнього повітря. Верхня частина камери має оглядове вікно, за допомогою якого можна спостерігати за процесом змішування повітряних потоків. Під час проєктування установки враховувалося теоретичне обґрунтування, яке дало змогу визначити об'єм змішувальної камери, а також прохідні перерізи заслінок внутрішнього і зовнішнього повітря. Об'єм камери - 0,1м<sup>3</sup>. Прохідний перетин заслінки

зовнішнього повітря  $0,7\text{м}^2$ , а внутрішнього -  $0,6\text{м}^2$ . Для посилення жорсткості конструкції були скріплювальні перемички. У верхній частині корпусу змішувальної камери виконано два отвори для встановлення датчиків температури зовнішнього повітря і повітряної суміші, що надходить у повітропровід. Змішувальна камера з'єднувалася з повітропроводами за допомогою хомутів.

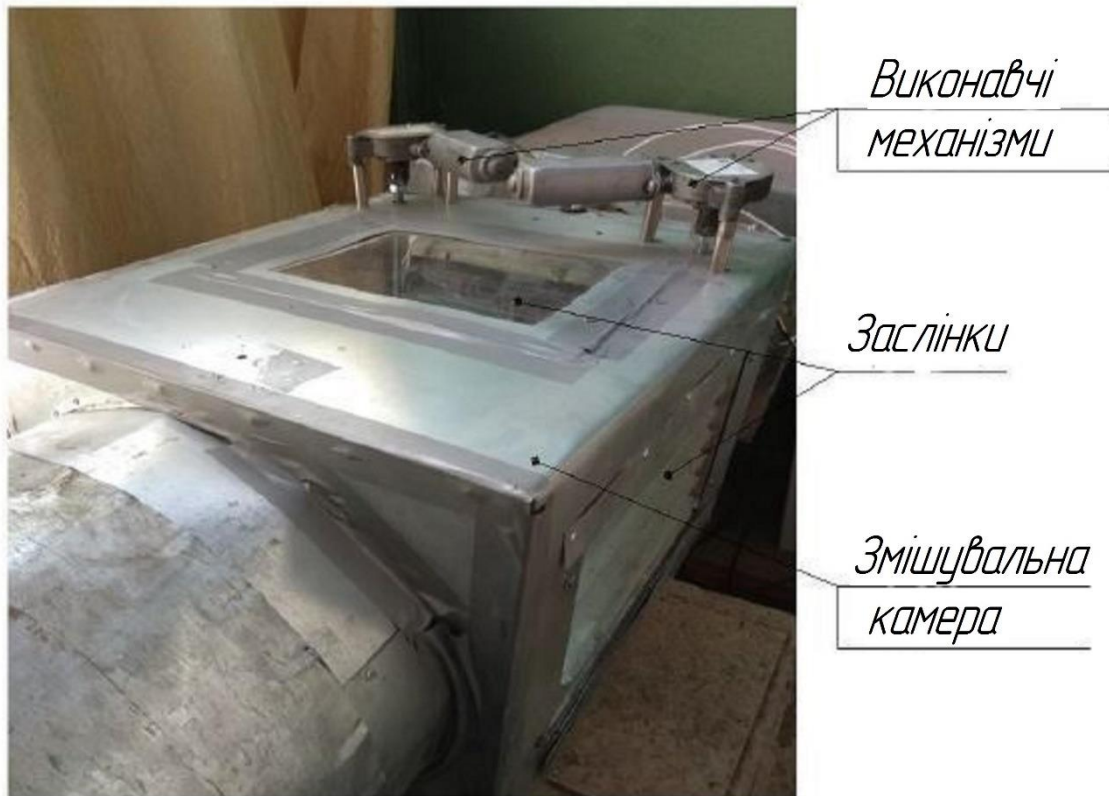


Рис. 2.5. Змішувальна камера системи осушення повітря з виконавчими механізмами.

Заслінки змішувальної камери системи осушення повітря виконані з можливістю регулювання прохідного перерізу для зміни в ході експерименту температури повітряної суміші, що надходить у трубу повітропроводу. Заслінки приводяться в рух за допомогою виконавчих механізмів з електричними двигунами, також заслінки мають чотири кінцеві вимикачі, що призначені для вимикання та вмикання електродвигунів виконавчих механізмів у крайніх положеннях.

На рис. 2.6 представлено щит керування автоматизованою системою осушення повітря в автоматичному режимі. Схема керування складається з таких елементів:

- силовий ланцюг: контактори КМ1-КМ4, які керують заслінками; контактор КМ5 - керує електродвигуном вентилятора;
- ланцюг керування: регулятори температури ТРМ1 і ТРМ2, кінцеві вимикачі SQ1-SQ4.

Ланцюг керування вентилятором має ручний і автоматичний режими роботи: в автоматичному робота вентилятора залежить від датчика вологості SV1; в ручному керування вентилятором здійснюється кнопками SB1 і SB2.



Рис. 2.6. Щит керування автоматизованою системою осушення повітря

Принципова електрична схема автоматизованої системи осушення повітря представлена на рис. 2.7.

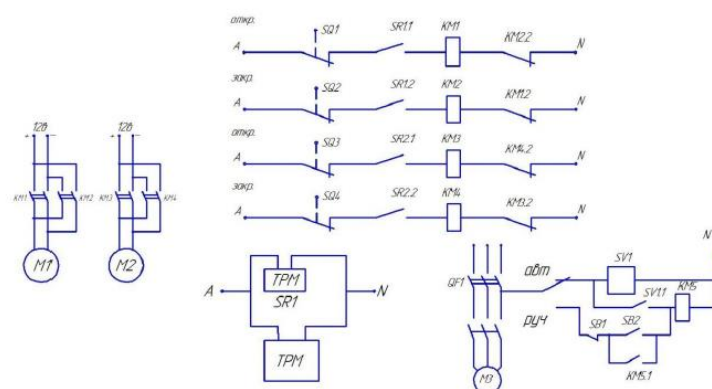


Рис. 2.7. Принципова електрична схема автоматизованої системи осушення повітря.

За допомогою аналого-цифрового перетворювача (L-CARD E-14-140M) і встановленими в камері змішувача 12 датчиками 3 (Sensor Technology) знімали показники температури повітряної суміші, що надходить у повітропровід. Датчик 10 контролював температуру повітря в приміщенні.

Попередньо для визначення поперечного перерізу повітропроводу автоматизованої системи осушення повітря було розглянуто 3 варіанти поперечного перерізу повітропроводів, їх представлено на рис. 2.8: круглий, овальний і трикутний перерізи.

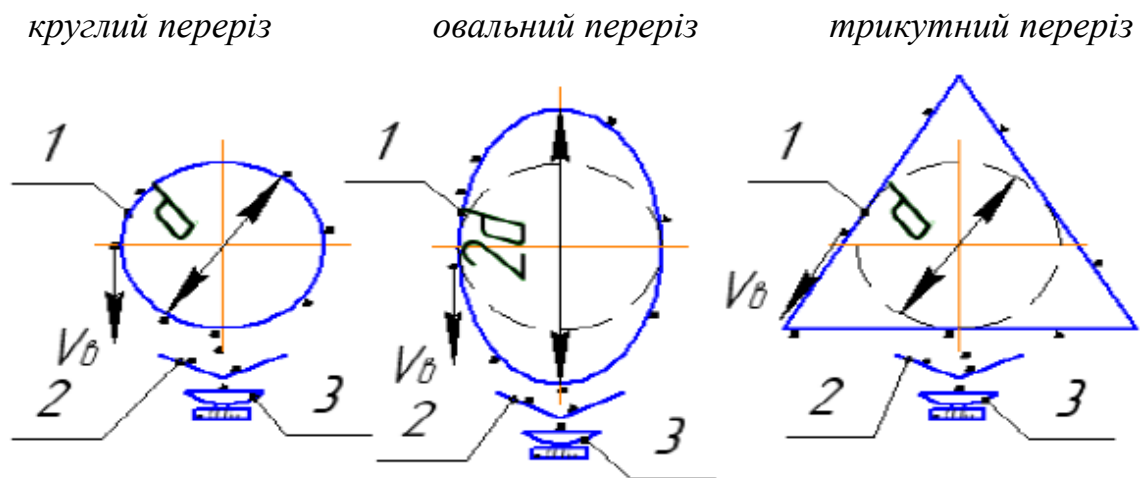


Рис. 2.8. Поперечні перерізи повітропроводів: 1 – повітропровід, 2 – краплеловлювач, 3 – електронні ваги.

Методика проведення експерименту полягала в такому: експериментальні зразки виготовлялися з оцинкованої сталі; було виготовлено три повітропроводи завдовжки 500 мм, на них виливалася однакова кількість води (100 г), вода стікала в піддон, встановлений на електронних вагах. Кожні 10 с знімали показання з ваг.

Експериментальні дослідження здійснювали на установці, зображеній на рисунку 2.2, 2.3 таким чином.

Для створення імітації та підтримання відносної вологості повітря в приміщенні застосовували електропарогенератор 11. Для цього повітря в приміщенні зволожували до початкової відносної вологості 95...100%. Контроль значень відносної вологості та температури повітря в приміщенні здійснювали за

допомогою аналого-цифрового перетворювача і датчиків вологості та температури, розташованих рівномірно по всьому об'єму приміщення. Потім вмикали відцентровий вентилятор 5, який здійснював рух потоку повітря через змішувальну камеру 7 і повітропровід 3.

Датчики температури повітряного потоку автоматизованої системи осушення повітря встановлювалися по довжині повітропроводу з інтервалом у 100 см для більш достовірної інформації протікання процесу.

На рис. 2.9 показано встановлення датчиків температури по довжині повітропроводу автоматизованої системи осушення повітря.



Рис. 2.9. Встановлення датчиків температури по довжині повітропроводу автоматизованої системи осушення повітря.

Змішувальна камера 7, де встановлений нагрівальний елемент 1, являє собою прямокутний паралелепіпед, виготовлений з оцинкованої сталі завтовшки 0,5 мм і об'ємом  $0,1 \text{ м}^3$ , прохідний перетин заслінки зовнішнього повітря  $0,7 \text{ м}^2$ , а внутрішнього -  $0,6 \text{ м}^2$ . Камера слугує для змішування потоку зовнішнього повітря і повітря з приміщення і тим самим підтримувала температуру суміші повітря, що надходить у повітропровід, у межах  $1...2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Подача зовнішнього і внутрішнього повітря регулювалася заслінками 2. Якщо потік повітря з приміщення не підігрівав зовнішнє повітря до заданих значень, тоді для підігріву використовували нагрівальний елемент 1. Далі повітряна суміш температурою  $1...2 \text{ }^\circ\text{C}$  надходила до повітропроводу 3. Встановлені датчики температури всередині системи осушення повітря передавали параметри температури на



ПВМ 10, що давало змогу визначити необхідну швидкість руху повітряного потоку в повітропроводі. За рахунок різниці температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стінки повітропроводу утворювалися краплі вологи. Волога, що сконденсувалася на зовнішній поверхні системи осушення повітря, за допомогою піддону 6 виводилася в каналізацію.

На рис. 2.10 показано утворення крапельок вологи на зовнішній поверхні автоматизованої системи осушення повітря.



Рис. 2.10. Конденсація вологи на зовнішній поверхні автоматизованої системи осушення повітря.

Відносну вологість і температуру вимірювали датчиками вологості й температури, розташованими рівномірно по всьому об'єму приміщення.

Встановлення датчиків температури та відносної вологості всередині приміщення показано на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Встановлення датчиків температури (а) і відносної вологості (б) усередині приміщення

Для отримання більш точних значень відносної вологості та температури в приміщенні використовували термогігрометр Smart Sensor AR847.

За допомогою аналого-цифрового перетворювача E-14-140M аналогові сигнали датчиків температури та відносної вологості перетворювалися в цифрові показники температури та відносної вологості повітря, дані яких одразу фіксувалися на комп'ютері.

Аналого-цифрового перетворювача E-14-140M представлено на рис. 2.12.



Рис. 2.12. Комплекс збирання даних на базі ЕОМ і аналого-цифрового перетворювача E-14-140M.

При досягненні необхідного значення відносної вологості повітря в приміщенні, контрольованої датчиками відносної вологості, система осушення повітря відключалася.

### **Висновки по розділу**

Закінчуючи розділ, можна зробити такі висновки.

Розроблено програму та обрано методику експериментальних досліджень для розв'язання поставлених завдань;

Виготовлено експериментальну установку для осушення повітря, що містить нагрівальний елемент потужністю 1,5 кВт; відцентровий вентилятор продуктивністю 1500 м<sup>3</sup>/год з повним тиском 1100 Па з приводом від електродвигуна потужністю 2,2 кВт; датчики відносної вологості та температури повітря; повітропровід діаметром 400 мм і товщиною 0,5 мм; змішувальну камеру об'ємом 0,1 м<sup>3</sup>; заслінки з виконавчими механізмами; піддон; двоканальний регулятор температури ТРМ і аналого-цифровий перетворювач L-CARD E-14-140M з персональним комп'ютером.

Визначено граничні значення конструктивно-технологічних параметрів експериментальної установки: площі поверхні системи осушення повітря від 9,4 до 18,8 м<sup>2</sup>; різниці температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стінки повітропроводу від 10 до 30 °С; швидкості руху повітря в повітропроводі від 4 до 12 м/с.

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження автоматизованої системи осушення повітря для тваринницьких приміщень проводили в лабораторії ПУ.

Програма досліджень передбачала отримання достатньої інформації про показники технологічного процесу осушення повітря з використанням природного холоду. Методика, що описує технологічний процес установки, і використані вимірювальні прилади описані в розділі 2.

Під час досліджень було отримано інформацію про показники, що характеризують умови роботи автоматизованої системи осушення повітря: температуру зовнішнього повітря, температуру всередині приміщення і його відносну вологість. Реєструвалися показники температури на виході із системи осушення повітря і кінцева відносна вологість усередині приміщення.

Поверхня відгуку продуктивності  $G$  (рис. 3.1) має явний максимум, який відповідає раціональному значенню площі поверхні повітропроводу  $S$ , що дорівнює  $13,8 \dots 14,3 \text{ м}^2$ , і перепаду температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стінки повітропроводу  $\Delta t$   $18 \dots 22^\circ\text{C}$ . За різниці температур  $\Delta t$  від  $10 \dots 18^\circ\text{C}$  і  $22 \dots 30^\circ\text{C}$  спостерігається зниження продуктивності системи в межах  $18 \dots 34 \text{ г/с}$ , що пов'язано з утворенням крижаної кірки на поверхні повітропроводу та, як наслідок, зниженням теплообміну. Збільшення площі поверхні повітропроводу понад  $13,9 \dots 14,3 \text{ м}^2$ , призводить до зниження продуктивності, у зв'язку зі збільшенням довжини повітропроводу і діаметра, а зменшення площі нижче  $13,9 \text{ м}^2$  недостатньо для ефективного осушення приміщення.

Перша група поверхонь відгуку показує продуктивність автоматизованої системи осушення повітря  $G$  від швидкості руху повітря в повітропроводі, різниці температур на зовнішній і внутрішній поверхні стінки повітропроводу та площі поверхні теплообміну (рис. 3.1-3.3).

Рівняння регресії для продуктивності  $G$  має вигляд:

$$G = -81,625 + 9,94681 \cdot S + 7,10417 \cdot v + 4,41667 \cdot \Delta t - 0,0132979 \cdot S \cdot v - 0,037234 \cdot S \cdot \Delta t - 0,01875 \cdot v \cdot \Delta t - 0,307454 \cdot S^2 - 0,393229 \cdot v^2 - 0,0879167 \cdot \Delta t^2 \quad (3.1)$$

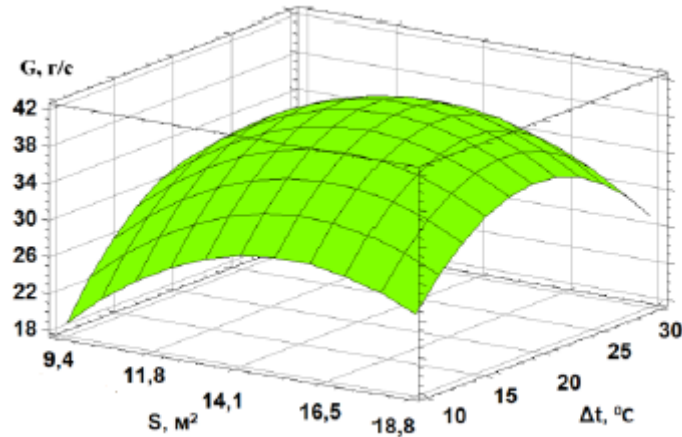


Рис. 3.1. Залежність продуктивності  $G$  від площі поверхні повітропроводу  $S$  і перепаду температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стінки повітропроводу  $\Delta t$ .

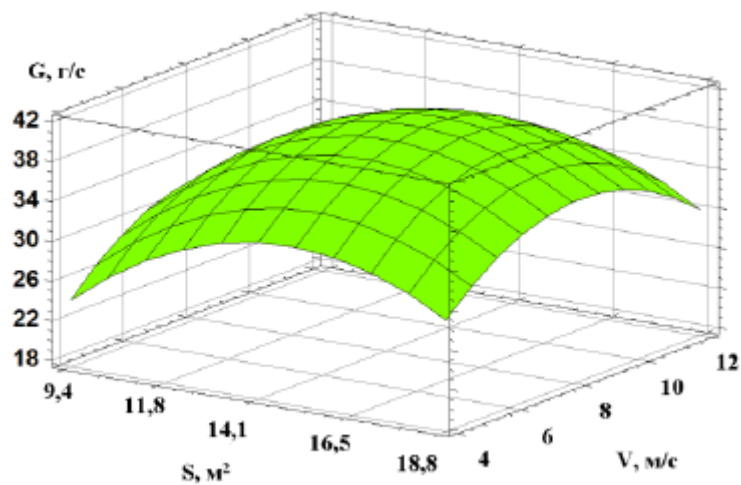


Рис. 3.2. Залежність продуктивності  $G$  від площі поверхні повітропроводу  $S$  і швидкості руху повітря  $v$ .

Аналіз рис. 3.2 показує, що за площі поверхні повітропроводу  $S$ , що дорівнює  $9,4 \dots 13,9 \text{ m}^2$  і  $14,3 \dots 18,8 \text{ m}^2$ , і за швидкості руху повітря  $V$  в межах  $4 \dots 7,6 \text{ м/с}$  і  $8,2 \dots 12 \text{ м/с}$  продуктивність системи осушення  $G_k$  знижується, тому що при зниженні швидкості руху повітря  $V$  відбувається швидке нагрівання суміші повітря під час її руху в повітропроводі, а при збільшенні швидкості руху

повітря понад 8,2 м/с відбувається інтенсифікація конденсації вологи всередині повітропроводу, що призводить до зниження теплопровідності через стінку повітропроводу.

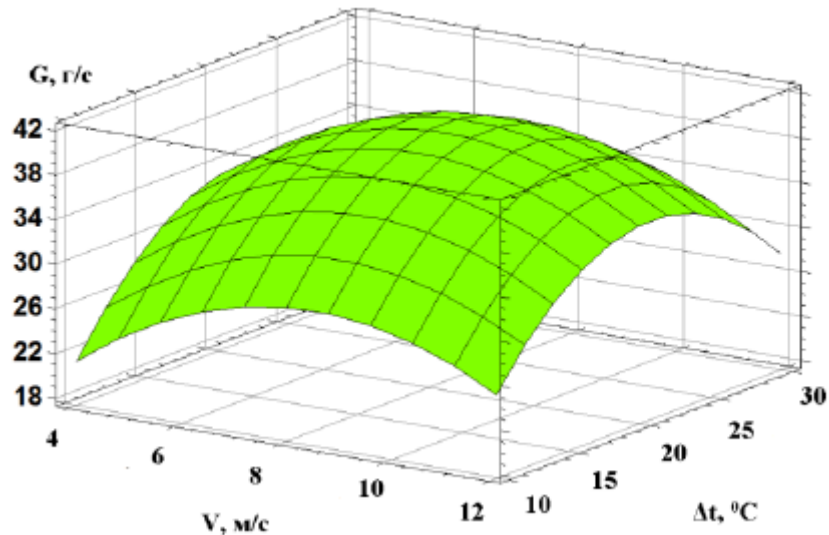


Рис. 3.3. Залежність продуктивності  $G$  від швидкості руху повітря  $v$  і різниці температур на зовнішній і внутрішній поверхні стінки повітропроводу  $\Delta t$ .

Залежність рис. 3.3 показує, що продуктивність  $G$  має найбільше значення 38...42 г/с, за значень швидкості руху повітря в повітропроводі  $V$  7,6...8,2 м/с і різниці температур на зовнішній і внутрішній поверхні стінки повітропроводу  $\Delta t$  18...22<sup>0</sup>С. У разі зменшення швидкості руху повітря менше ніж 7,6 м/с спостерігається зниження продуктивності системи осушення повітря, оскільки з плином суміші повітря в повітропроводі зменшується  $\Delta t$ , зі збільшенням швидкості руху повітря понад 8,2 м/с відбувається переохолодження тваринницького приміщення. Збільшення  $\Delta t$  понад 22<sup>0</sup>С викликає обмерзання конденсату на внутрішній поверхні повітропроводу, що призводить до зниження теплопровідності через стінку, а зниження  $\Delta t$  нижче 18<sup>0</sup>С призводить до обмерзання повітропроводу.

Друга група поверхонь відгуку характеризує витрати електричної потужності  $P$  на процес осушення повітря в тваринницькому приміщенні залежно від швидкості руху повітря в повітропроводі  $v$ , різниці температур на

зовнішній і внутрішній поверхні стінки повітропроводу  $\Delta t$  і площі поверхні теплообміну  $S$  (рис. 3.4-3.6).

Рівняння регресії для потужності  $P$ , необхідної для процесу осушення повітря, має вигляд:

$$P = 3,53333 - 0,1625 \cdot S + 0,76875 \cdot \Delta t + 0,11875 \cdot v + 0,05 \cdot S \cdot \Delta t - 0,075 \cdot S \cdot v + 0,0125 \cdot \Delta t \cdot v - 0,822917 \cdot S^2 + 0,0895834 \cdot \Delta t^2 - 0,835417 \cdot v^2 \quad (3.2)$$

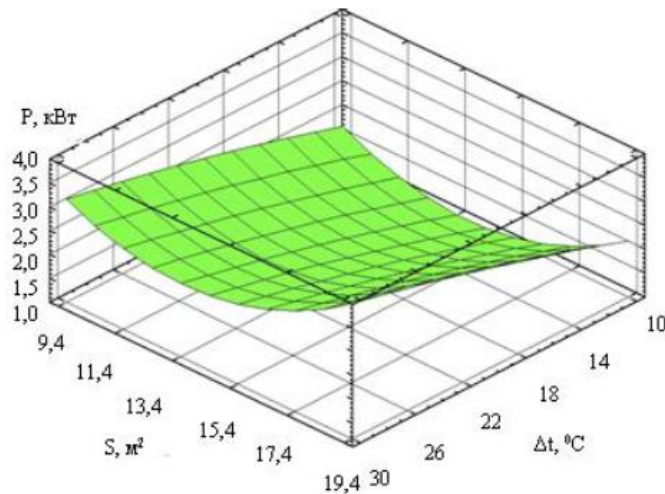


Рис. 3.4. Залежність потужності  $P$  від площі поверхні повітропроводу  $S$  і перепаду температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стінки повітропроводу  $\Delta t$ .

Поверхня відгуку потужності  $P$  (рис. 3.4) має мінімальне значення 2,8...3,1 кВт за площі поверхні  $S$ , що дорівнює 13,6...14,4 м<sup>2</sup>. Така площа буде раціональною для даної конструкції установки. Оскільки за площі поверхні повітропроводу  $S$ , меншої за 13,6 м<sup>2</sup>, потужність автоматизованої системи осушення повітря, що витрачається, збільшується у зв'язку зі зменшенням діаметра повітропроводу. Так само потужність збільшується за площі поверхні повітропроводу  $S$  більше 14,4 м<sup>2</sup>, оскільки зі збільшенням діаметра знизиться швидкість повітряного потоку в повітропроводі, отже, продуктивність автоматизованої системи осушення повітря знизиться. Для раціональної швидкості повітряного потоку в повітропроводі потрібно збільшити частоту обертання вентилятора, тобто його потужність. Так само можна зробити висновок, що зі збільшенням різниці температур  $\Delta t$  збільшується

енергоспоживання установки. Це пов'язано з тим, що за температур нижче  $-5^{\circ}\text{C}$  вмикається підігрів повітря в камері змішування.

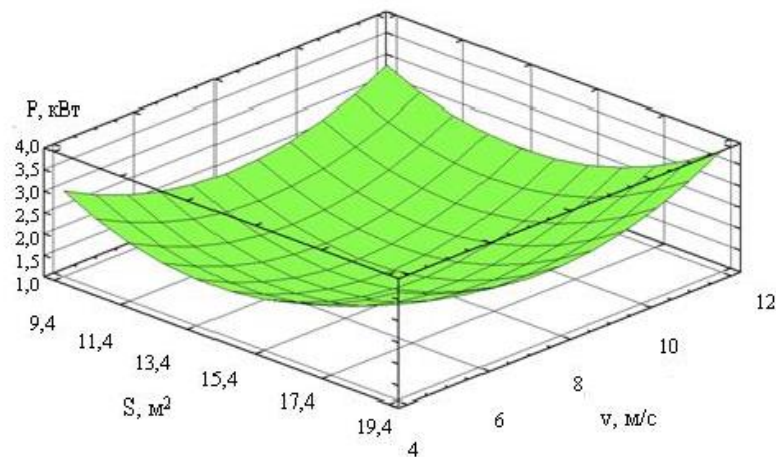


Рис. 3.5. Залежність потужності  $P$  від площі поверхні повітропроводу  $S$  і швидкості руху повітря в повітропроводі  $v$ .

З рис. 3.5 можна зробити висновок, що раціональними значеннями є площа поверхні теплообміну  $S$   $13,6\dots 14,4$   $\text{m}^2$  і швидкість руху повітря в повітропроводі  $v$  рівною  $7,6\dots 8,2$   $\text{m/s}$ . Зниження швидкості руху повітря  $v$  нижче  $7,6$   $\text{m/s}$  призводить до зменшення кратності повітрообміну і, як наслідок, до застосування додаткових припливних пристроїв, що збільшує енергоспоживання.

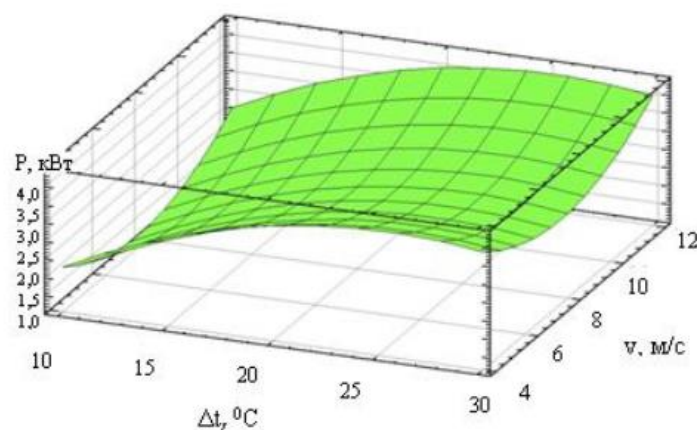


Рис. 3.6. Залежність потужності  $P$  від швидкості руху повітря  $v$  і різниці температур на зовнішній і внутрішній поверхні стінки повітропроводу  $\Delta t$ .



З рис. 3.6 видно, що за швидкості руху повітря  $v$ , що дорівнює 7,7...8,2 м/с, потужність, витрачена системою осушення повітря, має найменше значення 2,8...3,1 кВт. Така швидкість буде раціональною для даної конструкції установки, оскільки подальше збільшення швидкості потоку повітря призводить до збільшення споживаної потужності, а, отже, і до уповільнення процесу конденсації вологи на зовнішню поверхню повітропроводу. Так само можна зробити висновок, що зі збільшенням різниці температур  $\Delta t$  збільшується енергоспоживання установки. Це пов'язано з тим, що за температур нижче  $-5^{\circ}\text{C}$  вмикається підігрів повітря в камері змішування.

Метою дослідження є реєстрація фізіологічних показників свиней і параметрів мікроклімату в тваринницькому приміщенні. Методика ґрунтується на визначенні відносної вологості й температури повітря та середньодобового приросту свиней.

Дослідження проводять із двома групами свиней породи Ландрас, по 50 у кожній, у свинарнику на 100 голів. Середня вага однієї свині 50 кг, вік 3...6 місяці. Раціон і період годівлі у двох груп свиней однаковий.

Дослідження проводили протягом зимового періоду з 09.11.2022 по 02.03.2023 р. Групи свиней розміщували в одному приміщенні, розділеному на дві рівні частини, з різною схемою роботи системи вентиляції для забезпечення раціонального мікроклімату. Мікроклімат у приміщенні першої групи тварин створювався із застосуванням установки типу СФОЦ, а для другої групи - з використанням розробленої автоматизованої системи осушення повітря. Друга група тварин є контрольною.

Під час досліджень реєстрували значення відносної вологості та температури повітря в приміщеннях, а також середньодобового приросту свиней. Температура повітря в приміщеннях двох груп тварин становила 20...23 $^{\circ}\text{C}$ .

Значення відносної вологості та температури повітря в приміщеннях вимірюються на різній висоті в різних зонах свинарника. Температуру і

вологість повітря вимірювали відповідно до точок виміру, зазначених на рис. 3.8 і 3.9. Для вимірювання температури, відносної вологості застосовується термогігрометр Smart Sensor AR847. Дані реєструвалися з інтервалом у 20 хвилин.

Зважування свиней двох груп проводили раз на 10 днів, за допомогою ваг для стадного зважування ВСП4-ЖсО, вантажопідйомністю до 2000 кг.

Згідно з нашими дослідженнями, представленими на рис. 3.7, видно, як змінюються прирости свиней у зимовий період року за умови використання установки типу СФОЦ (відносна вологість 80...95% та температура повітря 18...23<sup>0</sup>С) у приміщенні першої групи тварин та з використанням розробленої автоматизованої системи осушення повітря (відносна вологість 65...75% та температура повітря 18...23<sup>0</sup>С) - другої групи свиней.

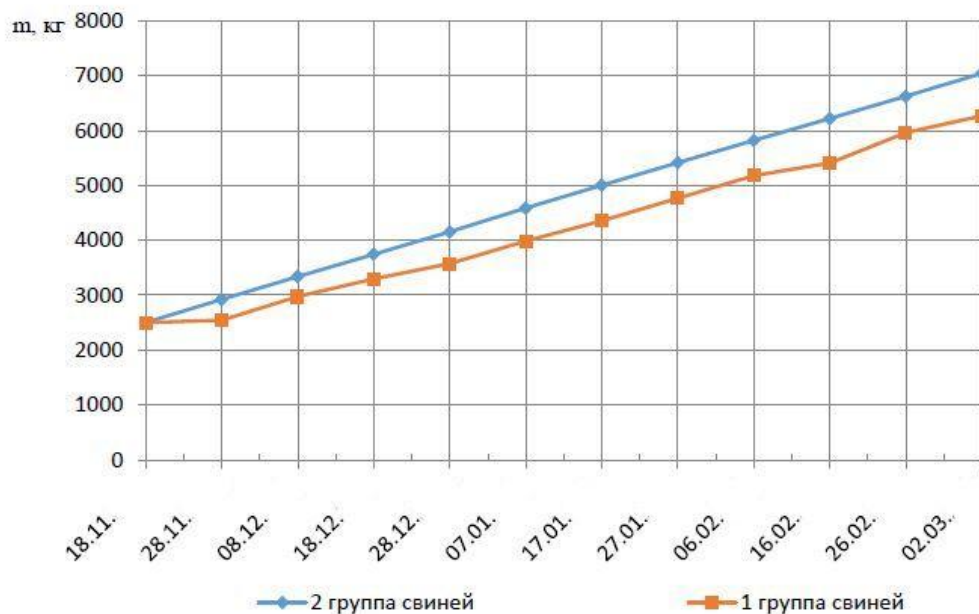


Рис. 3.7. Зміна приростів свиней у зимовий період року за використання різних схем вентиляції.

Дані рис. 3.7 дають змогу зробити висновок, що застосування розробленої автоматизованої системи осушення повітря дає змогу в середньому збільшити продуктивність свиней на 13%, завдяки забезпеченню необхідного значення відносної вологості повітря в приміщенні в зимовий період року.

За результатами виробничої перевірки можна зробити висновок, що за наявної системи осушення повітря відносна вологість у приміщенні перебувала в межах, що не відповідають нормам РД-АПК 1.10.02.04-12.

На рис. 3.8 показано план свинарника із зображенням точок вимірювань параметрів мікроклімату за наявної системи осушення повітря.

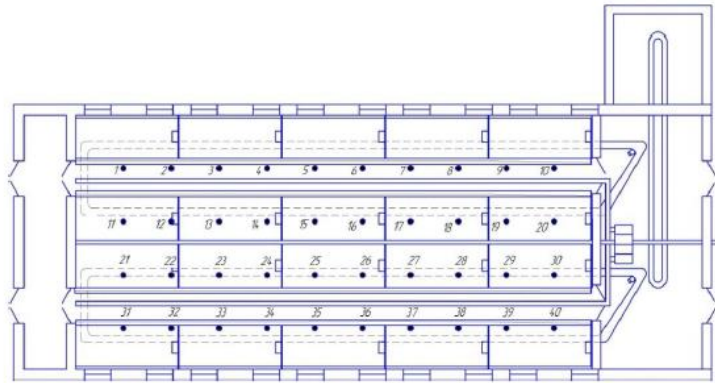


Рис. 3.8. План свинарника із зображенням точок вимірювань параметрів мікроклімату за наявної системи осушення повітря.

Максимальні значення відносної вологості повітря у свинарнику були в точках вимірювань 1...4, 11...14, 21...24 і 31...34 через віддаленість від системи обігріву приміщення. У цих точках значення відносної вологості повітря в зимовий період перебували в межах 83...96%. В інших точках вимірювань відносна вологість повітря відповідала значенням 79...86%.

На рис. 3.9 показано план свинарника із зображенням точок вимірювань параметрів мікроклімату з розробленою автоматизованою системою осушення повітря.

Значення відносної вологості повітря в точках 11...30 були незначно нижчими порівняно з точками 1...10 і 31...40, оскільки були розташовані безпосередньо поблизу від автоматизованої системи осушення повітря. У точках 11...30 відносна вологість повітря була в межах 65...70% (рис. 3.10), а в точках 1...10 і 31...40 - 68...73% (рис. 3.11).

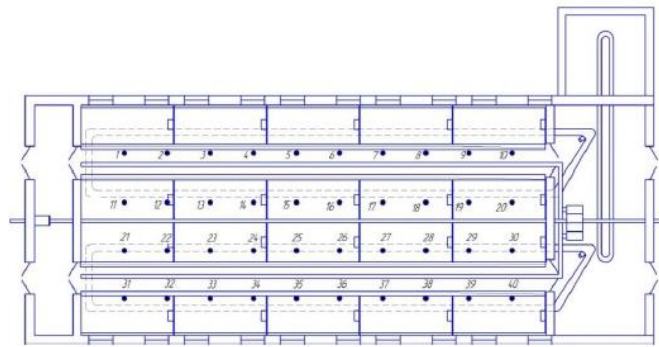


Рис. 3.9. План свинарника із зображенням точок вимірювань параметрів мікроклімату з розробленою автоматизованою системою осушення повітря



Рис. 3.10. Значення відносної вологості в точках 11...30



Рис. 3.11. Значення відносної вологості в точках 1...10 і 31...40.

За використання наявної системи осушення повітря неможливо створити необхідну відносну вологість повітря в зоні перебування свиней, що призводить до зниження продуктивності тварин.

Використання розробленої автоматизованої системи осушення повітря дає змогу охоплювати практично рівномірно всі зони знаходження тварин, що забезпечує необхідну відносну вологість повітря і відповідні умови утримання.

### **Висновки по розділу**

Проведена нами виробнича перевірка розробленої автоматизованої системи осушення повітря показала свою ефективність для свинарника в зимовий період року.

## ВИСНОВКИ

Аналіз роботи наявних систем примусової вентиляції в зимову пору року в малих свинарських приміщеннях показав, що для зниження відносної вологості повітря та її наслідків у свиней, а також раціонального витрачання електроенергії та поліпшення газового складу повітря, необхідно розробити автоматизовану систему осушення повітря.

Розроблено автоматизовану систему осушення повітря у тваринницьких приміщеннях, що забезпечує підтримання необхідної відносної вологості повітря в автоматичному режимі. Розроблено алгоритм керування автоматизованою системою осушення повітря.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що розроблена автоматизована система осушення повітря у свинарських приміщеннях забезпечує підтримання потрібної температури повітря 18...20<sup>0</sup>С і відносної вологості 65...75%, згідно із зоогігієнічними вимогами.

Виробничі випробування протягом зимового періоду за температур зовнішнього повітря 0...-20<sup>0</sup>С у свинарнику на 100 голів об'ємом 1350 м<sup>3</sup> засвідчили, що витрати потужності на підтримання потрібної в приміщенні температури 18...20<sup>0</sup>С і відносної вологості 65...75% становили 9 кВт за продуктивності установки 97 г/с.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилюк О. І. Санітарно-гігієнічні вимоги і їх реалізація при будівництві та експлуатації тваринницьких ферм. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2018. Вип. 2 (34). С. 148-150.
2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). ВНТП-АПК-02.05. Київ: Міністерство аграрної політики України. 98 с. 2005.
3. Додержання гігієнічних вимог до свиногосподарств. Робоча Інструкція «Боротьба зі шкідниками». Прибуткове свинарство. 2019. № 5. С. 68-73.
4. Захаренко М. О. Системи утримання тварин : навч. Посіб. Київ : ЦУЛ, 2018. 424 с.
5. Комфорт тварин: реком. Показч. Літ. Уклад. І.А. Фисенко; О.Г. Пустова; Д.В. Ткаченко. Миколаїв: МНАУ, 2020. 44 с.
6. О.Т. Бусенко. Технологія виробництва продукції тваринництва. Київ : Вища освіта, 2005. — 496 с.
7. Ю.Д. Бойчук. Повна енциклопедія тваринництва. – Книжковий Клуб «Клуб Сімейного дозвілля», 2015 416 с.
8. Демчук М.В., Чорний М.В., Захаренко М.О., Високос М.П. Гігієна тварин: Підручник. Друге видання. – Харків: Еспада, 2006.-520 с.
9. Волощук В. В.Іванов, Л.Засуха. Утримання підсисних свиноматок. Аграрний тиждень. Україна. 2016. №10 С.66-67.
10. Групове vs індивідуальне утримання свиноматок. Прибуткове свинарство. 2019. №5. С.82-84.
11. Нові технології вирощування свиней: холодне утримання, двофазна і канадська технологія [Електронний ресурс] . Берлога садівника: Інтернет-журн. – 2019. URL : <https://berloga.zt.ua/novi-tehnologii-viroshhuvannya-svinej-holodneutrимання-dvofazna-i-kanadska-tehnologiya/> (дата звернення 11.10.2021).

12. Суть канадської технологією утримання свиней на глибокій підстилці та її переваги [Електронний ресурс]. ЮснаСуперБио: Інтернет-журн. 2019. URL : <http://usnasuperbio.com.ua/page/sut-kanadskoi-tehnologijeju-utrymannjasvunej-na-glybokij-pidstylci-ta-ii-perevagy> (дата звернення 11.10.2021).

13. Гігієна тварин та ветеринарна санітарія : навч. Посіб. / А. О. Бондар. Миколаїв : МНАУ, 2018. 178 с.

14. Погорілий В. Вимоги до сучасних ферм. [Електронний ресурс]. В.Погорілий,.URL: <http://agro-business.com.ua/agro/suchasnetvarynnystvo/item/13654-vymohy-do-suchasnykh-ferm.html> (дата звернення 11.10.2021).

15. Добробут свиней (якість і безпека продукції) : навч. Посіб. уклад. В. П. Лясота. Біла Церква, 2018. 40 с.

16. Засєкін Д. А., Поляковський В. М., Соломон В. В. Санітарні норми для тваринницьких та переробних підприємствах України : навч. Посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2015. 400 с.

17. Расмуссен К. Система вентиляції як елемент біобезпеки господарств. Прибуткове свинарство. 2019. №3. С.82-83.

18. Судика В. Крюкова Л. Вдихайте глибше... або як створити оптимальний мікроклімат у свинарнику. Тваринництво та ветеринарія. 2019. №1. С.42-44.

19. Вентиляція свинарника. [Електронний ресурс]. Turbovent. 2020. URL: <https://turbovent.com.ua/a410649-ventilyatsiya-svinarnika.html> (дата звернення 11.10.2021).

20. Небилиця М. Мікроклімат і продуктивність свиней. Аграрний тиждень. Україна. 2016. №11. С.59-61.

21. Міненко С., Рудь Я. Експериментальна установка для осушення повітря у тваринницьких приміщеннях. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та*



*експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 395-396.

22. Міненко С.В., Рудь Я.В. Розроблена система осушення повітря у тваринницьких приміщеннях. *Інженерні процеси та системи*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Інженерні процеси та системи». 14-15 червня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 38-41.

23. Рудь Я.В. Сучасні системи забезпечення параметрів мікроклімату. *Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (1 грудня 2023 р.)*. Дніпро. ДДАЕУ, 2023. С. 22-24.