

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"  
на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів автоматизованої  
системи забезпечення мікроклімату в свинарнику**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-2-19  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Білоус Ілля Михайлович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Алієв Ельчин Бахтияр огли

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Шевченко Ігор Аркадійович

Дніпро, 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Білоус Ілля Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старш. дослід.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючого техніко-технологічного забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан проблеми і вибір напрямів досліджень. 2. Результати досліджень параметрів мікроклімату в свинарнику. 3. Моделювання процесу тепломасообміну в адіабатичному охолоджувачі повітря. 4. Розробка автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання автоматизованої системи забезпечення мікроклімату. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (7 аркушів, А4). 2. Теоретичні дослідження (10 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (5 аркуша, А4) 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (3 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е.Б., професор		
2	Алієв Е.Б., професор		
3	Алієв Е.Б., професор		
4	Алієв Е.Б., професор		
5	Кравець В.В., доцент		
6	Вінніченко І.І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О.С., доцент		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	13.06.2020 року	
2	Теоретичний	18.07.2020 року	
3	Моделювання	19.08.2020 року	
4	Лабораторні випробування	30.09.2020 року	
5	Охорона праці	10.10.2020 року	
6	Економічний	14.11.2020 року	
7	Демонстраційна частина	25.11.2020 року	

Студент

\_\_\_\_\_ Білоус І. М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Алієв Е.Б.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)



Білоус І. М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі представлені результати обстеження стану забезпечення мікроклімату. В третьому розділі у результаті чисельного моделювання наочно зображено дії різних схем і способів охолодження повітря. В четвертому розділі викладено обґрунтування геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату. В п'ятому розділі проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. В шостому розділі виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

**Ключові слова:** мікроклімат, свинарські приміщення, температура, вологість, вентиляція, адіабатичне охолодження.

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
<b>1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Мікроклімат і його параметри.....	9
1.2 Вплив параметрів мікроклімату в свинарниках на життєдіяльність тварин.....	11
1.3 Мікроклімат сучасних свинарських комплексів .....	14
1.4 Система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску.....	15
1.5 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми автоматизованої системи забезпечення мікроклімату.....	17
1.6 Висновки з розділу.....	19
1.7 Мета і завдання досліджень.....	19
<b>2 РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРНИКУ.....</b>	<b>21</b>
2.1 Методика досліджень параметрів мікроклімату в свинарнику.....	21
2.2 Результати досліджень основних параметрів мікроклімату в свинарнику.....	23
2.3 Результати досліджень вмісту газів в повітрі свинарника .....	28
2.4 Результати дослідження температури і вологості повітря навколишнього середовища .....	33
2.5 Висновки з розділу.....	34
<b>3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В АДІАБАТИЧНОМУ ОХОЛОДЖУВАЧІ ПОВІТРЯ.....</b>	<b>36</b>
3.1 Двоканальна схема побічно-випарної комірки.....	36
3.2 Триканальна схема побічно-випарної комірки.....	38
3.3 Триканальна схема побічно-випарювальної комірки із чергуванням сухих і вологих ділянок.....	41
3.3 Висновки з розділу.....	47

4	ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ У ПОВІТРОПРОВОДІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ.....	49
4.1	Аналітичне обґрунтування геометрії розташування отворів.....	49
4.2	Методика експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату.....	54
4.3	Результати досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі.....	56
4.4	Застосування отриманих результатів у тваринницькому приміщенні.....	59
4.5	Висновки з розділу.....	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ УТРИМАННЯ СВИНЕЙ...	62
5.1	Терміни та визначення основних понять.....	62
5.2	Шкідливі та небезпечні виробничі фактори в приміщенні для утримання свиней.....	63
5.3	Заходи з охорони праці по забезпеченню безпеки працівників в приміщенні для утримання свиней.....	65
5.4	Правила безпечного виконання робіт при обслуговуванні та ремонті обладнання свиноферми.....	68
5.5	Дії у разі захворювання свиней ензоотичним енцефаломієлітом....	72
5.6	Висновки з розділу.....	74
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ.....	75
6.1	Вихідні дані.....	75
6.2	Результати техніко-економічної оцінки результатів досліджень....	75
6.3	Висновки з розділу.....	80
	ВИСНОВКИ .....	81
	Список використаних джерел .....	83
	ДОДАТКИ .....	87

## ВСТУП

Одним з чинників, що впливає на ефективність тваринництва є умови утримання тварин, у яких забезпечення оптимального мікроклімату має важливе значення.

Мікроклімат має суттєвий вплив на ефективність виробництва свинини. Зміна складу і властивостей повітря в приміщеннях, може впливати на реакції організму. Фізіологічною особливістю свиней є відсутність потових залоз, тому навіть незначне підвищення температури у поросят порівняно зі стандартними значеннями є серйозним навантаженням на систему терморегуляції тварин і призводить до зниження (навіть повної втрати) апетиту і, як наслідок, тягне за собою збитки. З іншого боку, зниження температури, при якій утримуються тварини, призводить до надмірного споживання корму і, як наслідок, до збільшення вартості свинини. Тому для покращення здоров'я і підвищення продуктивності тварин, а також для захисту від багатьох хвороб потрібно враховувати зміни, що відбуваються у повітрі, їх вплив на організм та методику контролю й поліпшення умов повітряного середовища. Недотримання умов призводить до порушення температурного гомеостазу, зниження продуктивності, опірності організму, захворювання й навіть загибелі тварин.

Так, згідно попередніх досліджень, продуктивність тварин на 5-8 % визначається мікрокліматом приміщень. Усі відхилення від нормативних умов повітряного середовища негативно впливають на розвиток тварини та її продуктивність. У свою чергу відомо, що традиційне забезпечення оптимального мікроклімату для тварин з метою отримання від них високої продуктивності пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, на що витрачається до 15 % коштів виробників.

Тому разом із створенням та технічно грамотним використанням опалювального та вентиляційного обладнання, що має такі переваги, як низька матеріалоемність, високі теплотехнічні та аеродинамічні характеристики та надійність, не меншу увагу слід приділяти системам автоматики, що забезпечують

необхідні параметри мікроклімату з економним використанням ресурсів у всі періоди та режими роботи систем мікроклімату.

Тому питання вдосконалення автоматизованих енергозберігаючих систем дотримання оптимальних умов мікроклімату в тваринницьких приміщеннях є актуальними і потребують наукового обґрунтування.

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Мікроклімат і його параметри

Мікроклімат визначається сукупністю температури, відносної вологості, хімічного і механічного складу повітря. Кожен з перерахованих показників окремо має суттєвий вплив на продуктивність тварин і повинен підтримуватися в строгих рамках, обумовлених фізіологічними потребами і можливостями тварин.

У тваринництві під мікрокліматом розуміють перш за все клімат приміщень для тварин, який визначають як сукупність фізичного стану повітряного середовища, його газової, мікробної і пилової забрудненості з урахуванням стану самої будівлі і технологічного обладнання. Іншими словами, мікроклімат - це метеорологічний режим закритих приміщень для тварин, в поняття якого входять температура, вологість, хімічний склад і швидкість руху повітря, запиленість, освітленість. Оптимальний мікроклімат сприяє збільшенню продуктивності тварин, зниження витрат кормів на отримання одиниці продукції, позитивно впливає на збереження здоров'я тварин. Мікроклімат в приміщеннях залежить від місцевого (зонального) клімату та пори року, термічного та вологісного опору огорожувальних конструкцій будівель, стану вентиляції, ступеня освітлення та опалення приміщень, стану каналізації і якості прибирання гною, технології утримання тварин, їх видового та вікового складу. Основні параметри мікроклімату тваринницьких приміщень регламентуються нормами технологічного проектування.

Температура приміщень для кнурів-плідників повинна становити в приміщенні – від 13 °С до 18 °С, для супоросних свиноматок – від 13 °С до 18 °С, для підсисних – від 18 °С до 22 °С, для ремонтного молодняку – від 18 °С до 22 °С, для відлучених поросят до 30 діб – від 24 °С до 30 °С, в 60 діб – 22 °С, для поросят на дорощуванні – від 15 °С до 20 °С, для відгодівельного молодняку в залежності від віку – від 12 °С до 20 °С. При локальному обігріві поросят в

перший тиждень життя температура в лігві повинна бути 30 °С, у другий – 28 °С, в третій – 26 °С, в четвертий – 24 °С, в п'ятий – 24 °С. Природно, що такі параметри мікроклімату при справжніх цінах на енергоносії вимагають великих витрат, проте це найбільш сприятливі умови для життєдіяльності підсисних поросят [1, 2].

При низькій температурі збільшується тепловіддача тіла, внаслідок чого тварини посилено споживають корм, а при температурі нижче критичної організм не встигає виробляти тепло за рахунок енергії корму, настає переохолодження, можливі простудні захворювання тварин і навіть смерть. При температурі вище критичної різко зменшується конвективний теплообмін організму з навколишнім середовищем, тому з'являється загроза перегріву і теплового удару. При порушенні температурних умов (переохолодження, перегрів) спостерігається зниження природної резистентності і виникнення легеневих і шлунково-кишкових захворювань. Але різкі коливання температурного режиму протягом доби чинять сильніший негативний вплив на організм, ніж постійно підвищена або знижена температура, причому в першу чергу це позначається на молодняку. У молодняку сільськогосподарських тварин в перші дні життя захисні гуморальні фактори розвинені слабо, шкіра і слизові оболонки дуже чутливі до хвороботворних мікробів [3, 4].

Вологість навколишнього середовища також в значній мірі впливає на терморегуляцію організму тварини, і зокрема на його тепловіддачу, причому висока відносна вологість (85 % і вище) негативно діє на організм і тепловіддачу як при високих температурах навколишнього середовища, так і при низьких [5].

Підвищена вологість пригнічує обмін речовин і окислювально-відновні процеси в організмі, знижує резистентність свиней. При утриманні тварин в холодний період року в приміщеннях з високою вологістю часто відзначаються такі захворювання, як бронхіт, запалення легенів, шлунково-кишкові захворювання у молодняка. Висока вологість сприяє збереженню мікроорганізмів в приміщенні, в тому числі патогенної і грибової мікрофлори, що часто є причиною виникнення шкірних захворювань – стригучого лишая, екземи,

корости та ін. Крім того, при високій вологості і низькій температурі збільшується витрата кормів на одиницю продукції, у тварин погіршується апетит. Оптимальною є відносна вологість від 60 % до 70 %, при підвищеній температурі допустима 50 %, пониженій – 80 %. Так, в свинарниках при задовільному годуванні тварин, але при високій вологості повітря (від 80 % до 100 %) і низькій температурі (від 1 °С до 10 °С) в порівнянні з оптимальними умовами (вологість повітря від 65 % до 80 % і температура від 10 °С до 32 °С) добові прирости зростаючих свиней менші від 9% до 28%, а витрати корму складають від 6 до 12 корм. од. на 1 кг приросту (замість від 4,5 до 5,5 корм. од.); відхід підсисних порослят та порослят на дорощуванні по відношенню до загального поголів'ю від 12 % до 28 % вище [6, 7, 8,].

Показник вологості повітря в приміщенні має дуже велике значення і постійно повинен регулюватися в залежності від температури. При низькій вологості тварини легше переносять підвищену температуру. Свині найбільш стійко переносять підвищену вологість. При температурі 32 °С свині масою 100 кг однаково реагують на вологість повітря 30 % і 90 %.

Швидкість руху повітря забезпечує повітрообмін в приміщеннях, підсилює охолоджуючу здатність повітря. Тому мала швидкість руху повітря призводить до погіршення мікроклімату, а висока може викликати простудні захворювання при знижених температурах. Для молодняка вона не повинна перевищувати від 0,1 до 0,2 м/с взимку і від 0,3 до 0,5 м/с влітку, для дорослих взимку від 0,3 до 0,5 м/с, влітку від 0,8 до 1,0 м/с [9, 10, 11].

## **1.2 Вплив параметрів мікроклімату в свинарниках на життєдіяльність тварин**

Найбільш значущими показниками мікроклімату є температура і відносна вологість. Ці показники доцільно використовувати для регулювання системи опалення та вентиляції.

Тіло свині покрито дуже рідким вовняним покривом. Він фактично не захищає від зовнішнього температурного впливу. Стабільна температура тіла підтримується системою терморегуляції. Для підтримки постійної температури тіла організм витрачає певну кількість енергії. При оптимальній температурі ці витрати мінімальні (рис. 1.1) [12].

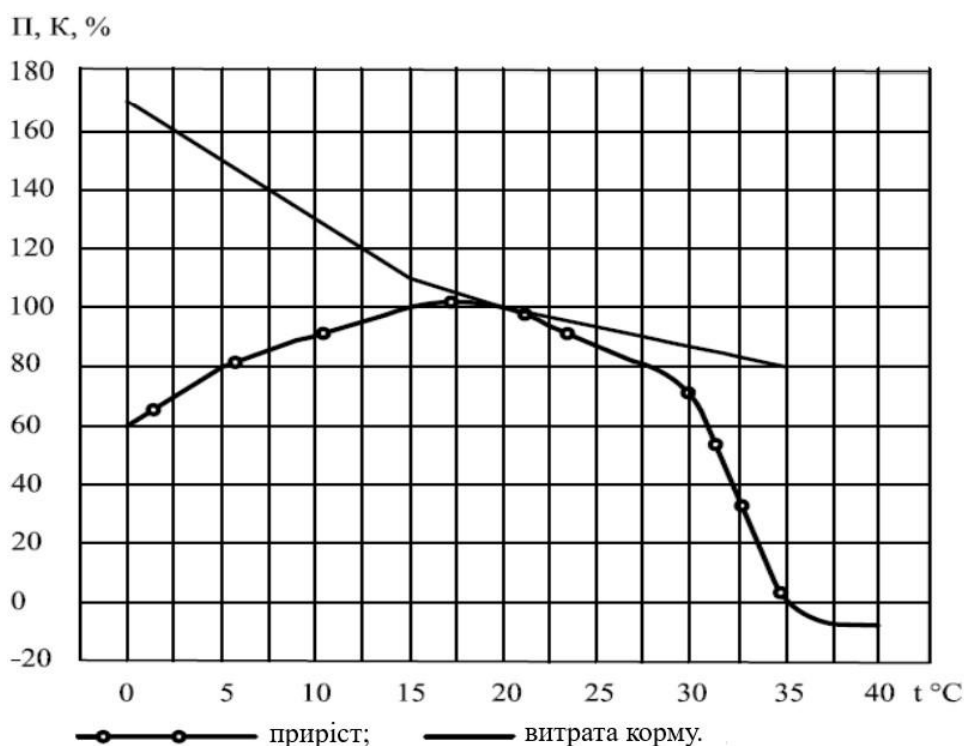


Рисунок 1.1 – Вплив температури навколишнього повітря на продуктивність свиней на відгодівлі

На даний момент генетичні компанії істотно збільшили постність свинини за рахунок зниження товщини підшкірної клітковини – природної теплоізоляції свиней, як результат тварини сучасної генетики більш чутливі до зниження температури [13].

За даними досліджень голландської генетичної компанії TOPIGS, підвищення температури в приміщенні при заплідненні свиноматок до 36 °C викликало зниження багатоплідності у тварин великої білої породи (Z-лінія) на 30 %, а у тварин породи ландрас (A-лінія) – на 15 % (рис. 1.2) [14].

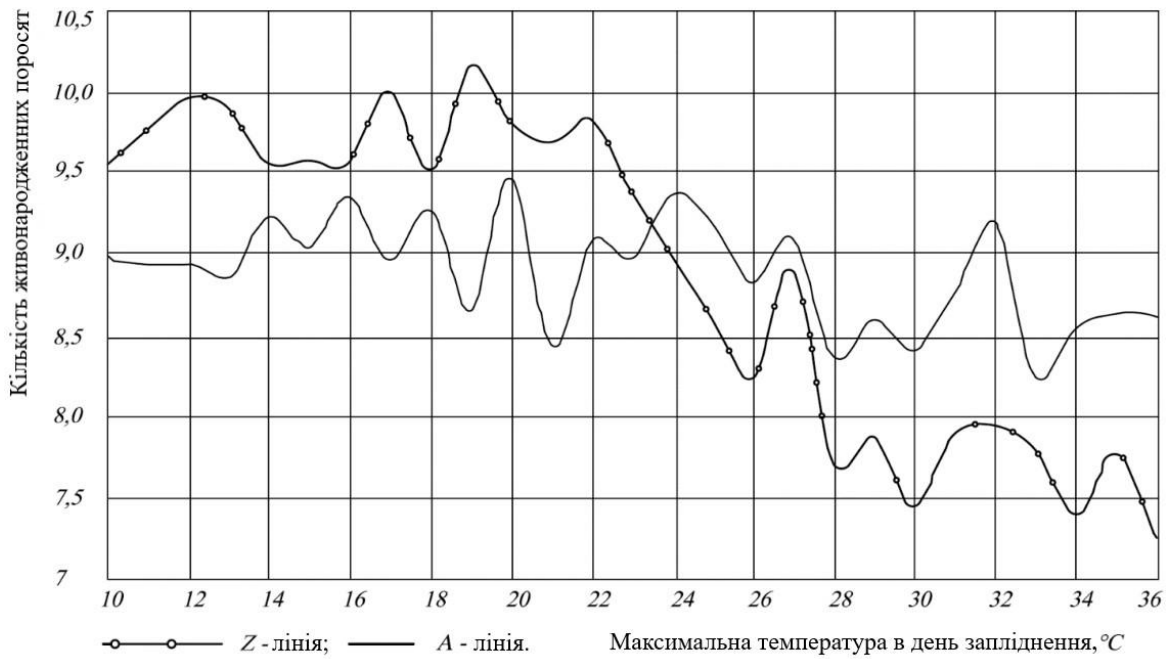


Рисунок 1.2 – Вплив температури в приміщенні при заплідненні свиноматок на їх багатоплідність

На рисунку 1.3 видно, що при високій відносній вологості повітря ( $\varphi > 75\%$ ) знижуються прирости свиней (на 20 %) і підвищується витрата корму (на 40 %) [14].

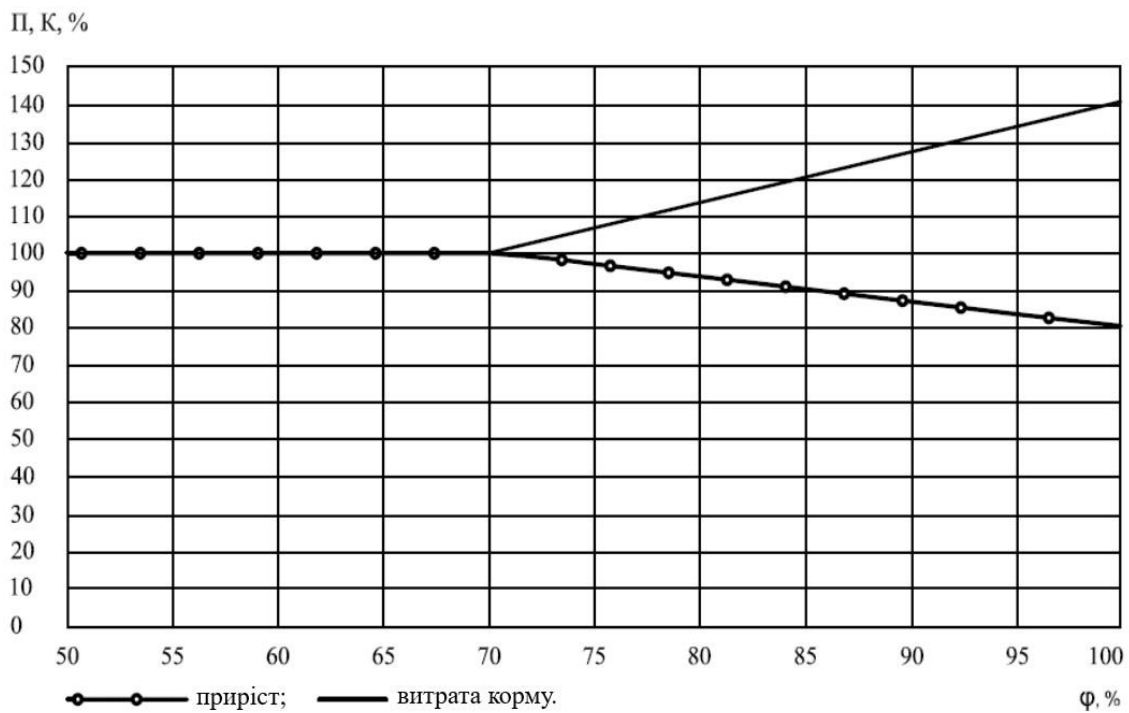


Рисунок 1.3 – Вплив відносної вологості на показники продуктивності свиней

Сухе повітря (відносна вологість нижче 50 %) також негативно впливає на організм тварини, викликаючи подразнення слизових оболонок очей, дихальних шляхів, зниження місцевого імунітету, посилену спрагу і, як наслідок, погіршення апетиту і засвоєння поживних речовин [12].

### **1.3 Мікроклімат сучасних свинарських комплексів**

У промисловому тваринництві створення оптимального мікроклімату залежить від багатьох факторів і здійснюється через ряд компромісів. В даний час є дані, на підставі яких можна точно встановити ті чинники середовища, які необхідні для прояву генетично обумовлених здібностей тварин. Однак забезпечення термонеутральної зони пов'язано з великими капіталовкладеннями, високими цінами на енергоносії та останнім часом вимагає все більших експлуатаційних витрат. До тих пір, поки в ціноутворенні не настануть істотні зрушення, замість формування термонеутральної зони доцільно створювати оптимальне продуктивне середовище, яке є компромісом між великими витратами на виробництво продукції та кількістю і якістю тваринницької продукції. З огляду на те, що розміри капіталовкладень і витрати по експлуатації можуть значно змінюватися протягом короткого часу, характерні для оптимального продуктивного середовища мікрокліматичні умови також не можуть залишатися незмінними, навіть з огляду на той факт, що вимоги тварин до їх навколишнього середовища практично не змінюються протягом тривалого часу [15].

Сучасні системи контролю клімату в свинарських приміщеннях включають в себе: комп'ютери клімат-контролю, датчики температури, вологості та загазованості, вентилятори, зволожувачі. Серцем системи створення і контролю мікроклімату є комп'ютер, що керує всіма механізмами. Комп'ютер безперервно управляє вентиляторами, змінюючи їх продуктивність від 0 до 100 %, при цьому забезпечує більшу стійкість вентиляції до змін атмосферного тиску і меншу чутливість до вітрів. Це дозволяє забезпечувати оптимальний мікроклімат всередині приміщення і є економічно вигідним. При цьому також

використовуються не автоматичні витяжні пристрої (дахові шахти різної конфігурації; шахти, що витягують повітря з гнойових каналів) і припливні пристрої (дахові шахти, настінні та стельові кватирки-клапани, вікна [16].

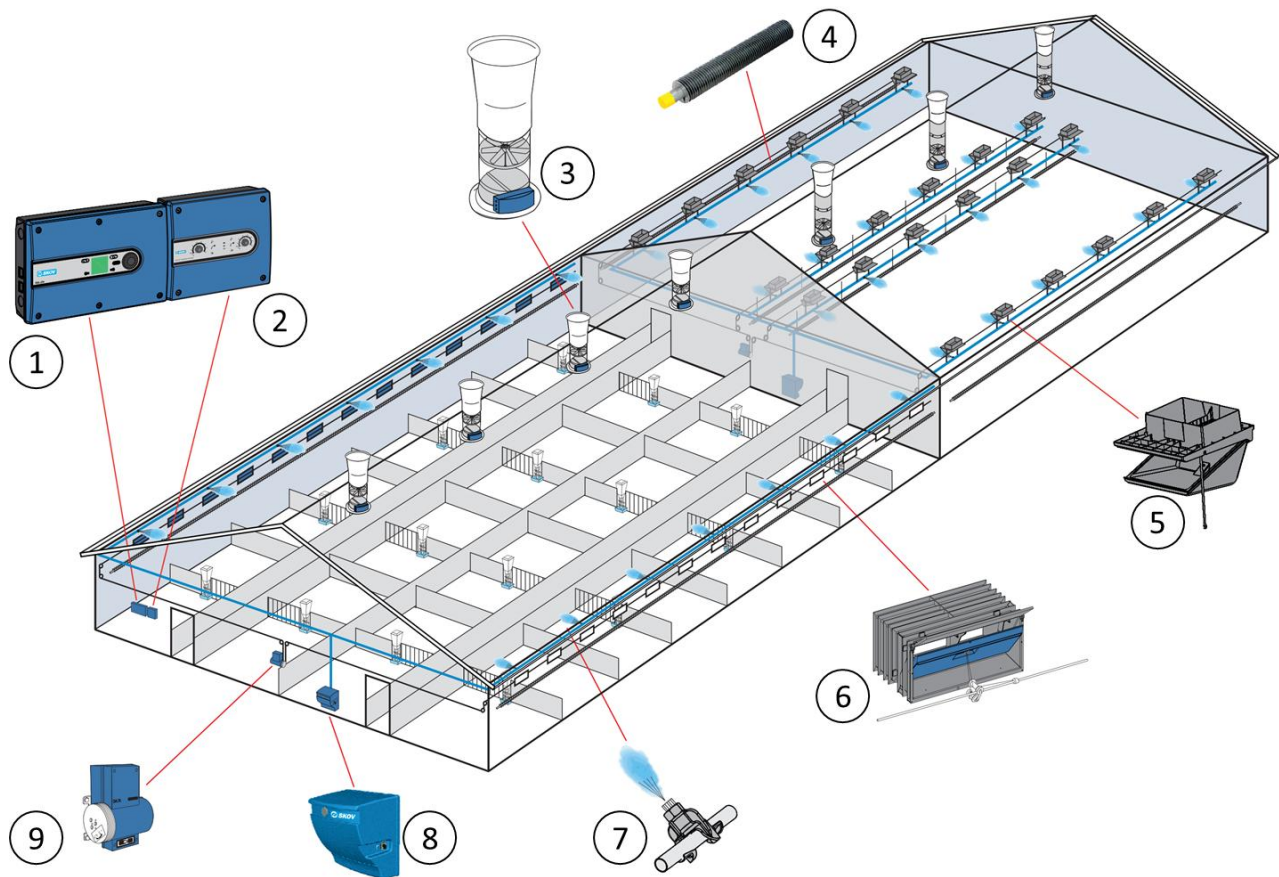
Застосування того чи іншого типу обігріву свинарського приміщення залежить від статі і віку свиней, а також від конфігурації приміщення. Вибір системи обігріву пов'язаний і з наявністю певних енергоресурсів на фермі. У сучасному свинарстві найбільш економічними вважаються прилади прямого спалювання палива в приміщенні (газ, рідке паливо) та електроенергія. Економічними є повітродувні теплогенератори. Однак в силу технологічних особливостей вони можуть успішно застосовуватися тільки в приміщеннях для утримання холостих-супоросних свиноматок, кнурів і свиней на відгодівлі. Вони створюють інтенсивний рух повітря, що неприйнятно в приміщенні маточників і дорощування. В останніх приміщеннях найкраще себе зарекомендували реєстри водяного опалення типу дельта-трубки, ребриста труба загального обігріву і водяні килимки (або секції підлоги) для обігріву лігва поросят, вода в які подається з локального водогрійного котла. У приміщеннях для дорощування успішно застосовуються інфрачервоні випромінювачі, що працюють на електроенергії або природному газі [17].

#### **1.4 Система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску**

Найпопулярніша на сьогоднішній день система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску. Через те, що вона є більш простою у використанні і споживає менше енергії, ніж будь-яка інша система примусової вентиляції.

Система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску (рис. 1.4) – витяжна, із припливом повітря через клапани, розташовані в стінах або в стелі, які автоматично відкриваються та закриваються за допомогою сервомотору у відповідності до команд контролеру мікроклімату. Відвід

відпрацьованого повітря із приміщення здійснюється через витяжні шахти, розташовані в перекритті приміщень [18, 19].



1 – контролер мікроклімату; 2 – система аварійного відкриття; 3 – витяжна шахта; 4 – труба системи централізованого опалення; 5 – припливний клапан в стелі; 6 – припливний клапан в стіні; 7 – форсунка системи кондиціонування; 8 – насос системи кондиціонування; 9 – сервомотор приводу клапанів

Рисунок 1.4 – Система вентиляції від’ємного тиску

Припливні клапани спрямовують повітря до центральної частини приміщення, змішуючи холодне повітря що надходить ззовні з нагрітим внутрішнім ще до того, як він досягне тварин. Важливо, щоб в холодну пору року заслінки припливних клапанів направляли повітря до стелі, а в тепле – до станкомісць (рис. 1.5). Для запобігання утворенню протягів, обігрівачі повинні встановлюватися під клапанами.

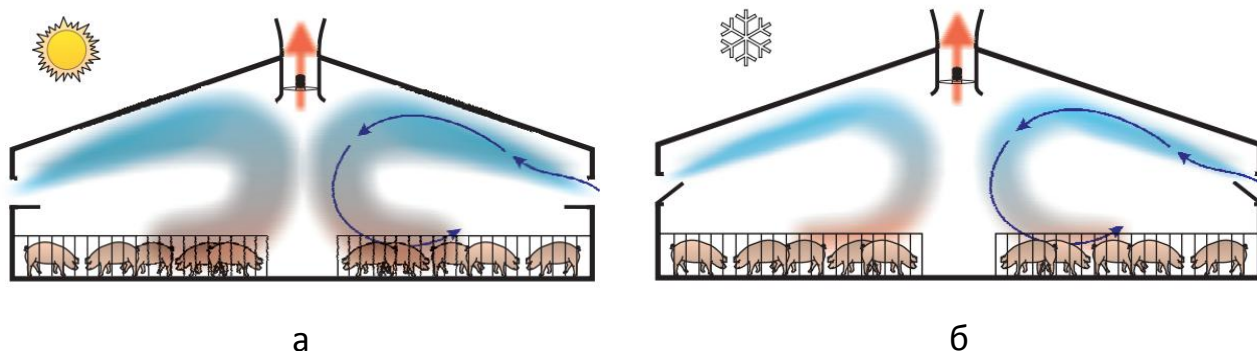


Рисунок 1.5 – Робота системи вентиляції від’ємного тиску влітку (а) та взимку (б)

Припливні клапани можуть також бути розташовані уздовж стелі. У цьому випадку повітря надходить всередину через дах. Установка стельових клапанів може бути застосована на широких будівлях. Разом з тим, оскільки відстань від клапана до зони утримання тварин невелика, щоб піти від протягів, висота приміщення повинна бути більше (3 м), ніж при використанні інших систем.

Система від’ємного тиску може працювати спільно з підпільною вентиляцією. В цьому випадку 30–50 % відпрацьованого повітря видаляються через канали, розташовані в підпільному просторі станкомісць. Підпільна вентиляція забезпечує хорошу якість повітря, оскільки велика частина аміаку видаляється ще до того, як він поширився по приміщенню. Система набирає популярність ще й через те, що вона забезпечує хороші умови для роботи і може легко комбінуватися з системою очищення повітря, що знижує викиди аміаку і неприємних запахів [20, 21].

## 1.5 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми автоматизованої системи забезпечення мікроклімату

Основою автоматизованої системи забезпечення мікроклімату може бути установка випарного охолоджувача, принципова схема якої зображена на рисунку 1.6.

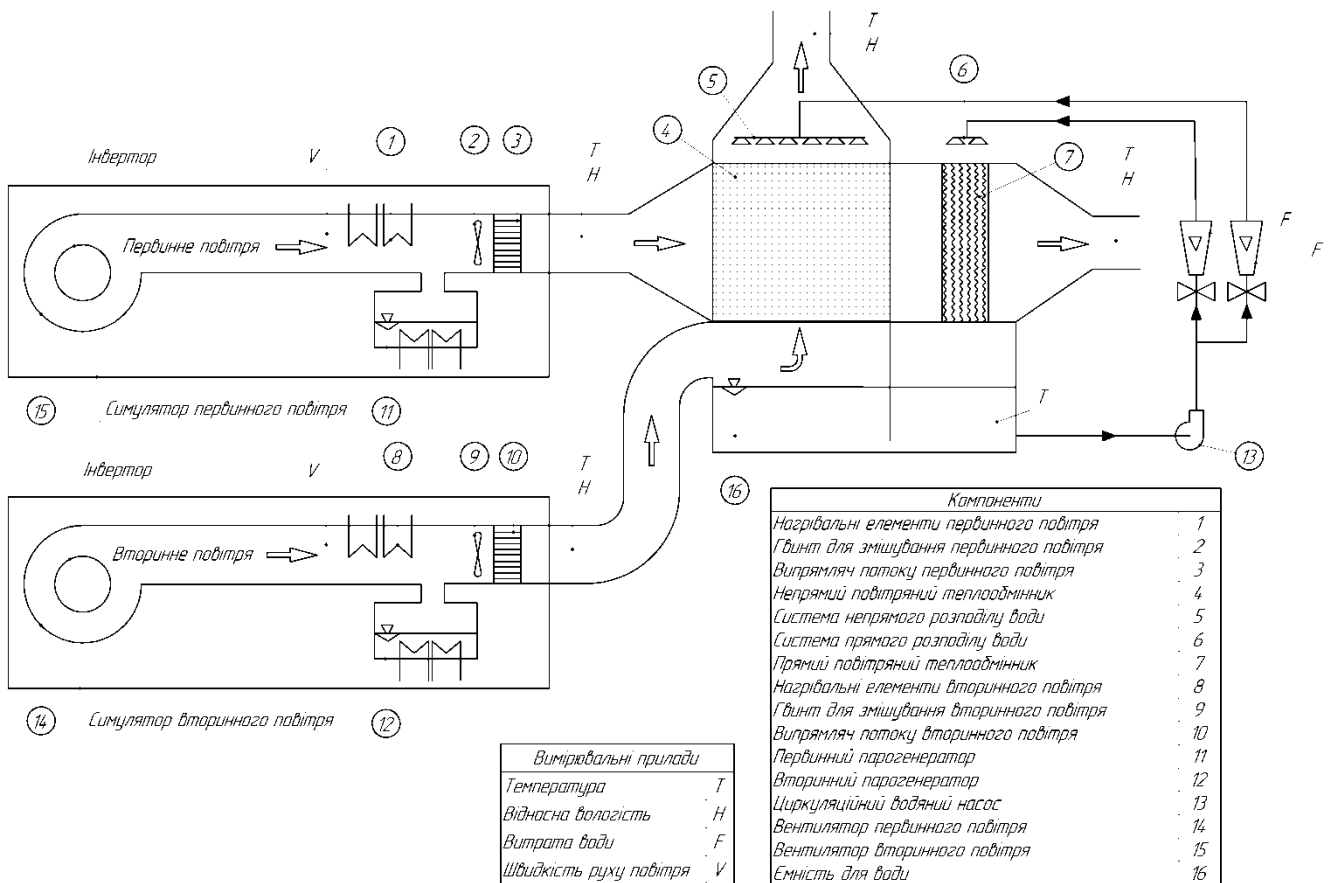


Рисунок 1.6 – Принципова схема установки випарного охолоджувача

Вентилятори 14 та 15 нагнітають повітря, яке проходить через нагрівальні елементи 1 та 8 потім змішується гвинтами 2 та 9 і проходить через випрямлячі повітря 3 та 10. Обидва потоки надходять до непрямого повітряного теплообмінника 4 на який розпилюється вода через систему 5. Випарувана вода підіймається вгору, а охолоджений потік рухається далі до прямого теплообмінника 7, на який розпилюється вода за допомогою системи 6. Далі охоложене повітря подається до приміщення. Розпилена вода стікає в ємність 16 після чого за допомогою водяного насосу 13 циркулює в системі.

Для контролю параметрів в системі розташовані вимірювальні прилади. Швидкість руху повітря  $V$  вимірюється в повітропроводі після вентиляторів 14 та 15. Температура повітря  $T$  та відносна вологість повітря  $H$  вимірюється перед потраплянням до непрямого повітряного теплообмінника 4, після нього у вивідному повітропроводі та після прямого теплообмінника 7. В ємності для води

16 вимірюється температура води  $T$ . В системі циркуляції води встановлені лічильники витрати води  $F$  після насосу 13 [22, 23].

## 1.6 Висновки з розділу

1. Мікроклімат впливає як на здоров'я свиней, так і на їх прирости і відтворювальні функції. Його порушення призводить до зниження рівня здоров'я свиней, їх чисельності та, відповідно, до зниження рентабельності господарств.

2. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання.

3. В результаті аналізу встановлено, що найпопулярніша на сьогоднішній день система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску. Через те, що вона є більш простою у використанні і споживає менше енергії, ніж будь-яка інша система примусової вентиляції.

4. Враховуючи технологічні умови повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – до  $3,5 \text{ мг/м}^3$ , вологість – 40-70 %, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку 20-30  $\text{мг/м}^3$ , сірководню – 10-15  $\text{мг/м}^3$ , вуглекислого газу – 0,2-0,35 %) і результати аналізу конструкцій систем нагріву і охолодження було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показникам, високої енергетичної ефективності і низької вартості конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є теплоутилізатори із додатковим нагрівом і адіабатичним охолодженням.

## 1.7 Мета і завдання досліджень

**Мета досліджень** полягає у підвищенні ефективності забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях шляхом застосування автоматизованої системи його керування із обґрунтованими режимними параметрами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- провести аналіз техніко-технологічного забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях;
- провести дослідження параметрів мікроклімату в свинарнику і визначити напрямки вдосконалення системи для його забезпечення;
- розробити фізико-математичну модель процесу функціонування системи забезпечення мікроклімату в свинарнику;
- визначити вплив конструктивно-режимних параметрів автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику на його енергетичну ефективність та рівномірність розподілу температури в приміщенні;
- визначити техніко-економічну ефективність розробленої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику.

## 2 РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРНИКУ

### 2.1 Методика досліджень параметрів мікроклімату в свинарнику

Дослідження параметрів мікроклімату проводилося в приміщенні для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс». Проект приміщення представлений на рисунку 2.1.

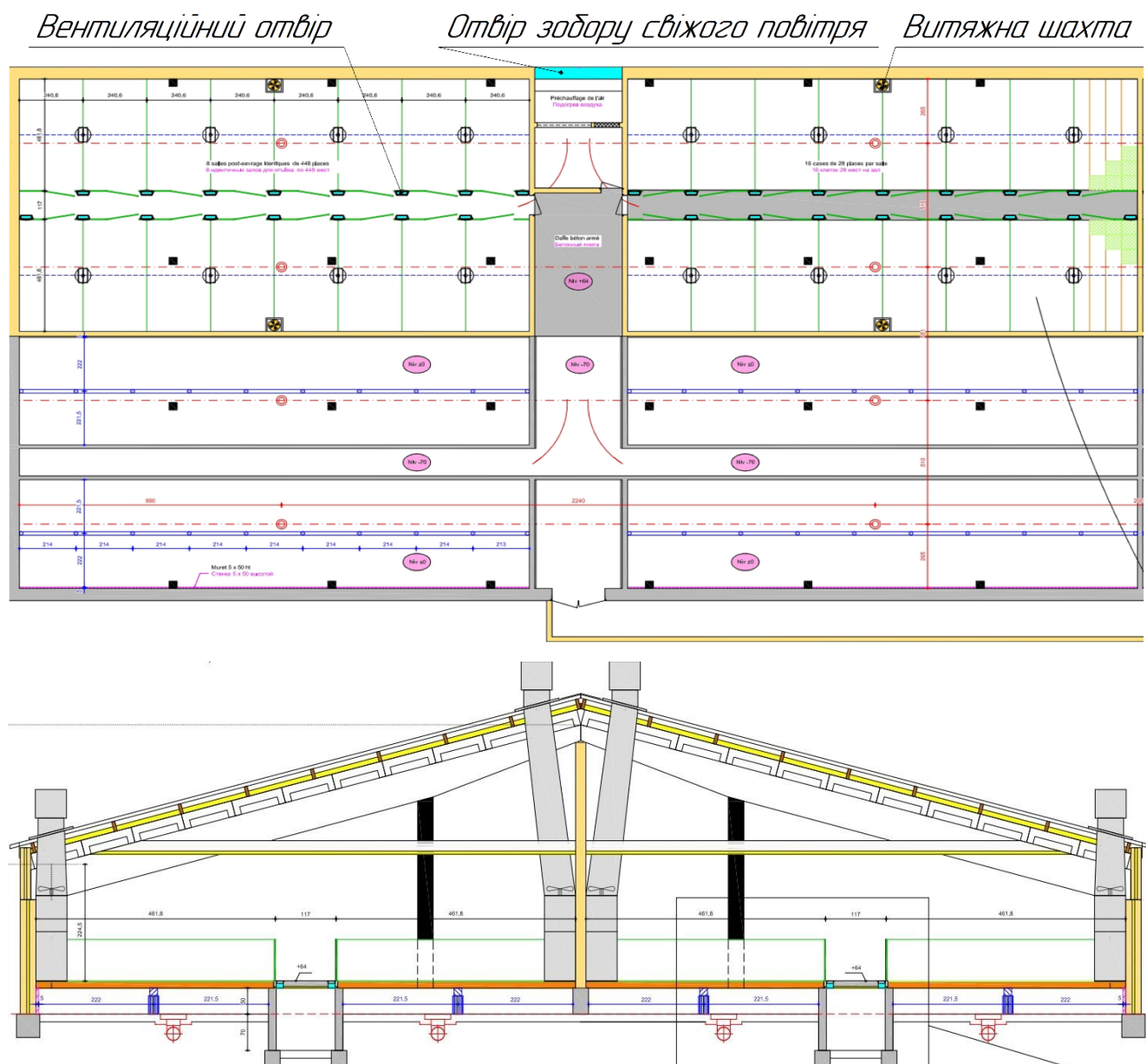


Рисунок 2.1 – Проект приміщення для утримання поросят на дорощуванні

В приміщенні діє система вентиляції з від'ємним тиском. Забезпечення мікроклімату в приміщенні відбувається наступним чином. Повітря з навколишнього середовища потрапляє через регульовальні отвори з одного боку приміщення, і рухається під проходами. В проходах розташовані отвори на однаковій відстані між одне одним, через які повітря потрапляє до приміщення. З боків секцій розташовані витяжні шахти, які виводять повітря з приміщення у навколишнє середовище, і які створюють від'ємний тиск [24].

Технологічна схема системи забезпечення мікроклімату представлена на рисунку 2.2.

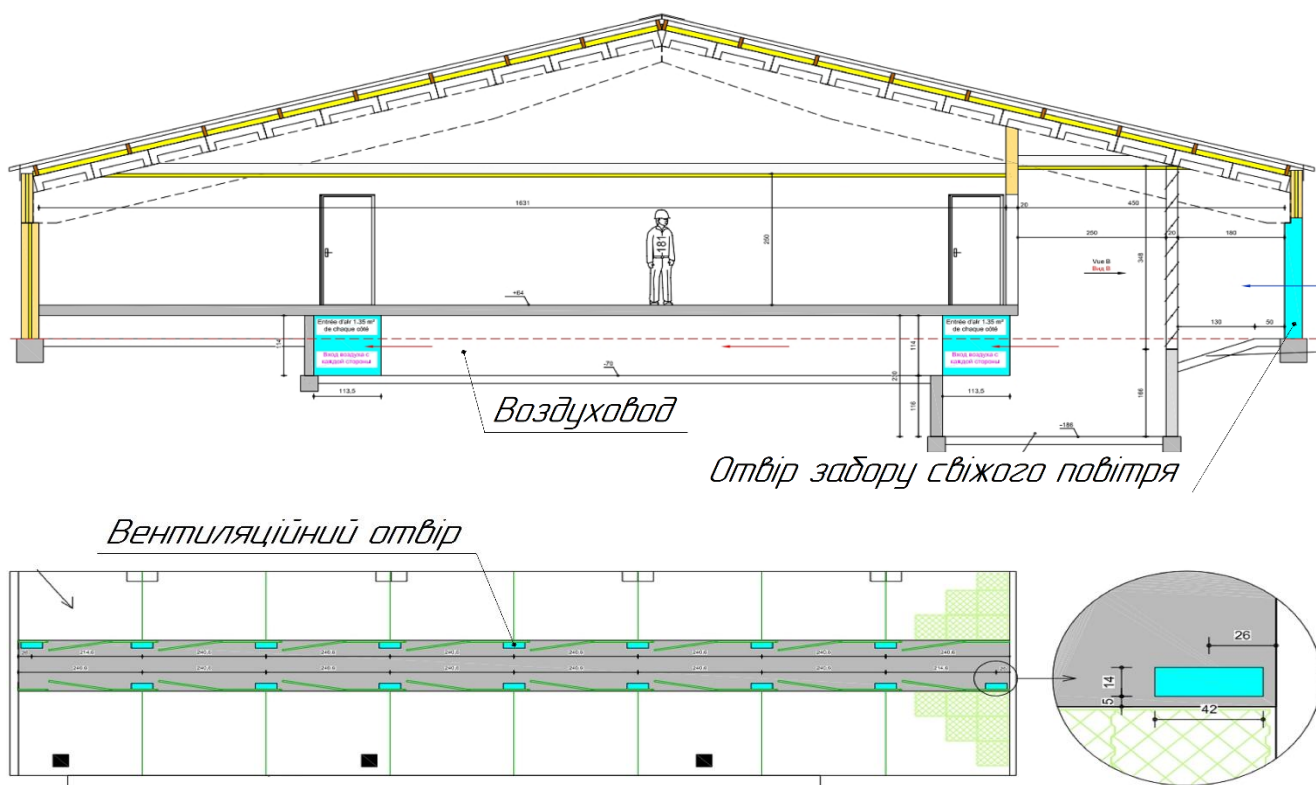


Рисунок 2.2 – Технологічна схема системи забезпечення мікроклімату приміщення для утримання поросят на дорощуванні

Під час дослідження були проведенні вимірювання:

– температури повітря та швидкості повітря термоанемометром Venetech GM 8903;

– відносної вологості повітря з використанням цифрового термогігрометра Testo 605;

– вміст газів (аміак, вуглекислий газ, сірководень та кисень) з використанням цифрового газоаналізатора-сигналізатора «ДОЗОР-С-М».

Загальний вигляд вимірювального обладнання представлено на рисунку 2.3.



а – цифровий термоанемометром Venetech GM 8903; б – цифровий термогігрометр Testo 605; в – цифровий аналізатор повітря газоаналізатора-сигналізатор «ДОЗОР-С-М»

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд вимірювального обладнання

Вимірювання вищезазначених показників відбувалося на висоті 30 см, 70 см, 160 см від підлоги. Окрім цього вимірювалася температура шкіри свині на холці та температура суцільної та щілинної підлоги.

## **2.2 Результати досліджень основних параметрів мікроклімату в свинарнику**

Проведено вимірювання температури повітря в 32 станкомісцях. Відповідно до отриманих даних побудовано графік залежності температури повітря від станкомісця [25, 26] (рис. 2.4).

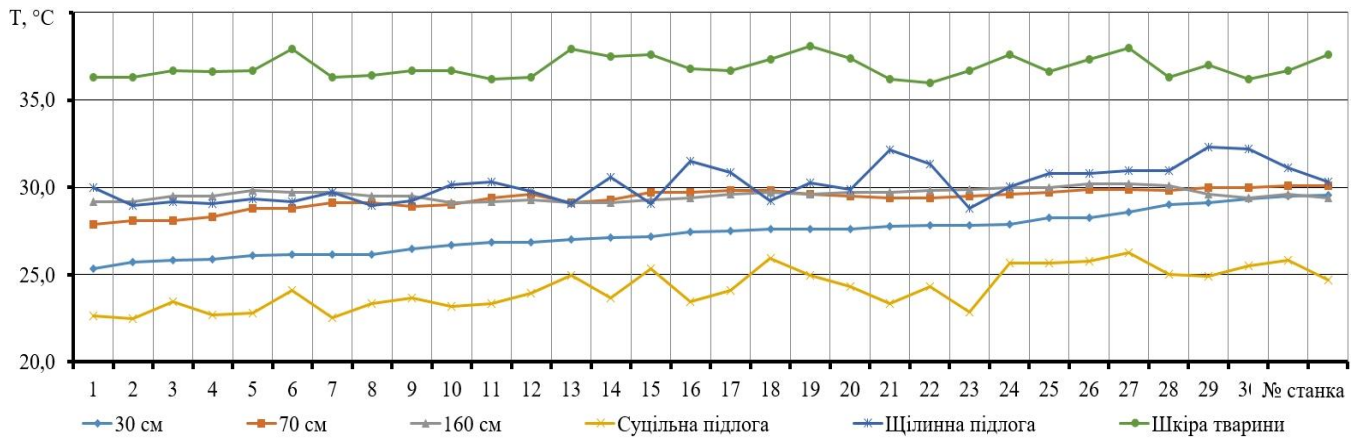


Рисунок 2.4 – Графік температури повітря в станкомісцях

Мінімальні, максимальні, середньоарифметичні значення та відхилення показників від середньоарифметичного значення приведені в таблиці 2.1 та за цими даними побудована гістограма (рис. 2.5).

Таблиця 2.1 – Розподіл температури повітря в свинарнику

Місце вимірювання	Максимальне значення, °C	Мінімальне значення, °C	Середнє значення, °C	Відхилення, °C
Суцільна підлога	26,2	22,5	24,2	1,2
Щілинна підлога	32,3	28,8	30,2	1,0
Висота 30 см	29,5	25,3	27,4	1,2
Висота 70 см	30,1	27,9	29,3	0,6
Висота 160 см	30,2	29,1	29,6	0,3
Шкіра тварини	38,1	36,0	36,9	0,6

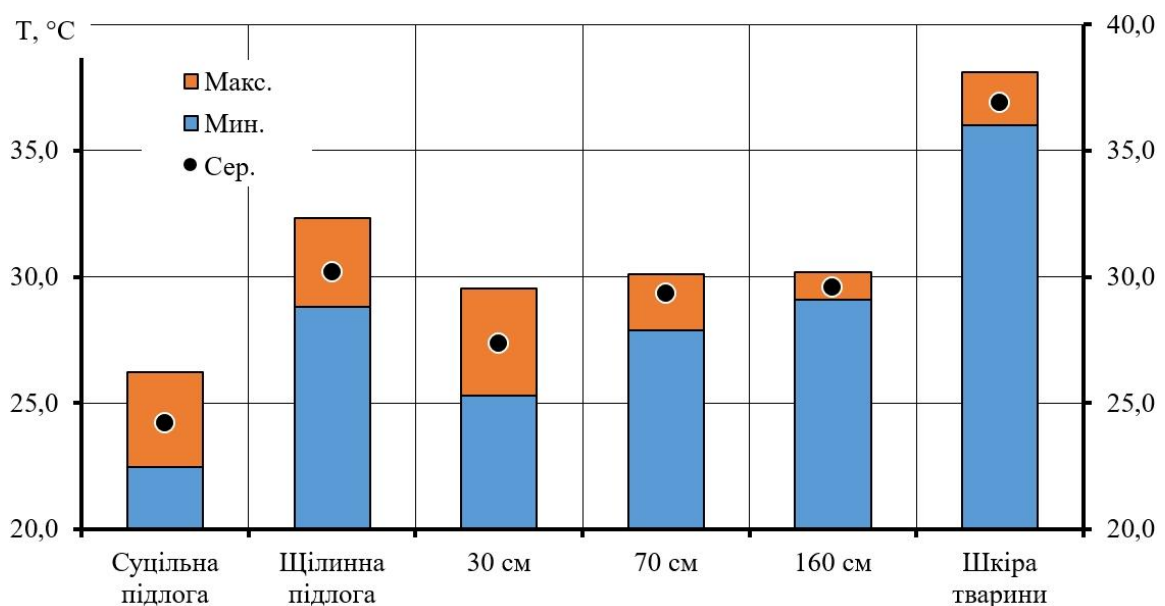


Рисунок 2.5 – Гістограма залежності температури повітря від висоти

Залежність зміни температури повітря в приміщенні зі збільшенням висоти від підлоги зображено на точковій діаграмі з проведеною лінією тренда (рис. 2.6). На цій діаграмі помітно, що найтепліше повітря на висоті від 105 см до 125 см від підлоги. Це пов'язано з тим, що тепле повітря легше за холодне, і тому підіймається вгору. Заміряна температура, відповідно до розділу 1.1, не відповідає рекомендованим межах від 15 °С до 20 °С.

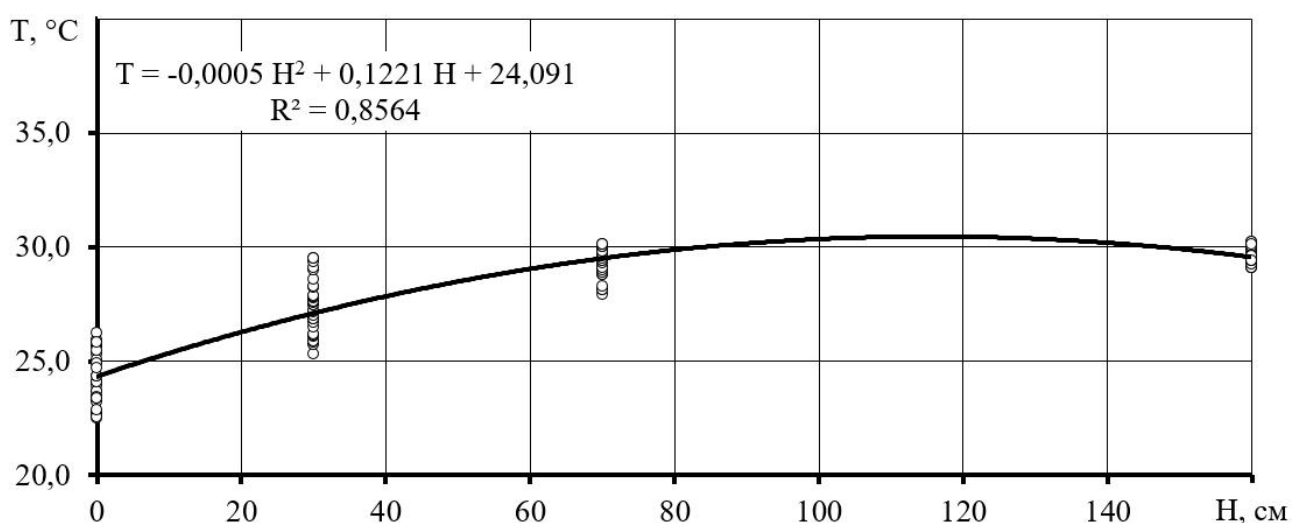


Рисунок 2.6 – Точкова діаграма залежності температури повітря від висоти

Відносна вологість повітря в станкомісцях знаходилася в межах від 60,7 % до 95,1 % залежно від висоти. Отримані дані приведені в таблиці 2.2 та зображені на рисунках 2.7–2.8. Як видно, зі зниженням висоти відносна вологість збільшується. Це пояснюється розташуванням гнойових каналів, підстилок від яких і виділяється волога. Порівнюючи отримані дані з рекомендованими даними, наведеними в розділі 1.1, вологість повітря на висоті 30 см є завищеною, оскільки рекомендована вологість від 60 % до 80 %.

Таблиця 2.2 – Розподіл вологості повітря в свинарнику

Показники	Максимальне значення, %	Мінімальне значення, %	Середнє значення, %	Відхилення, %
Висота 30 см	95,1	80,9	88,3	3,5
Висота 70 см	88	69,4	77,7	4,0

Висота 160 см	76,5	60,7	68,6	3,6
---------------	------	------	------	-----

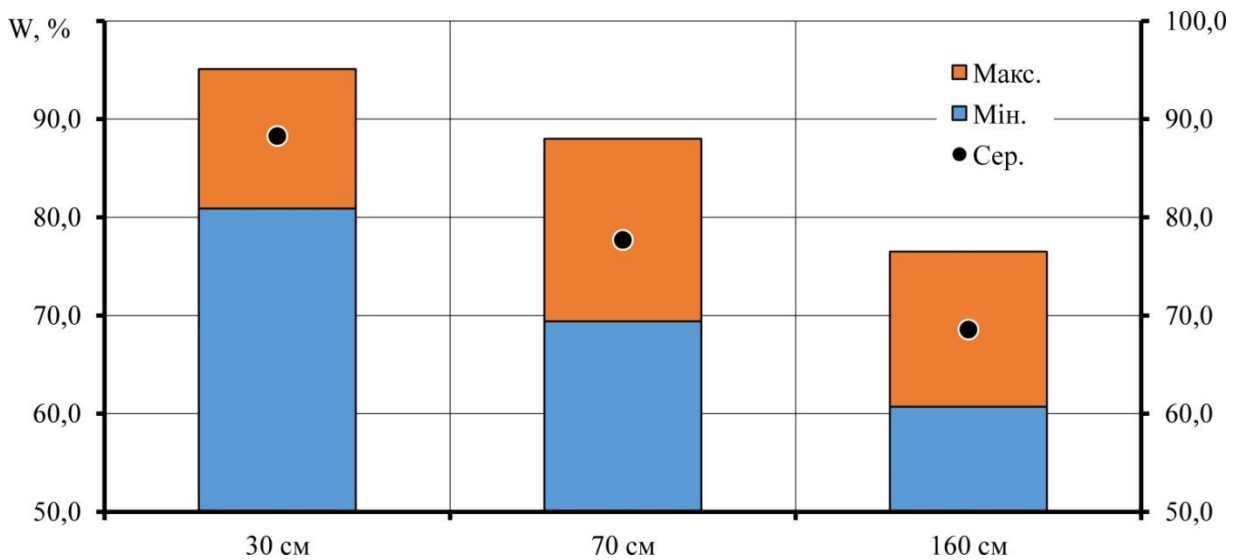


Рисунок 2.7 – Гістограма залежності вологості повітря від висоти

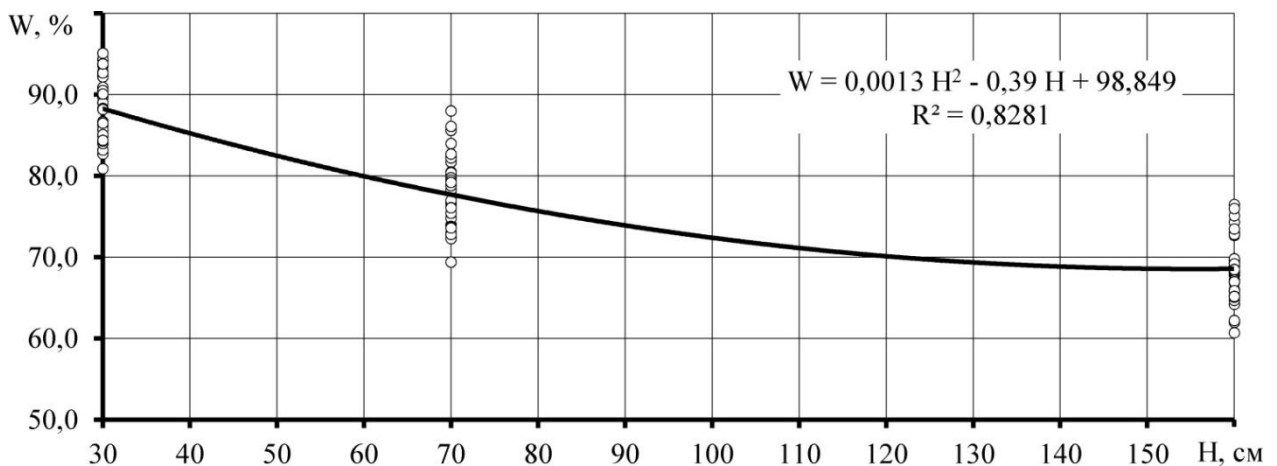


Рисунок 2.8 – Точкова діаграма залежності вологості повітря від висоти

Швидкість повітря в приміщенні було в межах від 0,18 м/с до 0,92 м/с залежно від висоти, на якій проводилось вимірювання. Отримані результати вимірювань приведені в таблиці 2.3 та зображені на рисунку 2.9 та рисунку 2.10. Швидкість повітря на висоті 30 см і 70 см загалом знаходиться в допустимих межах до 0,5 м/с.

В приміщенні застосовується система вентиляції з від'ємним тиском. Потік свіжого повітря подається з вентиляційних каналів розташованих під проходами, таким чином одразу діючи на поголів'я і змінюючи температуру повітря вниз

приміщення. Зі збільшенням висоти збільшувалася і швидкість повітря, тому що витік повітря відбувається в верхній частині приміщення через витяжні шахти, а в нижній частині руху повітря заважає багато перепон.

Таблиця 2.3 – Розподіл швидкості повітря в свинарнику

Показники	Максимальне значення, м/с	Мінімальне значення, м/с	Середнє значення, м/с	Відхилення, м/с
Висота 30 см	0,48	0,18	0,26	0,07
Висота 70 см	0,58	0,30	0,36	0,05
Висота 160 см	0,92	0,6	0,68	0,08

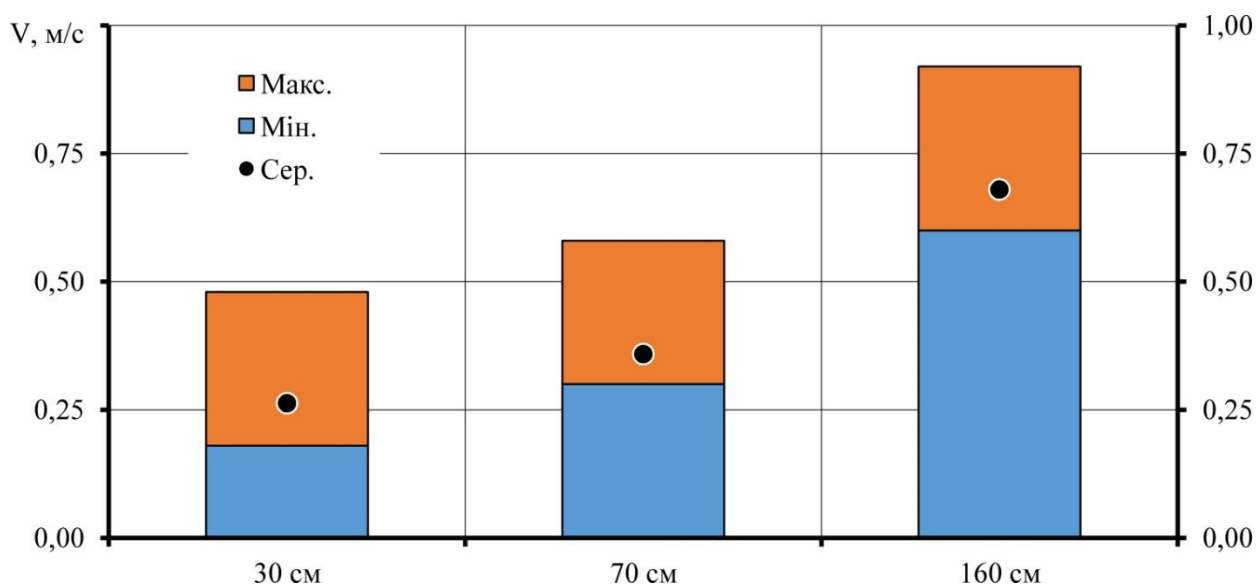


Рисунок 2.9 – Гістограма залежності швидкості повітря від висоти

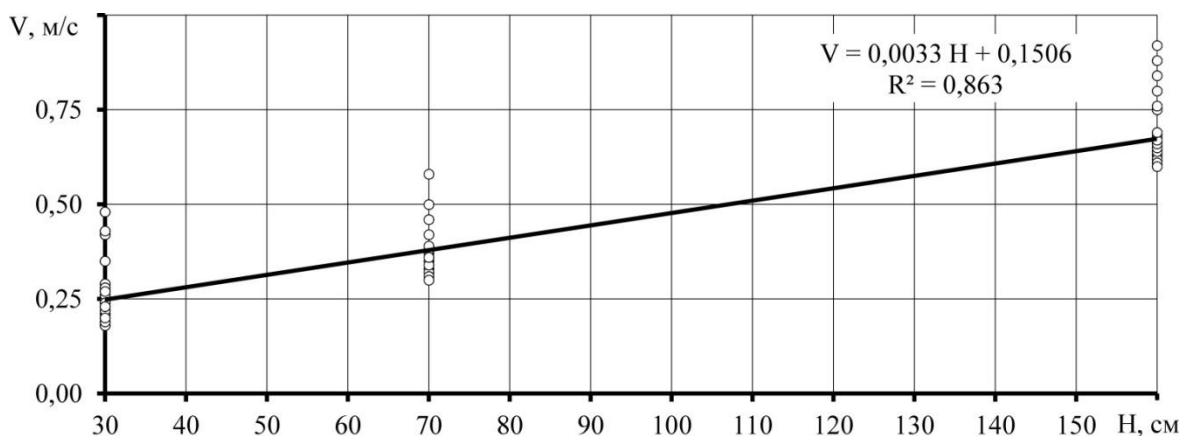


Рисунок 2.10 – Точкова діаграма залежності швидкості повітря від висоти

## 2.3 Результати досліджень вмісту газів в повітрі свинарника

Частка аміаку в повітрі приміщення була в межах від 5,6 до 16,5 мг/м<sup>3</sup> залежно від висоти вимірювання. Граничнодопустима концентрація аміаку в приміщенні 20 мг/м<sup>3</sup> [27]. Зі зменшенням висоти збільшувалася частка аміаку в повітрі. Це відбувається через розташування гнойових каналів та наявності продуктів життєдіяльності свиней. Результати вимірювань кількості аміаку в повітрі приміщення приведені в таблиці 2.4 та зображені на рисунку 2.11 та рисунку 2.12.

Таблиця 2.4 – Розподіл вмісту аміаку в повітрі свинарника

Показники	Максимальне значення, мг/м <sup>3</sup>	Мінімальне значення, мг/м <sup>3</sup>	Середнє значення, мг/м <sup>3</sup>	Відхилення, мг/м <sup>3</sup>
Висота 30 см	16,5	10,5	12,8	1,2
Висота 70 см	13,6	7,8	10,5	1,6
Висота 160 см	9,7	5,6	7,6	1,4

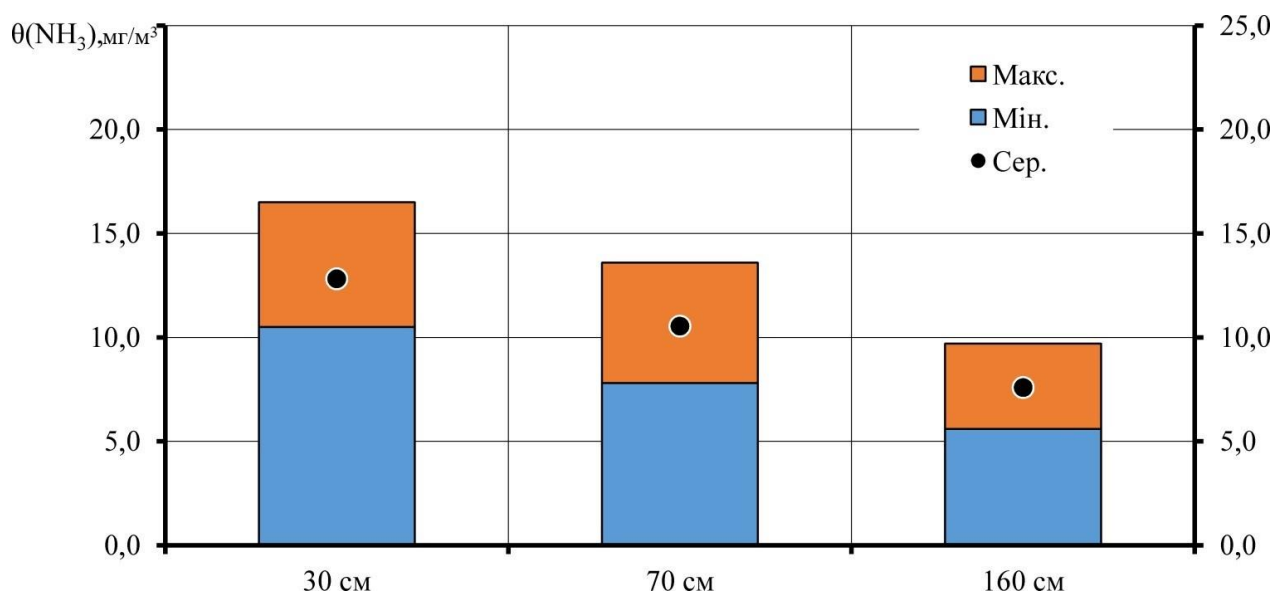


Рисунок 2.11 – Гістограма залежності частки аміаку в повітрі від висоти

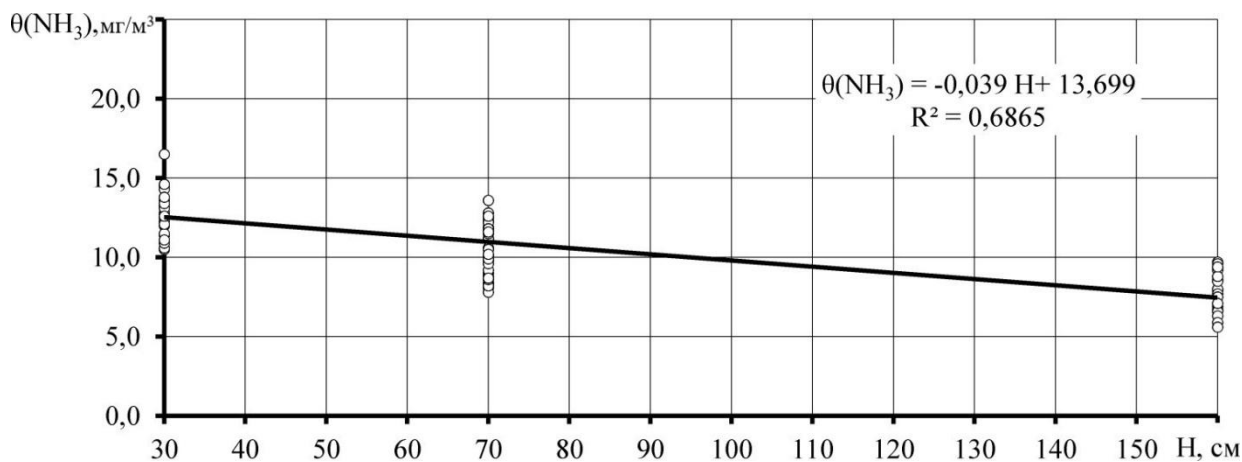


Рисунок 2.12 – Точкова діаграма залежності частки аміаку в повітрі від висоти

Частка вуглекислого газу в повітрі приміщення була в межах від 0,1 % до 0,43 % залежно від висоти вимірювання. Граничнодопустима концентрація вуглекислого газу 0,35 % [27]. Зі збільшенням висоти збільшувалася частка вуглекислого газу в повітрі. Результати вимірювань кількості вуглекислого газу в повітрі приміщення приведені в таблиці 2.5 та зображені на рисунку 2.13 та рисунку 2.14.

Таблиця 2.5 – Розподіл вмісту вуглекислого газу в повітрі свинарника

Показники	Максимальне значення, %	Мінімальне значення, %	Середнє значення, %	Відхилення, %
Висота 30 см	0,25	0,10	0,19	0,04
Висота 70 см	0,37	0,18	0,27	0,06
Висота 160 см	0,43	0,30	0,35	0,03

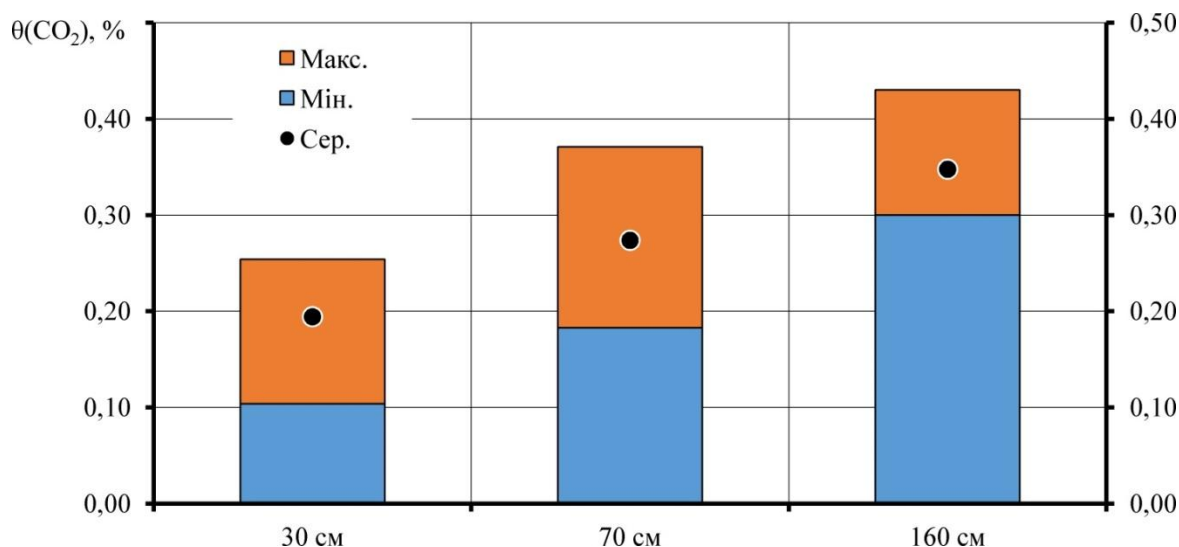


Рисунок 2.13 – Гістограма залежності частки вуглекислого газу в повітрі від висоти

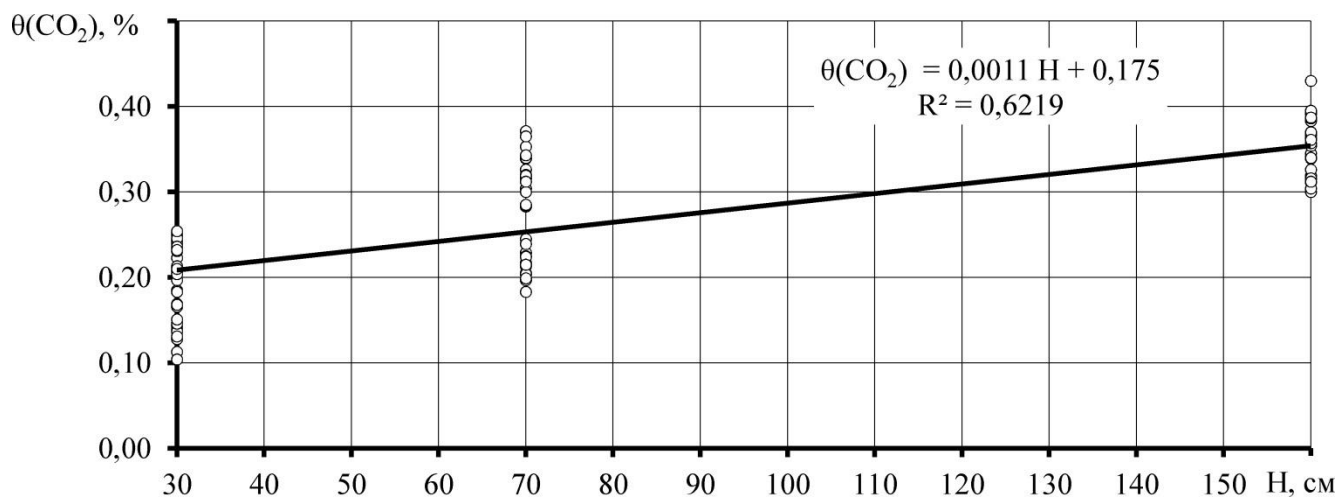


Рисунок 2.14 – Точкова діаграма залежності частки вуглекислого газу в повітрі від висоти

Частка сірководню в повітрі приміщення була в межах від 1,3 до 5,18 мг/м<sup>3</sup> залежно від висоти вимірювання. Граничнодопустима концентрація сірководню в повітрі 10 мг/м<sup>3</sup> [27]. Зі зменшенням висоти збільшувалася частка сірководню в повітрі, так як сірководень виділяється із гною, який знаходиться в гнойових каналах або в підстилці. Результати вимірювань кількості сірководню в повітрі приміщення приведені в таблиці 2.6 та зображені на рисунку 2.15 та рисунку 2.16.

Таблиця 2.6 – Розподіл вмісту сірководню в повітрі свинарника

Показники	Максимальне значення, мг/м <sup>3</sup>	Мінімальне значення, мг/м <sup>3</sup>	Середнє значення, мг/м <sup>3</sup>	Відхилення, мг/м <sup>3</sup>
Висота 30 см	5,18	3,36	4,65	0,45
Висота 70 см	4,10	2,00	3,02	0,58
Висота 160 см	2,80	1,30	1,61	0,26

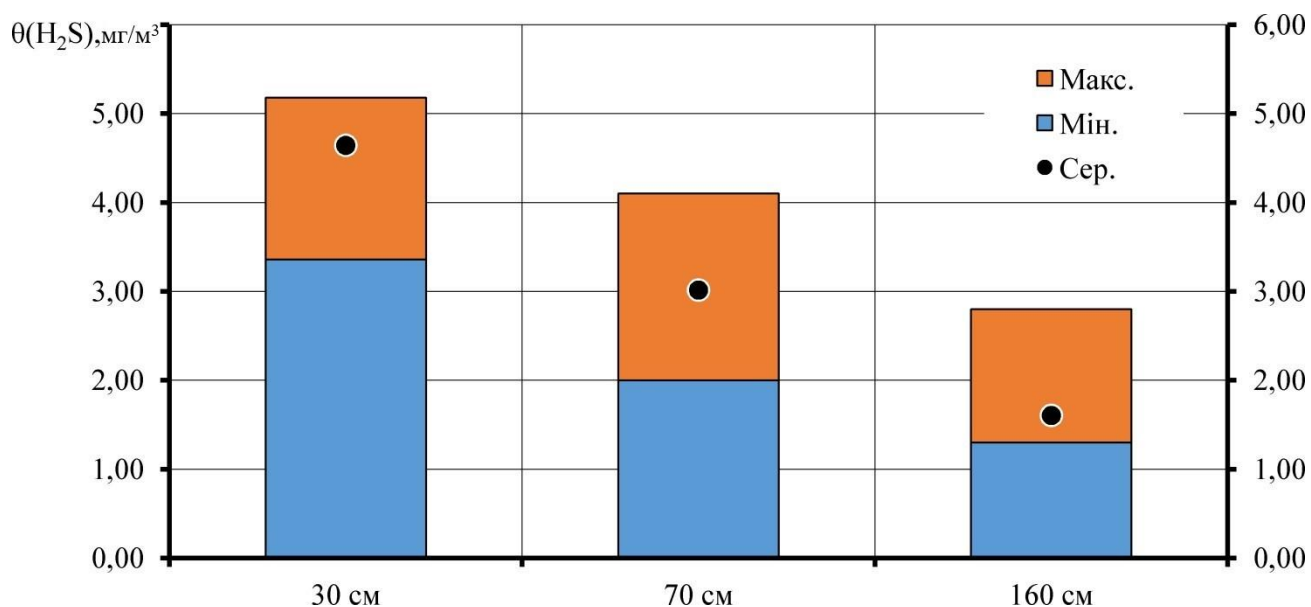


Рисунок 2.15 – Гістограма залежності частки сірководню в повітрі від висоти

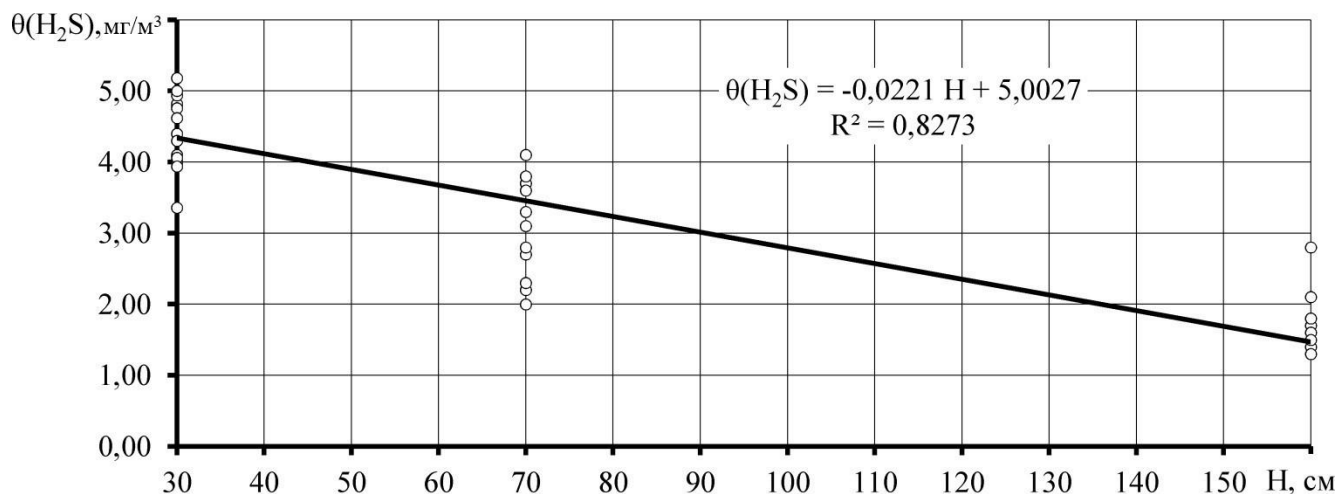


Рисунок 2.16 – Точкова діаграма залежності частки сірководню в повітрі від висоти

Частка кисню в повітрі приміщення знаходилась в проміжку від 20,2 % до 21 % залежно від висоти вимірювання. Зі зменшенням висоти зменшується

частка кисню в повітрі, оскільки він поглинається свинями в станкомісцях. Результати вимірювань кількості кисню в повітрі приміщення приведені в таблиці 2.7 та зображені на рисунку 2.17 та рисунку 2.18.

Таблиця 2.7 – Розподіл вмісту кисню в повітрі свинарника

Показники	Максимальне значення, %	Мінімальне значення, %	Середнє значення, %	Відхилення, %
Висота 30 см	21,00	20,20	20,84	0,13
Висота 70 см	21,00	20,20	20,84	0,13
Висота 160 см	21,00	20,50	20,87	0,12

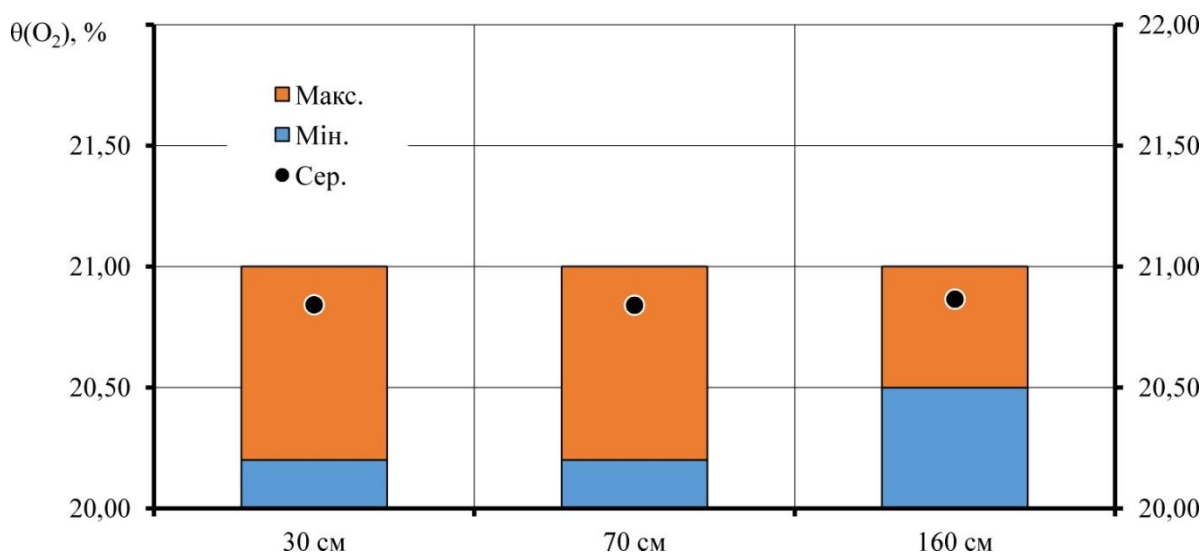


Рисунок 2.17– Гістограма залежності частки кисню в повітрі від висоти

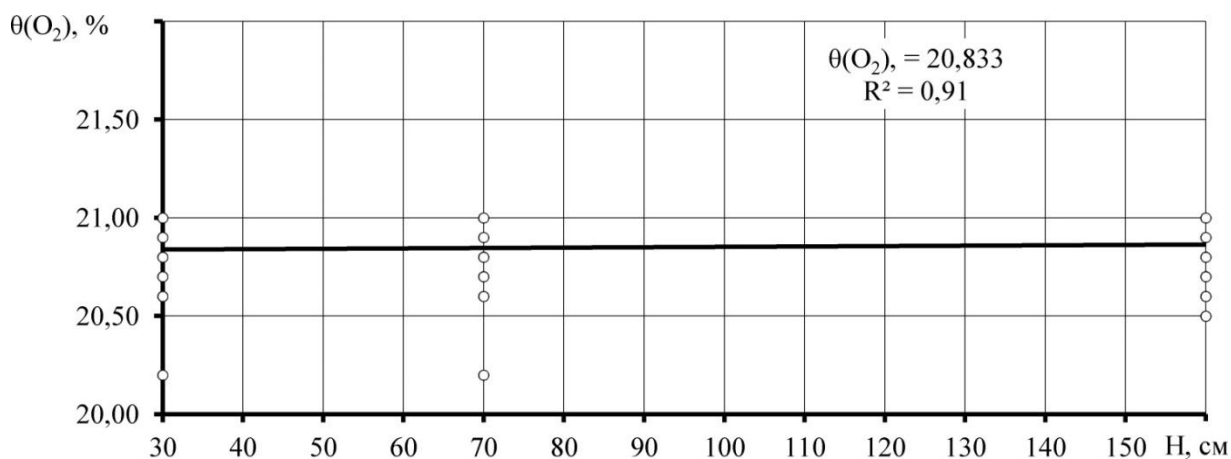


Рисунок 2.18 – Точкова діаграма залежності частки кисню в повітрі від висоти

## 2.4 Результати дослідження температури і вологості повітря навколишнього середовища

Територія України перебуває в помірному кліматичному поясі в області помірно континентального клімату [28], який характеризується жарким літом і холодною зимою. Аналіз зміни температури повітря і вологості в навколишньому середовищі на прикладі Полтавської обл. (рис. 2.19) дає змогу визначити тривалість літнього і зимнього періодів. [29]

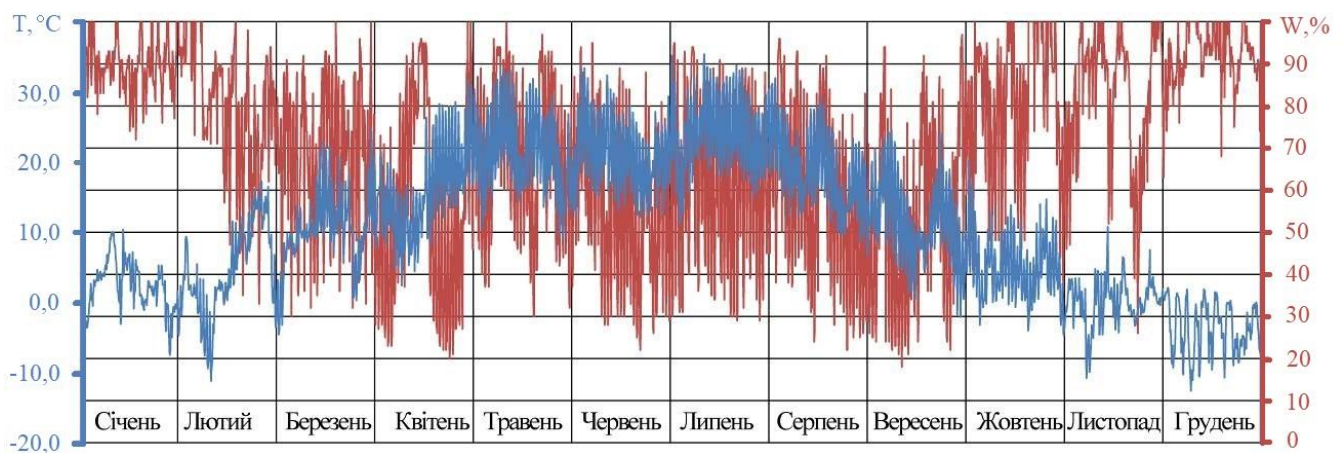


Рисунок 2.19 – Динаміка температури повітря і вологості навколишнього середовища Полтавської обл. (2019 р.)

З рисунку 2.19 видно, що температура і вологість досить суттєво коливаються протягом доби. При цьому між температурою і вологістю є певна залежність, яку можна представити у вигляді графіків на рис. 2.20. Однак чітко вона проявляється лише в літній період (з червня по серпень), в зимовий період спостерігає високе значення вологості від 80 до 100 % [29].

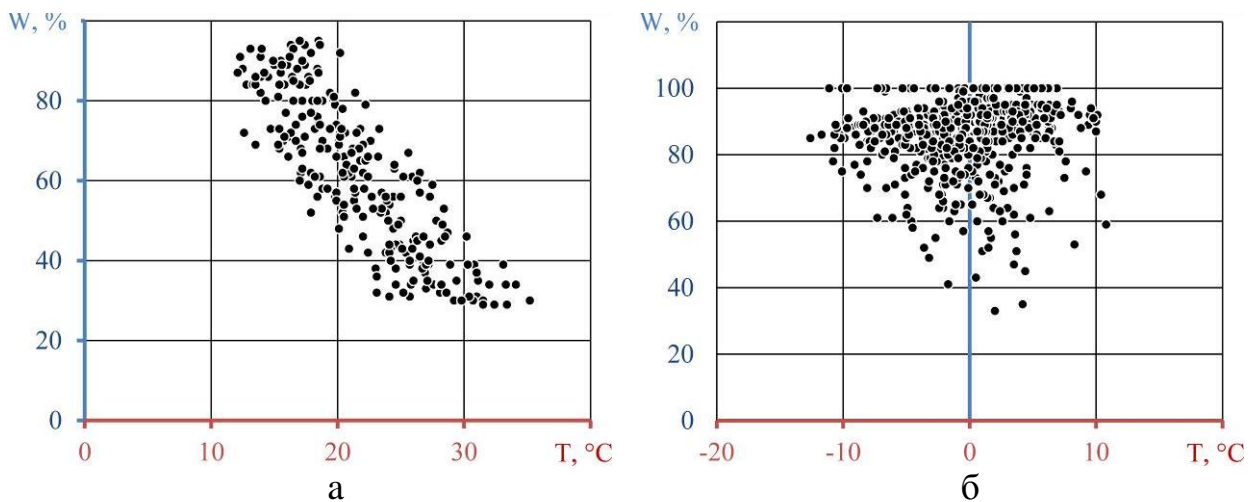


Рисунок 2.20 – Залежності між температурою повітря і вологістю навколишнього середовища в літній (а) і зимовий (б) періоди Полтавської обл. (2019 р.)

Враховуючи необхідність постійного повітрообміну між свинарським приміщенням і навколишнім середовищем, вимогами до показників мікроклімату для різних статевовікових груп очевидно виникає необхідність в зимовий період підвищувати температури навколишнього середовища, яка потрапляє до приміщення, а в літній навпаки охолоджувати. Окрім цього в зв'язку із високим значенням вологості повітря (від 80 до 100 %) в навколишньому середовищі в зимовий період необхідно його осушати під час руху його до приміщення. А в літній період при високих температурах повітря (більше 30 °С) навпаки зволожувати припливне повітря [29].

## 2.5 Висновки з розділу

1. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» встановлено, що за наявною системою мікроклімату в приміщенні для утримання поросят на дорощуванні більшість показників

(швидкість повітря, вміст аміаку, вуглекислого газу, сірководню, кисню) в межах норми.

2. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» встановлено, що температура повітря в приміщенні не відповідає рекомендованим межах і доходить до 30 °С, тоді як максимальна рекомендована температура для поросят на відгодівлі 20 °С. При цьому температура повітря є нерівномірною по довжині приміщення, що спричинено не рівномірною подачею повітря з отворів вентиляції.

3. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» встановлено, що відносна вологість на висоті мешкання тварин є більшою за рекомендовані норми і доходить до 95 %, тоді як рекомендована вологість повітря для поросят на відгодівлі не більше 80 %.

4. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» можна стверджувати про необхідність удосконалення системи охолодження повітря і перепланування повітропроводів системи вентиляції для забезпечення рівномірного потоку повітря.

## 3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В АДАБАТИЧНОМУ ОХОЛОДЖУВАЧІ ПОВІТРЯ

### 3.1 Двоканальна схема побічно-випарної комірки

У районах з помірною або зниженою вологістю повітря ефективне кондиціонування повітря може досягатися за рахунок поєднання прямих і непрямих випарних охолоджувачів. Така система вимагає набагато менше витрат енергії в порівнянні з системами охолодження, що використовують фреон.

Під терміном побічно-випарне охолодження розуміється процес відведення теплоти від «сухого» потоку повітря (основного), через стінку теплообмінного апарату до води, що охолоджується випаровуванням в потоці «вологого» повітря (допоміжного). Побічно-випарним теплообмінником називається пристрій, в якому здійснюється відведення теплоти від основного потоку повітря через стінку до плівки води, над поверхнею якої рухається допоміжний потік повітря, що забезпечує випарне охолодження води [30, 31, 32].

На рисунку 3.1 зображена схема двоканальної тепломасообмінної комірки, в якій частина потоку повітря з сухого каналу прямує до вологого каналу. При описі процесів тепло- та масообміну в розглянутому тепломасообмінному пристрої приймаємо наступні допущення [33, 34]:

- 1) процес теплопередачі стаціонарний, режим течії теплоносіїв – ламінарний;
- 2) відсутність теплообміну з навколишнім середовищем ( $q_w = 0$ );
- 3) на межі поділу фаз (плівки води і вологого потоку повітря):
  - повітря вважається насиченим, температура його дорівнює температурі плівки води;
  - концентрація пари на стінці відповідає кривій насичення.
- 4) теплофізичні параметри води і повітря є функціями температур і тисків;
- 5) термічними опорами що розділяють пластини і плівки води нехтуємо;

- б) перенос теплоти теплопровідністю уздовж розділяючої пластини не враховується;
- 7) змочування пластин плівкою води у вологому каналі, відбувається по всій її довжині.

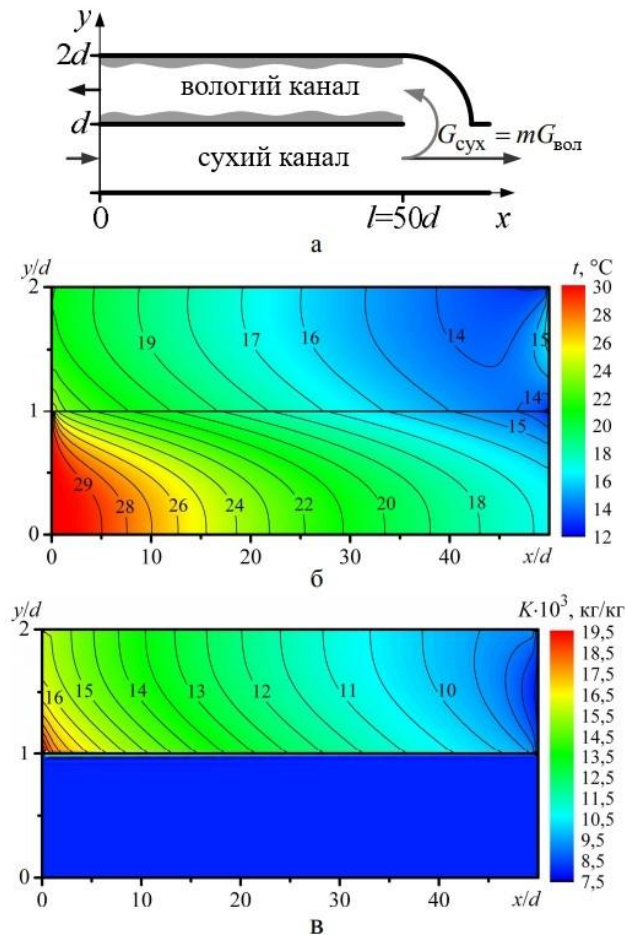


Рисунок 3.1 – Схема (а), профілі температур (б) та концентрацій (в) у двоканальній випарній комірці ( $Re = 100$ ,  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 30\%$ )

Комп'ютерна візуалізація полів температури і концентрацій в двоканальному побічно-випарному пристрої показані на рисунку 3.1, б, в.

Комп'ютерні моделювання були виконанні за допомогою програмного забезпечення Simcenter STAR-CCM+.

Процеси, які відбуваються у вологому каналі, мають місце на достатньо довгій ділянці теплообміну, який відповідає параметрам насичення. При цьому вміст вологи потоку у вологому каналі збільшується.

У сухому каналі вологомісткість корисно використовуваного потоку сухого повітря залишається без змін. Це є основним позитивним чинником схем побічно-випарних комірок.

Основним недоліком розглянутої схеми є зменшення масового потоку сухого повітря на виході пристрою.

### 3.2 Триканальна схема побічно-випарної комірки

Недоліки, властиві побічно-випарним коміркам, можна усунути за допомогою охолодження газу при попередньому його регенеративному охолодженні і подальшою подачею у вологий канал.

Висока психрометрична різниця температур сухого і насиченого повітря може бути використана в пристрої побічно-випарного охолодження. Схема такого апарату зображена на рисунку 3.2.

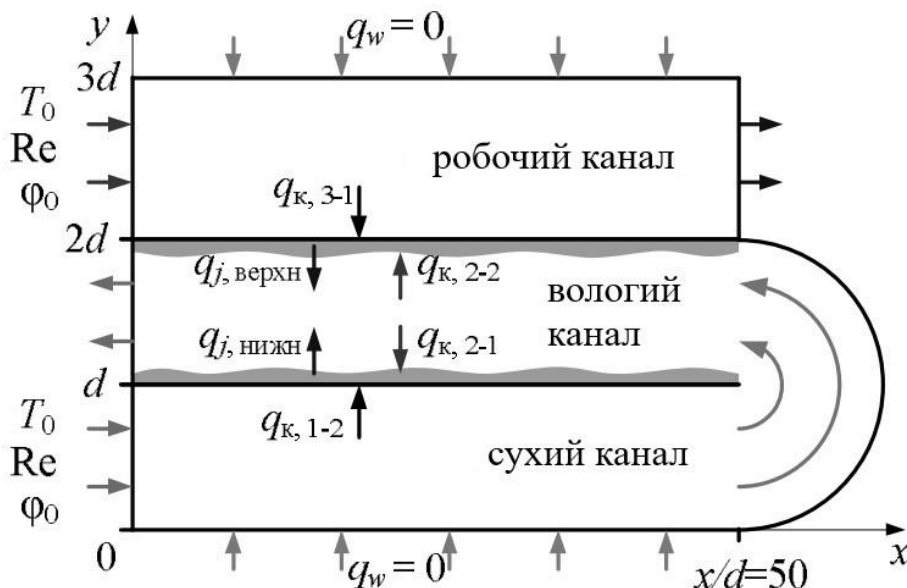


Рисунок 3.2 – Схема триканального масообмінного пристрою

Процеси тепло- і масообміну, що протікають в такому пристрої, близькі до термодинамічно оборотним процесам, що дозволяє отримати максимальний ефект охолодження повітря при мінімальних витратах енергії. Теоретичною межею охолодження вологого повітря в такому пристрої побічно-випарного охолодження – є температура точки роси. Також позитивним ефектом охолодження в робочому каналі є незмінність концентрації пара в потоці корисного повітря.

Передбачається, що режим течії потоків повітря в каналах - ламінарний. Результатом моделювання побічно-випарного пристрою є параметри сухого і вологого потоків повітря: поля швидкостей, температур і концентрацій, а також їх основні термодинамічні і теплогідрравлічні характеристики.

На рисунку 3.2 показана схема тепломасобмінного пристрою побічно-випарного типу. Даний апарат являє собою систему плоскопаралельних каналів, відстань між якими дорівнює  $d$ . Зовнішні сторони каналів теплоізолювані ( $q_w = 0$ ). У нижньому каналі протікає «сухий» потік повітря, а стінки «вологого» каналу покриті плівкою води, в якому рухається вологий потік повітря.

У сухому каналі потік повітря передає теплоту в явному вигляді  $q_{k, 1-2}$  через розділяючу стінку теплообмінника плівці води. Остання сприймає теплоту від основного потоку повітря і, випаровуючись у вологому каналі, передає йому при цьому приховану теплоту  $q_{j, \text{нижн}}$  і  $q_{j, \text{верхн}}$ . Одночасно з цим, потік повітря у вологому каналі знижує температуру при контакті з водою, віддаючи їй теплоту  $q_{k, 2-1}$  і  $q_{k, 2-2}$  в явному вигляді. При цьому відбувається збільшення ентальпії вологого потоку повітря. У робочому каналі відводиться теплота  $q_{k, 3-1}$  стінці вологого каналу, при цьому відбувається зменшення температури потоку.

Довжина каналів, що складає  $L = 50d$  калібрів, вибиралася з міркувань можливості вивчення особливостей процесів тепло- і масообміну як на розвиваючій, так і стабілізованій ділянках течії.

На рисунку 3.3 наведені зображення розподілу полів температур і концентрацій у випарній комірці при  $Re = 100$ ,  $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 30 \%$ . Звідки випливає, що температура на виході з сухого і робочого каналів приймають приблизно однакові значення. У вологому каналі температура повітря, яка має контакт з вологою стінкою, знижується, на що витрачається прихована теплота випаровування плівки води.

Зміна температури по довжині у вологому каналі носить не монотонний характер і на деякій відстані від входу спостерігається її мінімум. Зменшення значення відносної вологості повітря на вході в апарат  $\varphi_0$  призведе до збільшення інтенсивності випаровування плівки води у вологому каналі, і як наслідок, до зменшення значень температур в сухому і робочому каналах.

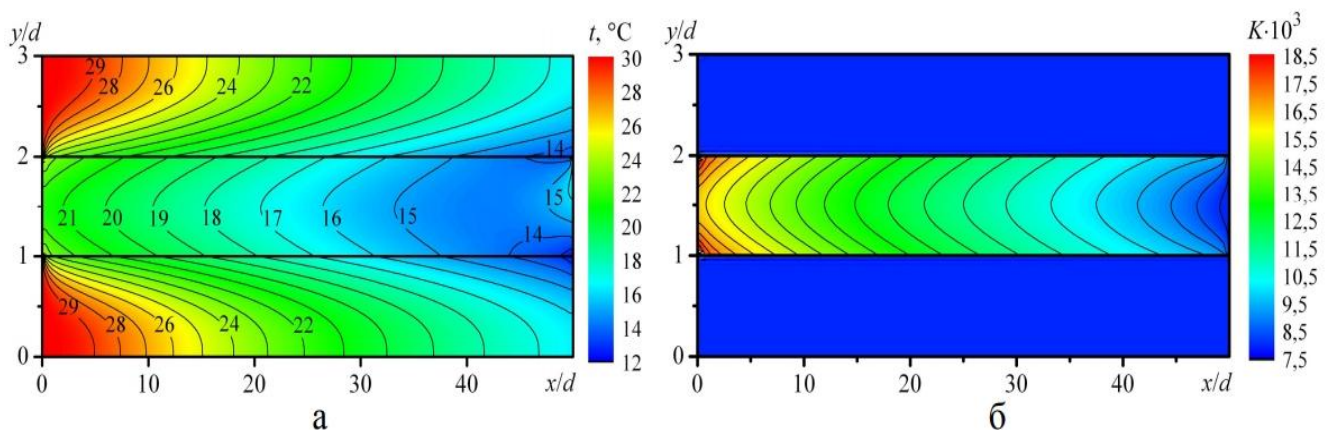


Рисунок 3.3 – поля температур і масових концентрацій ( $Re = 100$ ,  $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 30 \%$ )

Отже, тепломасообмінний пристрій побічно-випарного типу доцільно використовувати не тільки в якості охолоджувача, а й одночасно як зволожувача потоків повітря. Слід також зазначити, що для організації вищевказаних процесів витрачається тільки механічна енергія на привід вентиляторів для продувки повітрям відповідних каналів.

### 3.3 Триканальна схема побічно-випарювальної комірки із чергуванням сухих і вологих ділянок

Переважає більшість робіт за прямим випарним охолодженням проводилися для випадку з повністю змоченою поверхнею каналу. У реальних випарних пристроях часто доводиться трапляється, коли вологі ділянки чергуються з сухими, створюючи тим самим періодичні теплові та дифузійні граничні умови на стінці.

Подібна картина спостерігається при інтенсивному випаровуванні рідини в плівках які стікають, а також при кипінні, коли на теплообмінній поверхні можуть утворюватися сухі плями зі стрибкоподібною зміною умов на їх кордоні [15].

Результати систематичних чисельних досліджень течії і тепломасообміну в елементарній випарній комірці, що представляє собою канал з плоскопаралельними частково змоченими адіабатичними стінками. Схема завдання показана на рисунку 3.4. Випарною коміркою є канал, обмежений двома нескінченними пластинами, відстань між якими дорівнює  $d$ . Із зовнішнього боку пластини теплоізовані ( $q_w = 0$ ), а зсередини – вологі ділянки чергуються з сухими. Число їх у розрахунках варіювалося  $n = L/l = 0 \div 16$ , а при  $n = 0$  поверхня каналу була повністю змоченою. При цьому товщина рідкої плівки на стінках вважається нескінченно малою і на гідродинаміку потоку в каналі і термічний опір вона не впливає. Умови на верхній і нижній стінках каналу були симетричними. Відносна довжина вологої ділянки в розрахунках також варіювалася в широких межах  $\Delta = s/l = 0 \div 1$ .

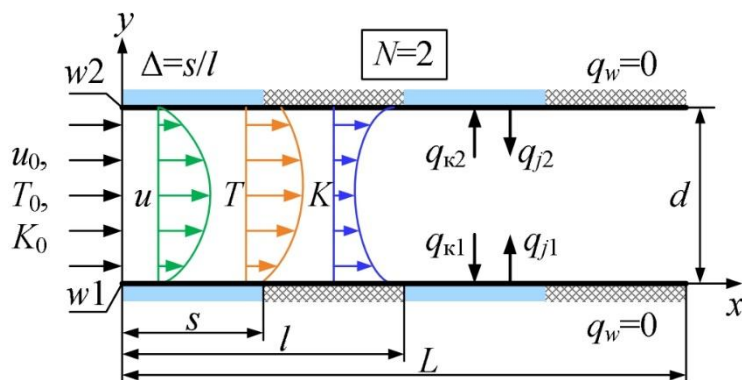


Рисунок 3.4 – Схема випарної коміррки

Режим течії був ламінарним, двовимірним і стаціонарним. Всі параметри на вході ( $u_0$ ,  $T_0$  і  $\phi_0$ ) були постійні по висоті каналу і аналіз проведено при однаковій температурі ( $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ) абсолютно сухого ( $\phi_0 = 0$ ) повітря.

Всі розрахунки були проведені для каналу з фіксованою геометрією (рисунок 3.6,  $d = 6$  мм і  $x/d = 50$ ) при постійній температурі абсолютно сухого повітря на вході  $t_0=30^\circ\text{C}$  і  $\phi_0=0\%$ . Число Рейнольдса змінювалося в діапазоні  $Re = 2u_0d/\mu = 50 \div 1000$ , що охоплює найбільш характерні режимні параметри компактних теплообмінників. Особливу увагу приділено впливу досліджуваних параметрів (числу  $Re$ , числу вологих сходинок  $n$  і їх протяжності  $s/l$ ) на ступінь охолодження повітря і теплогідравлічну ефективність.

На рисунку 3.5 представлені зображення розподілів полів температур у випарній комірці при різній кількості випарних ділянок. Для каналу з повністю змоченими стінками ( $n = 0$ ) при даному режимі течії основні зміни температур спостерігаються найчастіше у вхідних перетинах. У більшій частині каналу температура близька до параметрів насичення, і для здійснення процесів тепломасопереносу ця область є баластною.

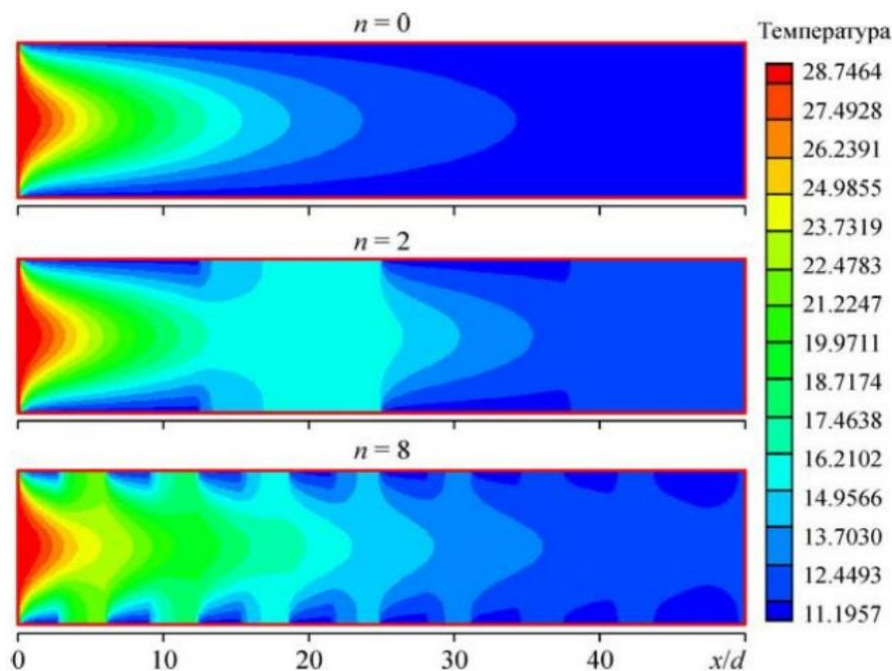


Рисунок 3.5 – Поля температур в комірці зі ступеневим випаровуванням

$$(Re = 200, t_0=30\text{ }^\circ\text{C}, \varphi_0=0\text{ \%})$$

При ступінчастій зміні вологості по довжині каналу, як це наочно впливає з рисунка 3.5 ( $n = 2$  і  $n = 8$ ), картина теплового процесу значно ускладнюється і затягується на значно більш протяжні відстані від входу в канал. Подібний характер зміни має місце і для полів концентрацій пара.

Інтенсивність процесів тепломасообміну на поверхні при чергуванні зволжених і сухих ділянок розподіляється нерівномірно по довжині. При цьому відбувається різке зростання потоку маси на початку кожної вологої ділянки, в результаті чого інтегральні значення пара який випарувався не сильно відрізняються від випадку повністю вологої стінки. Також збільшення числа сухих зон призводить до збільшення параметрів теплової та вологової ефективності.

Приведемо дослідження впливу числа сухих ділянок ( $n$ ) у вологому тракті триканальної побічно-випарної комірки, схема якої показана на рисунку 3.6.

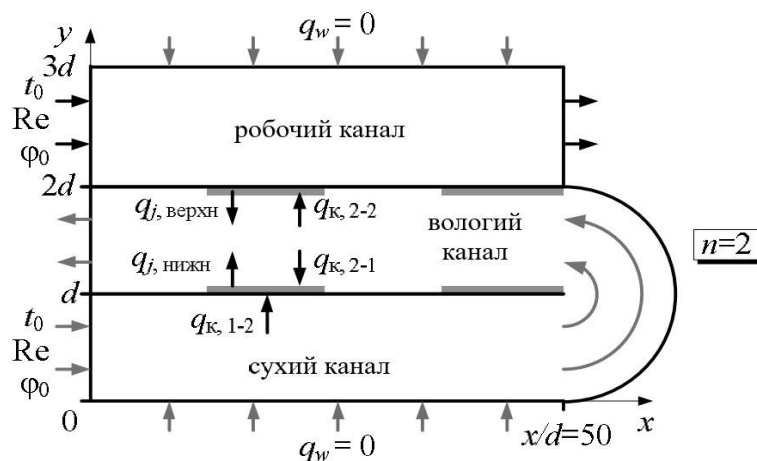
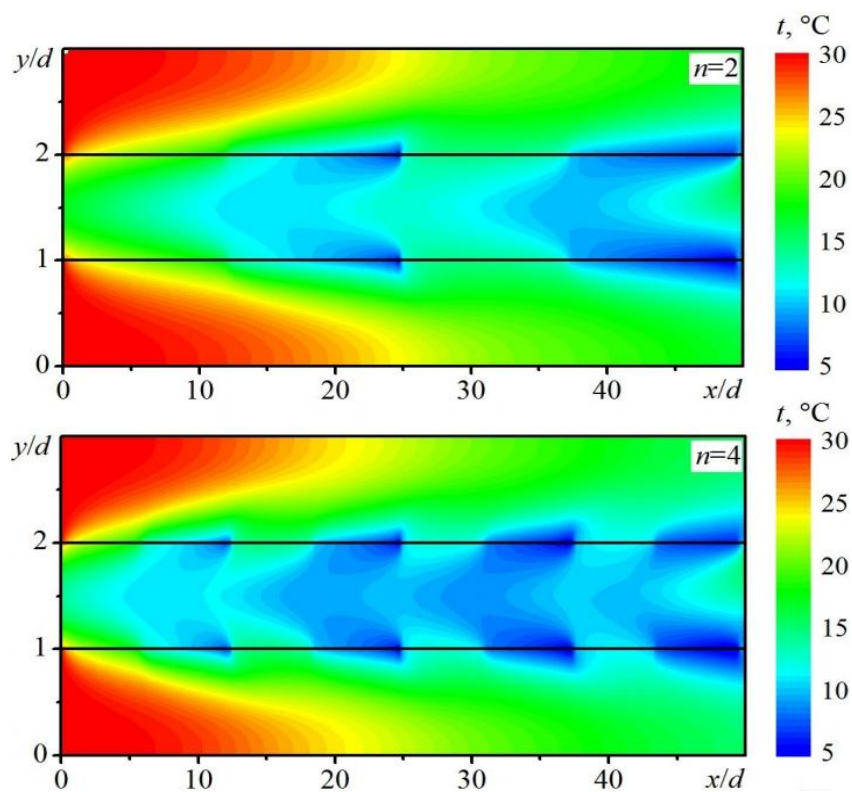


Рисунок 3.6 – Триканальна схема випарної комірки з сухими і вологими ділянками що чергуються

На рисунку 3.7 показані поля температур в даній схемі для випадків з числом сухих ділянок  $n = 2 \div 16$ . З наведених теплових полів бачимо, що, як і для випадку з чергуванням ділянок в одному каналі, по тракту охолодження відбувається різка зміна структури теплового процесу при протіканні потоку по вологим ділянкам.

При  $n = 8$  і  $n = 16$  зміна полів температур значно ускладнюється і зтягується на значно більш протяжні відстані від входу у вологий канал. Подібні зображення зміни полів мають місце і для концентрацій пара.



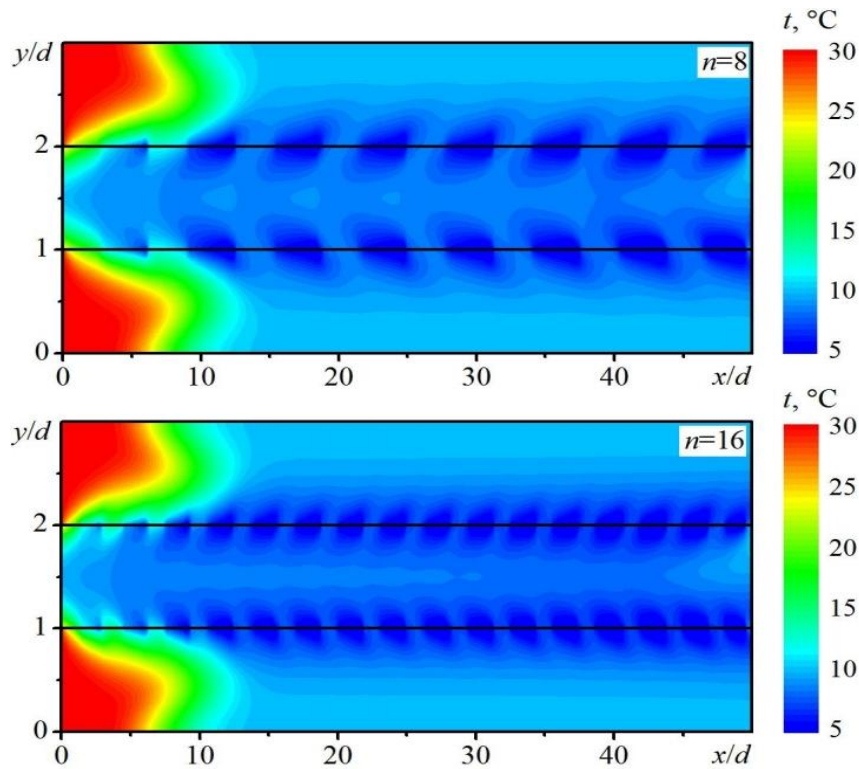


Рисунок 3.7 – Поля температур ( $Re = 200$ ,  $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0 \%$ )

Як приклад розглянемо зміну середньомасових значень температур в робочому каналі і концентрацій у вологому каналі по довжині триканальної побічно-випарної комірки. Ці дані демонструються на рисунку 3.8.

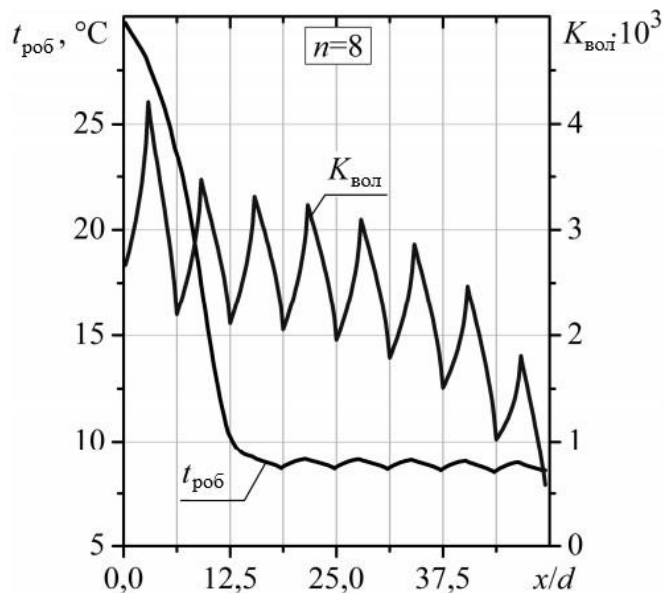


Рисунок 3.8 – Зміна термогазодинамічних параметрів по довжині каналу ( $n = 8$ ,  $Re = 200$ ,  $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0 \%$ )

На відміну від одиночного адіабатичного каналу, в наведених графічних залежностях відсутні горизонтальні ділянки для температур і концентрацій. Це пояснюється умовою неадіабатичності стінок вологого каналу.

Вплив числа зволожуваних ділянок на зміну температури повітря на виході з робочого каналу, а також теплову та вологову ефективність побічно-випарної комірки показано на рисунку 3.9.

При  $n = 0$  повітря у вологому каналі знаходиться в стані близькому до насичення і для цього випадку спостерігаються максимальні значення ефективностей (мінімальні значення  $t_{\text{роб,вих}}$ ). Мінімальна ефективність досягається для випарного пристрою з одною вологою і одною сухою ділянкою ( $n = 1$ ).

При збільшенні числа зволожуваних ділянок величини ефективностей збільшуються, монотонно наближаючись до значення при  $n = 0$ . При цьому значення параметрів теплової і вологової ефективностей практично збігаються, що говорить про подібність процесів тепло- і масообміну при розглянутих умовах.

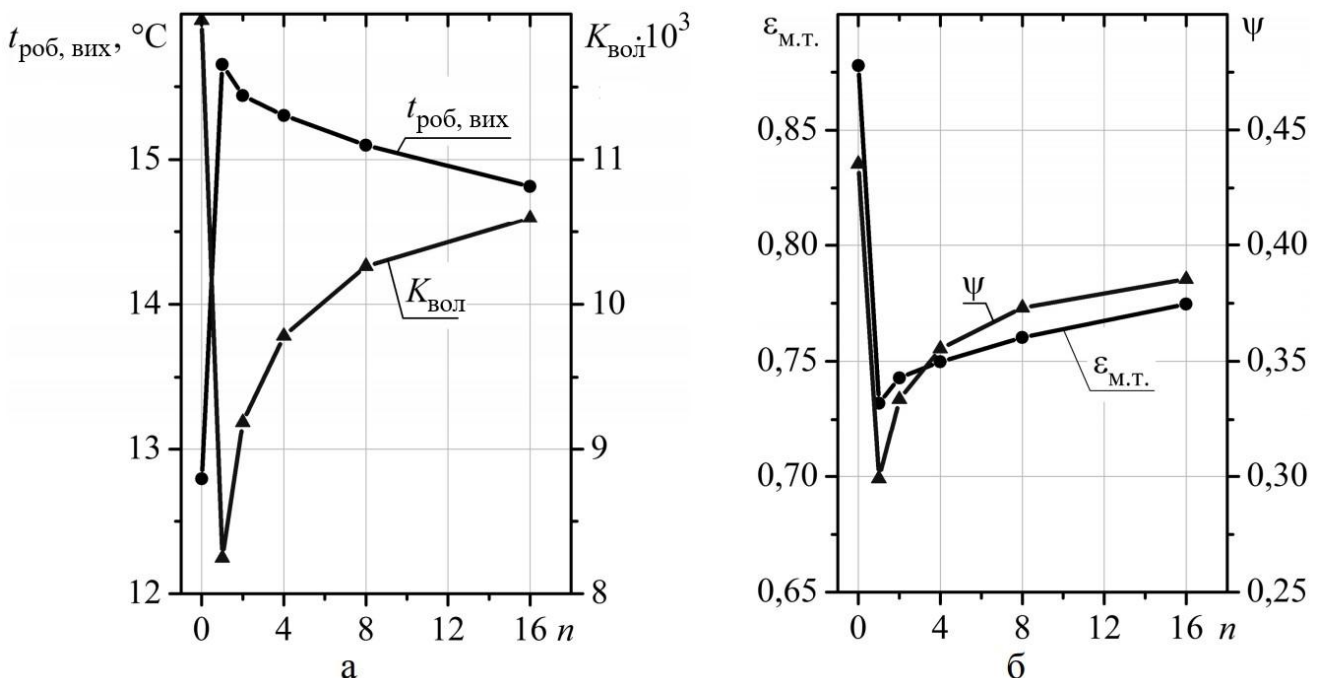


Рисунок 3.9 – Зміна середньомасових параметрів (а) і тепловологових ефективностей (б) від числа зволожуваних ділянок ( $Re = 200, t_0 = 30 ^\circ\text{C}, \varphi_0 = 0 \%$ )

### 3.4 Висновки з розділу

1. Проведено чисельне дослідження ламінарної течії і сполученого тепломасообміну в трьохканальному тепломасообмінному апараті побічно-випарного типу. Розрахунки проведені при фіксованих геометричних розмірах каналів ( $L = 50d$ ,  $d = 6$  мм) і варіюванні температури на вході  $t_0 = 20\text{--}40$  °С і числа Рейнольдса  $Re = 50\text{--}1000$ . Вивчено характер зміни локальних і інтегральних характеристик тепло- і масообміну в процесі випарного охолодження газу в каналах.

2. Отриманий ефект охолодження в каналах побічно-випарного типу може бути досить високим в порівнянні з традиційними схемами кондиціонування повітря. Тепломасообмінний апарат розглянутої схеми течії теплоносіїв має високу економічність, низьку питому вартість, невеликі експлуатаційні витрати, конструктивну простоту.

3. Отримані дані можуть бути використані для оптимізаційного аналізу охолодження повітря при варіації числа Рейнольдса, вологості повітря, довжини каналу і геометричних розмірів каналів. Можна припустити, що подібні тенденції будуть спостерігатися і при інших температурах і вологості повітря на вході в апарата, проте цей висновок вимагає додаткових розрахунків.

## 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ У ПОВІТРОПРОВІДІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

### 4.1 Аналітичне обґрунтування геометрії розташування отворів

Розглянемо розрахункову схему для визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату (рис. 4.1). В якості вісі абсцис обрано вісь повітропроводу із початком координат у центрі його торцевого перерізу. Повітропровід має довжину  $L$ , вздовж якої розташовано  $n$  отворів однакової площини  $\sigma$ . Швидкість потоку повітря на початку повітропроводу складає  $v_n$ . Необхідно встановити, як змінюються відстані між отворами по довжині повітропроводу, щоб забезпечити рівномірну роздачу повітря по отворах.

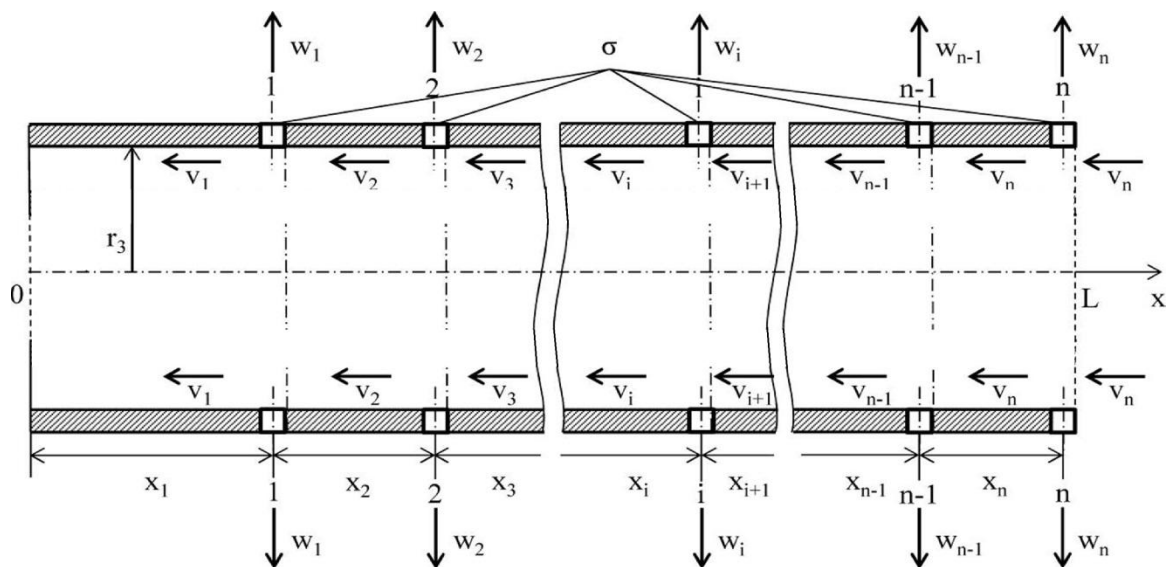


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема для визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату

Пронумеруємо всі отвори проти руху потоку повітря і проведемо поперечні перерізи за кожним отвором.

Швидкість потоку повітря, який проходить через  $i$ -ий отвір визначається згідно формули Торрічеллі:

$$w_i = \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_i}, \quad (4.1)$$

де  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\Delta p_i$  – падіння тиску на  $i$ -ому отворі, Па;  
 $\varphi$  – коефіцієнт витрат отвору,  $\varphi = 0,65$  [36].  
 З рівняння (4.1) виразимо  $\Delta p_i$ :

$$\Delta p_i = \frac{\rho}{2} \left( \frac{w_i}{\varphi} \right)^2. \quad (4.2)$$

Умовою рівномірної роздачі повітря є:

$$\frac{\sigma \cdot w_i}{x_i} = \frac{A \cdot v_n}{L}, \quad (4.3)$$

де  $\sigma$  – площа отвору, м<sup>2</sup>;  
 $L$  – довжина повітропроводу, м;  
 $x_i$  – відстань між  $i$ -им і  $(i-1)$ -им отворами, м;  
 $v_n$  – швидкість потоку повітря на початку повітропроводу, м/с:

$$v_n = \frac{V_0}{A}; \quad (4.4)$$

$V_0$  – об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу, м<sup>3</sup>/с;  
 $A$  – площа перерізу повітропроводу, м<sup>2</sup>:

$$A = \pi (r_3^2 - r_2^2); \quad (4.5)$$

$r_2, r_3$  – радіуси повітропроводів, м.

З рівняння (4.3) виразимо  $w_i$ :

$$w_i = \frac{x_i \cdot A \cdot v_n}{\sigma \cdot L}. \quad (4.6)$$

Згідно закону збереження маси, сума витрат повітря на заданому перерізу  $i$ -і повинна бути постійною:

$$A \cdot v_{i-1} + \sigma \cdot w_i = A \cdot v_i, \quad (4.7)$$

де  $v_i$  – швидкість потоку повітря на  $i$ -ому перерізу повітропроводу, м.

З рівняння (4.7) виразимо  $v_{i-1}$ :

$$v_{i-1} = v_i - \frac{\sigma}{A} \cdot w_i. \quad (4.8)$$

Запишемо рівняння Бернуллі для (i-1)-ого та i-ого перерізу повітропроводу:

$$\Delta p_i + \frac{\rho \cdot v_i^2}{2} = \Delta p_{i-1} + \frac{\rho \cdot v_{i-1}^2}{2} + \kappa \frac{x_{i-1}}{d_e} \frac{\rho \cdot v_{i-1}^2}{2} + 2 \cdot \alpha \cdot \frac{\rho}{2} (v_i - v_{i-1}), \quad (4.9)$$

де  $d_e = 2(r_1 - r_2)$  – ефективний діаметр, м;

$\kappa$  – коефіцієнт опору тертя,  $\kappa = 0,01717$  [37];

$\alpha$  – коефіцієнт пом'якшення удару  $\alpha = 0,4$ .

Підставляючи (4.2), (4.6), (4.8) у рівняння (4.9) і виражаючи  $x_i$  отримуємо:

$$x_i = \frac{L \varphi^2 \sigma^2 v_i (x_{i-1} + d_e)}{v_n \left( \varphi^2 \sigma^2 (x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) A^2 d_e \right)} - \frac{\sqrt{L^2 \varphi^4 \sigma^4 v_i^2 (x_{i-1} + d_e)^2 - \left( \kappa \varphi^2 \sigma^2 v_i^2 x_{i-1} + A^2 v_n^2 d_e x_{i-1} \right) \left( \varphi^2 \sigma^2 (x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) A^2 d_e \right)}}{v_n \left( \varphi^2 \sigma^2 (x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) A^2 d_e \right)}. \quad (4.10)$$

Залежність (4.10) пов'язує відстань  $x_i$  із попередньої відстанню  $x_{i-1}$  і швидкістю потоку повітря на i-ому перерізу повітропроводу  $v_i$ .

Для визначення відстані  $x_i$ , швидкості  $w_i$ , площі отворів  $\sigma$  і їх кількості  $n$  складемо методику, яка складається з наступних етапів:

1. Установка параметрів  $L, \varphi, \alpha, \kappa, d_e, v_n, A, w_1, v_1$ .
2. Установка шага варіювання площі отворів  $\sigma = 0.001 \cdot j$ , де  $j$  – номер отвору.
3. Розрахунок відстані  $x_i$  за формулою (4.10), де  $i$  – номер отвору.
4. Розрахунок відстані  $w_i$  за формулою (4.6).
5. Розрахунок суми відстаней  $L_{\text{calc}} = \sum_{i=1}^n x_i$ .
6. Виконання умови: якщо сума відстаней  $L_{\text{calc}} > L$ , то виконується дія пункту 7, в противному випадку виконується пункт 3.
7. Визначення кількості отворів  $n = i$ .
8. Для забезпечення необхідної збіжності загальної довжини повітропроводу виконуємо умову: якщо модуль різниці суми відстаней  $i$

прийнятої довжини повітропроводу  $|L_{\text{calc}} - L| < 0,01$ , то виконується дія пункту 9, в противному випадку виконується пункт 2.

9. Визначення площі отворів  $\sigma_{\text{calc}} = \sigma$ .

10. Визначення параметрів  $n, \sigma_{\text{calc}}, x_i, w_i$ .

Розроблена методика і реалізований на основі неї алгоритм (рисунок 4.2) виконані в програмному пакеті Mathematica [38,39].

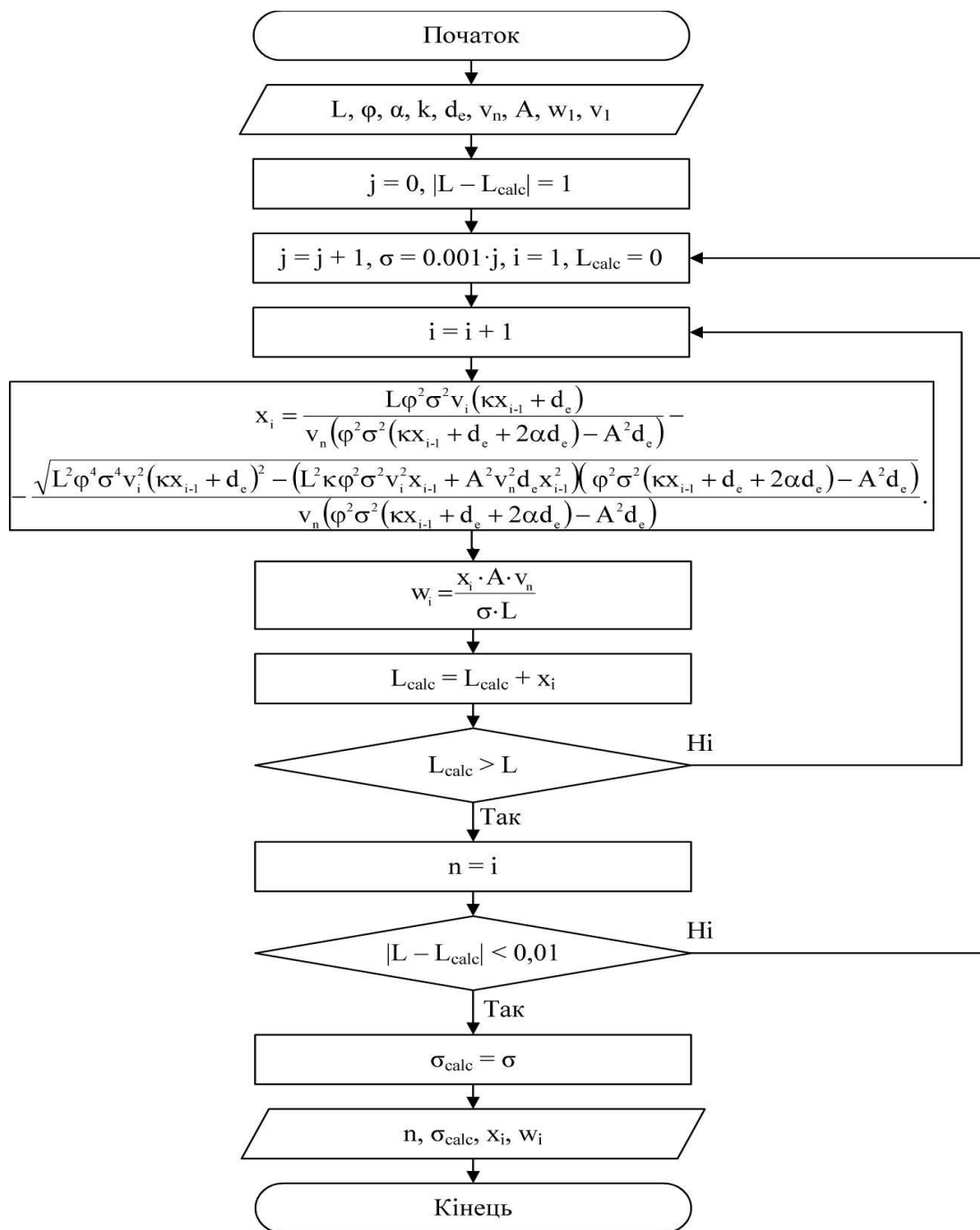


Рисунок 4.2 – Алгоритм розрахунку геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату

Приймаючи конструкційно-технологічні параметри<sup>1</sup> системи забезпечення мікроклімату визначено кількість отворів  $n = 7$  і їх площу  $\sigma = 0,011 \text{ м}^2$ , а також розподіл відстані між отворами згідно рисунку 4.3 і швидкостей повітря крізь них (рис. 4.4).

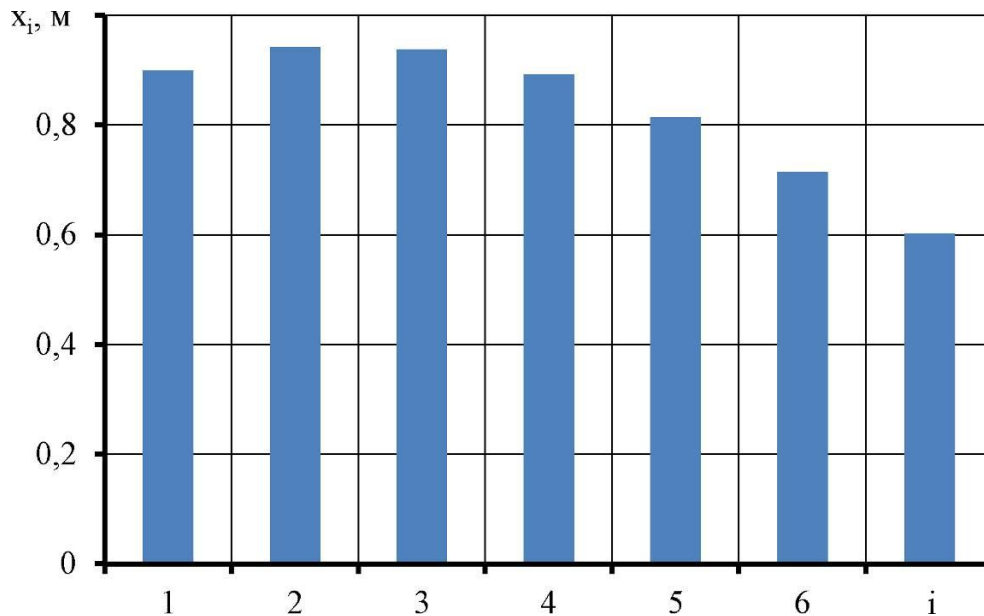


Рисунок 4.3 – Розподіл відстані між отворами

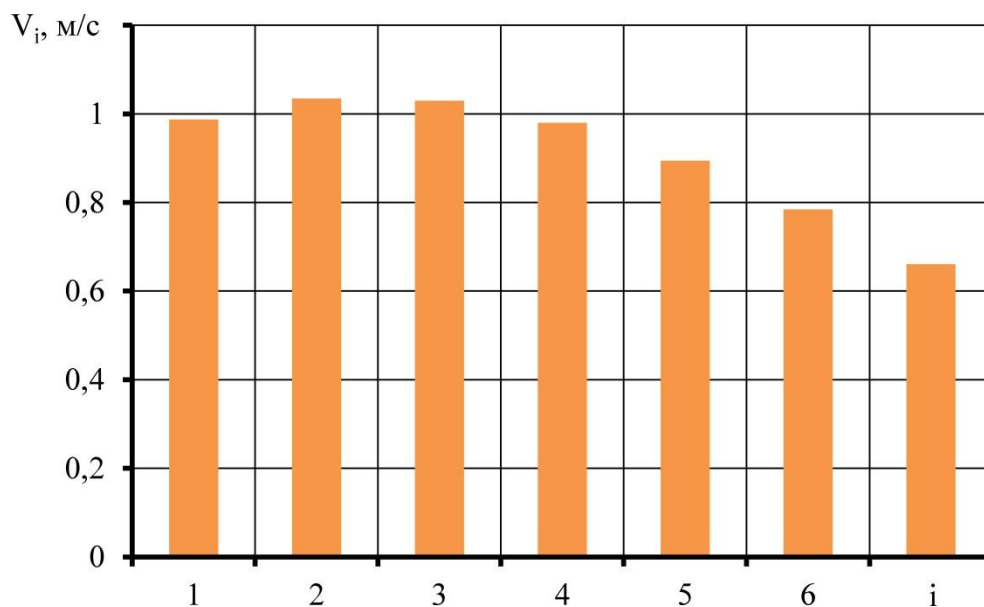


Рисунок 4.4 – Розподіл швидкостей повітря крізь отвори

<sup>1</sup>  $L = 5,8 \text{ м}; \varphi = 0,65; \alpha = 0,4; \kappa = 0,01717 \text{ м}; r_2 = 0,14 \text{ м}; r_3 = 0,2 \text{ м}; V_0 = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}; x_1 = 0,9 \text{ м}; v_1 = 0 \text{ м/с}$

Аналізуючи рисунок 4.3 спільно з рисунком 4.1 можна стверджувати, що відстань між отворами поступово зменшується від 0,94 до 0,6 м в напрямку протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці повітропроводу спостерігається незначне зменшення відстані на 0,04 м, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглишеним кінцем. Аналогічне явище спостерігається і із розподілом швидкостей повітря крізь отвори.

#### **4.2 Методика експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату**

Експериментальні дослідження раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі зводились до визначення об'ємних витрат повітря крізь отвори повітропроводу на одиницю його довжини і розраховуються за формулою (4.3):

$$\Omega = \frac{\sigma \cdot w_i}{x_i} = \frac{V}{L}, \quad (4.11)$$

де  $w_i$  – швидкість потоку повітря крізь  $i$ -ий отвір повітропроводу, м/с;

$\sigma$  – площа отвору, м<sup>2</sup>;

$L$  – довжина повітропроводу, м;

$x_i$  – відстань між  $i$ -им і  $(i-1)$ -им отворами, м;

$V$  – об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу, м<sup>3</sup>/с.

Дослідження проводились для двох варіантів розташування отворів повітропроводу (рис. 4.5). У разі виконання умови (4.3) встановлене розташування отворів повітропроводу є ефективним [40, 41, 42, 43, 44, 45].

Швидкість потоку повітря крізь  $i$ -ий отвір повітропроводу  $w_i$  вимірювалась з використанням багатофункціонального вимірювального пристрою «Solomat MPM 500E». Необхідні об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу  $V$  задавалися за допомогою регуляторів продуктивності вентиляторів TD-2000.



### 4.3 Результати досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі

Згідно розробленої методики експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі реалізовано 6 дослідів для кожного з двох варіантів розташування отворів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Результати експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі

V = 0,14 м <sup>3</sup> /с						V = 0,24 м <sup>3</sup> /с					
Варіант 1			Варіант 2			Варіант 1			Варіант 2		
x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω
0,90	0,92	1,02	0,82	1,10	1,34	0,90	1,66	1,84	0,82	1,96	2,40
0,94	1,02	1,09	0,82	1,12	1,37	0,94	1,69	1,80	0,82	2,00	2,44
0,93	0,96	1,03	0,82	1,07	1,30	0,93	1,73	1,86	0,82	1,91	2,33
0,89	0,92	1,03	0,82	0,96	1,17	0,89	1,67	1,88	0,82	1,71	2,09
0,81	0,82	1,01	0,82	0,80	0,98	0,81	1,43	1,77	0,82	1,43	1,74
0,71	0,74	1,04	0,82	0,60	0,73	0,71	1,33	1,87	0,82	1,07	1,31
0,60	0,66	1,10	0,82	0,36	0,44	0,60	1,03	1,72	0,82	0,64	0,78
V = 0,34 м <sup>3</sup> /с						V = 0,44 м <sup>3</sup> /с					
Варіант 1			Варіант 2			Варіант 1			Варіант 2		
x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω
0,90	2,30	2,56	0,82	2,75	3,35	0,90	2,97	3,30	0,82	3,61	4,41
0,94	2,38	2,53	0,82	2,80	3,41	0,94	3,18	3,38	0,82	3,68	4,49
0,93	2,46	2,65	0,82	2,68	3,26	0,93	3,22	3,46	0,82	3,52	4,29
0,89	2,35	2,64	0,82	2,40	2,93	0,89	2,92	3,28	0,82	3,15	3,85
0,81	2,09	2,58	0,82	2,00	2,44	0,81	2,63	3,25	0,82	2,63	3,21
0,71	1,72	2,42	0,82	1,50	1,83	0,71	2,46	3,46	0,82	1,97	2,40
0,60	1,54	2,57	0,82	0,90	1,10	0,60	2,04	3,40	0,82	1,18	1,44
V = 0,54 м <sup>3</sup> /с						V = 0,64 м <sup>3</sup> /с					
Варіант 1			Варіант 2			Варіант 1			Варіант 2		
x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω	x, м	w <sub>i</sub> , м/с	Ω
0,90	3,50	3,89	0,82	4,40	5,37	0,90	4,47	4,97	0,82	5,26	6,42
0,94	3,78	4,02	0,82	4,48	5,46	0,94	4,43	4,71	0,82	5,36	6,54
0,93	3,71	3,99	0,82	4,28	5,22	0,93	4,62	4,97	0,82	5,12	6,24
0,89	3,57	4,01	0,82	3,84	4,68	0,89	4,24	4,76	0,82	4,59	5,60
0,81	3,33	4,11	0,82	3,20	3,90	0,81	4,00	4,94	0,82	3,83	4,67
0,71	2,91	4,10	0,82	2,40	2,93	0,71	3,49	4,92	0,82	2,87	3,50
0,60	2,54	4,23	0,82	1,44	1,76	0,60	2,93	4,88	0,82	1,72	2,10

Графічний аналіз отриманих даних (рис. 4.7-4.9) дозволив встановити, що

перший варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, оскільки він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині повітропроводу [46, 47, 48]. Про даний факт свідчить постійність коефіцієнту  $\Omega$ .

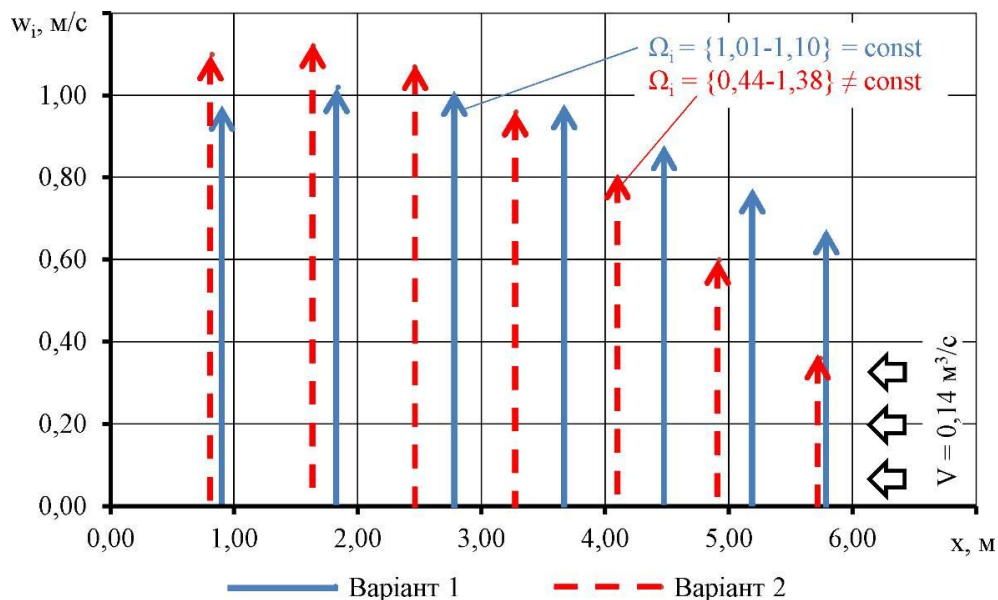


Рисунок 4.7 – Розподіл швидкостей повітря з отворів повітропроводу при заданих об’ємних витратах повітря на початку повітропроводу  $V = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$

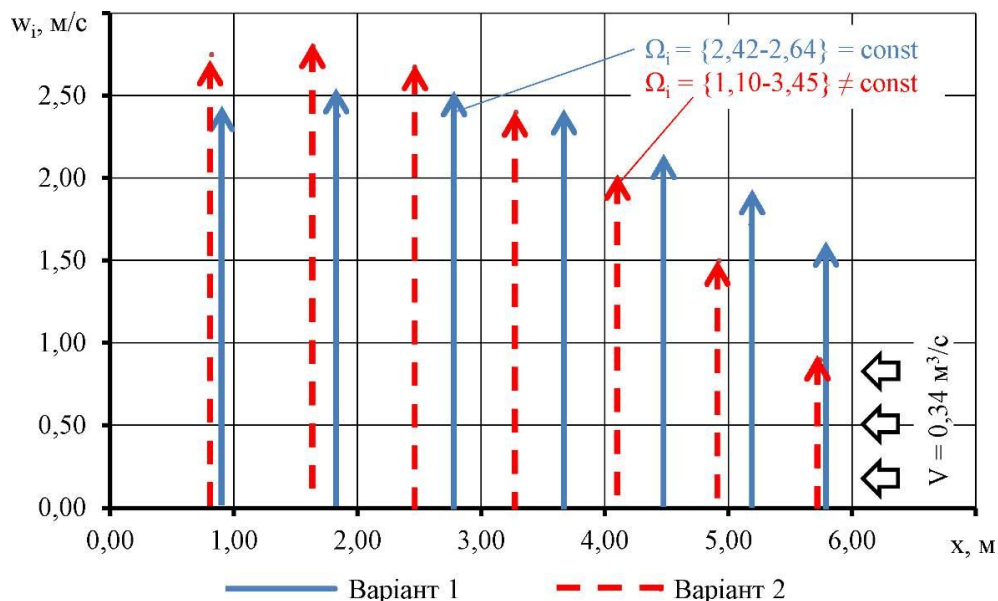


Рисунок 4.8 – Розподіл швидкостей повітря з отворів повітропроводу при

заданих об'ємних витратах повітря на початку повітропроводу  $V = 0,34 \text{ м}^3/\text{с}$

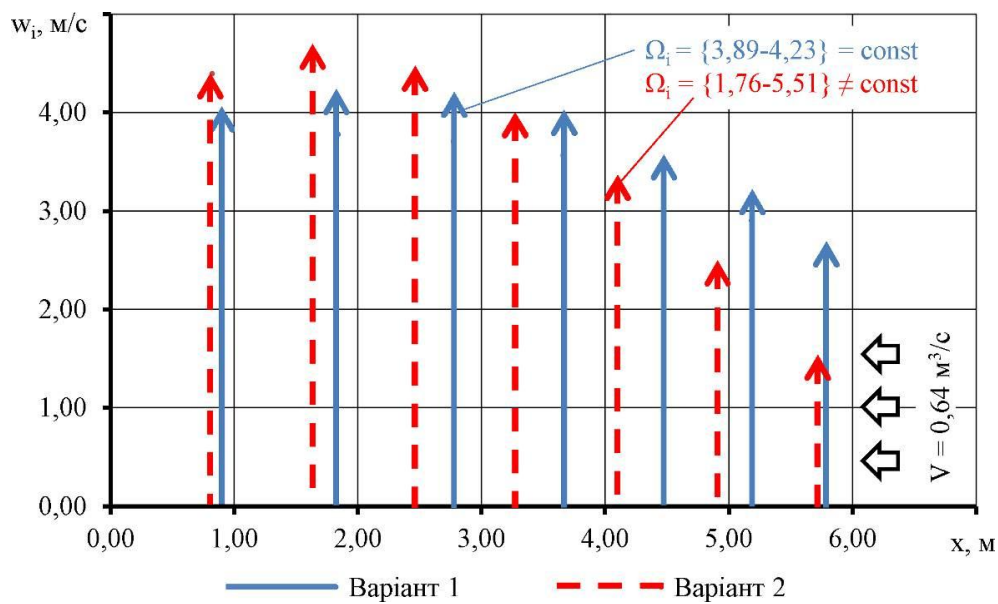


Рисунок 4.9 – Розподіл швидкостей повітря з отворів повітропроводу при заданих об'ємних витратах повітря на початку повітропроводу  $V = 0,64 \text{ м}^3/\text{с}$

На рисунках 4.7-4.8 видно, що швидкість повітря з отворів збільшується із збільшенням відстані між ними. Однак в кінці повітропроводу спостерігається зменшення швидкості повітря, що пов'язано із реверсивним рухом повітря. Даний рух виникає через наявність заглишки на кінці повітропроводу.

Для перевірки адекватності створеного алгоритму розрахунку геометрії розташування отворів в повітропроводі було проведено порівняння теоретичного і експериментального розподілу швидкостей повітря з отворів повітропроводу при заданих об'ємних витратах повітря на початку повітропроводу. Результати даного порівняння зведені в таблицю 4.2.

Для кожного значення об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу було розраховано коефіцієнт кореляції між теоретичним і експериментальним масивами даних, які знаходилися в межах  $R = 0,92-0,98$ .

Таблиця 4.2 – Результати порівняння теоретичного і експериментального розподілу швидкостей повітря з отворів повітропроводу при заданих об’ємних витратах повітря на його початку

№ отвору	х, мм	V = 0,14 м <sup>3</sup> /с		V = 0,24 м <sup>3</sup> /с	
		w <sub>i</sub> , м/с			
		Теор.	Експер.	Теор.	Експер.
1	900	0,99	0,92	1,69	1,66
2	940	1,03	1,02	1,77	1,69
3	930	1,03	0,96	1,76	1,73
4	890	0,98	0,92	1,67	1,67
5	810	0,89	0,82	1,53	1,43
6	710	0,78	0,74	1,34	1,33
7	600	0,66	0,66	1,13	1,03
Коефіцієнт кореляції R		0,92		0,94	
№ отвору	х, мм	V = 0,34 м <sup>3</sup> /с		V = 0,44 м <sup>3</sup> /с	
		w <sub>i</sub> , м/с			
		Теор.	Експер.	Теор.	Експер.
1	900	2,39	2,30	3,10	2,97
2	940	2,51	2,38	3,25	3,18
3	930	2,50	2,46	3,23	3,22
4	890	2,37	2,35	3,07	2,92
5	810	2,17	2,09	2,81	2,63
6	710	1,90	1,72	2,46	2,46
7	600	1,60	1,54	2,07	2,04
Коефіцієнт кореляції R		0,97		0,95	
№ отвору	х, м	V = 0,54 м <sup>3</sup> /с		V = 0,64 м <sup>3</sup> /с	
		w <sub>i</sub> , м/с			
		Теор.	Експер.	Теор.	Експер.
1	900	3,80	3,50	4,51	4,47
2	940	3,99	3,78	4,73	4,43
3	930	3,97	3,71	4,71	4,62
4	890	3,77	3,57	4,48	4,24
5	810	3,44	3,33	4,09	4,00
6	710	3,03	2,91	3,59	3,49
7	600	2,55	2,54	3,02	2,93
Коефіцієнт кореляції R		0,93		0,94	

#### 4.4 Застосування отриманих результатів у тваринницькому приміщенні

Відповідно до отриманих результатів дослідження спроектовано нове розташування отворів вентиляції в приміщенні для утримання поросят на

дорощуванні на фермі ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс». Відстань між отворами пропорційна отриманих результатів (рисунок 4.10).

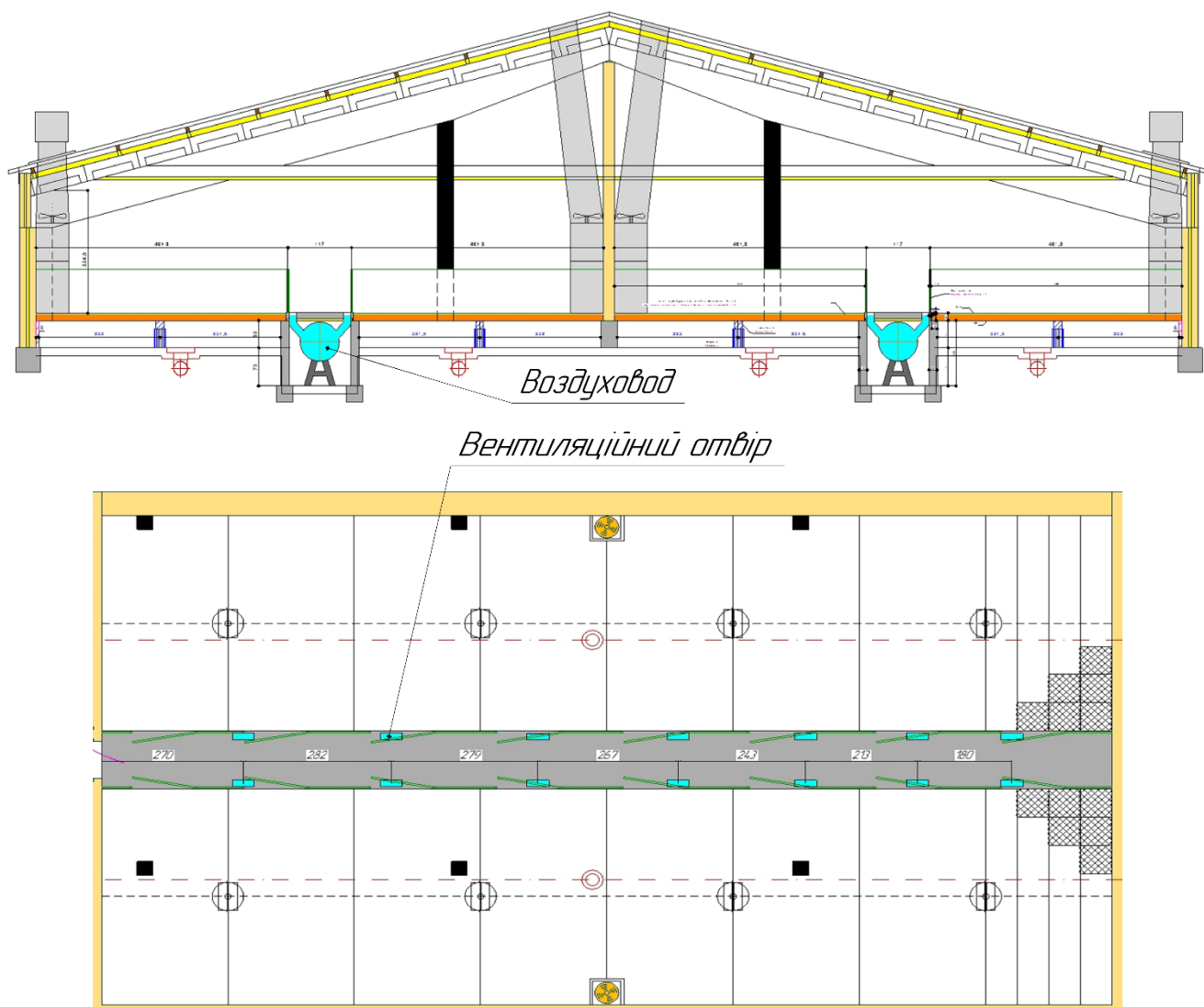


Рисунок 4.10 – Проект секції приміщення для утримання поросят на відгодівлі з новим розташуванням вентиляційних отворів

#### 4.5 Висновки з розділу

1. В результаті теоретичних досліджень розроблено методику і реалізовано на основі неї алгоритм визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників. Встановлено, що відстань між отворами поступово зменшується до певного значення в напрямку протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці

повітропроводу спостерігається незначне зменшення відстані, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглишеним кінцем.

2. В результаті експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників встановлено, що варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, тому що він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині повітропроводу.

3. Встановлено, що створений алгоритм розрахунку геометрії розташування отворів в повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників є адекватним і може бути використаний для інженерних розрахунків, про що свідчить високий коефіцієнт кореляції між теоретичними і експериментальними даними  $R = 0,92-0,98$ .

4. Відповідно до отриманих результатів дослідження спроектовано нове розташування отворів вентиляції в приміщенні для утримання поросят на дорощуванні на фермі ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс».

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ УТРИМАННЯ СВИНЕЙ**

### **5.1 Терміни та визначення основних понять**

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [50].

Виробничий ризик – імовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, що обумовлена ступенем шкідливості та (або) небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва [50].

Промислова продукція підвищеної небезпеки – машини, механізми, обладнання, технічні системи (комплекси), інші технічні засоби праці, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю чи майну або навколишньому природному довкіллю [50].

Безпечні умови праці – стан умов праці, за якого вплив на працівника небезпечних і шкідливих виробничих чинників усунуто, або вплив шкідливих виробничих чинників не перевищує гранично допустимих значень [50].

Небезпечний (виробничий) чинник – виробничий чинник, вплив якого на працівника в певних умовах призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті [50].

Шкідливий (виробничий) чинник - Виробничий чинник, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативного впливу на здоров'я нащадків [50].

Нещасний випадок на виробництві – раптове погіршення стану здоров'я чи настання смерті працівника під час виконання ним трудових обов'язків внаслідок короткочасного (тривалістю не довше однієї робочої зміни) впливу небезпечного або шкідливого чинника [50].

Виробниче середовище – сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціальних та інших чинників, що діють на людину під час виконання нею трудових обов'язків [50].

Небезпечна зона – простір, у якому можлива дія на працівника небезпечного і (або) шкідливого виробничого чинника [50].

Медичний огляд – огляд працівників спеціальною комісією лікарів з обов'язковими лабораторними, клінічними і функціональними дослідженнями з метою визначення можливості допущення до виконання конкретної роботи (до професії) за станом здоров'я [50].

Виробнича санітарія – система організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів запобігання впливу шкідливих виробничих чинників на працівників [50].

Дотримання вимог охорони праці на свинарській фермі необхідне для забезпечення безпеки, збереження здоров'я працівників та створення комфортних умов праці.

## **5.2 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори в приміщенні для утримання свиней**

Особливу увагу слід приділяти шкідливим та небезпечним чинникам, які існують на свинарській фермі, так як вони негативно впливають на здоров'я та працездатність працівників ферми. Небезпечні умови праці можуть траплятися через недбалу підготовку з питань безпеки праці, відсутність чіткого контролю за станом охорони праці на фермі, недостатній рівень організації праці, низьку надійність машин, їх окремих деталей або робочих органів.

В приміщенні для утримання свиней виділяються гази, висока концентрація яких може призводити до погіршення стану здоров'я працівників.

Аміак виділяється при розкладанні азотовмісних органічних сполук. Він легший за повітря, тому аміак збирається вгорі приміщення. Але при підвищеній високій вологості повітря утворює гідроксид амонію, випари якого важчі за

повітря і накопичуються внизу приміщення. Допустима кількість аміаку в повітрі тваринницького приміщення від 10 до 20 мг/м<sup>3</sup>. Граничнодопустима концентрація аміаку 20 мг/м<sup>3</sup> [12]. При концентрації 300 мг/м<sup>3</sup> починається подразнення верхніх дихальних шляхів. Смертельна концентрація 3500 мг/м<sup>3</sup>.

Аміак має шкідливий вплив на дихальні шляхи і слизові оболонки людини. При отруєнні в людини спостерігається сильний кашель, нежить, важке дихання, високий пульс. При взаємодії з вологою тіла з'являється подразнення шкіри, почервоніння, свербіж.

Сірководень виділяється при гнитті органічних речовин в яких міститься сірка (екскременти, білок). Це безбарвний газ із запахом тухлих яєць. Газ важчий за повітря, тому збирається внизу приміщення. Допустимий вміст газу у повітрі тваринницького приміщення від 5 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Граничнодопустима концентрація сірководню в повітрі 10 мг/м<sup>3</sup> [12]. Порогова концентрація при вдиханні протягом однієї години 600 мг/м<sup>3</sup>. Смертельна концентрація 1100 мг/м<sup>3</sup>.

При отруєнні сірководнем страдає дихальна система і органи зору. Відбувається подразнення дихальних шляхів, кашель, чхання, біль в очах, втрата свідомості. Недбале реагування на ситуацію може призвести до бронхіту та зниження гостроти зору.

Виділення вуглекислого газу відбувається в процесі дихання свиней. Газ безбарвний, без запаху, малотоксичний. В тваринницькому приміщенні допустима кількість газу в повітрі від 0,15 % до 0,3 %. Граничнодопустима концентрація вуглекислого газу на робочому місці 0,35 % [12].

Підвищення концентрації вуглекислого газу призводить до втоми, зниження концентрації та уваги, головної болі, закладеності носа, сухого кашлю.

Тому, для уникнення накопичення шкідливих газів в свинарнику, потрібна вчасна і в потрібному об'ємі вентиляція повітря. Також треба слідкувати за станом та працездатністю системи гноєвидалення. Слідкування за кількістю шкідливих газів відбувається за допомогою газоаналізатору та датчиків автоматизованої системи мікроклімату.

Також, до небезпечних та шкідливих факторів належать біологічні фактори, такі як: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності; макроорганізми (тварини) та продукти їх життєдіяльності [51]. Ці фактори можуть негативно впливати як на працівників, так і на утримуваних тварин. Для запобігання цього потрібно дотримуватися санітарно-гігієнічних норм.

До фізичних факторів належать: рухомі частини виробничого обладнання (зубчасті, пасові, ланцюгові передачі, карданні вали, з'єднувальні муфти, неогорожені робочі органи транспортерів, дробарок і т. ін.); підвищена або знижена температура поверхні обладнання й матеріалів; підвищена або знижена температура повітря робочої зони; підвищена чи знижена вологість повітря; підвищена чи знижена рухомість повітря; підвищена напруга в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони; знижена контрастність; гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях інструменту та обладнання [51].

### **5.3 Заходи з охорони праці по забезпеченню безпеки працівників в приміщенні для утримання свиней**

Відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за №231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05), працівники підприємств при прийнятті на роботу і періодично в процесі роботи повинні проходити навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці [51].

З метою систематичного навчання й ознайомлення працівників із правилами охорони праці адміністрація зобов'язана проводити інструктажі – вступний, на робочому місці, періодичний та курсове навчання [51].

Вступний інструктаж з питань охорони праці проводиться з: усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу (постійну або тимчасову) незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією або посади; працівниками, які знаходяться у відрядженні на підприємстві і беруть безпосередню участь у виробничому процесі з водіями транспортних засобів, які вперше в'їжджають на територію підприємства; учнями, вихованцями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики тощо [52].

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з: працівником, новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство; працівником, який буде виконувати нову для нього роботу; відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві; студентом, який прибув на виробничу практику; перед виконанням ним нових видів робіт тощо [52].

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою – І раз у квартал, на інших роботах – І раз на півріччя [52].

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці: при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці; при порушенні працівником, студентом нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травми, аварії чи отруєння; на вимогу працівників органу державного нагляду за охороною праці, вищестоящої господарської організації, або державної виконавчої влади у випадку, якщо виявлено незнання працівником, студентом безпечних методів, прийомів праці чи нормативних актів про охорону праці; при перерві в роботі виконавця робіт більше ніж на 30 календарних днів – для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт – більше 60 днів [52].

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками при: виконанні разових робіт, що не пов'язані з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху тощо); ліквідації аварії, стихійного лиха; проведенні робіт, на які оформлюється наряд-допуск, дозвіл та інші документи; екскурсіях на підприємства [52].

До виконання робіт допускаються працівники, які не мають медичних протипоказань, пройшли навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [51].

Медичні огляди проводять відповідно до вимог Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 №246 [51].

При виявленні у працівників ознак професійного захворювання або погіршення стану здоров'я внаслідок впливу шкідливих або небезпечних виробничих факторів роботодавець, на підставі медичних показань, повинен перевести їх на іншу роботу в установленому порядку [51].

Відповідальними за організацію навчання й перевірку знань з охорони праці на підприємстві є роботодавець, у структурних підрозділах (комплексах, бригадах, фермах тощо) – керівники цих підрозділів [51].

Контроль за навчанням і періодичністю перевірки знань з питань охорони праці здійснює служба охорони праці або працівники, на яких роботодавцем покладені ці обов'язки [51].

Працівники, які не пройшли навчання й перевірку знань з питань охорони праці, до роботи не допускаються [51].

Для санітарно-побутового забезпечення працівників потрібно обладнувати спеціальні приміщення відповідно до будівельних норм і правил "Будинки адміністративного та побутового призначення" (ДБН В.2.2-28:2010) [51].

## **5.4 Правила безпечного виконання робіт при обслуговуванні та ремонті обладнання свиноферми**

### *Загальні правила.*

До виконання робіт по технічному обслуговуванню та ремонту обладнання тваринницьких ферм допускаються особи, які досягли 16 років, пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці і мають відповідну кваліфікацію. Перед самостійною роботою працівники повинні пройти перевірку знань і навичок на робочому місці під керівництвом досвідченого наставника або бригадира [54].

Виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт, не допускати на робоче місце сторонніх осіб і не передоручати свою роботу іншим особам [54].

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи. Упевнитися, що вони не мають пошкоджень, елементів, які звисають, не прилягають і можуть бути захоплені деталями, що обертаються або рухаються. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати розміру працюючого, застосовуватися в справному, чистому стані за призначенням і зберігатися в спеціально відведених та обладнаних місцях з дотриманням санітарних правил [53].

Не приступати до роботи в стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, в хворобливому або стомленому стані [53].

Під час виконання робіт на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори [53].

Не зберігати у тваринницьких приміщеннях легкозаймисті речовини, а також тару з-під них [53].

Не користуватися відкритим вогнем (факелом, паяльною лампою тощо) з метою відігрівання труб або при інших потребах. Не розпалювати вогонь на території ферми [53].

Не працювати на несправному обладнанні, не користуватися несправним інструментом [53].

Не проводити обслуговування, очищення машин і механізмів на ходу, не зупиняти рукою частини машини чи механізму, що рухаються по інерції, не включати в роботу машину зі знятими захисними кожухами й огороженнями або якщо вони ненадійно закріплені [53].

Виконувати правила пожежної безпеки, користування засобами сигналізації й пожежогасіння, не допускати використання пожежного інвентарю не за призначенням [53].

*Правила безпеки перед початком роботи.*

Одягнути спецодяг [53].

Для проведення ремонтних робіт або технічного обслуговування технічного обладнання ферм на висоті (більше від підлоги) користуватися драбиною-стрем'янкою з площадкою і перилами, а також спеціальною переносною драбиною [53].

Перед початком роботи на обладнанні з електроприводом його треба відключити від мережі живлення [53].

Місце ремонтних робіт та технічного обслуговування повинно бути достатньо освітлене загальним освітленням чи переносними електролампами напругою 36В, в сирих приміщеннях, металевих резервуарах і котлах – напругою не більше 12В [53].

Приміщення, де мають бути виконані роботи по технічному обслуговуванню і ремонту технічного обладнання ферм, повинно бути звільнене від тварин [53].

Перед початком робіт у приміщеннях, де утримуються хворі тварини, ознайомитись зі спеціальними вимогами безпеки праці для персоналу, що обслуговує таких тварин [53].

Перевірити наявність засобів пожежогасіння, а також переконатись у їх придатності [53].

*Правила безпеки під час виконання роботи.*

Відключити машини та обладнання, на якому будуть проводити технічне обслуговування і ремонт, від електромережі живлення, пневмо- і гідроприводів.

Вивісити відповідні знаки безпеки та попереджувальні знаки біля місця проведення робіт і на пультах управління машинами та обладнанням [53].

Роботи по переміщенню значних вантажів виконувати під наглядом керівника, що відповідає за виконання вимог безпеки. До початку робіт упевнитися у справності всіх підйомних механізмів, тросів, ланцюгів і канатів, що всі механізми мають клеймо і підписи про строки випробувань і максимальну вантажопідйомність [53].

При підйомі вантажу або його опусканні за допомогою лебідок робіти все повільно, без ривків і різкого гальмування. Не дозволяти знаходження людей під вантажем. Відгородити місце, де виконуються роботи [53].

Різання, згинання та інші операції з трубами виконувати не на підмостках, призначених для монтажу трубопроводів, а на землі – у спеціальних пристосуваннях [53].

Якщо ремонт обладнання або трубопроводів проводиться біля електричних дротів під напругою, їх обов'язково потрібно знеструмити [53].

Випробування трубопроводів після ремонту проводити тільки після перевірки манометрів, а також всіх затворів, люків, запобіжних клапанів, регуляторів, інших контрольних приладів і вузлів [53].

Не зварювати конструкції, апарати, які перебувають під тиском, електричною напругою, в яких знаходяться горючі і легкозаймісті речовини та якщо вони свіжопофарбовані [53].

Зварювальний кабель від пошкодження захищати гумовими шлангами, а у місцях, де можливе механічне пошкодження, – металевими або дерев'яними коробами [53].

Працювати при наявності та справності огорожень, блокуючих та інших пристроїв, які забезпечують безпеку праці, і при достатньому освітленні робочого місця [53].

Не торкатися до механізмів і частин машин, які рухаються та обертаються, а також до струмоведучих частин обладнання, що знаходяться під напругою [53].

Перед пуском в роботу технічного обладнання ферм після технічного обслуговування або ремонту особисто переконатися у відсутності працівників в зоні роботи машин [53].

У випадку погіршення самопочуття припинити роботу, звернутися за допомогою до лікаря, повідомити про це керівника робіт [53].

*Правила безпеки після закінчення роботи.*

Після закінчення роботи прибрати інструмент, прилади, пристрої. Ретельно передивитися місце проведення ремонтних робіт або проведення технічного обслуговування, прибрати всі відходи, залишки труб, металу [53].

Не залишати сторонні предмети у машинах і механізмах [53].

Зняти спецодяг і ретельно його вичистити, при необхідності випрати [53].

Засоби індивідуального захисту протерти, вичистити від пилу та іншого забруднення і здати на зберігання [53].

Після закінчення роботи про всі виявлені недоліки у роботі механізмів, пристосувань, інструменту повідомити керівника робіт [53].

*Правила безпеки в аварійних ситуаціях.*

У випадку аварійної ситуації (при появі сторонніх шумів під час роботи обладнання, запаху горілого, диму, виявлених несправностей, іскрінні електрообладнання, появі електричної напруги на деталях, підвищеному нагріванні поверхні підшипників, редукторів, інших частин машин, порушенні цілісності захисних пристроїв, бункерів, ємностей, забиванні вихідних отворів горловин тощо) зупинити машини, обладнання в порядку, передбаченому правилами їх експлуатації, в першу чергу, відключити подачу електроенергії, пари, води, пального, хімічного розчину [53].

Якщо відсутня безпека для здоров'я і життя, приступити до локалізації і усунення можливостей розвитку аварійної ситуації. У разі наявності загрози для здоров'я і життя покинути небезпечну зону, попередивши працівників, що знаходяться поблизу [53].

Не дозволяється проводити ремонт і усувати несправності в аварійній ситуації без зупинки машин і обладнання. Після аварійної зупинки і при повторному запуску машина повинна бути звільнена від продукту переробки [53].

При виникненні пожежі чи загоранні терміново повідомити про це (по телефону, через посильного) керівника робіт, пожежно-сторожову охорону, пожежну частину, підняти тривогу звуковим сигналом (сирена, радіостанція, дзвінок), приступити до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасник, пожежний кран, пісок тощо), за необхідності організувати евакуацію людей, тварин, цінностей із небезпечної зони [53].

При ураженні електричним струмом швидко звільнити потерпілого від його дії. Для цього швидко вимкнути рубильником ту частину електроустановки, до якої торкається потерпілий [53].

### **5.5 Дії у разі захворювання свиней ензоотичним енцефаломієлітом**

При виникненні підозри на захворювання свиней ензоотичним енцефаломієлітом фахівець ветеринарної медицини, який обслуговує господарство, населений пункт, зобов'язаний терміново сповістити про це головного державного інспектора ветеринарної медицини району (міста) і до його прибуття разом з керівником господарства або власником тварини, де виявлено захворювання, організувати проведення таких заходів: ізолювати хворих і підозрілих на захворювання свиней; заборонити доступ на ферму сторонніх осіб; перервати виробничий зв'язок між приміщенням та фермою; припинити вивезення із господарства та ввезення в нього свиней, вивезення кормів, обладнання й інвентарю, м'яса, інших продуктів; не допускати виїзд транспорту за межі свиноферми [54].

Головний державний інспектор ветеринарної медицини району (міста) повинен: провести у господарстві епізоотологічний аналіз; уточнити епізоотичний стан за ензоотичним енцефаломієлітом і іншими хворобами свиней у навколишніх

господарствах і населених пунктах; відправити відібраний матеріал до державної лабораторії ветеринарної медицини для досліджень [54].

У неблагополучному за ензоотичним енцефаломієлітом свиней господарстві (фермі), а також у неблагополучних за цією хворобою дворах громадян проводять механічне очищення приміщень і станків з наступним їх дезінфікуванням через кожні 5 діб, до проведення остаточної дезінфекції перед зняттям карантинних обмежень. Дезінфекції підлягають також предмети догляду за тваринами, обладнання та транспортні засоби, які перебувають у вогнищі інфекції [54].

Для знезараження робочого, санітарного одягу і взуття працівників ферми (населеного пункту) обладнують параформалінову камеру [54].

При проведенні ліквідації захворювання свиней у відгодівельних господарствах проводять забій усіх свиней [54].

Забій хворих (підозрілих на захворювання) свиней проводять на санітарній бойні а також на спеціально обладнаних забійних пунктах (площадках) господарств з дозволу обласного управління державної ветеринарної медицини, з дотриманням правил, які запобігають поширенню вірусу [54].

Трупи свиней, загиблих від ензоотичного енцефаломієліту свиней, спалюють. За наявності заводу з виготовлення м'ясо-кісткового борошна трупи переробляють на м'ясо-кісткове борошно під контролем служби державної ветеринарної медицини [54].

Карантинні обмеження з неблагополучних за ензоотичним енцефаломієлітом свиней господарств (ферми, двору, населеного пункту) знімають за поданням головного державного інспектора ветеринарної медицини району (міста) з закінченням 40 днів від дня останнього видужання, загибелі або вимушеного забою хворих тварин і за умови проведення всіх ветеринарно-санітарних заходів [54].

Перед зняттям карантину керівники господарств, громадяни - власники тварин зобов'язані за вказівкою фахівців ветеринарної медицини забезпечити ретельне очищення приміщення, в якому утримувались свині, а також території

навколо нього від гною, проведення санітарного ремонту приміщень і остаточної дезінфекції, яку проводять дворазово деззасобами [54].

Забороняється протягом шести місяців вивозити в інші господарства для відтворення і відгодівлі свиней, а також змішувати їх з хворими і неімунними тваринами [54].

Протягом двох років після зняття карантинних обмежень зі свинарських господарств реалізацію свиней і продуктів забою проводити після одержання негативних результатів лабораторних досліджень на вірусноносність ензоотичного енцефаломієліту свиней [54].

## **5.6 Висновки з розділу**

Проведено аналіз наявності шкідливих і небезпечних чинників в приміщенні для утримання свиней та їх впливу на робітників. Приведені заходи з охорони праці по забезпеченню безпеки працівників в приміщенні для утримання свиней та дії у разі настання надзвичайної ситуації.

## **6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ**

### **6.1 Вихідні дані**

Розрахунок показників економічної ефективності проводився у відповідності з вимогами [55] по загальноприйнятій методиці на основі результатів експериментальних досліджень [56]. Розрахунок проводився програмою в середовищі Excel (Microsoft Office 2016).

### **6.2 Результати техніко-економічної оцінки результатів досліджень**

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з обліком кількості і якості продукції

$$E_p = (P_{\delta} - P_n) + E_y, \quad (6.1)$$

де  $P_{\delta}, P_n$  – сукупні витрати відповідно по новій і базовій машині, грн;  
 $E_y$  – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості і якості продукції, грн.

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості і якості продукції

$$E_y = C_{ян} - C_{яб}, \quad (6.2)$$

де  $C_{ян}, C_{яб}$  – вартість продукції, отриманої у випадку використання відповідно нової і базової машини протягом року, грн.

Вартість продукції, отриманої у випадку використання нової або базової машини

$$C_y = \sum_{j=1}^n C_j V_j, \quad (6.3)$$

де  $C_j$  – закупівельна ціна одиниці  $j$ -ої продукції, грн;  
 $V_j$  – кількість  $j$ -ої продукції, отриманої у випадку використання нової або базової машини, кг.

Річний прибуток від експлуатації нової машини

$$O = (I_{\bar{o}} - I_n) + E_{\bar{я}}, \quad (6.4)$$

де  $I_{\bar{o}}$ ,  $I_n$  – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій і новій машинах, грн.

Строк окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину

$$T_{\text{окд}} = \frac{K_n - K_{\bar{o}}}{O}, \quad (6.5)$$

де  $K_n$ ,  $K_{\bar{o}}$  – сумарні інвестиційні вкладення відповідно в нову і базову машину, грн.

Балансова вартість машини

$$B = \Pi_m k_{\bar{o}}, \quad (6.6)$$

де  $\Pi_m$  – вартість машини, грн.

Сукупні витрати

$$\Pi = I + K E_n, \quad (6.7)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати, грн;

$K$  – питомі інвестиційні вкладення, грн.

Прямі експлуатаційні витрати

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi + M, \quad (6.8)$$

де  $Z$  – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн;

$\Gamma$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, електроенергію, грн;

$P$  – витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн;

$A$  – витрати на амортизацію, грн;

$\Phi$  – витрати на допоміжні матеріали, грн;

$M$  – витрати на зберігання, страхування, монтаж, грн.

Витрати на оплату праці

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i t_i r_i k_{\bar{д}} n_i}{W_{\text{зм}}}, \quad (6.9)$$

де  $L_i$  – кількість  $i$ -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонту машини, чол.;

$t_i$  – тривалість зайнятості  $i$ -го виробничого персоналу, год.;

$r_i$  – погодинна тарифна ставка оплати праці на  $i$ -му виді робіт, грн/люд.-год;

$k_d$  – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи і т.д.;

$n_i$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{зм}$  – продуктивність нової машини за годину змінного часу, м<sup>3</sup>/год.

Витрати коштів на паливно-мастильні матеріали та електроенергію

$$\Gamma = qk_n \Pi_n, \quad (6.10)$$

де  $q$  – питома витрата палива (електроенергії), кг/га, кВт/год.;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів;

$\Pi_n$  – ціна одного кілограма палива, грн/кг., кВт/грн.;

Витрати на капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування

$$P = \frac{B(r_r + r_k)}{W_{ек} T_n}, \quad (6.11)$$

де  $r_m$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування;

$r_k$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_n$  – нормативна річна завантаження, год.;

Витрати на амортизацію машини

$$A = \frac{Ba}{W_{зм} T_3}, \quad (6.12)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини, який визначається за допомогою прямолінійного методу нарахувань амортизації, тобто  $a = 1/n$ , де  $n$  – термін служби машини в роках.

Витрати на допоміжні матеріали

$$\Phi = \sum_{i=1}^n h_i \Pi_{mi}, \quad (6.13)$$

де  $h_i$  – питомі витрати  $i$ -го виду технологічного матеріалу, кг (м, шт.)/м<sup>3</sup>;

$\Pi_{mi}$  – ціна одиниці  $i$ -го технологічного матеріалу, грн/кг (м, шт.).

Витрати на зберігання, страхування та монтаж машини

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n 3_{mi} r_i n_i + \Pi_d + S_{зм}}{W_{ек} T_3}, \quad (6.14)$$

де  $Z_{ni}$  – витрати праці  $i$ -ої категорії працівників на складання і монтаж обладнання, люд.-год;

$C_0$  – вартість матеріалів, використаних на складання і монтаж машини, грн;

$S_{зсм}$  – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

Питомі інвестиційні вкладення

$$K = \frac{B + K_{буд}}{B_3}, \quad (6.15)$$

де  $K_{буд}$  – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, грн.

Для зручності обробки і сприйняття матеріалу вихідні дані та результати розрахунку представляємо у вигляді табл. 6.1, табл. 6.2, табл. 6.3.

Таблиця 6.1 – Матеріали, засоби та обладнання – складові зразка комплекту обладнання нової установки

№ зп	Назва	Кількість, шт	Вартість од., грн	Вартість, грн.
1	2	3	4	5
1	Електричний центробіжний вентилятор ВЦ 4-75 №8 з ел.дв. АИР160S6 11 кВт, 1500 об/хв, 380В	1	29805	32805
2	Електричний центробіжний вентилятор ВЦ 4-75 №8 з ел.дв АИР112MB8 3 кВт, 1500 об/хв, 380В	1	23903	25903
3	Форсунки	8	347	2776
4	Насос PEDROLLO JDWm 2/30 1,1кВт	1	9425	9425
5	Непрямий повітряний теплообмінник	1	34575	34575
6	Прямий повітряний теплообмінник	1	26940	26940
7	Датчик температури DS18B20	5	90	450
8	Датчик вологості НН-4010-003	4	324	1296
9	Датчик витрати води YF-Z602	2	1430	2860
10	Датчик швидкості повітря FTS-07	2	931	1862
11	Інші матеріали	-	-	8157
	Загальна сума			147049

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Нова машина	Базова
1	2	4
Продуктивність машини за 1 год експлуатаційного часу, м <sup>3</sup> /год	25000	25000
Споживана потужність, кВт	15,1	16,5
Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	1	1
Добова тривалість роботи, год	24	24
Кількість днів роботи	120	120
Вартість електроенергії, грн/кВт год	1,7	1,7
Вартість водопостачання та водовідведення, грн/м <sup>3</sup>	-	16,98
Ціна на свиней живою вагою, грн/кг	42	42
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування	0,12	0,12
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт	0,04	0,04
Вартість машини, грн	147049	124422
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини	0,1	0,1
Термін служби, років	10	10

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку економічної ефективності

Показник	Нова машина	Базова
1	2	3
Продуктивність машини по повітрю, м <sup>3</sup> / год	25000	25000
Річне завантаження машини, год	2880	2880
Річний обсяг напрацювання машиною, кВт год	43488	47520
Вартість продукції, отриманої в разі використання машини, грн	2536396,80	2384212,99
Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн	152183,81	-
Витрати коштів на електроенергію, грн	73929,60	80784
Витрати коштів на водопостачання та водовідведення, грн	-	4890,24

1	2	3
Витрати на капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування, грн	17645,88	14930,64
Витрати на амортизацію машини, грн	5881,96	4976,88
Інвестиційні вкладення, грн	176458,80	149306,40
Прямі експлуатаційні витрати, грн	97457,44	105581,76
Сукупні витрати, грн	273916,24	254888,16
Річний прибуток від експлуатації нової машини, грн	160308,12	-
Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину, років	1,1	-
Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції, грн	133155,72	-

### 6.3 Висновки з розділу

В результаті техніко-економічної оцінки використання нового обладнання для чотирьох секцій в яких утримується 1792 поросят дозволяє отримати за час своєї роботи за рік економічний ефект у розмірі 133155,72 грн за рахунок зменшення витрат на електроенергію та відсутність витрат води, а також за рахунок кращого охолодження повітря в результаті чого буде збільшений приріст живої ваги. Кількість отриманої продукції за час роботи базової установки менша на 6,5 % тому, що базова установка не може створити оптимальний температурний режим. Температура повітря в приміщенні знаходилася в межах від 25 °С до 30 °С, що в свою чергу знижує приріст живої маси на 6,5 % [8]. Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину складає 1,1 рік.

## ВИСНОВКИ

1. Мікроклімат впливає як на здоров'я свиней, так і на їх прирости і відтворювальні функції. Його порушення призводить до зниження рівня здоров'я свиней, їх чисельності та, відповідно, до зниження рентабельності господарств. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання. В результаті аналізу встановлено, що найпопулярніша на сьогоднішній день система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску. Через те, що вона є більш простою у використанні і споживає менше енергії, ніж будь-яка інша система примусової вентиляції.

2. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» встановлено, що за наявною системою мікроклімату в приміщенні для утримання поросят на дорощуванні більшість показників (швидкість повітря, вміст аміаку, вуглекислого газу, сірководню, кисню) в межах норми. Температура повітря в приміщенні не відповідає рекомендованим межам і доходить до  $30^{\circ}\text{C}$ , тоді як максимальна рекомендована температура для поросят на відгодівлі  $20^{\circ}\text{C}$ . При цьому температура повітря є нерівномірною по довжині приміщення, що спричинено не рівномірною подачею повітря з отворів вентиляції. Можна стверджувати про необхідність удосконалення системи охолодження повітря і перепланування повітропроводів системи вентиляції для забезпечення рівномірного потоку повітря.

3. Проведено чисельне дослідження ламінарної течії і сполученого тепломасообміну в трьохканальному тепломасообмінному апараті побічно-випарного типу. Розрахунки проведені при фіксованих геометричних розмірах каналів ( $L = 50d$ ,  $d = 6$  мм) і варіюванні температури на вході  $t_0 = 20\text{--}40^{\circ}\text{C}$  і числа Рейнольдса  $Re = 50\text{--}1000$ . Вивчено характер зміни локальних і інтегральних характеристик тепло- і масообміну в процесі випарного охолодження газу в

каналах. Отриманий ефект охолодження в каналах побічно-випарного типу може бути досить високим в порівнянні з традиційними схемами кондиціонування повітря. Тепломасообмінний апарат розглянутої схеми течії теплоносіїв має високу економічність, низьку питому вартість, невеликі експлуатаційні витрати, конструктивну простоту.

4. В результаті теоретичних досліджень розроблено методика і реалізовано на основі неї алгоритм визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників. Встановлено, що відстань між отворами поступово зменшується до певного значення в напрямку протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці повітропроводу спостерігається незначне зменшення відстані, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглушеним кінцем.

5. В результаті експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників встановлено, що варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, тому що він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині повітропроводу.

6. Проведено аналіз наявності шкідливих і небезпечних чинників в приміщенні для утримання свиней та їх впливу на робітників. Приведені заходи з охорони праці по забезпеченню безпеки працівників в приміщенні для утримання свиней та дії у разі настання надзвичайної ситуації.

7. В результаті техніко-економічної оцінки використання нового обладнання для чотирьох секцій в яких утримується 1792 поросят дозволяє отримати за час своєї роботи за рік економічний ефект у розмірі 133155,72 грн за рахунок зменшення витрат на електроенергію та відсутність витрат води, а також за рахунок кращого охолодження повітря в результаті чого буде збільшений приріст живої ваги. Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину складає 1,1 рік.

## Список використаної літератури

1. Дунин И. М., Переверзев Д.Б., Козанков А.Г. Проведение научных исследований в скотоводстве. М.: Колос, 2000. – 287 с.
2. Дехнич Н. Н. Раціоналізація режимів експлуатації опалювально – вентиляційних установок. Механізація та електрифікація сільського господарства. -1989. – №1. – С. 24 – 26.
3. Онищенко В. Н., Калюжный Н. С. Основы зоогигиены и ветпрофилактики: Учеб. для сред. сел. проф. – техн. училищ. – М.: Высш. шк., 1984. – 304 с., ил.
4. Мосолов В. П. Промислове виробництво свинини. М.: Колос, 1978.
5. Онегов А. П., Дудырев Ю.И., Храбустовский И.Ф. Гигиена сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1975, – 264 с.
6. Козловский В. Г. Технология промышленного свиноводства. М.: Россельхозиздат, 1984. – 348 с
7. Герасимов В. І., Цицюрський Л. М., Барановський Д. І. Свинарство і технологія виробництва свинини. Харків: Еспада, 2003.
8. Вивант Е. Влияние температуры на производительность и здоровье свиней. Журнал «Тваринництво сьогодні» – 2014. – № 1.
9. Волкова Г. К. Зоогигиена и ветеринарная санитария в промышленном животноводстве. М.: Колос, 1982. – 414 с., ил.
10. Тарасенко Л. О. Санітарно-гігієнічна оцінка дії факторів навколишнього середовища на фізіологічний стан піддослідних тварин. Вісник Сумського НАУ. – 2014.
11. Бирта Г. А., Рыбалко В. П. Влияние показателей микроклимата на продуктивность свиней при откорме. Вісник Полтавської державної аграрної академії – 2008. – № 1. – С. 88-104.
12. Самарин Г. Н. Энергосберегающая технология формирования микроклимата в животноводческих помещениях: дис. д-ра техн. наук. Московский гос. агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2009.

13. Ильин И. В., Игнаткин И. Ю., Курячий М. Г. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней. Эффективное животноводство. – 2011. – №05/67. – С. 30 – 31.
14. Игнаткин, И. Ю., Курячий М. Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней. Вестник НГИЭИ. – 2012. – №10 (17). С. 16-34.
15. Водяников В. П. Пути повышения воспроизводительной функции свиноматок. Свиноводство – 2000.-№ 1.-с. 6-8.
16. Севернев М. М., Шейко И. П. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы. Мн., 2005.
17. Клинский Ю. Д., Жидков Г. Ф., Григоренко В. А.. Повышение оплодотворяемости свиней в летний период. Зоотехния – 2000.-№ 12.-с. 15-17.
18. Цубанов А. Г. «Теплоснабжение, отопление и вентиляция животноводческих помещений». - Минск, «Ураджай», 1987.
19. Баланин, В.И. Микроклимат животноводческих зданий. СПб.: ПрофиКС. – 2003. – 140 с
20. Климентовський Ю. А., Гладкий А. М. Технічні засоби автоматики – К.: Видавництво «КВІЦ» 2003.
21. Бабаханов, Ю.М. Вентиляционно-отопительное оборудование систем микроклимата М.: Россельхозиздат – 1982.
22. Мартыненко И. И., Лысенко В. П. «Проектирование систем автоматики» - М.: Агропромиздат, 1990.
23. Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Лисенко В.П. Теорія автоматичного управління. -К.: ВЦ НУБіП України, 2012.
24. Мартынова Е. Н., Ястребова Е. А. Формирование микроклимата животноводческих помещений под воздействием температуры наружного воздуха. Молочное и мясное скотоводство. – 2012. – № 4. – С. 24-27.
25. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. – 288 с.

26. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 303 с.
27. ГОСТ 12.1.005-88. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. [Чинний від 2019-04-26].
28. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Электронные данные. ООО «Расписание Погоды», 2004-2020. Режим доступа: gr5.ua (дата запроса 01.08.2020). Название с экрана.
29. Алієв Е. Б., Яропуд В.М., Білоус І. М. Обґрунтування складу енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця, ВНАУ. 2020. № 2 (97). С. 29-137.
30. Шароглазов А. А. Теплоутилизаторы в системах микроклимата тваринницьких і птахівничих приміщень. Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2009. – №2. – С. 26 – 28.
31. Архипцев, А.В. Эффективный охладитель новой конструкции для свиноводческих ферм. Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 8 (27).
32. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Изд-во физ.-мат. Литературы. – 2003.
33. Панин В.И. Справочник по теплотехнике в сельском хозяйстве. М.: Россельхозиздат. – 1979.
34. Драганов Б. Х., Кузнецов А. В., Рудобашта С. П. Теплотехніка і застосування теплоти в сільському господарстві. М.: Агропромвидав, 1990. – С. 287-295.
35. Хрусталеv Б. М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. М.: Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
36. Кострюков В. А. Сборник примеров расчета по отоплению и вентиляции. Вентиляция. М.: Госстройиздат, 1962. – 201 с.
37. Жуков, В. И., Павленко А. Н., Нагайцева Ю.В. Влияние высоты слоя на теплообмен и критический тепловой поток при испарении жидкости в условиях низких давлений. ТВТ. – 2015. – Т. 53, №. 5. – С. 727–734.

38. Дьяконов В. П. Mathematica 5.1/5.2/6. Программирование и математические вычисления. М.: ДМК-Пресс, 2008. – 576 с.
39. Половко А. М. Mathematica для студента. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
40. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах: РТМ 23.2.36-73. М.: ВИСХОМ, 1974. – 116 с.
41. ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. [Действующий от 1981-01-01].
42. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Л.:1980.-168 с.
43. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 280 с.
44. Красовский Г. И., Филаретов Г. Ф. Планирование эксперимента. Мн.: БГУ, 1982. – 302 с.
45. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Роцин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 1980. – 168 с.
46. Гримитлин, М.И. Распределение воздуха в помещениях. СПб.: АВОК СевероЗапад. – 2004.
47. Гримитлин, М.И. Распределение воздуха в помещениях // СПб. – 1994.
48. Вентиляція і кондиціонування повітря. Довідник. М.: Будвидав, 2008. – С. 119 -150.
49. Богословський В. Н., Кокорін О. Я, Петров Л. В. Кондиціонування повітря і холодопостачання. М.: Будвидав, 2005. – 225 с.
50. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2000-01-01].
51. Про затвердження Правил охорони праці у тваринництві. Свинарство. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 06.12.2004 №269.

52. Про затвердження Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 04.04.1994 №30.

53. Типова інструкція з охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту обладнання тваринницьких ферм (31956).

54. Про заходи з профілактики та боротьби з ензоотичним енцефаломієлітом (хворобою Тешена) свиней. Інструкція міністерства агропромислового комплексу Державного департаменту ветеринарної медицини від 25.01.2000 № 4.

55. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. [Чинний від 2006-01-01].

56. Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих и птицеводческих зданий при новом строительстве и реконструкции с учетом экономии топливно-энергетических ресурсов. УкрНииагропроект. К., 1986.-82 с.

**ДОДАТКИ**

**МАТЕРИАЛИ  
XVI МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**НАЙНОВИТЕ НАУЧНИ  
ПОСТИЖЕНИЯ - 2020**

15 - 22 март 2020 г.

**Volume 3**  
Икономики

София  
«Бял ГРАД-БГ ОДД»  
2020

То публикува «Бял ГРАД-БГ» ООД, Република България,  
гр.София, район «Триадица», бул.« Витоша» №4, ет.5

Редактор: Милко Тодоров Петков

Мениджър: Надя Атанасова Александрова

Технически работник: Татяна Стефанова Тодорова

Материали за XVI международна научна практическа конференция,  
Найновите научни постижения - 2020, 15 - 22 март 2020 г. Икономика. :  
София. « Бял ГРАД-БГ » - 92 с.

За ученици, работници на проучвания.

Цена 10 BGLV

ISBN 978-966-8736-05-6

© Колектив на автори, 2020

© «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2020

**К.т.н. Алієв Е.Б., магістрант Білоус І.М.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна*

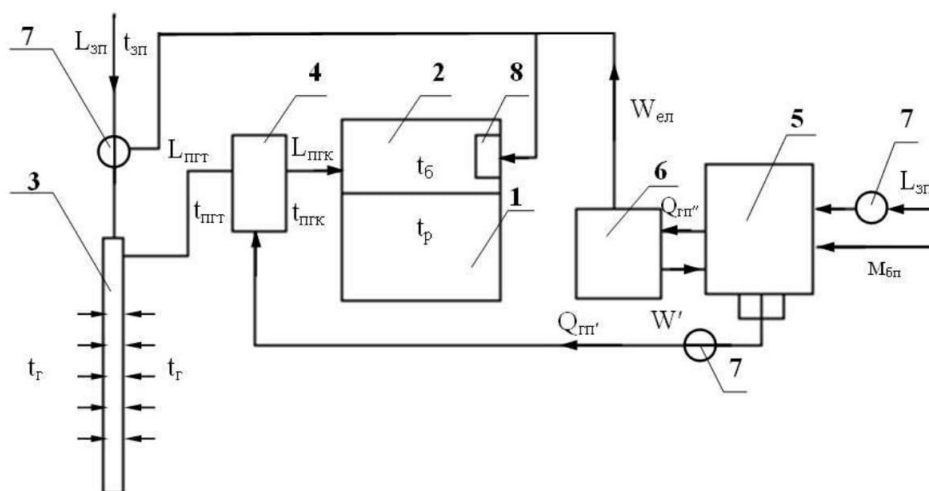
### **ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

Повітряне середовище істотно впливає на перебіг біохімічних процесів, викликаючи певні зміни обміну енергії і речовин. Біологічний об'єкт може пристосовуватися до фізичних подразників середовища за рахунок енергії спожитого корму (до 44 % енергії корму витрачається на адаптацію). Отже, зменшуючи частку енергії корму, що йде на адаптацію організму, можна підвищити продуктивність цього організму.

Накопичено велику кількість фактів, що вказують на дуже тісний зв'язок між станом здоров'я і продуктивністю тварин, з одного боку, бактеріальної та газової забрудненості повітряного середовища – з іншого. Щорічний збиток, що заподіюється хворобами досягає 15 % загальної вартості тваринницької продукції. Встановлено, що при утриманні відгодівельних свиней в приміщеннях, що мають концентрацію аміаку і сірководню на рівні зоотехнічних норм, середньодобовий приріст маси нижче на 19%, ніж при відсутності цих газів, а засвоєння кормів – нижче на 11 %.

Аналіз літератури показав, що в тваринницьких приміщеннях знайшли застосування чотири типи систем вентиляції з подачею припливного повітря і чотири типи видалення відпрацьованого повітря із зони дихання тварин. Кожен тип систем вентиляції має свій ряд недоліків, однак, до головного недоліку витяжної системи вентиляції можна віднести – забруднення навколишнього середовища значною кількістю мікробних тіл, пилу і шкідливих газів, що представляє небезпеку для населення і тварин, оскільки 25 % повітря, що викидається потрапляє назад в тваринницьке приміщення.

Структурна модель системи мікроклімату представлена на рис. 1. Тваринницьке приміщення для утримання тварин складається і аналізується як два взаємодіючих об'єкта з зосередженими параметрами. Один з них – зона розташування тварин – 1, другий – вільна зона – 2.



1 – робоча зона; 2 – буферна зона; 3 – геотермальний теплообмінник; 4 – газовий калорифер-конвектор; 5 – станція газифікації біосировини; 6 – ДВЗ + електрогенератор; 7 – вентилятори; 8 – система освітлення та керування процесом

Рисунок 1 – Технологічна схема процесу енергозабезпечення мікроклімату в тваринницькому приміщенні в режимі зблокованого комплексного використання геотермальної енергії та енергії біопалива з конвертуванням її в теплову та електричну енергію в холодний та теплий період року

Розглядається варіант забезпечення мікроклімату в холодний період року. Зовнішнє холодне повітря з температурою  $t_{зп}$  частково підігрівається в геотермальному теплообміннику до температури  $t_г$  і догріте газовим калорифером 4 до нормативних вимог повітря  $t_{пгк}$  подається в зону утримування тварин (робоча зона)  $t_р$  та видаляється із вільної зони (буферна зона) з температурою  $t_б$  через систему тепло утилізації назовні.

Холодне зовнішнє повітря підігрівається в геотермальному теплообміннику на 40-45 % від нормативних вимог і догрівається на 60-55 % в газових калориферах 4 за рахунок газового палива.

В розробленій схемі енергозабезпечення газове паливо виробляється на газогенераторній станції 5 газифікацією біоресурсу з ущільнених відходів сільського господарства – соломи, стебел технічних культур або з сировини енергетичних плантацій.

Паливний газ пропонується використовувати і для децентралізованого електричного енергозабезпечення системи мікроклімату газовою електростанцією 6, енергія якої застосовується для приводу вентиляційного обладнання геотермальної системи 7, газогенераторної станції 5, системи керування 8 та освітлення тваринницького приміщення.

В теплий період року геотермальна система вентиляції працює в режимі охолодження гарячого зовнішнього повітря і системи газового підігріву відключається.

Газогенераторна станція працює в основному на потреби електростанції для максимального забезпечення електроенергією геотермальної системи вентиляції, продуктивність якої в літній період зростає в 2-3 рази в порівнянні із зимовим періодом.

Вивільнена потужність газогенераторної станції може використовуватися для обладнання працюючого в основному в літній період, наприклад для виробництва паливних брикетів.

## CONTENTS ИКОНОМИКИ

### Икономиката на предприятието

<b>Khomenko O.M., Malykhina O.M</b> REENGINEERING AS A METHOD OF INNOVATIVE TRANSFORMATION OF THE ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEM: MODERN APPROACHES AND APPLIED TOOLS.....	3
<b>Мехеда Н.Г. , Мальцевич О.Л.</b> УПРАВЛІННЯ БАНКІВСЬКИМИ ПОТЕНЦІАЛОМ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ІНСТРУМЕНТИ. ....	6
<b>Мехеда Н.Г. , Скібіцька А.А.</b> ПОНЯТТЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА ТА ФАКТОРИ ЙОГО РОЗВИТКУ. ....	9
<b>Борисевич Є.Г., Маслова К.Г.</b> ОСОБЛИВОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ В СФЕРІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ .....	12
<b>Біляєва А.С. Іванова Д.В. Коваль С.Д.</b> ТИПИ ВИРОБНИЦТВ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА .....	15
<b>Елпанова М.А., Басыраева Б.А.</b> КОМПАНИЯНЫ; Т;РА;ТЫ ДАМУЫН БА;АЛАЙТЫН К;РСЕТКІШТЕР Ж;ЙЕСІ .....	18
<b>Шайнуров А.С., Казбекова М.Ж.</b> АЙМА; ЭКОНОМИКАСЫНЫ; ДАМУЫН БАС;АРУДА КЛАСТЕРЛІК Ж;ЙЕЛЕРДІ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ....	25

### Аграрна икономика

<b>Жандосова К., Мухамбетова З.С.</b> ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	30
<b>Алієв Е.Б., Білоус І.М.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ .....	36
<b>Алієв Е.Б., Малєгін Р.Д.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГОДІВЛІ ТВАРИН КОРМАМИ ПІСЛЯ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ .....	39

### Регионална икономика

<b>Утегенова К.А., Ерматов Ж.Г.</b> ПОШТА ;ЫЗМЕТІН ;СЫНУДЫ; САПАСЫН ЖА;САРТУ Ж;НЕ ОНЫ ДАМЫТУ .....	42
--	----

### Икономическата теория

<b>Кан А.</b> МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ АУТСОРСИНГА.....	45
--	----

### Правителството регулиране на икономиката

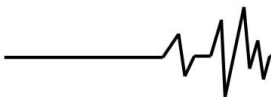
<b>Сейтхожина Д.А., Арапов Д.К.</b> СУЩНОСТЬ И МЕХАНИЗМ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	50
--	----

### Банките и банковата система

<b>Dudchenko V.</b> FINANCIAL STABILITY: SWISS NATIONAL BANK'S EXPERIENCE .	58
<b>Соляник Л.Г., Коваленко Т.Е.,</b> СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ .....	61

### Външноикономическата дейност

<b>Залесский Б.Л.</b> БЕЛАРУСЬ - КЫРГЫЗСТАН: ТОРГОВЛЯ, КООПЕРАЦИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО РЕГИОНОВ .....	64
--	----

**Алієв Е. Б.**

д.т.н., старший дослідник, доцент

*Дніпровський державний  
аграрно-економічний  
університет***Яропуд В. М.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний  
аграрний університет***Білоус І. М.**

магістрант

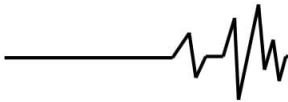
*Дніпровський державний  
аграрно-економічний  
університет***Alliev E.***Dnipro State Agrarian and  
Economic University***Yaropud V.***Vinnitsia National Agrarian  
University***Bilous I.***Dnipro State Agrarian and  
Economic University***УДК 697.921.4****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-2-14**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

Одним з чинників, що впливає на ефективність тваринництва є умови утримання тварин, у яких забезпечення оптимального мікроклімату має важливе значення. Традиційне забезпечення оптимального мікроклімату для тварин з метою отримання від них високої продуктивності пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, на що витрачається до 15 % коштів виробників. Тому питання вдосконалення енергозберігаючих систем забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях завжди є актуальними і потребують наукового обґрунтування. Мета досліджень є підвищення ефективності забезпечення мікроклімату в свинарниках шляхом обґрунтування складу енергозберігаючої системи для його здійснення. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання. Враховуючи технологічні умови повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – до 3,5 мг/м<sup>3</sup>, вологість – 40-70 %, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку 20-30 мг/м<sup>3</sup>, сірководню – 10-15 мг/м<sup>3</sup>, вуглекислого газу – 0,2-0,35 %) і результати аналізу конструкцій теплоутилізаторів, систем нагріву і охолодження було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показникам, високої енергетичної ефективності і низької вартості конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є трубні теплоутилізатори із додатковим нагрівом і адіабатичним охолодженням. Для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях розроблено конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин.

**Ключові слова:** свинарські приміщення, мікроклімат, енергозберігаючі системи, теплоутилізатори, адіабатичне охолодження, температура, вологість.

**Постановка проблеми.** Одним з чинників, що впливає на ефективність тваринництва є умови утримання тварин, у яких забезпечення оптимального мікроклімату має важливе значення. Так, згідно досліджень [1], продуктивність тварин на 10-30 % визначається мікрокліматом приміщень. Усі відхилення від нормативних умов повітряного середовища негативно впливають на розвиток тварини та її продуктивність [2]. У свою чергу відомо, що традиційне забезпечення оптимального мікроклімату для тварин з метою отримання від них високої продуктивності пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, на що



витрачається до 15 % коштів виробників [3].

Тому питання вдосконалення енергозберігаючих систем забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях завжди є актуальними і потребують наукового обґрунтування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Мікроклімат тваринницького приміщення – це стан навколишнього середовища, що формується в результаті життєдіяльності тварин в умовах певної технології. До основних показників мікроклімату відносять: температуру  $T$ ; відносну вологість повітря  $W$ ; хімічний склад повітря (вміст вуглекислого газу  $CO_2$ , аміаку  $NH_3$ , сірководню  $H_2S$ ); наявність у повітрі пилу (механічне

забруднення) та мікроорганізмів (біологічне забруднення); швидкість  $v$ , та напрямок руху повітря; освітлення. Повітряний режим порушується при диханні тварин (виділення тепла, вологи, вуглекислого газу тощо), а також у результаті випаровувань від гною. Серед основних факторів забруднення, що найбільше впливають на розвиток тварин, – гази (вуглекислий газ, аміак, сірководень), а також такі фактори, як волога і тепло [4]. Нормовані узагальнені значення основних показників мікроклімату в свинарських приміщеннях за вимогами відомчих норм технологічного проектування (ВНТП) [5] наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.  
Нормовані значення показників мікроклімату в свинарських приміщеннях для різних статевовікових груп

Параметр	Статевовікова група						
	Новонароджені поросята	Поросята до 7 кг	Поросята до 25 кг	На дощовуванні 25-35 кг	Відгодівля 45-100 кг (без підстилки)	Матки супоросні	Матки підсисні
Температура повітря, С	30-33	24-26	18-22	15-20	14-20	13-19	18-22
Відносна вологість, %	55-60	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
Гранична допустима швидкість повітря, м/с	0,15-0,4	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,3-1	0,3-1	0,15-0,4
Допустимі концентрації газів та пилу в повітрі							
$CO_2$ , %	0,2-0,35						
$NH_3$ , мг/м <sup>3</sup>	20-30						
$H_2S$ , мг/м <sup>3</sup>	10-15						
Пил, мг/м <sup>3</sup>	3,5						

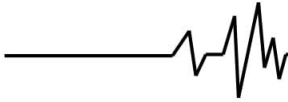
Дослідженнями [5, 6, 7] встановлено, що зниження температури навколишнього середовища нижче оптимуму, підвищує потребу свиней в обмінній енергії в середньому поросят від 20 до 45 кг живої маси – на 17 кДж/(кг·°С), свиней на відгодівлі від 45 до 85 кг – на 15 кДж/(кг·°С), від 85 до 120 кг – на 13 кДж/(кг·°С), кнурів і свиноматок – на кДж/(кг·°С). При утриманні з температурою і приміщенні нижче оптимальної у свиней на відгодівлі знижуються середньодобові прирости в середньому на 22 г на кожен градус температури, яка нижче оптимальної. Іншими словами при зниженні температури на 3 градуси нижче норми перевитрата корму становить близько 9 %.

Дослідження [4, 5, 8, 9] впливу високої температури показали, що температура вище 25 °С викликає дискомфорт, зниження споживання корму (160 г/(добу·°С) при температурі 25-30 °С; та 460 г/(добу·°С) при температурі 30-35 °С), зниження репродуктивних якостей, збільшення інтервалу між відбиранням і плідним осіменінням (сервіс-період), зниження фізіологічної адаптації

(підвищення температури тіла і погіршення охолодження за рахунок дихальних шляхів).

Свині дуже чутливі до вологості повітря. Зміна відносної вологості з 70 до 95 % веде до підвищення відходу свиней від 0,05 до 17,5 %. Висока відносна вологість в приміщеннях знижує перетравність поживних речовин. Середньодобовий приріст підсвинків при відносній вологості 85 % становить 653 г, а при 91,8 % – тільки 553 г [4, 5, 8, 9]. В свою чергу сухе повітря (відносна вологість нижче 50 %) також робить негативний вплив на організм тварини, викликаючи подразнення слизових оболонок очей, дихальних шляхів, посилену спрагу, і, як наслідок, погіршення апетиту і засвоєння поживних речовин.

Проведений аналіз наслідків незабезпечення необхідного мікроклімату в свинарських приміщеннях дає змогу узагальнити умови застосування та технологічні вимоги до технологічних операцій процесу створення мікроклімату [10].



Таблиця 2.

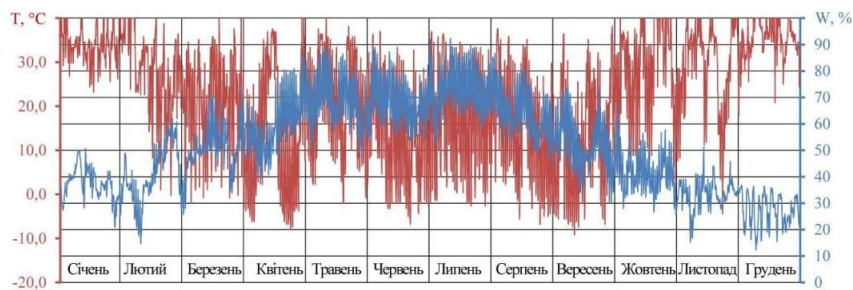
**Умови застосування та технологічні вимоги до технологічних операцій процесу створення мікроклімату в свинарських приміщеннях**

Операція	Умови застосування	Технологічні вимоги
Обмін повітря	У приміщеннях для утримання різних статевовікових груп свиней протягом повного технологічного циклу	Забезпечення активного вентилявання в зонах розміщення тварин зі швидкістю руху повітря від 0,15 до 1 м/с
Нагрівання повітря	У холодний період року для різних статевовікових груп свиней	Підтримка нормованого температурного режиму в зоні розміщення тварин в залежності від віку: для дорослого поголів'я свиней до 10 °С; для молодняка свиней до 20 °С
Охолодження повітря	У приміщеннях для утримання молодняка свиней	Підтримка нормованого температурного режиму в жаркий період року в зоні розміщення поросят і ремонтного молодняка 22 °С
УФ-опромінення	У приміщеннях для утримання різних статевовікових груп свиней протягом повного циклу	Компенсація УФ-недостатності, що забезпечує біологічну активність тварин
ІЧ-обігрів	У приміщеннях для утримання молодняка	Підтримка нормованого температурного режиму в зоні розміщення молодняка: для поросят до 30 діб – 23 °С; для поросят до 60 діб – 21 °С

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності забезпечення мікроклімату в свинарниках шляхом обґрунтування складу енергозберігаючої системи для його здійснення.

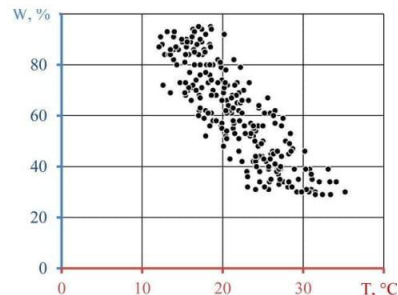
**Результати досліджень.** Територія України перебуває в помірному кліматичному поясі в області помірно континентального клімату

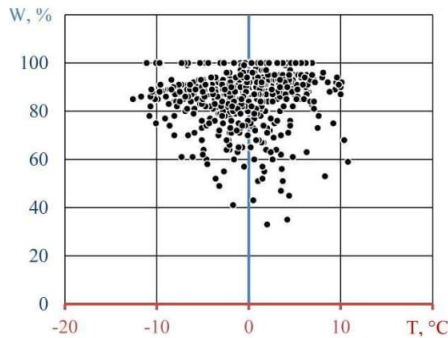
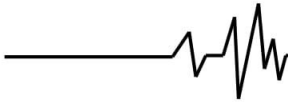
[11], який характеризується жарким літом і холодною зимою. Аналіз зміни температури повітря і вологості в навколишньому середовищі на прикладі Дніпропетровської обл. (рис. 1) дає змогу визначити тривалість літнього і зимнього періодів.



**Рис. 1. Динаміка температури повітря і вологості навколишнього середовища Дніпропетровської області (2019 р.)**

З рисунку 1 видно, що температура і вологість досить суттєво коливаються протягом доби. При цьому між температурою і вологістю є певна залежність, яку можна представити у вигляді графіків на рис. 2. Однак чітко вона проявляється лише в літній період (з червня по серпень), в зимовий період спостерігає високе значення вологості 80-100 %.





**Рис. 2. Залежності між температурою повітря і вологістю навколишнього середовища в літній (а) і зимовий (б) періоди Дніпропетровської області (2019 р.)**

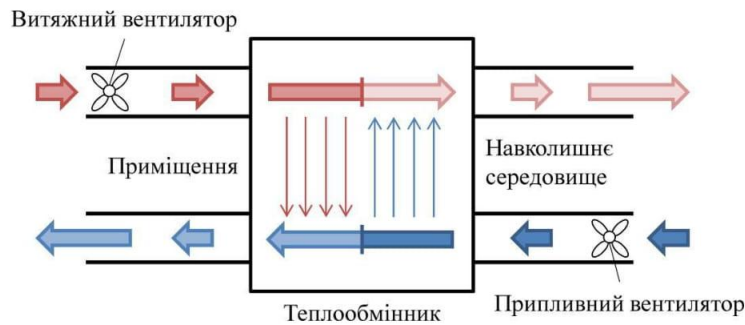
Враховуючи необхідність постійного повітрообміну між свинарським приміщенням і навколишнім середовищем, вимогами до показників мікроклімату для різних статевовікових груп очевидно виникає необхідність в зимовий період підвищувати температури навколишнього середовища, яка потрапляє до приміщення, а в літній навпаки охолоджувати. Окрім цього в зв'язку із високим значенням вологості повітря (80-100 %) в навколишньому середовищі в зимовий період необхідно його осушати під час руху його до приміщення. А в літній період при

високих температурах повітря (> 30 °С) навпаки зволожувати припливне повітря.

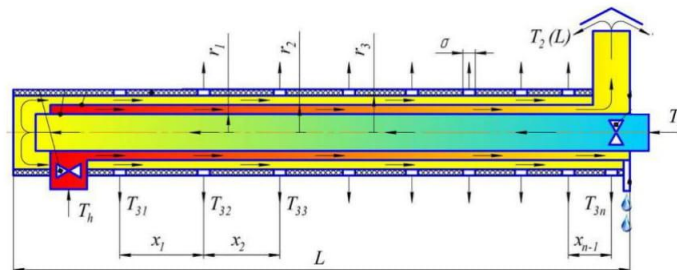
З точки зору енергозбереження, повітрообмін між навколишнім середовищем і свинарським приміщенням доцільно забезпечити рекуперативними повітряними теплоутилізаторами, використання яких дозволяє економити енергію, що необхідна для нагрівання і охолодження повітря в приміщеннях.

В узагальненому вигляді конструкція рекуперативного повітряного теплоутилізатора зводиться до наступної. Теплоутилізатор (рис. 3) містить припливний і витяжний вентилятори, припливний і витяжний повітроводи, теплообмінник. В результаті попередніх досліджень на базі розробленої математичної моделі процесу теплопередачі у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі із врахуванням явища конденсації на прикладі розробленого трьохтрубного теплоутилізатора [12-14] встановлені залежності зміни температури припливного і витяжного повітря в процесі їх руху (рис. 4).

Однак згідно рис. 1 температура навколишнього середовища в зимовий період може бути значно нижче 0 °С, що приведе до неефективності теплоутилізатора. Даний недолік можна усунути шляхом встановлення додаткового нагрівача повітря, який буде до нагрівати припливне повітря до технологічно необхідної температури. Утворований конденсат при цьому буде виводитися.



**Рис. 3. Узагальнена конструкція рекуперативного повітряного теплоутилізатора**



а

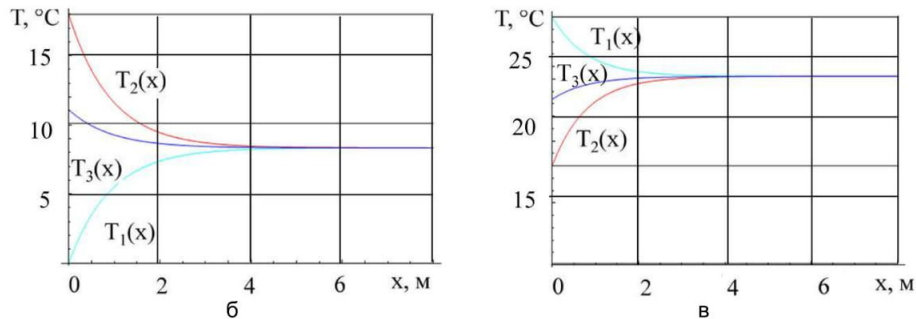
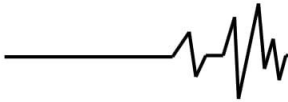


Рис. 4. Залежності зміни температури припливного і витяжного повітря в процесі їх руху у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі (а) в зимовий (б) і літній періоди (в)

Так само у літній період, коли температура перевищує 30 °С, також призводить до неефективності теплоутилізатора. Даний недолік можна усунути шляхом встановлення додаткового охолоджувача припливного повітря.

Ефективним способом зниження температури повітря у свинарських приміщеннях є адиабатичне охолодження – зволоження потоків повітря розпиленою під високим тиском водою. Ефект охолодження досягається за рахунок зволоження потоків повітря. Для цього повітряний потік має бути змішаний з водою шляхом її розпилення. Чим менші краплини, тим швидше вони випаровуються і тим самим забирають енергію з навколишнього повітря. Це веде до

зниження температури. Мета адиабатичного охолодження – полегшити тварині віддачу тепла у навколишнє середовище. При цьому важливо забезпечити подачу мінімально потрібного об'єму свіжого повітря – для усунення вологого і обтяженого шкідливими газами повітря в приміщенні. Однак необмежене насичення повітря вологою небажане тому, що у тварин може бути порушений механізм терморегуляції. Ідеальною для утримання свиней є відносна вологість повітря від 60 до 80 %.

На сьогодні існує багато конструкцій установок для адиабатичне охолодження (табл. 3), однак технологічна схема у них є однаковою [15].

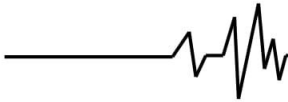
Таблиця 3.

Огляд конструкцій установок для адиабатичне охолодження [15]

	DFCV-AD	SP	TVFC	DCV-AD
Тип				
Принцип роботи				
Потужність	220-1620 кВт	340-1560 кВт	250-2000 кВт	340-1030 кВт
Повітряний потік, м <sup>3</sup> /с	24	14	24	23

Шляхом моделюючих розрахунків було доведено, що використання адиабатичного охолодження в багатьох випадках дозволяє скоротити обсяг вентиляваного повітря.

Центральним елементом системи зволоження є високонапірний насосний модуль, що забезпечує розпилення води під тиском у 70 бар (близько 70 атм). Насос може бути різних розмірів, з



частотним регулюванням або без нього, що дозволяє економити витрати на енергію і оптимально регулювати систему охолодження. Після фільтрації вода розподіляється по трубопроводу з нержавіючої сталі і розпилюється в повітрі. Розпилення можливе в горючому просторі, в самому відділенні з тваринами або ж в обох ділянках одночасно.

Переваги адіабатичного охолодження повітря у свинарських приміщеннях:

- швидке охолодження повітря свинарських приміщень;
- ефективне зниження пилоутворення;
- підвищення активності тварин завдяки оптимізації умов утримання;
- краща конверсія кормів;
- оптимальна продуктивність тварин;
- скорочення агресивності тварин;

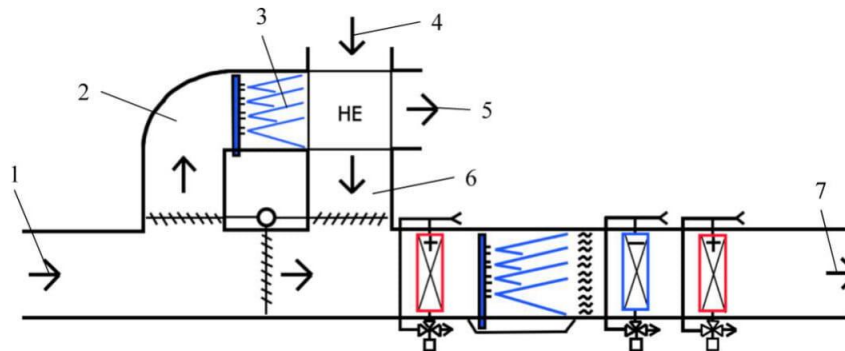
- можливість застосування установки для змочування.

Недоліки адіабатичного охолодження повітря у свинарських приміщеннях:

- великі витрати на ремонт та експлуатацію (електроенергія, вода, заміна фільтрів);
- висока якість води;
- установки для розприскування не повинні монтуватися безпосередньо над місцем відпочинку тварин чи над годівницями.

Дані недоліки можна виправити шляхом застосування рекуперативного теплоутилізатора і багатостадійних фільтрів очищення.

Тому нами запропоновано конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин, яка приведена на рис. 5.



- 1 – рециркуляційне повітря; 2 – відпрацьоване повітря; 3 – охоложене повітря і насичене вологою; 4 – отвір для впуску зовнішнього повітря;  
5 – нагріте відпрацьоване повітря; 6 – охолоджений зовнішній повітря;  
7 – свіже повітря

Рис. 5. Конструктивно-технологічна схема енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин

**Висновки.** В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання.

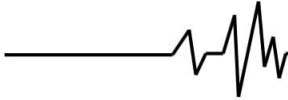
Враховуючи технологічні умови повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – до  $3,5 \text{ мг/м}^3$ , вологість – 40-70 %, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку  $20-30 \text{ мг/м}^3$ , сірководню –  $10-15 \text{ мг/м}^3$ , вуглекислого газу – 0,2-0,35 %) і результати аналізу конструкцій теплоутилізаторів і систем нагріву і охолодження було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показникам, високої енергетичної ефективності і низької вартості конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є трубні теплоутилізатори

із додатковим нагрівом і адіабатичним охолодженням.

Для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях розроблено конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин.

#### Список використаних джерел

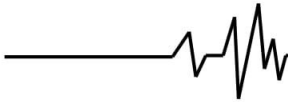
1. Вивант Е. Влияние температуры на производительность и здоровье свиней. Журнал «Тваринництво сьогодні». 2014. № 1. С. 20-23.
2. Ильин И. В., Курячий М. Г., Игнаткин И. Ю. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней. Перспективное свиноводство: теория и практика. 2011. С. 37-38.



3. Яропуд В. М., Алієв Е. Б. Методика інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2015. Вип. 212/2. С. 214-221.
4. Дудін В. Ю., Романюха І. О., Кіряцев Л. О., Гаврильченко О. С., Повод М. Г. Удосконалення процесу проектування свиноферм в сучасних умовах. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2013. № 2. С. 72-75.
5. ВНТП-АПК-02.05. Свиноарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). К.: Мінагрполітики України, 1995.
6. Бирта Г. А., Рыбалко В. П. Влияние показателей микроклимата на продуктивность свиней при откорме. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. № 1. С. 88-104.
7. Долгих Д. Л. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів ґрунтового теплообмінника для вентиляції тваринницьких приміщень: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 Глеваха, 2017. 178 с.
8. Виноградова В. Н., Сорокина Н. Т., Ильиным И. В., Смолинским Е. А. Смолинским Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов. М.: Депнаучтехполитики Минсельхоза России, 2009. 88 с.
9. Алієв Е.Б., Гаврильченко О.С., Ключ А.В. (2019). Обґрунтування складу енергозберігаючих технічних засобів для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: 36. наукових-праць (21 листопада 2019). Ніжин. С. 8-16.
10. Алієв, Е. Б., Білоус, І. М. (2020). Обґрунтування складу енергозберігаючих технічних засобів для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Матеріали XVI міжнародна научна практична конференція «Найновітні научні постиження – 2020» (15 - 22 март 2020 г.). Volume 3. Софія «Бял ГРАД-БГ ОДД». С. 36-38.
11. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Электронные данные. ООО «Расписание Погоды», 2004-2020. Режим доступа: gr5.ua (дата запроса 01.08.2020). Название с экрана.
12. Пат. 98515Україна, МПК (2015.01) F24F 5/00. Тритрубний теплоутилізатор. В.М. Яропуд, В.М. Пришляк, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв; заявник і патентовласник Яропуд В.М. № u201413177; заявл. 08.12.2014; опублік. 27.04.2015, Бюл. №8, 2015 р.
13. Ковязин О. С., Голуб Г. А., Алієв Е. Б. Обґрунтування форми поперечного перетину ґрунтового теплообмінника. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2016. Вип. 254. С. 105–111.
14. Пришляк В. М., Яропуд В. М., Ковязін О. С., Алієв Е. Б. Теоретичні дослідження пневмотрат трьохтрубного концентричного тепло утилізатора. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2014. Вип. 196, ч.3. С. 192-199.
15. Сухое и адиабатическое охлаждение [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Электронные данные. Baltimore Aircoil International nv, 2020. Режим доступа: <https://www.baltimoreaircoil.eu/ru/изделия/сухое-и-адиабатическое-охлаждение> (дата запроса 01.08.2020). Название с экрана.

#### References

1. Vivant E. (2014). Vlyyanye temperatury na proyzvoditelnost y zdorovye svynei [Influence of temperature on productivity and health of pigs]. The magazine "Tvarinnystvo sododni". No. 1. pp. 20-23. [in Russian].
2. Ilyin I.V., Kuryachy M.G., Ignatkin I.Yu. (2011). Vlyyanye parametrov mykroklymata na produktyvnost svynei [Influence of microclimate parameters on the productivity of pigs]. Promising pig breeding: theory and practice. pp. 37-38. [in Russian].
3. Yaropud V.M., Aliyev E.B. (2015). Metodyka inzhenernoho rozrakhunku parametrov teploutylizatora dlya tvarynnytskikh prymyshchen [Methods of engineering calculation of heat recovery parameters for livestock facilities]. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex. Vol. 212/2. pp. 214-221. [in Ukrainian].
4. Dudin V.Yu., Romanyukha I.O., Kiryatsev L.O., Gavrilychenko O.S., Povod M.G. (2013). Udoskonalennya protsesu proektuvannya svynoferm v suchasnykh umovakh [Improving the process of designing pig farms in modern conditions]. Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University. № 2. pp. 72-75. [in Ukrainian].
5. VNTP-APK-02.05. (1995). Svinarski pidpryyemstva (komplekxy, fermy, mali fermy) [Pig enterprises (complexes, farms, small farms)]. Ministry of Agrarian Policy of Ukrain. [in Ukrainian].
6. Birta G.A., Rybalko V.P. (2008). Vlyyanye pokazateley mykroklymata na produktyvnost svynei pry otkorme [Influence of microclimate indicators on the productivity of pigs during fattening]. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. No. 1.



pp. 88-104. [in Russian].

7. Dolgikh D.L. (2017). Obgruntuvannya konstruktsiyno-tehnolohichnykh parametriv gruntovoho teploobminnyka dlya ventylyatsiyi tvarynnyts'kykh prymishchen': [Substantiation of structural and technological parameters of the soil heat exchanger for ventilation of livestock premises]. *dis. ... Cand. tech. Science: 05.05.11 Glevakha*. 178 p. [in Ukrainian].

8. Vinogradova V.N., Sorokina N.T., Ilyin I.V., Smolinsky E.A. (2009). Metodicheskiye rekomendatsyyi po proektyrovanyyu system otopenyaya y ventylyatsyyi dlya svynovodcheskykh ferm y kompleksov [Methodical recommendations on the design of heating and ventilation systems for pig farms and complexes]. *Depnauchtekhpolitiki of the Ministry of Agriculture of Russia*. 88 p. [in Russian].

9. Aliyev E.B., Gavrilchenko O.S., Klyus A.V. (2019). Obgruntuvannya skladu enerhozberihayuchykh tekhnichnykh zasobiv dlya zabezpechennya mikroklimatu v tvarynnyts'kykh prymishchennyakh [Substantiation of the composition of energy-saving technical means to ensure the microclimate in livestock facilities]. *Modern problems and technologies of the agricultural sector of Ukraine: Coll. scientific works (November 21, 2019)*. Nizhyn. pp. 8-16. [in Ukrainian].

10. Aliyev, E.B., Belous, I.M. (2020). Obgruntuvannya skladu enerhozberihayuchykh tekhnichnykh zasobiv dlya zabezpechennya mikroklimatu v tvarynnyts'kykh prymishchennyakh [Substantiation of the composition of energy-saving technical means to ensure the microclimate in livestock facilities]. *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference "Latest Scientific Achievements - 2020"* (March 15 - 22, 2020). Volume 3. Sofia "White CITY-BG ODD". pp. 36-38. [in Ukrainian].

11. Weather in 243 countries of the world [Electronic resource]: [Website]. Electronic data. Reliable Prognosis LLC, 2004-2020. Access mode: rp5.ua (request date 01.08.2020). Screen title. [in Russian].

12. Pat. 98515Ukraine, IPC (2015.01) F24F 5/00. Tryrubnyy teploutylizator. [Three-pipe heat recovery unit]. V.M. Yaropud, V.M. Pryshlyak, O.S. Kovyazin, E.B. Aliyev; applicant and patent owner Yaropud V.M. № u201413177; declared 08.12.2014; public. 27.04.2015, Bull. №8. [in Ukrainian].

13. Kovyazin O.S., Golub G.A., Aliyev E.B. (2016). Obgruntuvannya formy poperechnoho peretynu gruntovoho teploobminnyka [Substantiation of the cross-sectional shape of the soil heat exchanger]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vol. 254. pp. 105-111. [in Ukrainian].

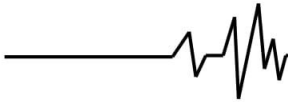
14. Pryshlyak V.M., Yaropud V.M., Kovyazin O.S., Aliyev E.B. (2014). Teoretychni doslidzhennya

pnevmostrat tr'okhrubnoho kontsentrychnoho teplo utylizatora [Theoretical studies of pneumatic losses of three-pipe concentric heat recovery]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vol. 196, part 3. pp. 192-199. [in Ukrainian].

15. Sukhoe y adyabatycheskoe okhlazhdenye. [Dry and adiabatic cooling] [Electronic resource]: [Website]. Electronic data. *Baltimore Aircoil International nv, 2020*. Access mode: <https://www.baltimoreaircoil.eu/en/products/dry-adiabatic-cooling> (request date 01.08. Screen title. [in Russian].

#### ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В СВИНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Одним из факторов, влияющим на эффективность животноводства являются условия содержания животных, в которых обеспечение оптимального микроклимата имеет важное значение. Традиционное обеспечения оптимального микроклимата для животных с целью получения от них высокой производительности связано с большими затратами тепловой и электрической энергии, на что тратится до 15% средств производителей. Поэтому вопросы совершенствования энергосберегающих систем обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях всегда актуальны и требуют научного обоснования. Цель исследований является повышение эффективности обеспечения микроклимата в свинарниках путем обоснования состава энергосберегающей системы для его осуществления. В результате обзора исследований влияния параметров микроклимата на физиологическое состояние свиней установлено, что на их производительность наибольшее влияние оказывает температура и влажность воздуха в помещении для их содержания. Учитывая технологические условия воздуха в животноводческих помещениях (значительная запыленность - до 3,5 мг/м<sup>3</sup>, влажность - 40-70%, наличие высокой концентрации агрессивных компонентов - аммиака 20-30 мг/м<sup>3</sup>, сероводорода - 10-15 мг/м<sup>3</sup>, углекислого газа - 0,2-0,35%) и результаты анализа конструкций теплоутилизаторов, систем нагрева и охлаждения было обнаружено, что по санитарно-гигиеническим и эксплуатационным показателям, высокой энергетической эффективности и низкой стоимости конструкции наиболее подходящими для системы вентиляции являются трубные теплоутилизаторы с дополнительным нагревом и адиабатическим охлаждением. Для обеспечения



микроклимата в животноводческих помещениях разработаны конструктивно-технологическую схему энергосберегающей системы обеспечения микроклимата в свинарниках для различных половозрастных групп животных.

**Ключевые слова:** свиноводческие помещения, микроклимат, энергосберегающие системы, теплоутилизаторы, адиабатическое охлаждение, температура, влажность.

#### JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION OF THE ENERGY SAVING SYSTEM OF MICROCLIMATE SUPPORT IN PIG FARMS

One of the factors influencing the efficiency of animal husbandry is the conditions of keeping animals, in which ensuring an optimal microclimate is important. The traditional provision of an optimal microclimate for animals in order to obtain high productivity from them is associated with high costs of heat and electricity, which costs up to 15% of the producers. Therefore, the issues of improving energy-saving systems to ensure the microclimate in livestock facilities are always relevant and require scientific justification. The purpose of the research is to increase the efficiency of providing the microclimate in piggeries by substantiating the

composition of the energy saving system for its implementation. As a result of a review of studies of the influence of microclimate parameters on the physiological state of pigs, it was found that their productivity is most affected by temperature and humidity in the room for their maintenance. Given the technological conditions of air in livestock premises (significant dust - up to 3,5 mg/m<sup>3</sup>, humidity - 40-70%, the presence of a high concentration of aggressive components - ammonia 20-30 mg/m<sup>3</sup>, hydrogen sulfide - 10-15 mg/m<sup>3</sup>, carbon dioxide gas - 0,2-0,35%) and the results of the analysis of heat recovery structures, heating and cooling systems, it was found that the sanitary and hygienic and operational indicators, high energy efficiency and low cost of construction are the most suitable for ventilation systems with tube heat exchangers with additional heating and adiabatic cooling. To ensure the microclimate in livestock facilities, a constructive-technological scheme of energy-saving system for providing microclimate in piggeries for different sex and age groups of animals has been developed.

**Key words:** pig premises, microclimate, energy saving systems, heat utilizers, adiabatic cooling, temperature, humidity.

#### Відомості про авторів

**Алієв Ельчин Бахтияр огли** – кандидат технічних наук, старший дослідник, доцент кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000, e-mail: [aliev@meta.ua](mailto:aliev@meta.ua)).

**Яропуд Віталій Миколайович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).

**Білоус Ілля Михайлович** - магістрант кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000).

**Алієв Ельчин Бахтияр огли** – кандидат технических наук, старший исследователь, доцент кафедры механизации производственных процессов в животноводстве Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000, e-mail: [aliev@meta.ua](mailto:aliev@meta.ua)).

**Яропуд Віталій Николаевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования сельскохозяйственного производства Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).

**Білоус Ілля Михайлович** - магістрант кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ул. Сергія Єфремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000).

**Aliyev Yelchin** – Candidate of Technical Sciences, senior researcher, associate professor of the departments of mechanization of production processes in animal husbandry of Dnipro State Agrarian and Economic University (St. S.Efremova, 25, Dnipro, Ukraine, 49000, e-mail: [aliev@meta.ua](mailto:aliev@meta.ua)).

**Yaropud Vitaliy** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of machinery and equipment for agricultural production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).

**Bilous Ilya** - undergraduate of the departments of mechanization of production processes in animal husbandry of the Dnipro State Agrarian and Economic University (25 Sergiy Efremov St., Dnipro, Ukraine, 49000).

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

## **Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику**

Виконав: студент групи МГМ-2-19  
**Білоус Ілля Михайлович**

Керівник: д-р техн. наук,  
старш. дослід.

**Алієв Ельчин Бахтияр огли**

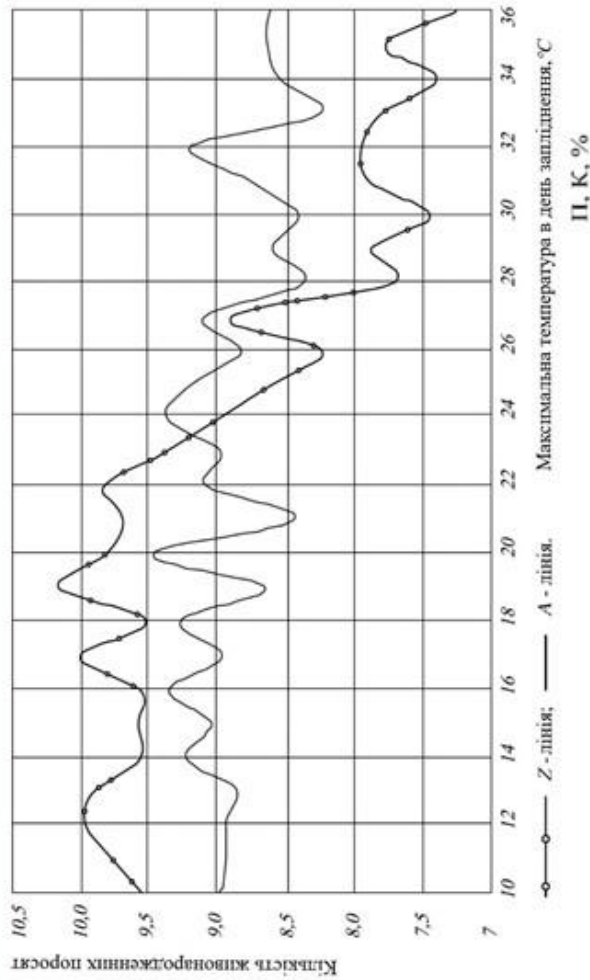
**Дніпро, 2020**

**Мета досліджень** полягає у підвищенні ефективності забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях шляхом застосування автоматизованої системи його керування із обґрунтованими режимними параметрами.

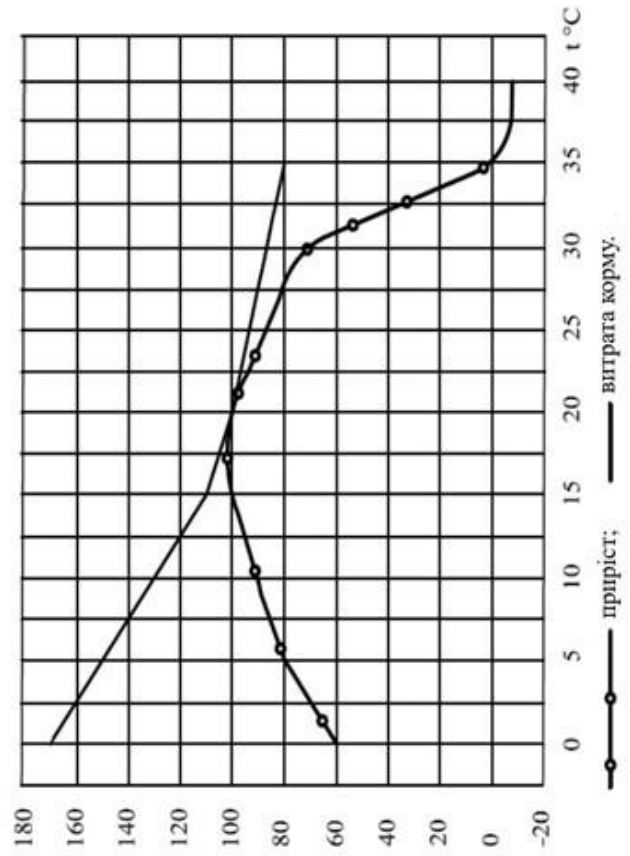
Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Провести аналіз техніко-технологічного забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.
2. Провести дослідження параметрів мікроклімату в свинарнику і визначити напрямки вдосконалення системи для його забезпечення.
3. Розробити фізико-математичну модель процесу функціонування системи забезпечення мікроклімату в свинарнику.
4. Визначити вплив конструктивно-режимних параметрів автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику на його енергетичну ефективність та рівномірність розподілу температури в приміщенні.
5. Визначити техніко-економічну ефективність розробленої системи забезпечення мікроклімату в свинарнику.

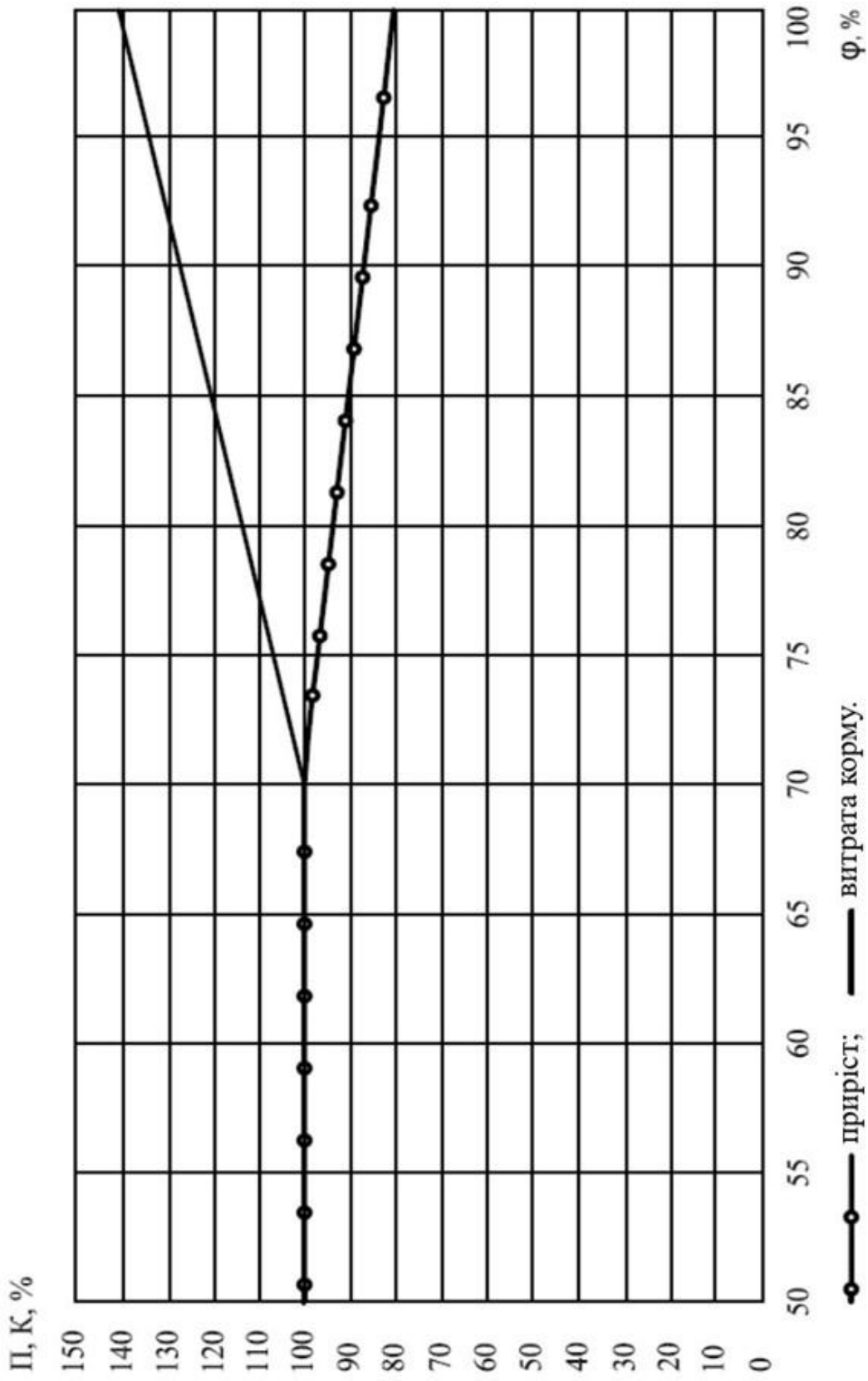
Параметр	Новона- роджені поросята	Поросята до 8 кг	На дорощу- ванні	На відгодівлі	Матки супорос- ні	Матки підсисні
Температура повітря, С						
Максимальна	33	30	20	20	18	22
Мінімальна	30	24	15	12	13	18
Відносна вологість,%						
Максимальна	60	70	70	70	70	70
Мінімальна	55	40	40	40	40	40
Гранична допустима швидкість повітря, м/с						
При мінімальній температурі	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,15
При максимальній температурі	0,4	0,5	0,5	1	1	0,4
Допустимі концентрації газів та пилу в повітрі						
Вуглекислий газ, %	0,2					
Аміак, мг/м <sup>3</sup>	20					
Сірководень, мг/м <sup>3</sup>	10					



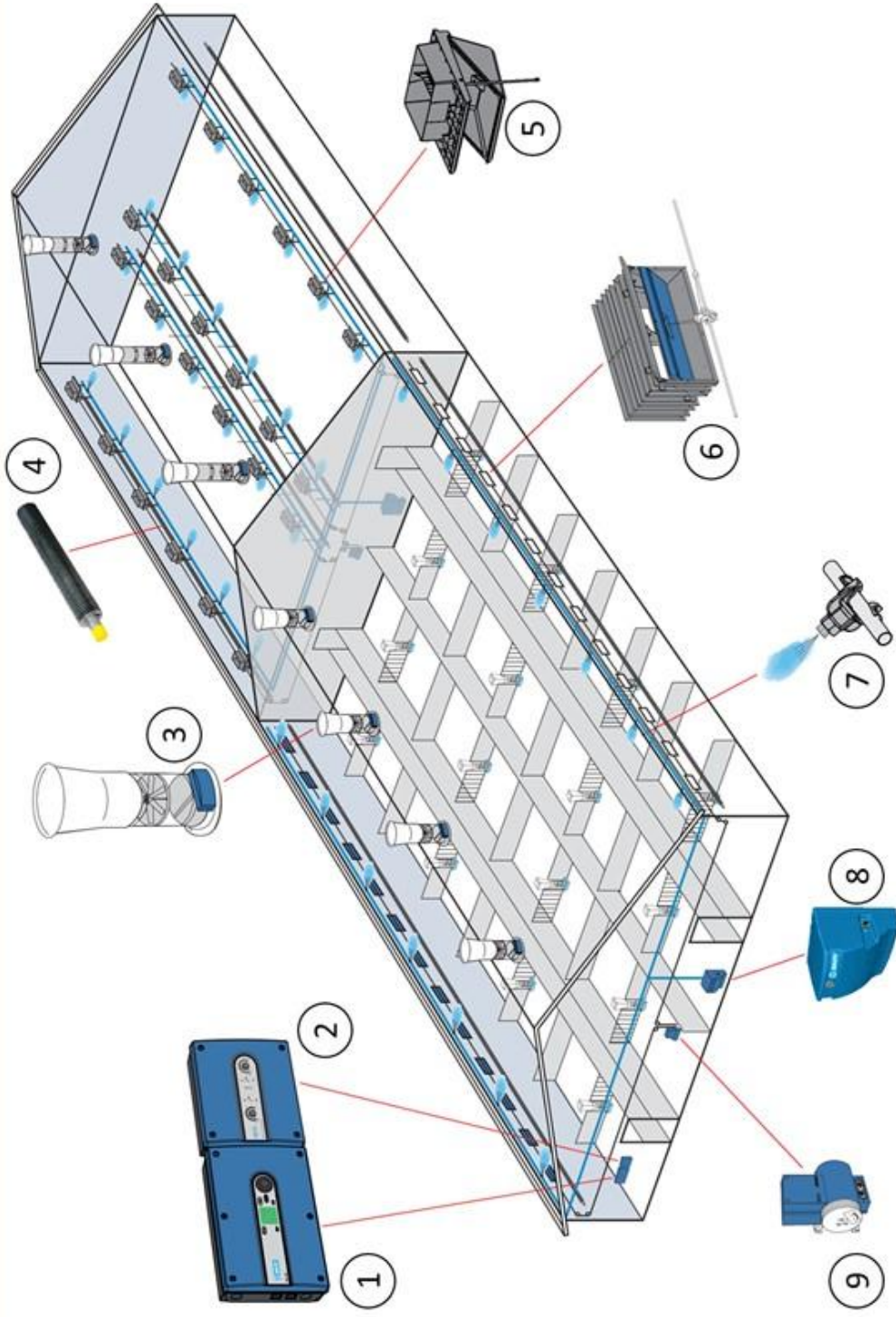
**Вплив температури в приміщенні при заплідненні свиноматок на їх багатоплідність (Ігнаткін І.Ю.)**



**Вплив температури навколишнього повітря на продуктивність свиней на відгодівлі (Ігнаткін І.Ю.)**



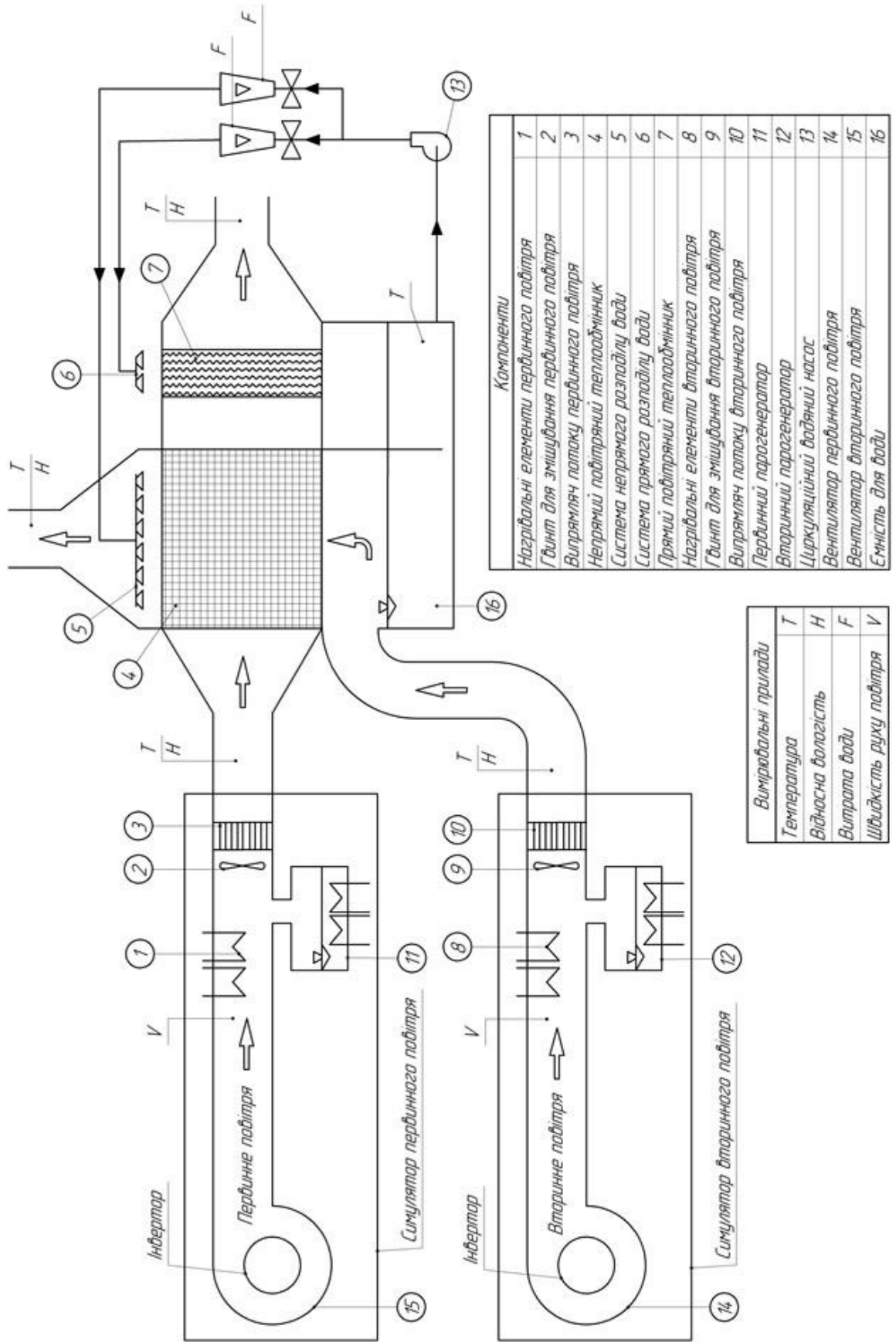
(Ігнапкін І.Ю.)



1 – контролер мікроклімату; 2 – система аварійного відкриття; 3 – витяжна шахта; 4 – труба системи централізованого опалення; 5 – припливний клапан в стелі; 6 – припливний клапан в стіні; 7 – форсунка системи кондиціонування; 8 – насос системи кондиціонування; 9 – сервомотор приводу клапанів

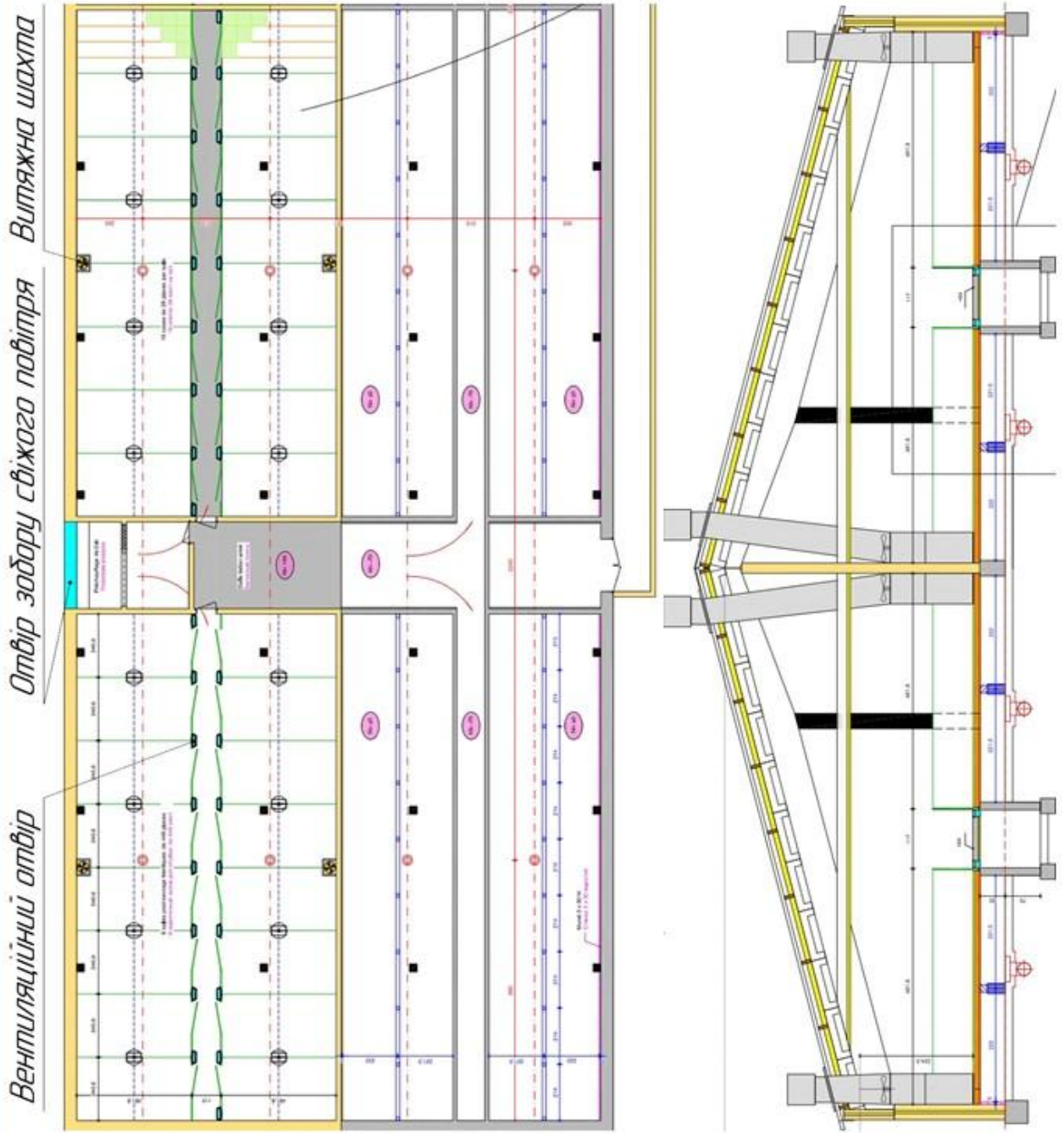
# Принципова схема установки випарного охолоджувача

7



# Проект приміщення для утримання поросят на дорощуванні

8







Термоанемометром  
Venetech GM 8903



Термогірмометр  
Testo 605

Вимірні параметри:

- Температура повітря
- Відносна вологість повітря
- Швидкість руху повітря
  - Аміак
  - Сірководень
  - Вуглекислий газ

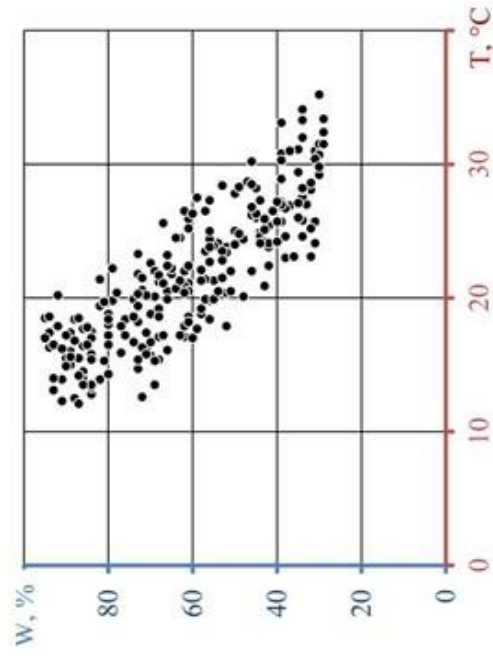
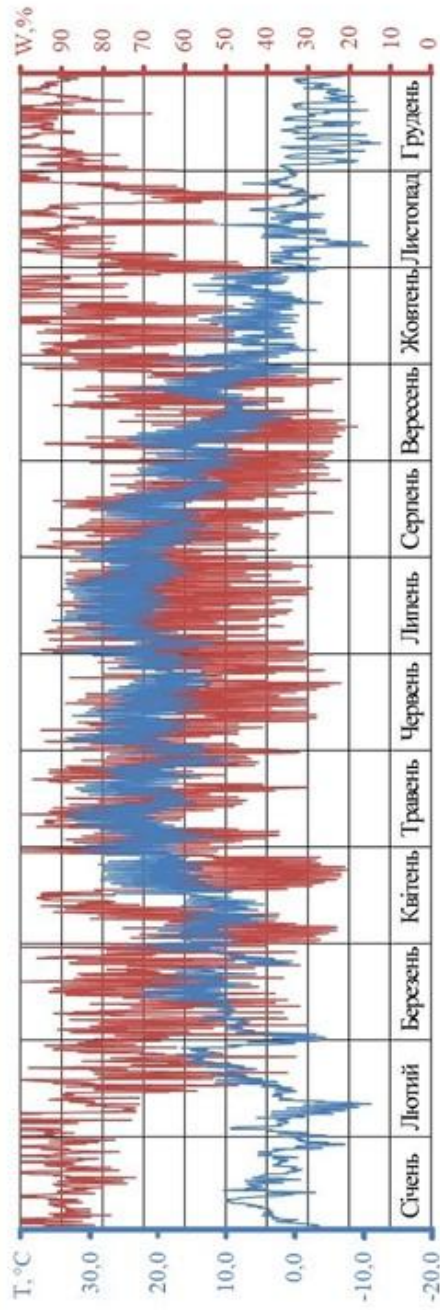
Місця вимірювання  
параметрів:

- Висота 30 см
- Висота 70 см
- Висота 160 см
- Щільна підлога
- Суцільна підлога
- Шкіра тварини

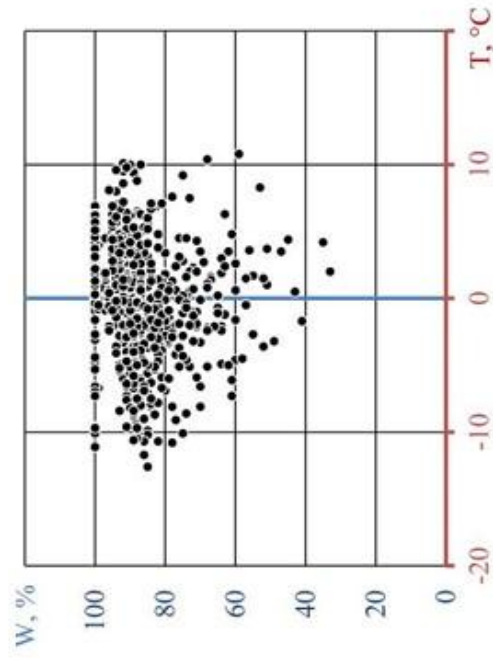


Газоаналізатор-сигналізатор «ДОЗОР-С-М»

## Динаміка температури повітря і вологості навколишнього середовища 11

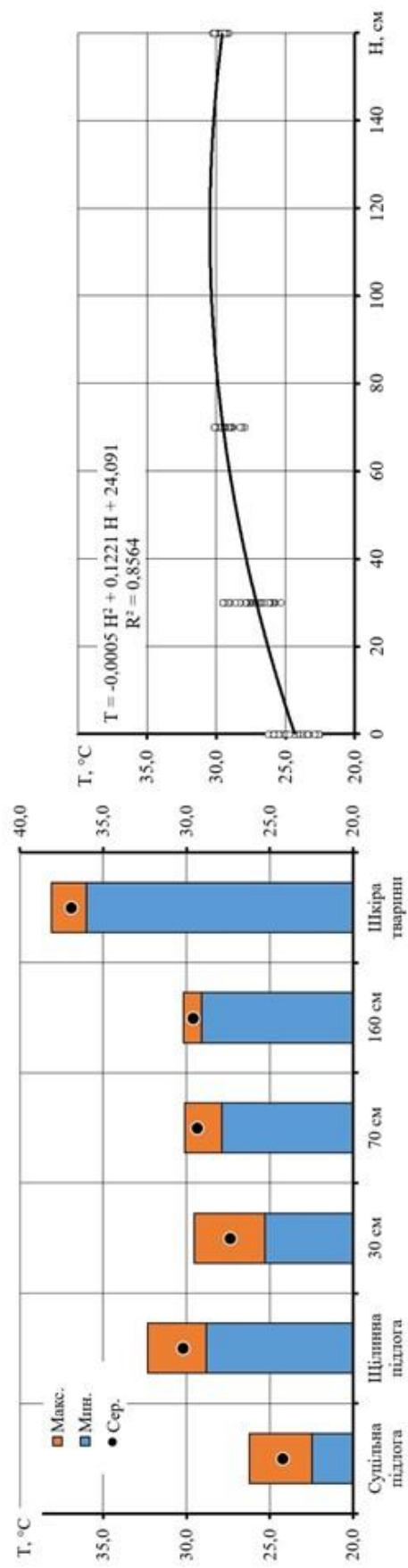
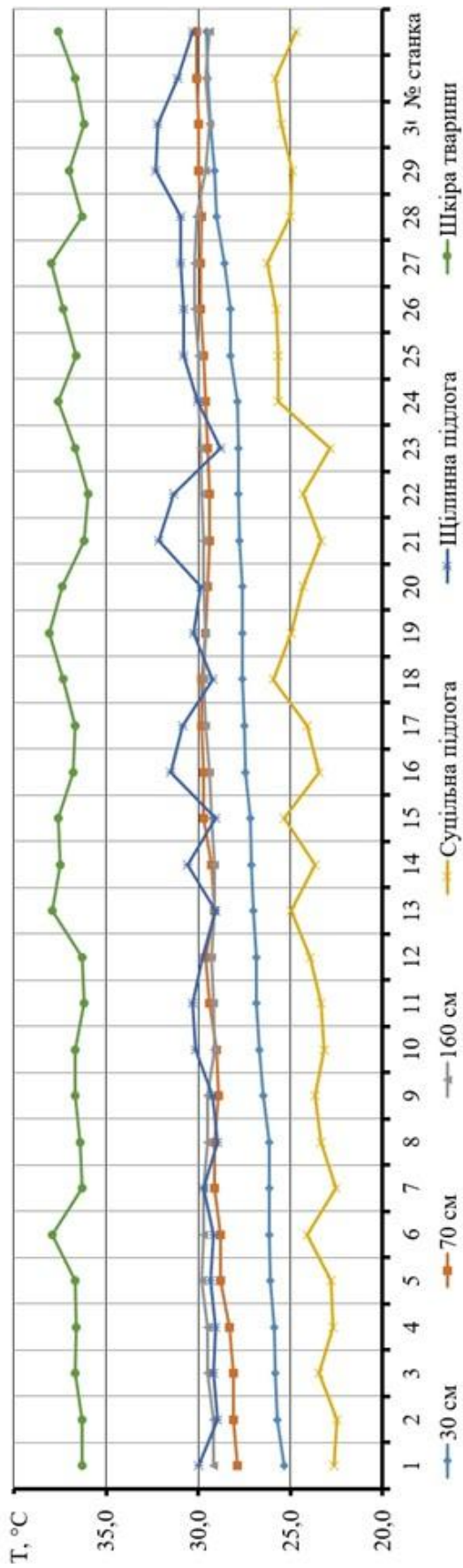


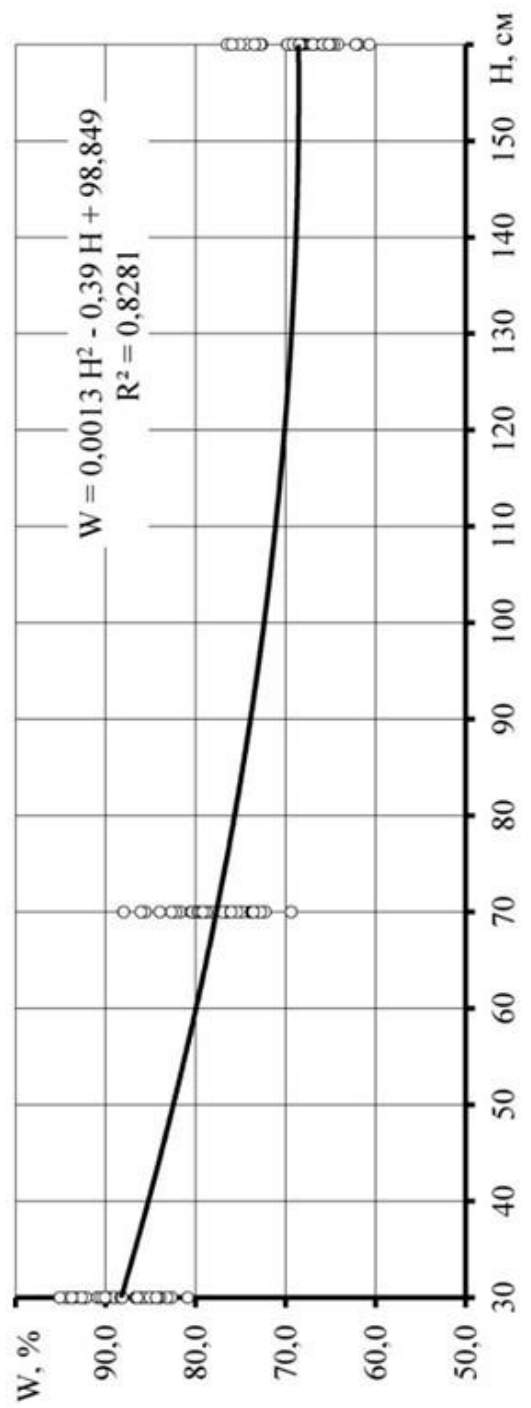
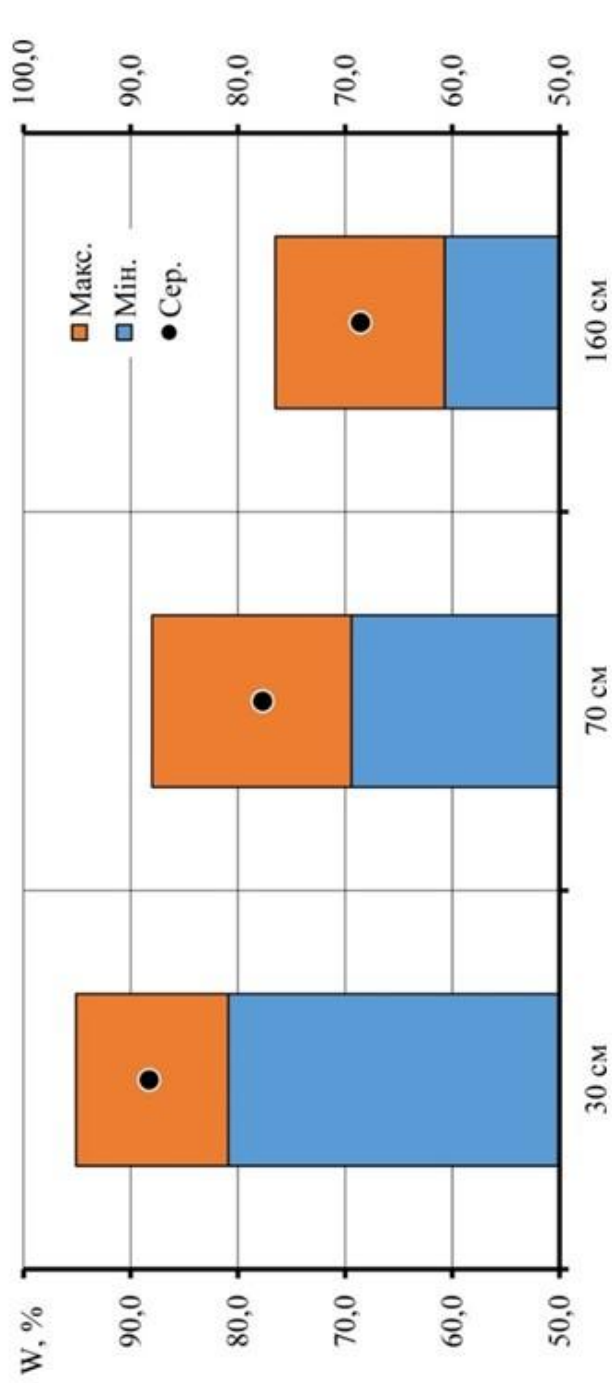
літній період

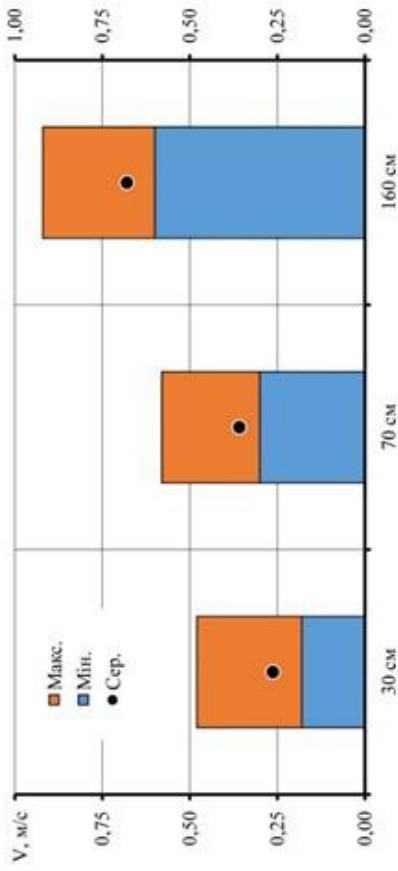


зимовий період

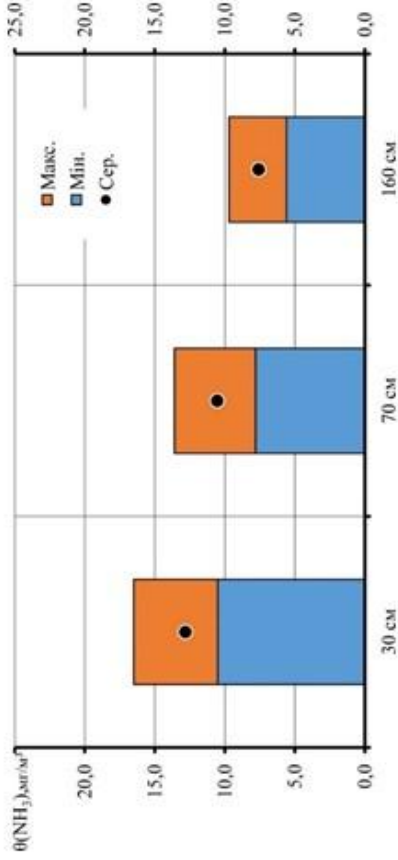
Залежності між температурою повітря і вологістю навколишнього середовища



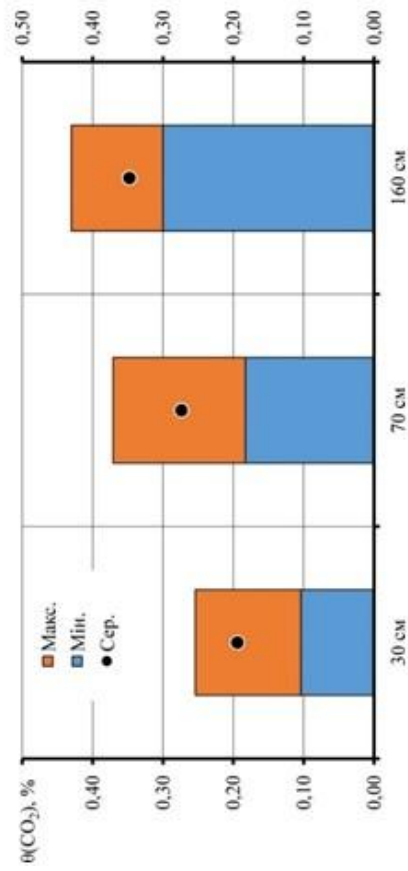




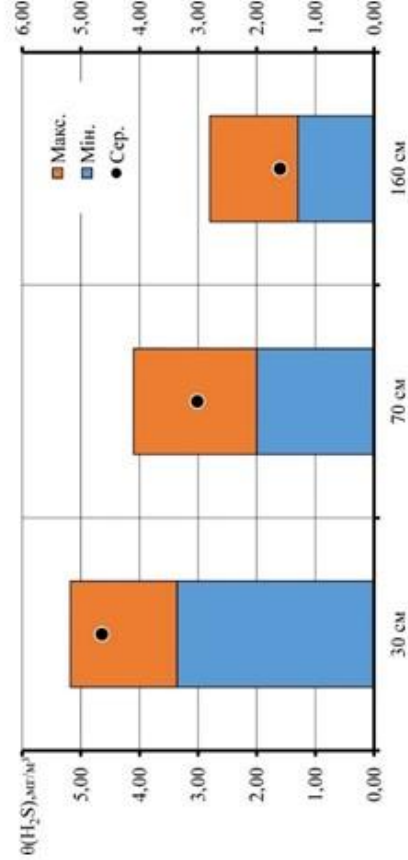
Гістограма залежності швидкості повітря від висоти



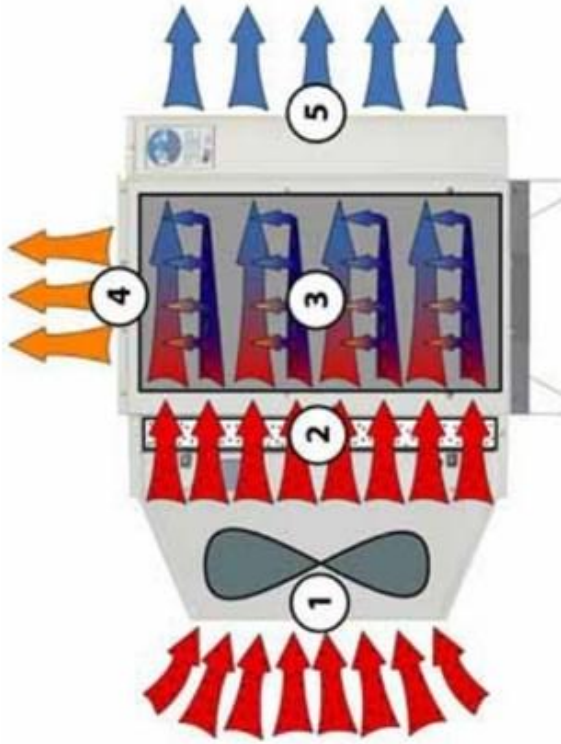
Гістограма залежності частки аміаку в повітрі від висоти



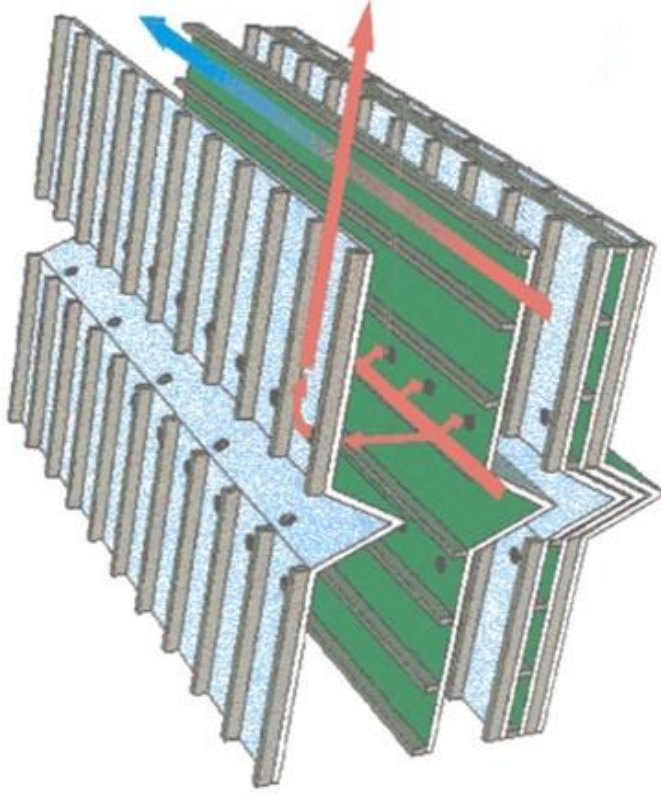
Гістограма залежності частки вуглекислого газу в повітрі від висоти



Гістограма залежності частки сірководню в повітрі від висоти

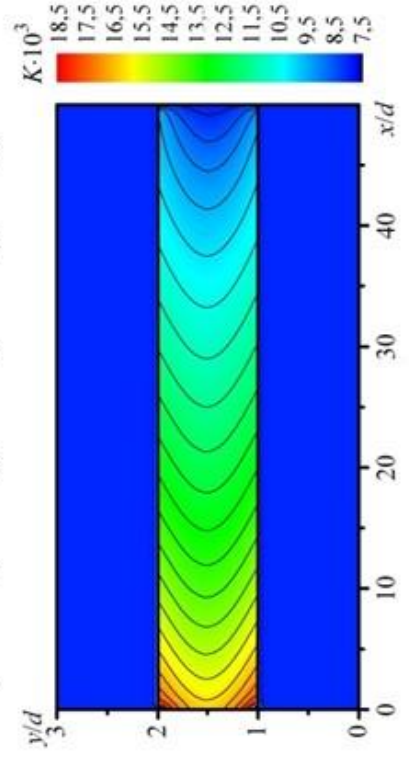
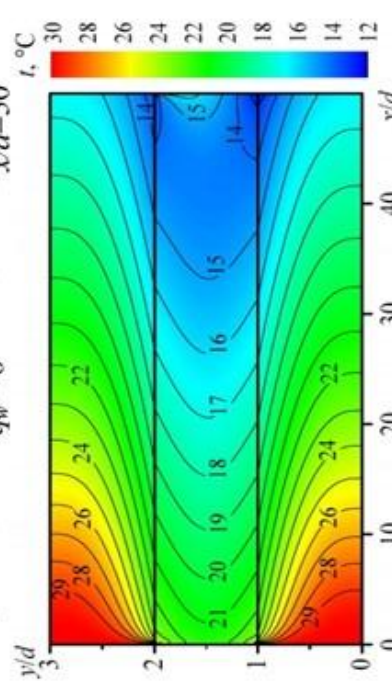
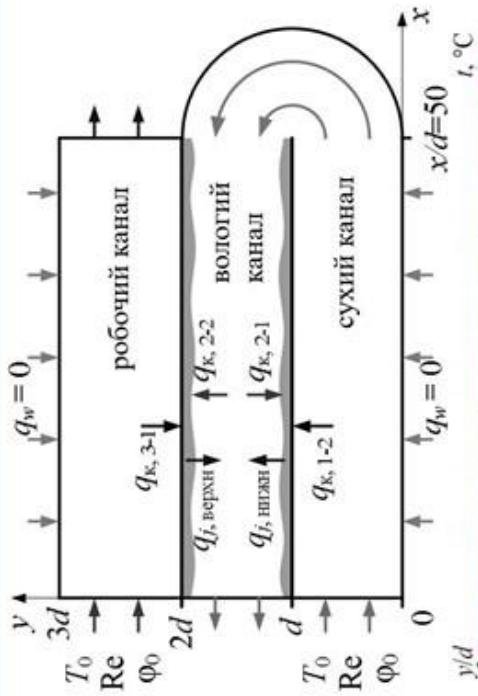
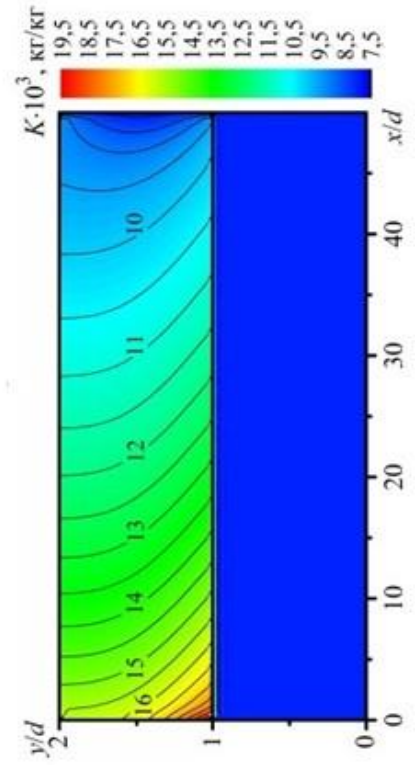
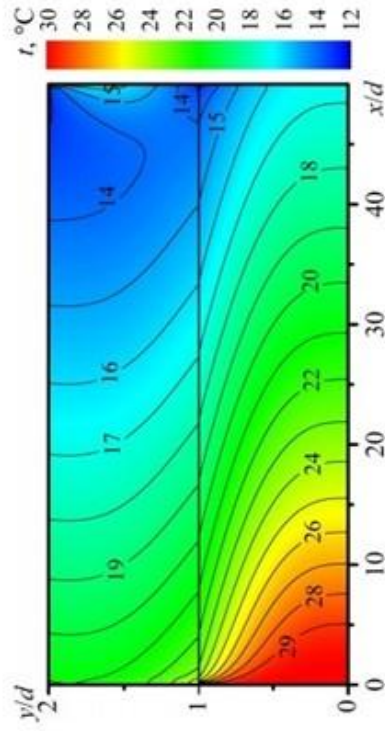
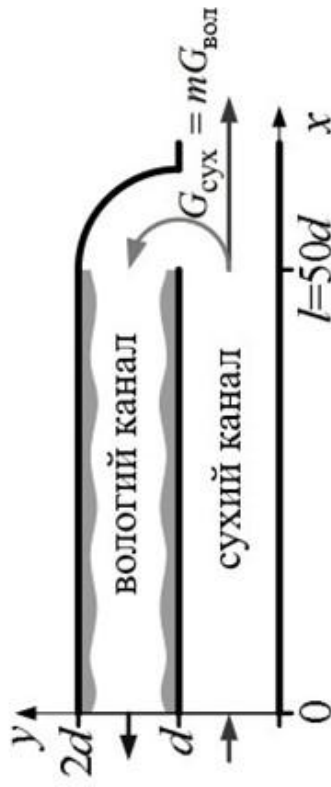


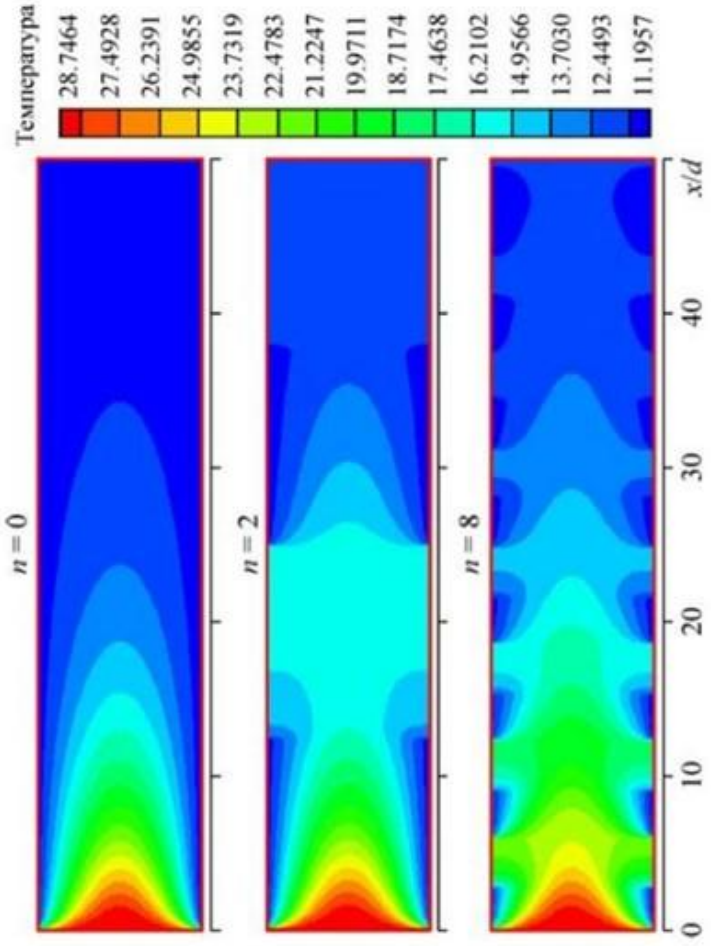
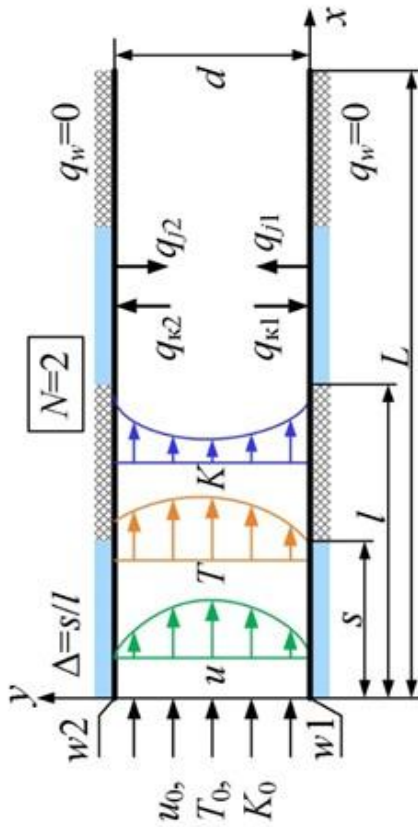
1. **Свіже повітря** - навколишнє повітря на вході в кондиціонер
2. **Секція фільтра** - очищення повітря в 50 мм тонкому фільтрі
3. **Heat and Mass Exchange (HMX)** - очищене повітря надходить в теплообмінник HMX
4. **Робоче повітря та вода** - половина повітря, що надходить в теплообмінник насичується водою та повертається в атмосферу забіраючи із собою тепло від кондиціонованого повітря
5. **Кондиціоноване повітря** - інша половина повітря, що надходить в теплообмінник, охолоджується без додавання вологості. Це кондиціоноване повітря спрямовується в приміщення



Тепломасообмінник

Стандартний тепломасообмінний апарат Майсоценко (core) - основа кондиціонера М-циклу

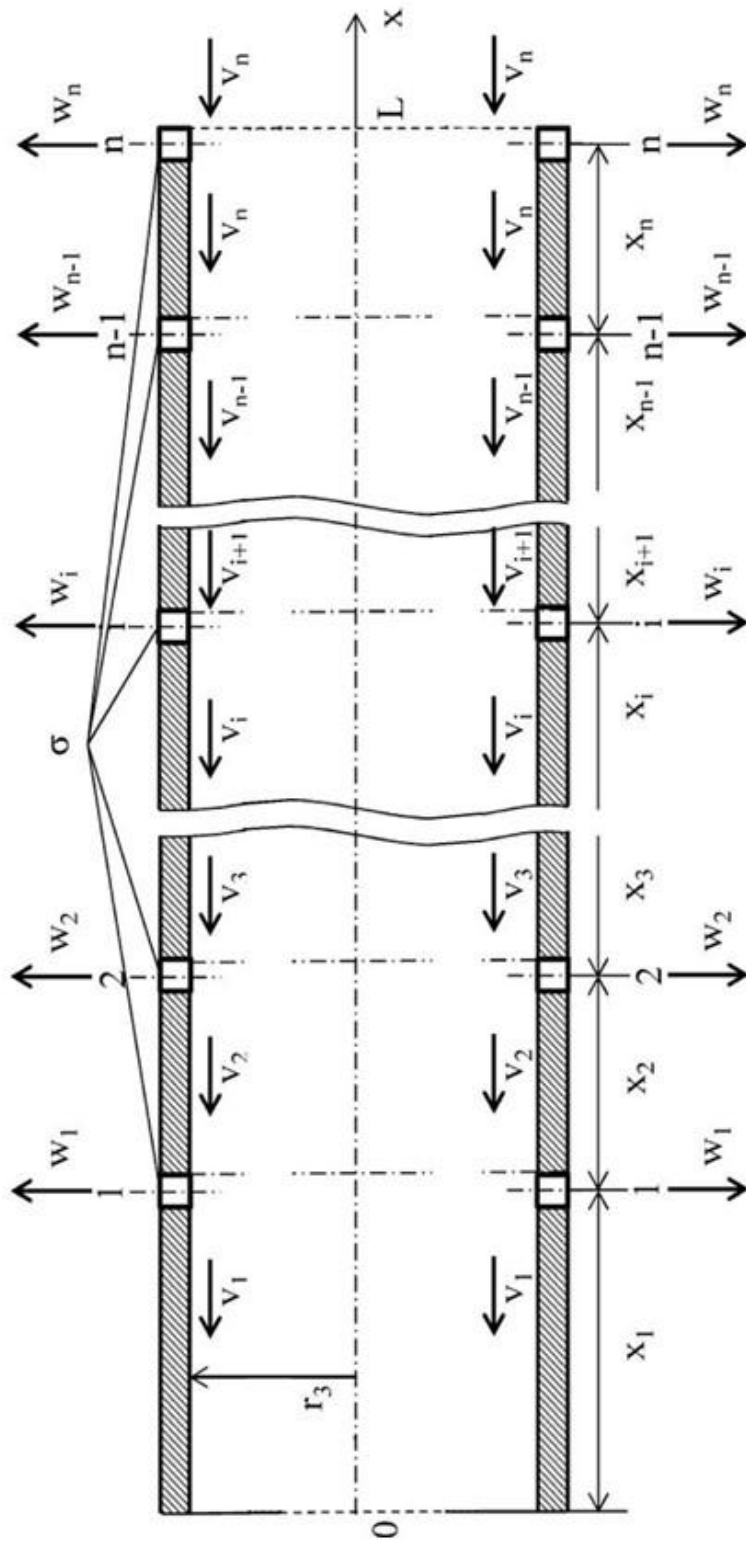




Для каналу з повністю змоченими стінками ( $p = 0$ ) при даному режимі течії основні зміни температур спостерігаються найчастіше у вхідних перетинах. У більшій частині каналу температура близька до параметрів насичення, і для здійснення процесів тепломасопереносу ця область є баластної.

Відбувається різке зростання потоку маси на початку кожної вологої ділянки, в результаті чого інтегральні значення пара який випарувався не сильно відрізняються від випадку повністю вологої стінки. Також збільшення числа сухих зон призводить до збільшення параметрів теплової та вологової ефективності.

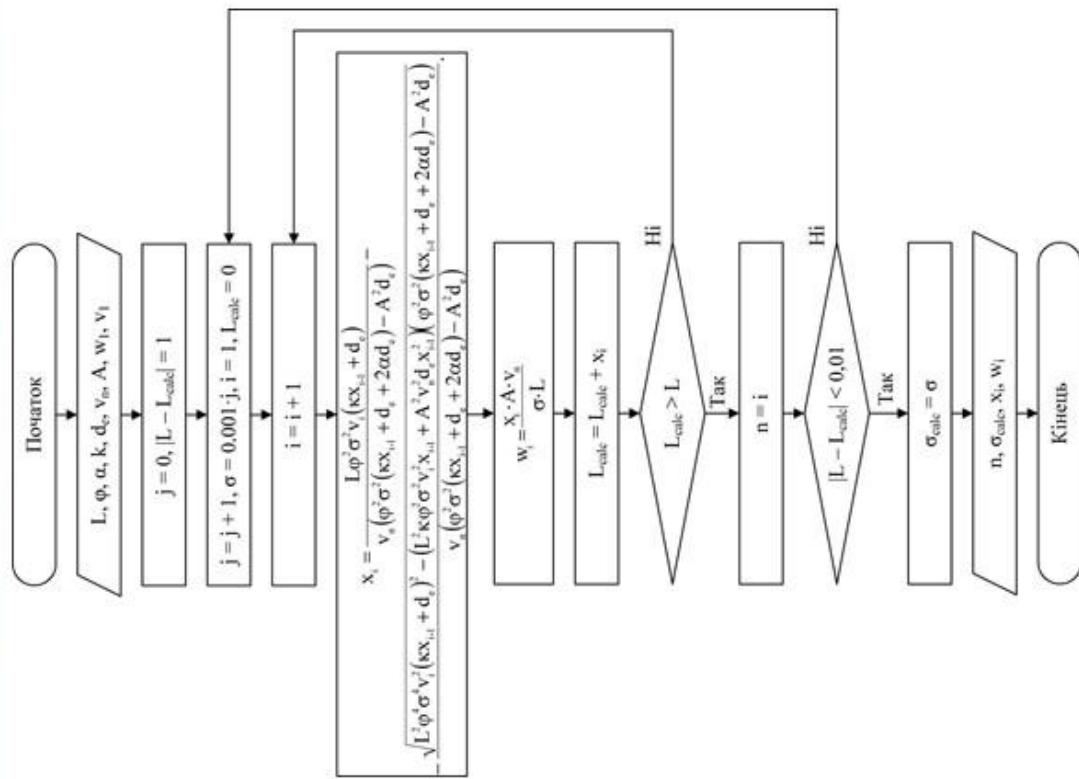
**Розрахункова схема для визначення геометрії розташування отворів у повітроводі системи забезпечення мікроклімату**



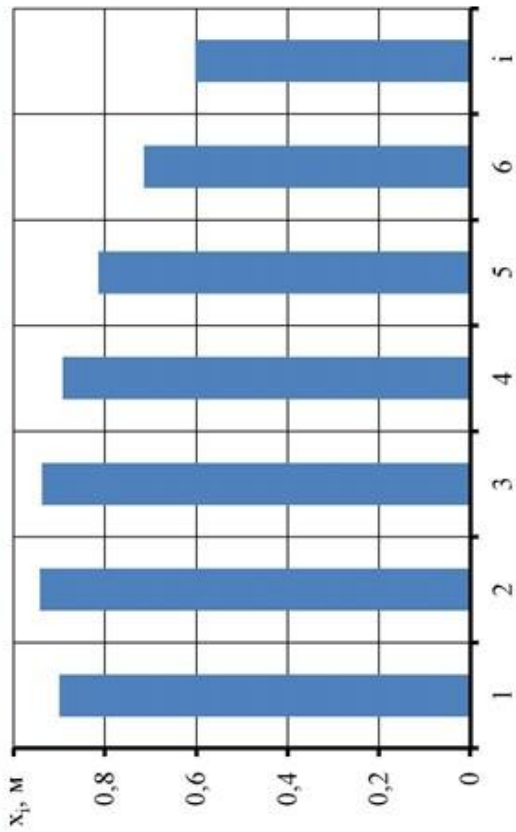
$$x_i = \frac{L \varphi^2 \sigma^2 v_i (\kappa x_{i-1} + d_e)}{v_n (\varphi^2 \sigma^2 (\kappa x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) - A^2 d_e)} - \frac{\sqrt{L^2 \varphi^4 \sigma^4 v_i^2 (\kappa x_{i-1} + d_e)^2 - (L^2 \kappa \varphi^2 \sigma^2 v_i^2 x_{i-1} + A^2 v_n^2 d_e x_{i-1}^2) (\varphi^2 \sigma^2 (\kappa x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) - A^2 d_e)}}{v_n (\varphi^2 \sigma^2 (\kappa x_{i-1} + d_e + 2\alpha d_e) - A^2 d_e)}$$

$x_i$  – відстань між  $i$ -им і  $(i-1)$ -им отворами, м

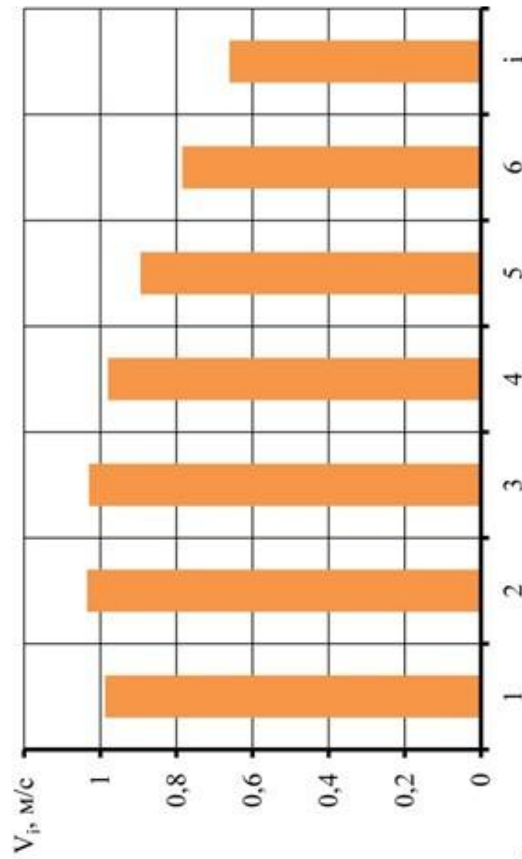
## Алгоритм розрахунку геометрії розташування отворів у повітропроводі. 19 Розподіл відстані між отворами



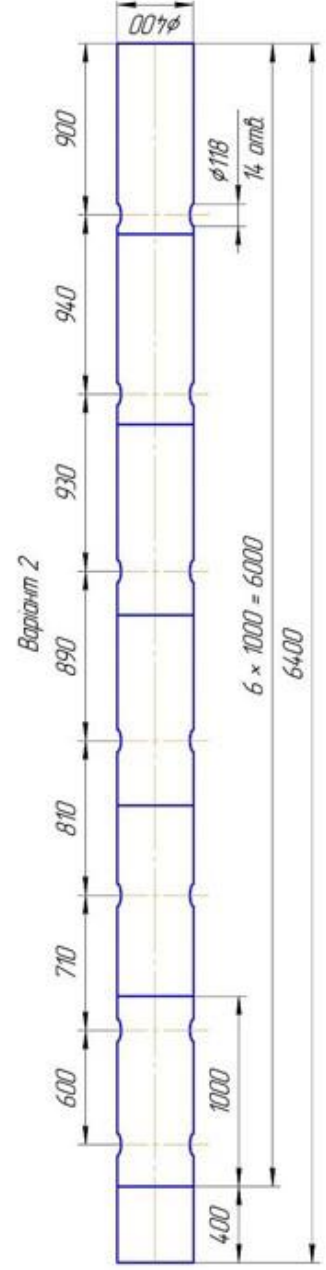
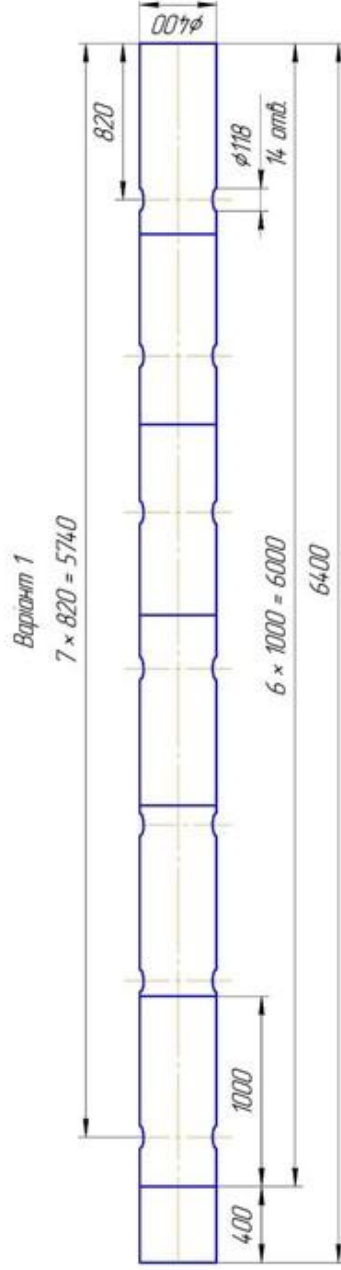
$L = 5,8 \text{ м}; \varphi = 0,65; \alpha = 0,4; \kappa = 0,01717 \text{ м}; r_2 = 0,14 \text{ м}; r_3 = 0,2 \text{ м}; V_0 = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}; X_1 = 0,9 \text{ м}; v_1 = 0 \text{ м}/\text{с}$



Розподіл відстані між отворами



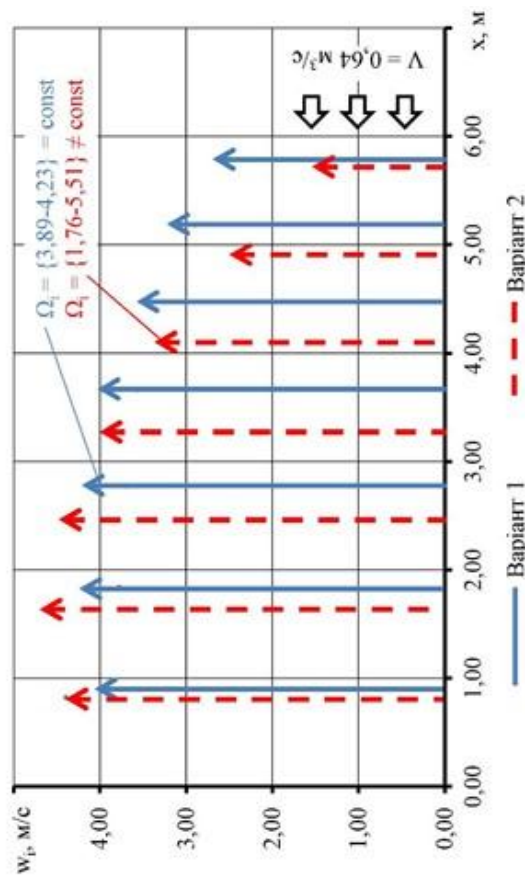
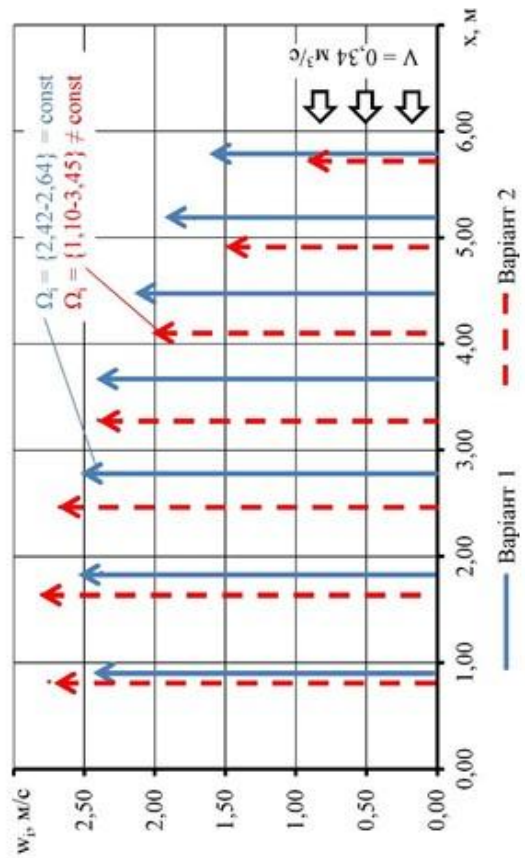
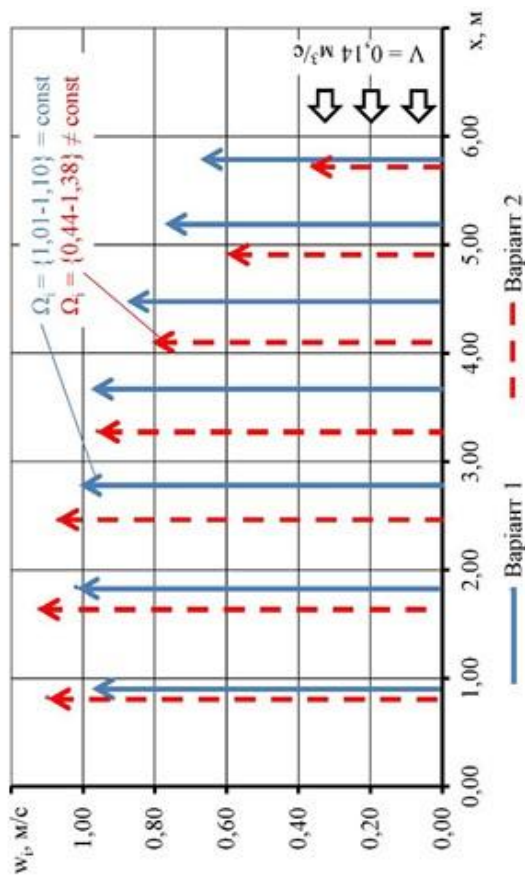
Розподіл швидкостей повітря крізь отвори

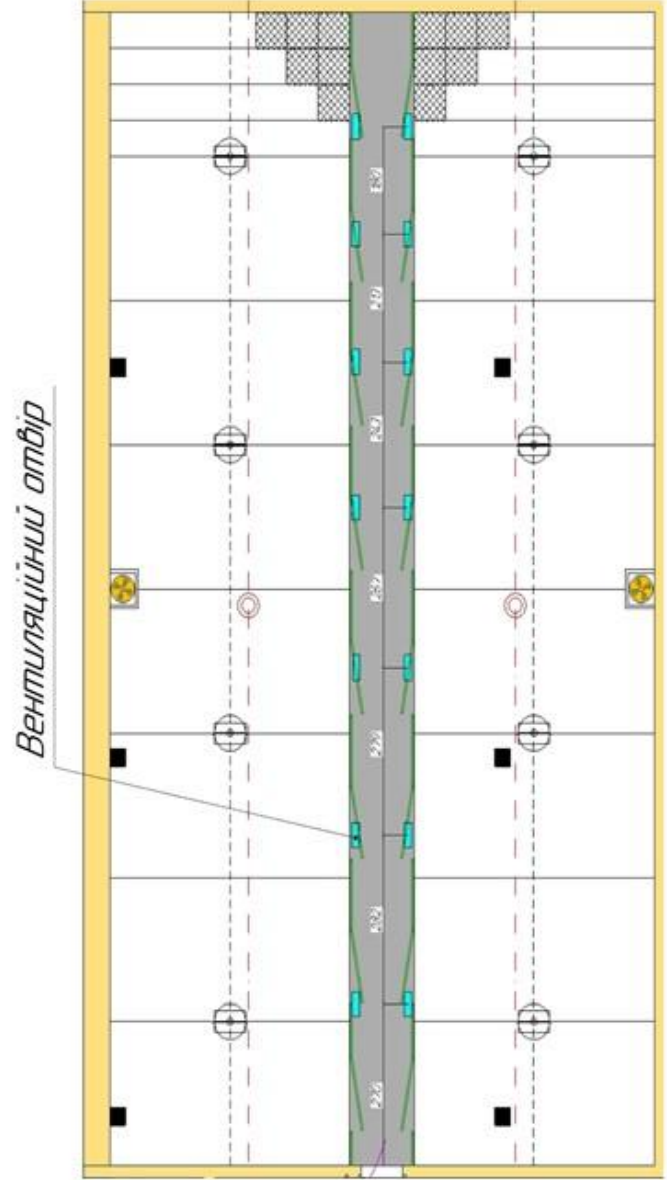
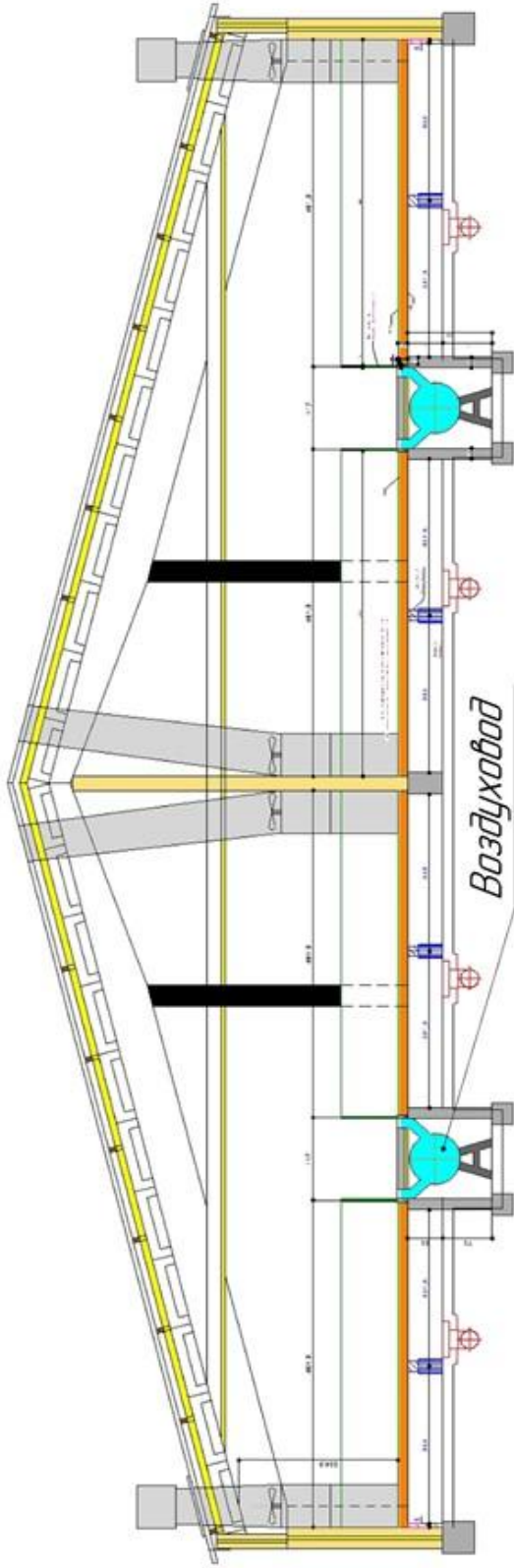


$\Omega$  – об’ємні витрати повітря крізь отвори повітропроводу на одиницю його довжини

$$\Omega = \frac{\sigma \cdot w_i}{X_i} = \frac{V}{L}$$

Необхідні об’ємні витрати повітря на початку повітропроводу  $V$  варіювалися в межах від  $0,14 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $0,64 \text{ м}^3/\text{с}$  із кроком  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ .





Показник	Нова машина	Базова
Продуктивність машини по повітрю, м <sup>3</sup> / год	25000	25000
Річне завантаження машини, год	2880	2880
Річний обсяг напрацювання машиною, кВт год	43488	47520
Вартість продукції, отриманої в разі використання машини, грн	2536396,80	2384212,99
Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн	152183,81	-
Витрати коштів на електроенергію, грн	73929,60	80784
Витрати коштів на водопостачання та водовідведення, грн	-	4890,24
Витрати на капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування, грн	17645,88	14930,64
Витрати на амортизацію машини, грн	5881,96	4976,88
Інвестиційні вкладення, грн	176458,80	149306,40
Прямі експлуатаційні витрати, грн	97457,44	105581,76
Сукупні витрати, грн	273916,24	254888,16
Річний прибуток від експлуатації нової машини, грн	160308,12	-
Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину, років	1,1	-
Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції, грн	133155,72	-

1. Мікроклімат впливає як на здоров'я свиней, так і на їх прирости і відтворювальні функції. Його порушення призводить до зниження рівня здоров'я свиней, їх чисельності та, відповідно, до зниження рентабельності господарств. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання. В результаті аналізу встановлено, що найпопулярніша на сьогоднішній день система створення мікроклімату на основі системи вентиляції від'ємного тиску. Через те, що вона є більш простою у використанні і споживає менше енергії, ніж будь-яка інша система примусової вентиляції.
2. За результатами обстеження приміщення для утримання поросят на дорощуванні фермерського господарства ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» встановлено, що за наявною системою мікроклімату в приміщенні для утримання поросят на дорощуванні більшість показників (швидкість повітря, вміст аміаку, вуглекислого газу, сірководню, кисню) в межах норми. Температура повітря в приміщенні не відповідає рекомендованим межам і доходить до 30 °С, тоді як максимальна рекомендована температура для поросят на відгодівлі 20 °С. При цьому температура повітря є нерівномірною по довжині приміщення, що спричинено не рівномірною подачею повітря з отворів вентиляції. Можна стверджувати про необхідність удосконалення системи охолодження повітря і перепланування повітропроводів системи вентиляції для забезпечення рівномірного потоку повітря.

3. Проведено чисельне дослідження ламінарної течії і сполученого тепломасообміну в трьохканальному тепломасообмінному апараті побічно-випарного типу. Розрахунки проведені при фіксованих геометричних розмірах каналів ( $L = 50d$ ,  $d = 6$  мм) і варіюванні температури на вході  $t_0 = 20\text{--}40$  °C і числа Рейнольдса  $Re = 50\text{--}1000$ . Вивчено характер зміни локальних і інтегральних характеристик тепло- і масообміну в процесі випарного охолодження газу в каналах. Отриманий ефект охолодження в каналах побічно-випарного типу може бути досить високим в порівнянні з традиційними схемами кондиціонування повітря. Тепломасообмінний апарат розглянутої схеми течії теплоносіїв має високу економічність, низьку питому вартість, невеликі експлуатаційні витрати, конструктивну простоту.
4. В результаті теоретичних досліджень розроблено методику і реалізовано на основі неї алгоритм визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників. Встановлено, що відстань між отворами поступово зменшується до певного значення в напрямку протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці повітропроводу спостерігається незначне зменшення відстані, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглушеним кінцем.

5. В результаті експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі системи забезпечення мікроклімату для свинарників встановлено, що варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, тому що він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині повітропроводу.
6. Проведено аналіз наявності шкідливих і небезпечних чинників в приміщенні для утримання свиней та їх впливу на робітників. Приведені заходи з охорони праці по забезпеченню безпеки працівників в приміщенні для утримання свиней та дії у разі настання надзвичайної ситуації.
7. В результаті техніко-економічної оцінки використання нового обладнання для чотирьох секцій в яких утримується 1792 поросят дозволяє отримати за час своєї роботи за рік економічний ефект у розмірі 133155,72 грн за рахунок зменшення витрат на електроенергію та відсутність витрат води, а також за рахунок кращого охолодження повітря в результаті чого буде збільшений приріст живої ваги. Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину складає 1,1 рік.