

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра інжинірингу технічних систем

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломного проекту  
освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»  
на тему:

**Удосконалення технологічного процесу створення мікроклімату  
на свинофермі з розробкою системи рекуперації теплоти  
відпрацьованого повітря**

**Виконав:** студент 4 курсу, групи М-2-20  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Литвиненко Ярослав Андрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Дудін Володимир Юрійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Кулик Євгеній Петрович

Дніпро 2024

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

Кафедра інжинірингу технічних систем  
Освітній ступінь: «Бакалавр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Литвиненко Ярослав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу створення мікроклімату на свинофермі з розробкою системи рекуперації теплоти відпрацьованого повітря

керівник проєкту Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від  
«06» травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом проєкту 07.06.24 р.

Вихідні дані до проєкту: Характеристика підприємства, перспективний план розвитку. Огляд сучасних технологій та засобів створення мікроклімату на фермах по вирощуванню свиней

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Удосконалення технологічного процесу мікроклімату 3. Розробка рекуператора теплоти. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна ефективність розробки . Висновки та пропозиції. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема (A1). 2. Вид загальний (A1). Складальне креслення (A1). 3. Основа (A4). 4. Кутник (A4). 5. Фланець (A4) 6. Ступиця (A4). 7. Труба (A4). 8. Упор (A4).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 06.05.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2024 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2024 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2024 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2024 р.	
5	Економічний	до 22.05.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2024 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Литвиненко Я.А. .  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Дудін В.Ю. .  
(підпис) (прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Литвиненко Я.А. Удосконалення технологічного процесу створення мікроклімату на свинофермі з розробкою системи рекуперації теплоти відпрацьованого повітря/ Цей дипломний проєкт розроблений для здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

В розділі під номером один мною було приведено актуальну інформацію по підприємству та введені на ній системи створення мікроклімату. В другому розділі мною було розглянуто актуальні варіанти удосконалення мікроклімату на фермі свинарства на даний час, розглянуто варіанти удосконалення системи вентиляції та введення системи кондиціювання, виявлено великі затрати на опалення . Третій розділ присвячений розгляду та розробці системи рекуперації тепла для зменшення витрат на опалення та оптимізації системи створення мікроклімату у свинарнику. У розділі чотири розглянуто охорону праці при обслуговуванні та цустановці рекуператорів та система пожежної безпеки. П'ятий розділ присвячений економічним розрахункам, а саме доцільності та часу окупності системи рекуперації теплоти. Були винесені висновки та складено список використаної бібліографії.

Ключові слова: мікроклімат, теплообмінник, рекуператор, вентиляція, припливні клапани, скруббер

**ЗМІСТ**

Вступ	8
1 Аналіз стану питання	11
1.1 Загальні дані	11
1.2 Технологія підприємства	12
1.3 Висновки	16
2 Удосконалення технологічного процесу мікроклімату	17
2.1 Вплив параметрів мікроклімату на стан поголів'я	17
2.2 Аналіз існуючих рішень створення мікроклімату на свинарських підприємствах	19
2.2.1 Ситуація на підприємстві	19
2.2.2 Існуючі технічні рішення	21
2.3 Обґрунтування напрямків удосконалення технічного процесу	26
2.4 Обґрунтування напрямків удосконалення технічного процесу	29
2.5 Висновки	36
3 Розробка рекуператора теплоти	37
3.1 Актуальність питання	37
3.2 Аналіз існуючих конструкцій	38
3.3 Розробка варіанту удосконалення	42
3.4 Розрахунок варіанту удосконалення	44
3.5 Висновки	50
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	51
4.1 Загальні правила безпеки при роботі з рекуператорами тепло	51
4.2 Вимоги охорони праці при роботі з рекуператором тепла	52
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	53

4.4	Висновки	54 <sup>7</sup>
5	Економічна ефективність розробки	55
5.1	Вихідні дані	56
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	57
5.3	Висновки	58
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	59
	БІБЛІОГРАФІЯ	61
	ДОДАТКИ	64

## ВСТУП

В Україні, така галузь як вирощування свинини посідає найперше місце серед, тваринницьких підприємств. Вона характеризується сучасними підходами, які найкраще показують свої досягнення в таких напрямках як: динамікою розвитку, оволодіння енерго-економічними навичками, збільшенням продуктивності та продуктивності самих тварин.

В наш час свинарство йде по шляху свого розвитку, ми можемо бачити все більші об'єми продукції та відкриття нових ферм. Вирощування свинини досить кропіткий та відповідальний процес, який в собі має досить багато фундаментальних та іноваційних параметрів, яких треба дотримуватись та вводити в цю галузь

Один з таких відповідальних та фундаментальних параметрів. Є створення мікроклімату, саме цей чинник найбільше може повпливати на продуктивність та здоров'я тварин. Мікроклімат в основі своїй це сукупність параметрів, які в кінцевому свині. Створюють ідеальні умови для зростання, розвинення та розмноження свиней. В мікроклімат входять такі параметри, як: температурний режим, хімічний склад приміщення, вологість у приміщенні, концентрація пилевого середовища та кількість пилу, вміст мікроорганізмів у приміщенні, а також одним із головних серед цих параметрів є рухомість повітря, тобто справність і правильне розташування вентиляції. Причому всі ці фактори взаємопов'язані, і не один з них не може бути виключений. Всі вони в своїй взаємодії формують правильний обмін речовин, найкращий теплообмін та газообмін, фізико-хімічні властивості крові тварин, їх температуру тіла.

Для свиней один з найважливіших параметрів, доброго самопочуття є стала температура тіла, як показали спостереження зниження температури тіла призводить до збільшення кормового раціону, для підвищення температури тіла тварини, та також призводять до зменшення продуктивності, що в свою чергу призводить до застуд особливо у молодняка.

Як що ж температура навпаки підвищена, це теж має негативні наслідки, таким наслідком є гірше засвоєння кормів тваринами, це призводить до



зменшення продуктивності у свиней а саме зменшується репродуктивна функція самців і самок. Щоб не допустити такого у тваринницькому приміщенні потрібно дотримуватись оптимальних параметрів температури, вологості, кількості мікроорганізмів, повітрезмінності та правильного розташування обладнання.

Оптимальними температурними параметрами є такі показники:

- для свиноматок - 16 - 20°C;
- для кнурів, супоросних і холостих свиноматок - 18°C.
- для поросят в перший тиждень - 30 - 28 °C з подальшим зниженням через щотижня на 2 °C;
- для свиней на відгодівлі - 14 - 20 °C.

Найгіршою порою року, для свиней є зима, саме в цей час у тварин, різко може знизитись імунітет, знизитись природний захист, виникнути простудні хвороби.

З самих негативних наслідків. Я хочу виділити найбільшу небезпеку для ембріонів поросят, та новонароджених, параметри які я опишу далі найгірші, через саме недотримання мікроклімату, та порушення його параметрів. Самі негативні наслідки, які можуть бути, у тварин це: затримка розвитку у ембріонів свиней, народжуваність тварин із заниженою живою масою тварини також прослідковуються такі наслідки як зниження збереженості та проблеми енергії росту відлучених поросят.

Комфортні умови та їх створення – найголовніший параметр, який треба створити для тварин. Чим більше свині витрачають енергії на подолання несприятливих для себе та свого розвитку умов, тим менший приріст живої маси, тим більші затрати на утримання тварин, і тим менший заробіток при реалізації тваринної продукції. Також слід додати, що терморегуляція у свиней розвинена гірше ніж, у інших тварин. Оптимальними параметрами середовища для свиней, є те при яких вони не витрачають велику кількість енергії для підтримання внутрішньої температури тіла.

Також важливим параметром крім температури є рівень вологості у приміщенні. Оптимальними параметрами вологості вважаються ті які не

перетинають відмітку у 70-75% вологості. Циркуляція повітря, ще один важливий параметр мікроклімату про який не слід забувати. Саме правильна вентиляційна система яка забезпечує найкращу циркуляцію повітря, надає можливість охолодження або зігрівання повітря, а й допомагає в очищенні приміщення від шкідливих домішок.

# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

## 1.1 Загальні дані

Саме виробництво розташувалось у декількох областях, таких як Дніпропетровська, Василевська, Новомосковська та Магдалинівська область, головний же офіс розташувався у селі Степове (рис.1.1), саме в ньому знаходиться ферма з закінченим циклом виробництва, яка розглядається в даному дипломному проєкті.



Рисунок 1.1 ПП «Сігма» ферма з закінченим циклом виробництва

Підприємство «Сігма» являє собою досить велике по міркам України, свинарське підприємство, яке зосереджене, на вирощуванні м'ясних порід свиней, займаються комерціалізацією тварин за живою вагою та вирощуванням племінних породистих свинок, для подальшого продажу. Також одним із напрямків роботи підприємства є розробка та вдосконалення сучасних ферм по вирощуванню свиней, оптимізація процесів.

На даний момент підприємство «Сігма», можна охарактеризувати, як одного із провідних та найкращих лідерів аграрного сектору в Україні. Вони вирізняються своєю продукцією та її якістю, не тільки у Дніпропетровській області, а і вважаються на лідерських позиціях по всій Україні. Компанія ставить перед собою задачі ставати дедалі кращою, для цього вони ввели вже дуже багато передових інновацій в генетичних та утримувальних областях свинарства, що дуже добре вплинуло на продуктивність підприємства. Вони мають велику клієнтську базу м'ясопереробних заводів по всій Україні, які обирають продукцію компанії за її якість, яку вона надає, а саме малий вміст жиру в відношенні до м'ясних характеристик.

Саме виробництво розташувалось у декількох областях, таких як Дніпропетровська, Василевська, Новомосковська та Магдалинівська область, головний же офіс розташувався у селі Степове, саме в ньому розташувався комплекс дорощування та репродуктор. Підприємство займається активною реконструкцією, та введенням новітніх технологій з модернізацією обладнання, за світовими стандартами ведення свинарського агробізнесу. У найближчі роки компанія створила планомірну схему по модернізації застарілих ферм з введенням в роботу новітнього обладнання, будівництво нових свиноферм за новітніми технологічними стандартами світового рівня, та дотриманням їх вимог, також в півні «Сігма» входить збільшення об'ємів продукції до числа близького 55 000 голів, зробити це вони планують за рахунок розширення та оптимізації матеріальної бази, в планах вони також бачать розширення та розвинення своєї роздрібної мережі «Крамниця М'ясна».

## **1.2 Технологія підприємства**

Щоб керувати успішним агробізнесом у напрямку свинарства у сучасних умовах, потрібне створення новітнього підходу до таких підприємств, які йдуть у ногу з часом та інтегрують передові технології інтенсивного свинарства, являють з собою енергоефективне та мінімальне впливання на навколишнє середовище. У впровадженні таких систем використовуються санітарні,

технологічні та ветеринарні стандарти України та країн Європи, сюди включенні стандарти добробуту для тварин.

На підприємстві використовується круглорічна трьохфазна система вирощування свиней, яка складається з таких технологічних процесів, як підсос, дорощування відгодівля, і так по кругу з постійно організованою роботою, яка базується на утриманні свиней за критеріями ствттї та віку, з введеним диференційованим наданням харчування та утриманням.

Для дотримання рівня здоров'я стада та легкого переміщення свиней між секторами, була введена система зонування виробничих секторів за принципом «усе зайнято - усе порожньо».

Годування тварин відбувається хза системою вільного доступу до корму, при використанні кормових автоматів з функцією зволоження, або також використовуються бункерні годівниці з сухими кормосумішами. Для тварин в зоні репродуктора використовується дозована кількість харчування з об'ємним дозатором.

Кормороздавача система має склад з зовнішнього бункера, який використовується як оперативний запас корму, стаціонарного кормороздавача, який може буди ланцюгово-шайбовим, або спіральним та годівниць. Мають автоматизовану вентиляцію та опалення для створення мікроклімату у приміщеннях.

Вентиляція реалізована за системою від'ємного тиску, для дорощування ж може використовуватись також припливно-витяжна система.

Щілинні підлоги для боксів опоросу (рис.1.2)

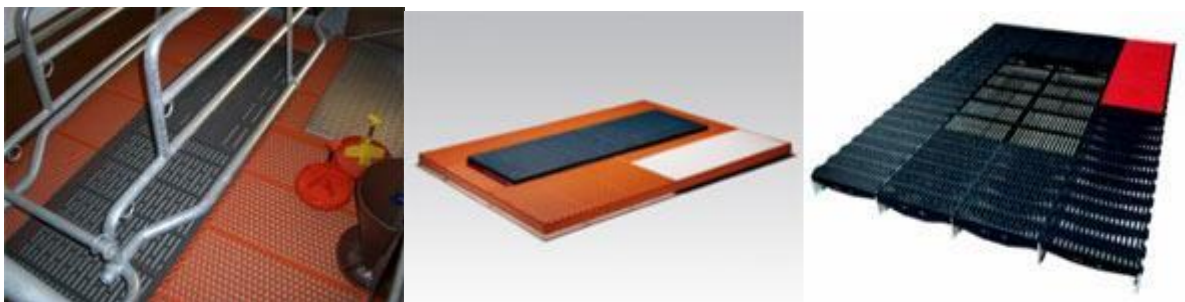


Рисунок 1.2 - технічне рішення в боксах для опоросу

Останнім часом, на базі накопиченого практичного досвіду більша перевага надається варіантам боксів опоросу з прямим розташуванням фіксуєчого станка для свиноматки.

За приблизно однакових середньостатистичних втрат від притискання свиноматкою, діагональне розташування клітки приносить незручність в очищенні дальньої зони, а подекуди проблеми більш серйозні: доведено

значно більший відсоток ушкоджень сосків свиноматки (за прямої постановки ...%, а за діагональної - до ...%!!!). Соски свиноматки зазвичай провалюються в щілини підлоги і під час вставання значно краще й безпечніше виходять прямо зі щілин, ніж за «косого зусилля». Прагнення уникнути такої проблеми - одна з основних причин того, що під свиноматку воліють класти чавунні або бетонні елементи з меншою площею щілин, а не стандартні пластикові щілинні елементи.

Отже, «ідеальний бокс опоросу» має площу близько ... м<sup>2</sup>, обладнаний суцільною щілинною підлогою з чавунними вставками під свиноматкою, має захисну клітку з оцинкованої труби, гніздо, що підігрівається, площею ...- ... м<sup>2</sup>, поїлки для свиноматки та поросят.

Міцні панелі з ПВХ (полівінілхлориду) набули сьогодні широкого поширення не тільки в житловому будівництві, їх дуже часто застосовують усередині сучасних свинокомплексів.(рис 1.3)

Характерною особливістю панелей ПВХ для свинокомплексів є наявність на бічній частині панелі спеціальних виступів, які роблять можливим дуже міцне з'єднання панелей по довжині. З'єднання за допомогою такого «замка» робить



Рисунок 1.3 - Міцні панелі з ПВХ (полівінілхлориду)

з'єднання дуже щільним, без щілин, що також дуже важливо для гігієни та епідеміологічної безпеки свиного комплексу в процесі експлуатації.

перегородки для боксів опоросу (рис. 1.4), перегородки в секціях дорощування поросят, перегородки під час групового утримання свиней у відділеннях відгодівлі.



Рисунок 1.4 - перегородки для боксов опоросу

Обладнання для миття та дезінфекції (рис.1.5)

Швидке та якісне прибирання та дезінфекція приміщень є невід'ємною складовою всіх сучасних промислових технологій утримання тварин.

Від цього залежить здоров'я тварин, цим ставиться заслін поширенню захворювань, і зрештою без професійного підходу до прибирання та дезінфекції приміщень стабільних результатів досягти неможливо.

Техніка для дезінфекції повинна мати такі характеристики:

- надійний плунжерний насос із колінчастим валом із керамічними поршнями;
- оптимальне співвідношення тиску і кількості води для якісного прибирання на свиного комплексах, тиск і продуктивність насоса мають бути спеціально підібрані для швидкого видалення сухих і твердих забруднень, а не подрібнювати і розбризкувати бруд по стінах і стелі;
- можливість прямого застосування агресивних дезінфікуючих засобів;
- несучий каркас мийних машин і деталі виготовлені з нержавіючої сталі, для протистояння швидкій корозії.



Рисунок 1.5 - Обладнання для миття та дезінфекції

Сьогоднішні високопродуктивні гібриди свиней значно відрізняються від своїх диких і домашніх предків.

### **1.3 Висновки**

У цьому розділі нами було розглянуто підприємство «Сігма» його розташування стандарти якості і принцип роботи. У наступному пункті ми розглянули технології утримання тварин, а саме годувальну систему, систему утримання, систему миття та дезінфекції та систему мікроклімату з вентиляцією.



## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

### 2.1 Вплив параметрів мікроклімату на стан поголів'я

Мікроклімат – це хімічні, фізичні і біологічні параметри в приміщенні де утримуються тварини, і від якого залежить їх стан здоров'я, максимальна продуктивність, приріст живої маси та інші важливі життєві показники.

Основні параметри, які визначають мікроклімат в приміщеннях для утримання худоби:

- Температурний режим, утримання тепла, та його виведення
- Стан вологості, її основні зони і місця збільшеного та зменшеного осередку
- Повітряні потоки, їх зони, та охоплення приміщення, швидкість, розміщення гнойових, припливних та витяжних каналів
- Склад та вміст газів у приміщенні, основні гази такі як аміак, сірководень, окис вуглецю та вуглекислий газ
- Оптичне випромінювання, освітленість
- Іонізація повітря та рівень шуму

Якщо встановлені параметри по мікроклімату не будуть дотримуватись, це може призвести до втрати маси тварини, втрати продуктивності та погіршення стану здоров'я, по деяким спостереженням недодержання стабільності мікроклімату приводить до зниження приросту маси тіла тварина на 20-33%.

Також недодержання стабільності мікроклімату приводить до захворюваності не тільки тварин, а й персоналу який взаємодіє і працює в приміщенні з тваринами. Це не обходить і поганий вплив на саме приміщення та його агрегатуру та її передчасні поломки.

Нижче наведемо таблицю 2.1 з нормативними параметрами мікроклімату у приміщенні для утримання тварин

Таблиця 2.1 - Нормативні параметри мікроклімату у приміщенні для тварин

Тварини	Температура			Відносна вологість (%)			Максимальна швидкість руху повітря	
	Мін.	Опт.	Макс.	Мін.	Опт.	Макс.	Зима	Літо
Кнури	15	18	22	60	70	80	0,2	0,5
Свиноматки поросні та непоросні	12	17	22	60	70	80	0,2	0,5
Підсисні свиноматки	17	20	25	60	70	80	0,2	0,5
Поросята підсисні	22	25-30	30	50	60	70	0,1	0,15
Поросята на дорощуванні	18	20-25	30	50	60	70	0,2	0,4
Відгодівля								
30-50 кг	17	20	24	60	70	80	0,2	0,5
60-90 кг	15	18	22	60	70	80	0,2	0,5
< 90 кг	12	17	22	60	70	80	0,2	0,5

На мікроклімат можуть повпливати такі фактори як, підвищення температури через теплоту яку виділяють тіла тварин, їх послід.

Основними факторами, щоб створити оптимальний мікроклімат є системи відгодівлі та видалення гною, температура в приміщенні та за його межами, термічний опір приміщення, кількість груп тварин у приміщенні.

Різкі відхилення мікроклімату від норми можуть призвести до захворюваності у тварин, особливо в небезпеці молодняк. Дотримання норми в мікрокліматі вкрай важливі, навіть незначні відхилення можуть призвести до неприємних, а інколи і не обернених жахливих наслідків.

Основне формування мікроклімату в приміщенні відбувається за рахунок системи, опалення, кондиціонування та вентиляції. Вони не дають замерзнути тваринам взимку, перегрітися влітку, і насичують приміщення свіжим повітрям виводячи гази та випари. Через систему вентиляції повітря також очищується від пилу та бруду.

Вибір системи мікроклімату обирається виходячи з кубатури приміщення, кількості вікових пар, розділення приміщення на секції та кратності повітрообміну приміщення та секцій.

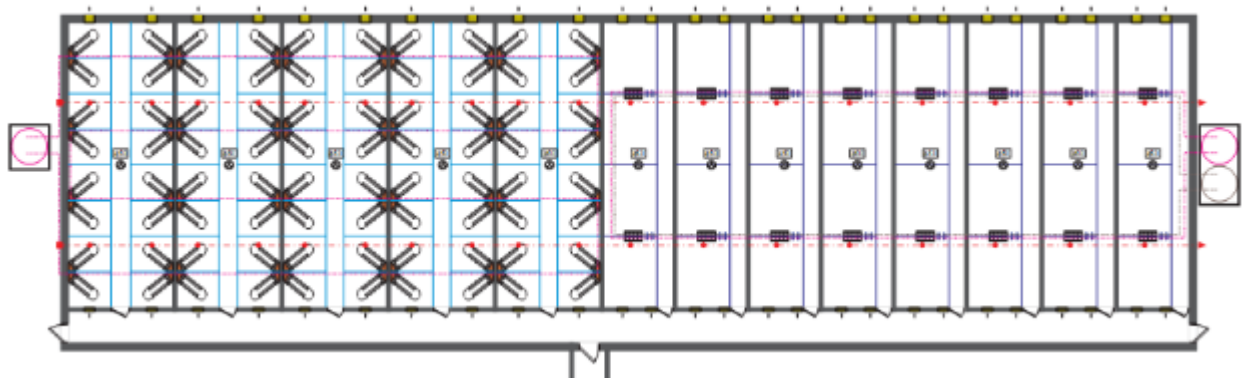
## **2.2 Аналіз існуючих рішень створення мікроклімату на свинарських підприємствах**

### **2.2.1 Ситуація на підприємстві**

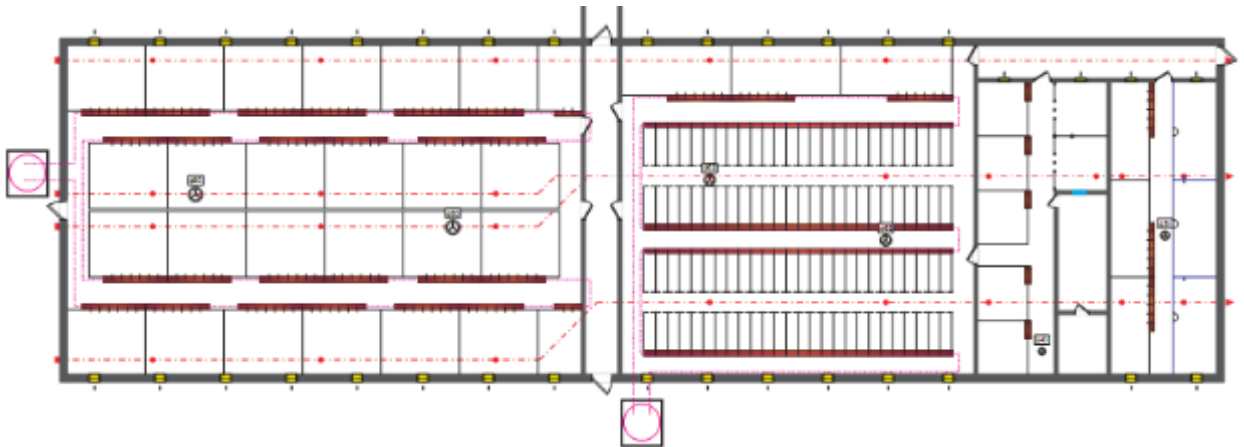
Свинарське підприємство “Сігма”, складається з декількох будівель, Розберемо декілька з них а) будівля де проводиться опорос та дорощування, б) розбита на дві частини, в першій поросні в другій половині кнури та свиноматки, в) Відгодівельне приміщення таких на території 2. Нижче приведені їх плановий вид. (рис.2.1)

Використовується система вентиляції від’ємного тиску з використанням централізованого опалення. За допомогою котельні та генераторів тепла, по теплопроводам йде тепло у кожен окрему секцію. Технологічні групи можна побачити в таблиці 2.2

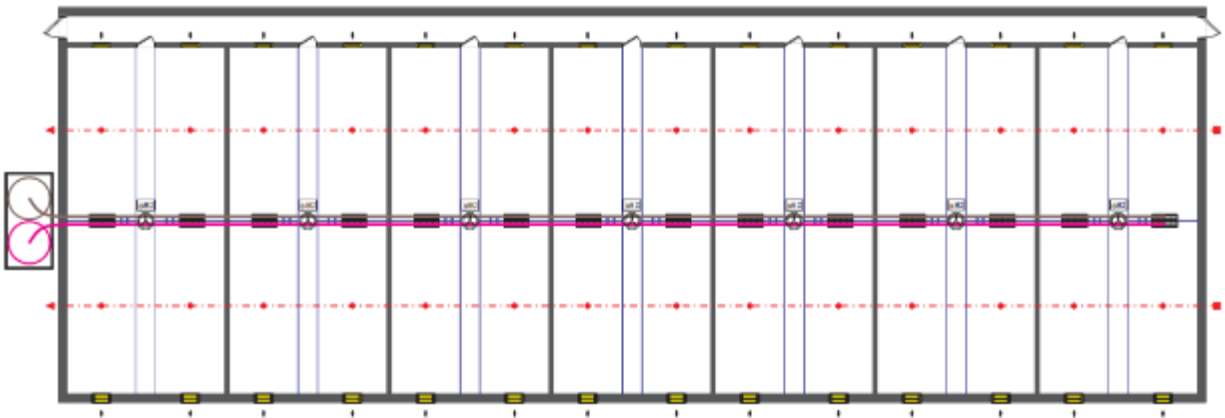
Провівши дослідження на підприємстві виявили допустимий вміст шкідливих газів у повітрі, а саме вуглекислий газ – 0,1%; аміак – 15,4 мг/м<sup>3</sup>; сірководень – 7,8 мг/м<sup>3</sup>. Кількість пилу у приміщенні не перевищувала 3,9 мг/м<sup>3</sup>. Також провівши дослідження дізнались швидкість повітря у свинарнику, а саме 0,17 м/с, що не перевищує норму і не викликає протяги.



а



б



в

Рисунок 2.1 - Приміщення ферми, в яких буде розміщено: а – поросні (2 половина) та підсисні свиноматки; б – холості, поросні (1 половина) свиноматки, кнури, ПШО та порослята на дорощуванні; в – відгодівельне поголів'я (2 однотипових приміщення).

Таблиця 2.2 - технологічні групи з кількістю в кожній з них та загальна кількість свиней

Група	Розмір технологічної групи, голів	Час технічного забезпечення, діб	Кількість технологічних груп	Кількість тварин одночасного утримання, голів
1	2	3	4	5
Кнури	12	365	1	12
Свиноматки: холості	52		1	52
Ремонт	52		1	52
Умовно-поросні	52	35	5	260
Поросні	45	77	11	495
Підсисні	44	35	5	220
Поросята 0-28 діб	484	28	4	1936
Поросята 28-77 діб	445	49	7	3560
Відгодівля	423	105	15	6768
<b>Всього</b>				13147

Недоліком даного підприємства є висока температура у приміщеннях свинарника у літній час. Яке спричиняє різкі зміни мікроклімату, що може призвести до поганих наслідків, таких як зменшення маси тіла свиней через зменшення апетиту.

### 2.2.2 Існуючі технічні рішення

Основою для створення мікроклімату є витяжка на сьогоднішній день ми маємо 3 системи вентиляції. Від'ємного тиску, яка на пострадянському просторі відома як витяжна. Друга система вентиляції надлишкового тиску також відома як припливна, та система рівного тиску – комбінована. З цими

системами використовується також 2 види опалення: централізоване та децентралізоване. Ну і в літній період використовується система кондиціонування.

Розберемо ці варіанти трохи детальніше

Система вентиляції від'ємного тиску (рис.2.2), сама розповсюджена на сьогоднішній день, через свою економічність та простоту. І споживає найменше всього енергії.

В основному витяжна система працює через клапани які встановлюються в стелі або у стінах, і працюють за допомогою сервомотору та контролера мікроклімату, який подає сигнал на відкриття чи закриття клапанів. Відпрацьоване повітря відводиться через шахти, які при такій системі розміщують в перекриттях.

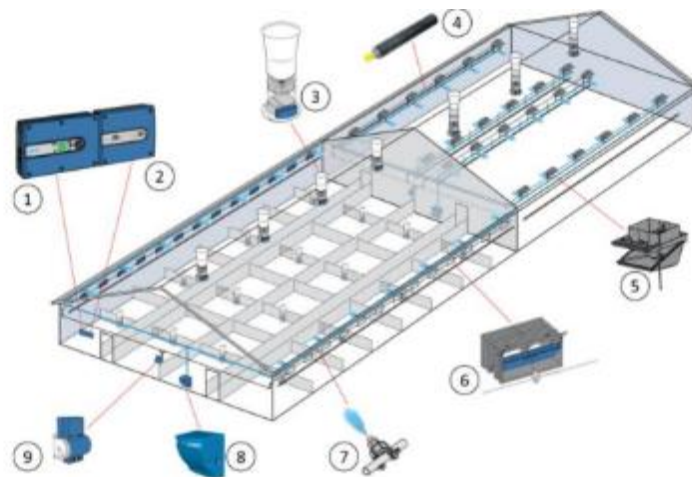


Рисунок 2.2 - Система вентиляції від'ємного тиску

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

Спрямування повітря клапанами відбувається до середини приміщення. В зимовий період напрям повітря відбувається у напрямі до стелі, в літній же на скотомісця. З практики відомо, щоб запобігти протягу, обігрівачі повинні знаходитись під клапанами.

Система вентиляції надлишкового тиску (рис.2.3) передбачає собою проникнення свіжого повітря через стелю, а саме перфорованого покриття через отвори в ній. Вона забезпечує невелику швидкість припливу повітря, що в свою чергу, як показує практика, мінімізує шкідливі протяги на підприємстві в зонах де утримуються тварини в зимовий час. Видалення ж повітря відбувається так само як і в системі з негативним тиском через шахти, які розташовані у перекриттях.

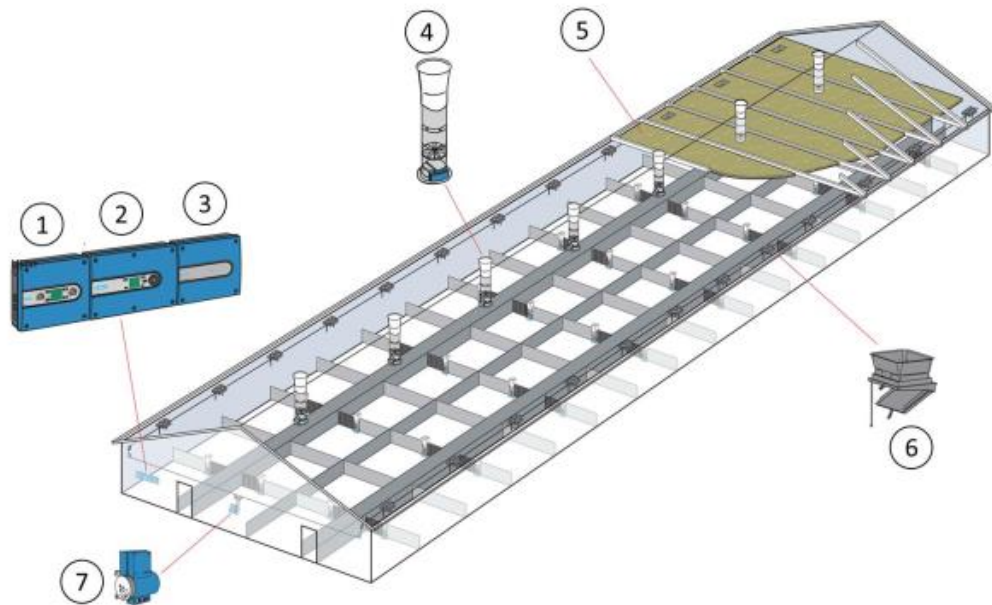


Рисунок 2.3 -Дифузійна система вентиляції «Skov»: 1 – система аварійної сигналізації; 2 – контролер мікроклімату; 3 – система аварійного відкриття; 4 – витяжна шахта; 5 – перфорована стеля; 6 – припливний клапан в стелі; 7 – сервомотор приводу клапанів

В жарку погоду може використовуватись так звана комбо система (рис.2.4), це комбінування системи надлишкового тиску з системою від'ємного тиску полягає в додатковому надходженню повітря через припливний клапан.

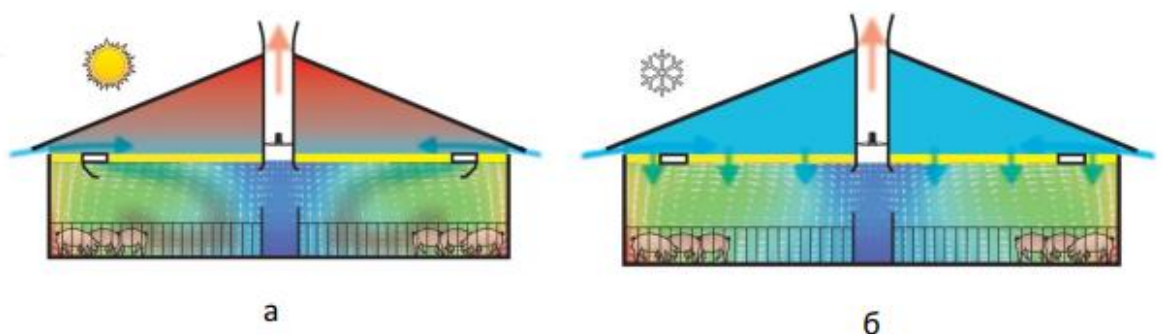


Рисунок 2.4 -Комбінована система надлишкового та від'ємного тиску

До недоліків системи надлишкового тиску відноситься утворення конденсату в перфорованій стелі, що може ускладнювати надходження повітря у приміщення, та забруднення перфорованої стелі пилом брудом та подальше розвинення мікроорганізмів, через таку систему стельового покриття його дуже складно мити.

Система вентиляції рівного тиску (рис.2.5). Складається з двох видів вентиляторів припливних та витяжні, які зі своєї назви говорять про своє пряме призначення нагнітання повітря у приміщення, та видалення його назовні.

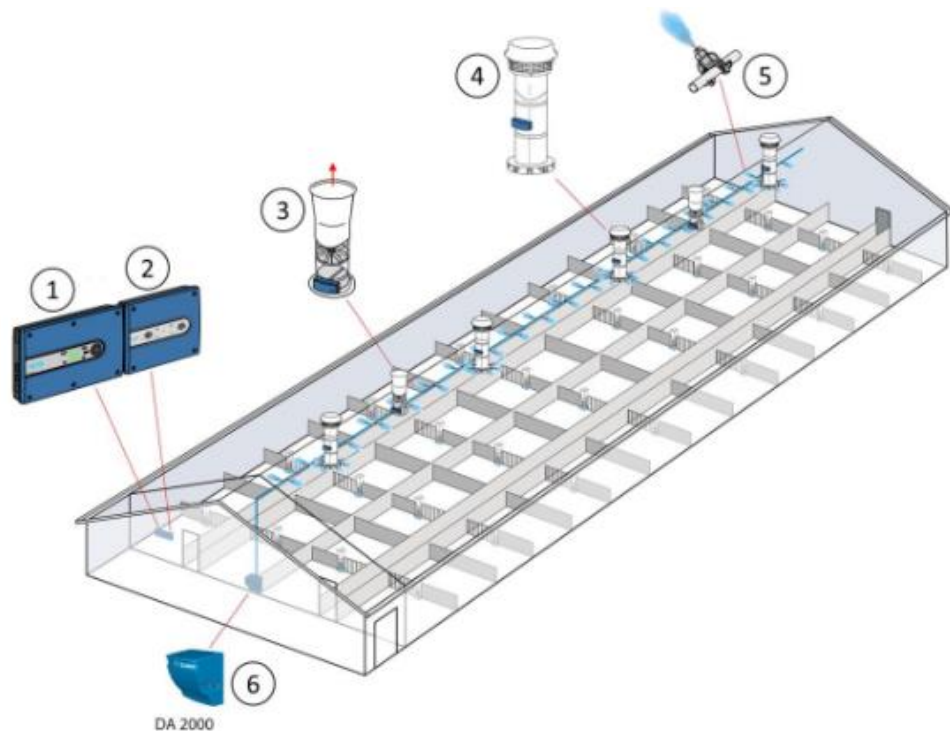


Рисунок 2.5 - Система вентиляції рівного тиску «Skov»: 1 – контролер мікроклімату; 2 – система аварійного відкриття; 3 – витяжна шахта; 4 – припливна шахта; 5 – форсунка системи кондиціонування; 6 – насос системи кондиціонування

В такій системі проблемою є кондинсат тому система повинна впроваджуватись з невеликим від'ємним тиском. В комбінованій системі стіни приміщення не задіяні, на їх роботу не впливає вітер. Припливні вентилятори повинні розміщуватись рівномірно по всьому свинарнику по осьовій лінії. Зазвичай приміщення ділиться не сектори, і в кожному з них по середині стелі



вмонтовується припливна шахта, розташування витяжних може будь де завгодно, на повітряні потоки вони ніяк не впливають.

В припливній шахті. В її нижній частині монтується вентилятор, який в холодну пору року змішує холодне та тепле повітря щоб його нагріти (рис.2.6) і не допустити потрапляння холодного повітря у секцію

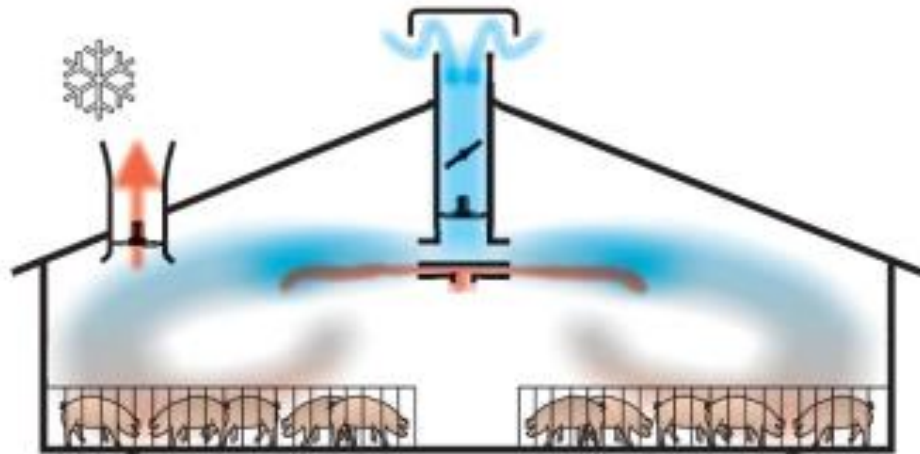


Рисунок 2.6 - Робота системи вентиляції рівного тиску взимку

Шахти витяжки мають в своєму складі вентилятор та клапан з примусовим або гравітаційним приводом. Таку ж систему мають і попередні варіанти вентиляції.

Припливні також мають ці компоненти, та ще захисну сітку та козирок, а нижня повітророзподільчий пристрій.

Розберемо системи опалення, централізована – система при якій тепло розподіляється з одного джерела на кожну окрему ділянку, в основному використовується котельня.

Перевагами такої ситеми є їх зручність та легкість обслуговування, надійність тепломережі.

З недоліків виділяють залежність від джерела та відсутність індивідуального контролю

Децентралізоване опалення – це системи при якій кожна ділянка має власне джерело постачання тепла. Вважається більш енергоефективною ніж централізована система, через коротші відстанні постачання тепла і менші втрати тепла.

Перевагами є незалежність джерел тепла, якщо одна виходить з ладу інші продовжують працювати

З недоліків виділяють великі витрати на обслуговування системи індивідуального опалення, кожна одиниця вимагає власного встановлення та обслуговування, обмеженість простору для встановлення.

Кондиціонування – ця система (рис.2.7) використовується для регулювання тепла в приміщенні в основному в літній період, розбризкуючи воду з високим тиском щоб не допускати різких змін в мікрокліматі, що в свою чергу може призвести до негативних наслідків, у тварин та обладнанні свинарника.



Рисунок 2.7 - Система кондиціонування у свинарнику

### 2.3 Обґрунтування напрямків удосконалення технічного процесу

Виходячи з інформації та отриманих даних по підприємству “Сіґма” я вважаю обов’язковим встановлення системи кондиціонування у всіх приміщеннях ферми. Щоб забезпечити правильний мікроклімат у теплі періоди, запровадимо систему охолодження під високим тиском від компанії SKOV, яка забезпечує правильну температуру та кращий робочий клімат. Перевага використання системи охолодження високим тиском, в тому що його використання поєднується з будь-якою системою вентиляції

Система працює за рахунок розпилення дрібнодисперсної водяної пари, яка охолоджує повітря в приміщенні. Ця водяна пара може охолодити повітря в приміщенні до 5-6 °С, Охолодження контролюється за допомогою програмного забезпечення на комп’ютері.

На графіку (рис.2.8) ми можемо побачити ефект охолодження під високим тиском

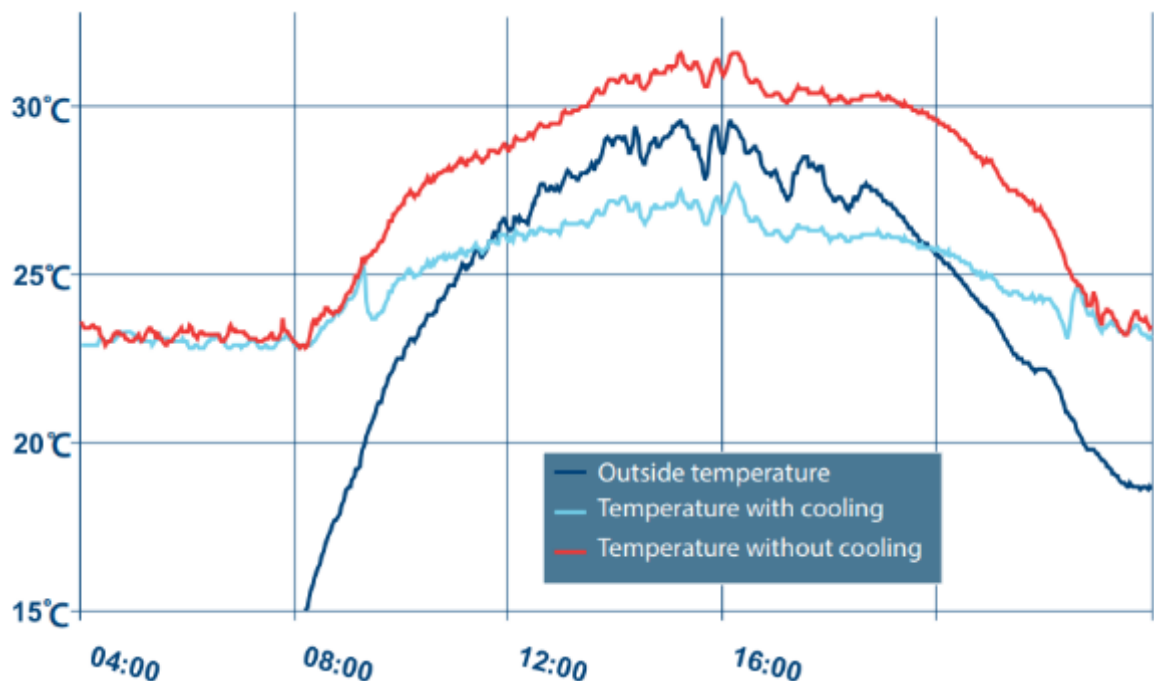


Рисунок 2.8 – графік температури з кондиціонуванням і без нього

Зовнішня температура

Температура з використанням охолодження високим тиском

Температура без охолодження високим тиском

Також ця система може використовуватись, не тільки для зменшення температури приміщення, а ще й для замочування. При відключеній системі

вентиляції, дрібнодисперсний туман вбирає в себе частинки пилу та бруду, що добре впливає на якість, та швидкість прибирання.

Ця система покращує робоче середовище в тваринницькому приміщенні. Має систему клімат контролю, це збільшує активність системи високого тиску, в момент знаходження персоналу в приміщенні, таким чином зменшується вміст пилу та шкідливих газів, одночасно зі зниженням температури.

Сама система складається з стандартних компонентів, які легко адаптуються до будь-якого тваринницького приміщення.

Система поставляється з насосною установкою, яка налаштовується під кожний конкретний об'єкт окремо, (рис.2.9) оснащується насос фільтром, який затримує 95-98% частинок, забезпечуючи системі високий термін експлуатації. Також насос може оснащуватись фосфатним фільтром та електронними розкладачами кальцію для зниження рівня вапна і мінералів у воді.



Рисунок 2.9 – Приклад встановлення системи кондиціонування

В системі використовуються труби з антикислотними властивостями і тільки з'єднаннями з нержавіючої сталі. На кожній форсунці (рис.2.10) перед її

головкою є фільтр, це зменшує ризик утворення накипу. Також форсунки мають анти-вапняне покриття та оснащені протикрапельним клапаном.



Рисунок 2.10 – форсунки системи кондиціонування

#### 2.4 Розробка удосконалення технічного процесу

По проекту ми використовуємо примусове створення мікроклімату. Тобто вентиляцію і обігрів, для поросят сисунів і дорощування використовуємо локальний обігрів.

В просторі висотою один метр над рівнем підлоги де утримуються свині забезпечуються нормативні параметри повітря.

За нормами вміст шкідливих газів у приміщенні не повинен перевищувати: для вуглекислого газу 0,2% (об'ємних), або 2 л/м; аміаку – 20,0 мг/м<sup>3</sup>; сірководню – 10,0 мг/м<sup>3</sup>.

Дивлячись на дані, які ми отримали приймаємо систему вентиляції у вигляді штучної з припливними каналами та витяжними шахтами, так як технологія передбачає ізольоване утримання підсисних свиноматок та дорощування

Проведемо розрахунки для кожної секції беручі данні наведені у таблиці 2.3 та 2.4

Таблиця 2.3 - Параметри мікроклімату у свинарниках

Призначення приміщень	Температура повітря в приміщеннях, °C		Відносна вологість повітря, %	
	Межі			
	максимум	мінімум		
	м			

1	2	3	4	5	6
Кнури	16	19	13	75	40
Свиноматки поросні	16	19	13	75	40
Свиноматки підсисні	20	22	16	70	40
Поросята на дорощуванні	24	28	22	70	40
Відгодівля	16	19	15	70	40

Таблиця 2.4 - Допустима швидкість руху повітря в свинарниках

Найменування приміщень	Швидкості руху повітря, м/с	
	розрахункова в холодний та перехідний періоди року	допустима в теплий період року
1	2	3
Кнури	0,3	1,0
Свиноматки поросні	0,3	1,0
Свиноматки підсисні	0,15	0,4
Поросята на дорощуванні	0,2	0,6
Відгодівля	0,3	1,0

Розрахуємо повітрообмін у приміщенні для кожної групи, за формулою

$$V_{\Pi} = \frac{\rho m_i}{\rho_d - \rho_{\Pi}}$$

де  $V_{\Pi}$  – необхідний повітрообмін, м<sup>3</sup>/год.;

$\rho$  – кількість шкідливих речовин, які виділяє одна тварина протягом години, л/год.

$\rho_d$  – допустима концентрація шкідливої речовини (вуглекислого газу) у приміщенні, л/м<sup>3</sup>.  $\rho_d = 2$  л/м<sup>3</sup>

$\rho_{\text{л}}$  – вміст шкідливої речовини (вуглекислого газу) у свіжому повітрі, л/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{л}} = 0,3$  л/м<sup>3</sup>.

$m$  – кількість тварин у одній секції.

Для кнурів

$$V_{\text{п}} = \frac{44,2 \cdot 12}{2 - 0,3} = 312$$

Наступні розрахунки проводимо за тією ж формулою і заносимо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - Результати розрахунків для системи мікроклімату по виробничим зонам

Технологічна група	Голів у секції, гол	Виділення CO <sub>2</sub> , л/год.	Необхідний повітрообмін, м <sup>3</sup> /год
1	2	3	4
Кнури	12	44,2	312
Свиноматки: холості	52	44,2	1352
Ремонт	52	27,8	850,3
Умовно-поросята	52	42,5	1300
Поросята	45	51,2	1355,2
Підсисні	44	102	2640
Поросята 0-28 діб	484	17	4840
Поросята 28-77 діб	445	17	4450
Відгодівля	423	35	8708,8
Всього			25808,47

Отримавши данні визначимо кількість витяжних вентиляторів та припливних клапанів

Розрахуємо кількість обладнання за формулою

$$n_b = \frac{V_{\Pi} \cdot k}{Q_b}$$

де  $Q_b$  – продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/год;

$k$  – коефіцієнт, який враховує неповну завантаженість системи вентиляції протягом доби,  $k=4\dots5$ .

Розрахуємо для кнурів

$$n_b = \frac{312 \cdot 4}{1750} = 0.7 \approx 1$$

Розрахуємо для інших зон, та занесемо до таблиці 2.6

Таблиця 2.6 - Результати розрахунків вентиляційного обладнання по виробничим зонам

Технологічна група	Необхідний повітрообмін, м <sup>3</sup> /год	Характеристики вентилятора			Кількість, шт.
		марка	продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	потужність, кВт	
1	2	3	4	5	6
Кнури	312	FC031-4EQ	1750	0.13	1
Свиноматки: холості	1352	FC045-4EQ	5950	0.38	1
Ремонт	850,3	FC031-4EQ	1750	0.13	2
Умовно-поросні	1300	FC045-4EQ	5950	0.38	1
Поросні	1355,2	FC045-4EQ	5950	0.38	1
Підсисні	2640	FC045-4EQ	5950	0.38	2



1	2	3	4	5	6
Поросята 0-28 діб	4840	FC050-4EQ	7400	0,51	3
Поросята 28-77 діб	4450	FC050-4EQ	7400	0,51	3
Відгодівля	8708,8	FC050-4EQ	7400	0,51	5

Кількість припливних клапанів визначимо виходячи із отриманих даних продуктивності вентиляторів з таблиці 2.6 та пропускної здатності клапана та занесемо отримані дані до таблиці 2.7

Кількість припливних клапанів визначаємо за формулою

$$n_{\text{пк}} = \frac{V_{\text{вф}}}{Q_{\text{пк}}}, \text{ од}$$

Розрахуємо кількість припливних клапанів для кнурів

$$n_{\text{пк}} = \frac{14875}{3200} = 4,6 = 5$$

Розрахуємо для інших секцій та занесемо до таблиці 2.7

Таблиця 2.7 - Результати розрахунків припливних клапанів по виробничим зонам

Технологічна група	Характеристики клапану		
	марка	продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	Кількість, шт.
1	2	3	4
Кнури	ZWN 3000	3200	5
Свиноматки: холості	ZWN 3000	3200	15
Ремонт	ZWN 3000	3200	5
Умовно-поросні	ZWN 3000	3200	17
Поросні	ZWN 3000	3200	17
Підсисні	ZWN 3000	3200	16

1	2	3	4
Поросята 0-28 діб	ZWN 3000	3200	19
Поросята 28-77 діб	ZWN 3000	3200	19
Відгодівля	ZWN 3000	3200	19

Щоб обігріти приміщення, ми будемо використовувати твін-труби, які знаходяться під припливними клапанами. По ним подається гаряча вода від котлів які встановленні в кожному приміщенні.

Потужність теплову, щоб нагріти повітря ми визначимо за формулою

$$\Phi = 0,278 \cdot c \cdot \rho \cdot V_n (t_k - t_n)$$

де 0,278 – перевідний коефіцієнт кДж/год. в Вт;

$c$  – питома теплоємність повітря,  $c = 1,0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$\rho$  – щільність повітря, яке подається в приміщення. При  $t_3 = 245 \text{ К}$  можна прийняти  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ;

$t_k$  – температура нагріву повітря, яке подають у приміщення, К.

Її значення приймаємо на (5-8)<sup>0</sup> нижче нормативного

Виходячи з цього, приймаємо  $t_k = 292-7 = 285 \text{ К}$

$t_n$  – температура зовнішнього повітря, К, дорівнює розрахунковій проектній температурі, тобто  $t_n = t_3$ ;

$V_n$  – об'єм повітря, що підлягає нагріванню, м<sup>3</sup>/год

Розрахуємо теплову потужність для обігріву приміщень та витрати палива за 2023 рік на опалювальний період і занесемо до таблиці 2.8

Таблиця 2.8 - потужність для обігріву приміщень та витрати палива за 2023 рік на опалювальний період

міс.	Січень	Лютий	Березень	Жовтень	Листопад	Грудень	
max t	11,4	7,7	18,2	25,4	17,5	11,1	
min t	-13	-11	-3,2	0	-7,2	-3,7	
Ф год, кВт	266,9	249,7	182,5	155,0	217,0	186,8	
G п год, кг	2,3	2,1	1,5	1,3	1,8	1,6	
Ф заг, кВт	192168,6	179770,7	131418,5	111581,8	156214,5	134518,0	905672,2
G п, кг	1627,8	1522,8	1113,2	945,2	1323,2	1139,4	7671,6
Витрати, грн							406593,5

Визначимо довжину встановлення системи для кондиціонування для ЧП «Сігма» та кількість форсунок для неї. Комплекс складається з 5 приміщень, з такими розмірами 1.85x21 2.80x21 3.85x21 4.80x21 5.94x24

Розрахуємо кількість трубопроводу для системи кондиціонування за формулою

$$L_v = 2A + 2B$$

Де  $L_v$  – кількість трубопроводу на одне приміщення ферми

A – довжина будівлі

B – ширина будівлі

Розрахуємо кількість трубопроводу для приміщення відгодівлі

$$L_v = 2 * 85 + 2 * 21 = 212 \text{ м}$$

За таким принципом розрахуємо для всіх приміщень, та визначимо загальну кількість

$$L_{v\text{загал}} = 212 + 212 + 202 + 202 + 236 = 1064 \text{ м}$$

Визначимо кількість форсунок для системи кондиціонування, за формулою

$$M_{\phi} = \frac{L_{v\text{загал.}}}{l}$$

Де  $M_{\phi}$  – кількість форсунок для системи кондиціонування

$l$  – проміжок через який встановлюється форсунка , м

$$M_{\phi} = \frac{1064}{2,2} = 484$$

## 2.5 Висновки

В розділі було розглянуто удосконалення технічного процесу створення мікроклімату, вплив параметрів мікроклімату на стан поголів'я, проаналізовано існуючі рішення створення мікроклімату на свинарських підприємствах, розглянувши ситуацію на підприємстві, дійшли висновку про обов'язкове встановлення системи кондиціонування. Взяли систему кондиціонування від компанії SKOV. Розробили удосконалення технічної системи, розрахували кількість і потужність вентиляторів та припливних клапанів. З розрахунків маємо 19 вентиляторів типу FC, та 132 припливних клапанів типу ZWN 3000

Розрахували теплову потужність та витрати в опалювальний сезон. Також розрахували установку, системи кондиціонування. Виходячи з розрахунків опалювального сезону, я дійшов до висновку, що витрати на опалення занадто великі, тому в наступному розділі ми розглянемо оптимізацію системи опалення, та скорочення витрат на неї.

### **3 Розробка рекуператора теплоти**

#### **3.1 Актуальність питання**

Хоча енергоефективність будь-якої будівлі можна підвищити за рахунок кращої ізоляції та встановлення таких елементів, як подвійне скління, є ще багато чого, що можна зробити для того, щоб бізнес і ферми максимально ефективно використовували тепло у своєму безпосередньому оточенні. Переваги систем рекуперації тепла, які утилізують енергію застарілого повітря і передають її новому, свіжому повітрю, що надходить, численні переваги:

Основна перевага систем вентиляції з рекуперацією тепла полягає в подачі теплого, свіжого повітря в постійному потоці. Коли ви відкриваєте вікно, щоб впустити трохи повітря, особливо взимку, ви втрачаєте велику кількість тепла, яке потрібно замінити.

Оскільки ви створюєте автономне середовище з чудовою системою вентиляції, повітря буде чистішим і кориснішим для вас. Постійна подача теплого повітря через систему рекуперації тепла означає, що ви можете зменшити свої витрати на електроенергію, оскільки навколишнє середовище підтримується відносно постійним.

Переваги рекуперації тепла виходять за рамки простої економії енергії, оскільки зменшуються вологість і конденсат, які з часом можуть спричинити проблеми зі здоров'ям і вплинути на стіни та конструкції. Для тих, хто турбується про викиди вуглекислого газу, системи рекуперації тепла також знижують рівень вуглекислого газу.

Можливо, однією з найважливіших переваг систем рекуперації тепла є зменшення рахунків за електроенергію, оскільки тепле повітря відновлюється, знімаючи навантаження з вашого котла або будь-якої іншої системи опалення.

За допомогою систем вентиляції з рекуперацією тепла ви можете забезпечити набагато чистіше і більш постійне повітряне середовище для працівників у будь-яку пору року, зберігаючи прохолоду влітку і тепло взимку за допомогою розумних технологій.

Встановлення чогось на зразок димового економайзера на великий котел може збільшити термін його служби, оскільки він не піддається впливу

раптових високих температур, які спричиняють надмірний знос. Комерційні ж приміщення можуть отримати вигоду від більшого скорочення витрат на опалення, оскільки ви використовуєте котли та вентиляційні системи більш ефективно.

Звичайно, якщо ви володієте підприємством з хорошою системою рекуперації тепла, ви також значно знизите рівень викидів вуглекислого газу, а також підвищите ефективність вашого котла.

Для бізнесу також існує довіра, яка приходить з роботою в екологічно чистому середовищі. Системи рекуперації тепла можуть мати різні форми, але всі вони включають певну форму теплообмінника. Він встановлюється в будівлі, зазвичай на даху, і від нього до кожної кімнати йдуть труби, які витягують застаріле повітря і замінюють його нагрітим, чистим повітрям. Більшість прикладів стосуються систем рекуперації тепла вентиляції, але вони також можуть бути застосовані до ряду процесів, включаючи теплові насоси, які перетворюють тепло землі і повітря, і системи комбінованого виробництва тепла і електроенергії.

Для оптимізації витрат на опалення, а саме їх зниження в приміщеннях свиноферм, я пропоную використовувати систему рекуперації тепла, розглянемо деякі з них, та їх принцип роботи і будову

### **3.2 Аналіз існуючих конструкцій**

#### **Рекуперація тепла на теплових колесах**

Маючи найбільшу ефективність рекуперації повітря серед усіх вентиляційних систем, теплові колеса, як правило, набагато більші за розміром. Вони складаються з двох великих коліс із стільниковою структурою, одна половина яких втягує застаріле/відпрацьоване повітря, а інша - свіже повітря ззовні (рис.3.1). Колеса обертаються в протилежних напрямках, і енергія відпрацьованого повітря передається припливному повітрю, нагріваючи його.

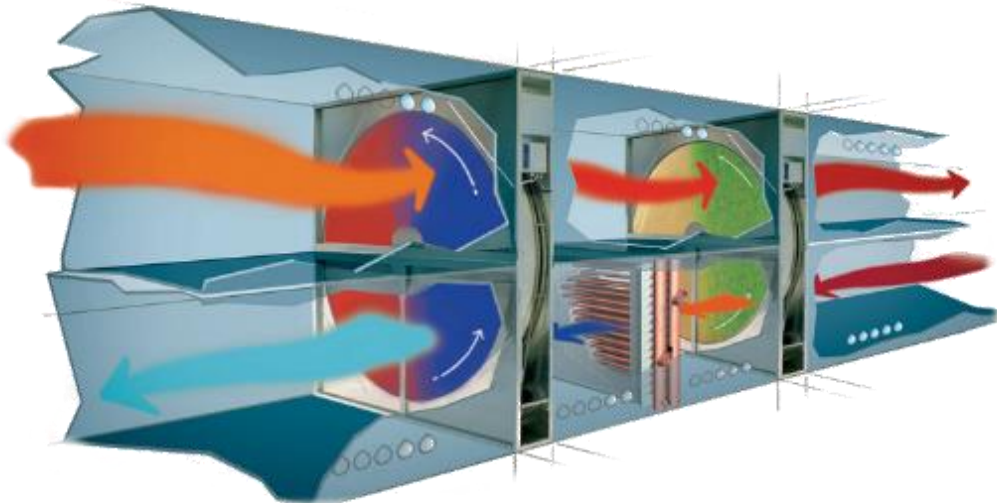


Рисунок 3.1 - Рекуператор тепла на теплових колесах

Теплообмінні колеса зазвичай виготовляються з алюмінію, але також можуть бути сконструйовані з широкого спектру матеріалів, включаючи пластик і навіть папір. Перевага теплового колеса полягає в тому, що воно має високу ефективність (до 80%) порівняно з іншими системами і, ймовірно, забезпечить швидке повернення інвестицій за умови правильного налаштування. Як система рекуперації тепла, швидкість обертання коліс і кількість переданої енергії можна регулювати, щоб підвищити або знизити температуру повітря, яке подається назад у будівлю.

### **Технологія пластинчастого рекуператора**

Більш поширеною, ніж рекуперація тепла тепловими колесами, оскільки її можна використовувати в менших масштабах, є технологія пластинчастого нагріву або рекуператора. Вона являє собою короб з рядом паралельних пластин, виготовлених з металу або пластику, які дозволяють витяжному повітрю проходити над припливним клапаном, передаючи енергію і нагріваючи його. Повітряні потоки розділені пластинами і ніколи не стикаються, тому одним з ключових факторів ефективності будь-якої системи є те, наскільки тонкими і провідними є окремі пластини(рис.3.2).

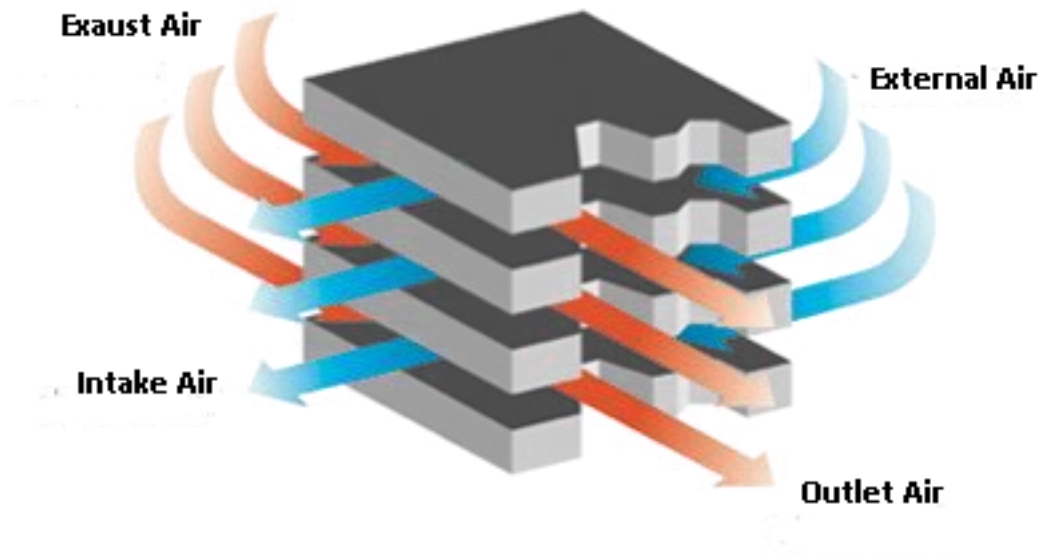


Рисунок 3.2 - Технологія пластинчастого рекуператора

Пластинчасті системи рекуперації тепла, як правило, мають ефективність близько 70% у найкращому випадку.

### **Теплові насоси**

Теплові насоси забирають тепло з однієї зони і передають його в іншу. Вони працюють подібно до холодильних установок і можуть використовуватися як для охолодження, так і для нагрівання повітря. Існує багато різних різновидів, і вони можуть забирати тепло як із зовнішнього повітря, так і з ґрунту за допомогою мережі труб.

### **Теплообмінник з циркуляційним контуром**

Теплообмінник може бути вмонтований в існуючу систему подачі повітря і зазвичай складається з двох теплообмінників, які з'єднані один з одним за допомогою насосного контуру труб (рис.3.3). Вода зазвичай використовується для заповнення контуру, забираючи тепло з витяжної труби і передаючи його змішувачу припливного повітря. Такі системи рекуперації тепла використовуються там, де два потоки повітря недостатньо близькі для більш ефективних систем, таких як теплове колесо або рекуператор. Зазвичай вони забезпечують максимальну ефективність близько 50%.



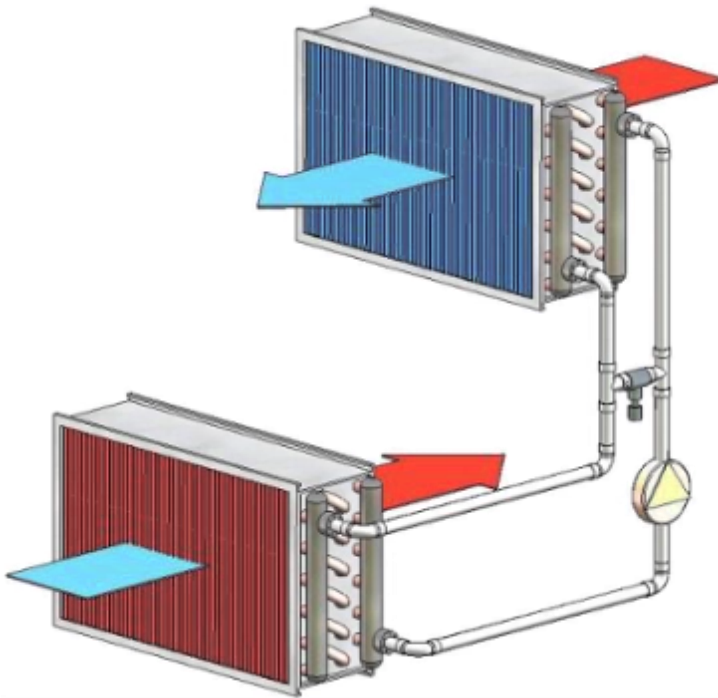


Рисунок 3.3 - Теплообмінник з циркуляційним контуром

### Технологія теплових труб

З усіх систем рекуперації тепла теплові труби потребують найменшого обслуговування. Однак їх можна використовувати лише там, де обробка повітря здійснюється в одній системі. Вона використовує систему труб з холодоагентом для вилучення тепла з відпрацьованого повітря і передачі його припливному повітрю (рис.3.4). Вертикальні труби використовують випаровування холодоагенту для передачі тепла, в той час як горизонтальні включають гніти в трубопроводі, які також дозволяють передавати холодоагент. Вертикальні решітки (макс. 75%) є більш ефективними, ніж горизонтальні (макс. 50%).

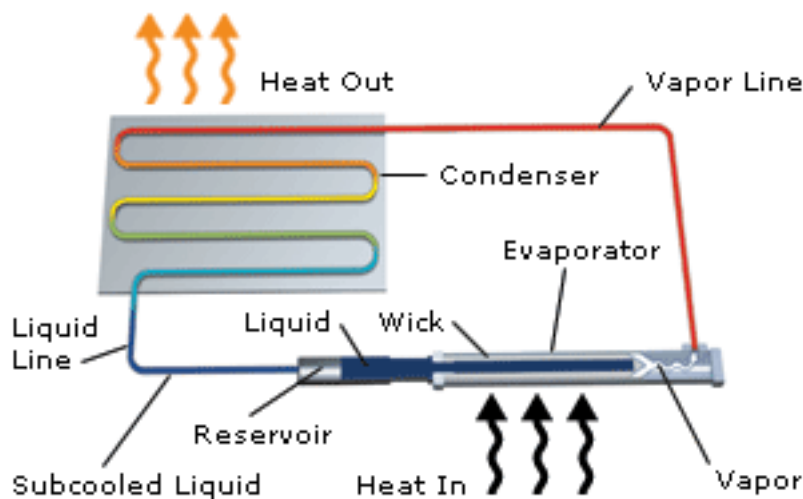


Рисунок 3.4 - Технологія теплових труб

Широкий спектр промислових процесів виробляє тепло і газу, які можуть бути корисними для систем рекуперації тепла, включаючи ті, що спричиняють випаровування, наприклад, свинарники, де надлишкове тепло може швидко потрапляти в атмосферу. Рекуперація тепла є одним з головних питань сталої енергетики, що дозволяє максимально ефективно використовувати те, що ми виробляємо, і створювати більш ефективні системи опалення від дому до серця наших будинків, офісів і тваринницьких підприємств.

### **3.3 Розробка варіанту удосконалення**

Виходячи із розглянутих систем у попередньому пункті, систем рекуперації тепла, на мою думку оптимальною системою для впровадження буде “Потрійна система рекуперації тепла EEE”. Вона створена на основі принципу роботи двох теплообмінників з циркуляційним контуром. Більш детально про цю систему розглянемо нижче.

Це система «вмикай і працюй» для рекуперації тепла. Метою цього рішення Smart Farming є рекуперація тепла з технологічної води з повітряного промивача. Потім це тепло використовується для попереднього підігріву повітря, що надходить у зимовий період. Ще однією метою системи Triple EEE є покращення якості повітря в приміщенні. Оскільки в хлів надходить більше енергії у формі оптимальної температури повітря, можна використовувати більше вентиляції, а відносна вологість, концентрація CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин, серед іншого, знижуються.

Комплект Triple EEE складається з: блоку SKID, що підключається та працює (який отримує тепло з технологічної води), який розміщений у технічній кімнаті повітряної омийної машини та повітряно-водяних теплообмінників у вхідному повітрі, завдяки чому рекуперована енергія від омивача передається вхідному повітрю.

Компактна конструкція SKID включає циркуляційний насос, який перекачує технологічну воду з повітряного скрубера, пластинчастий теплообмінник відокремлює брудну технологічну воду від чистої води, яка перекачується до вхідних теплообмінників, насос, який транспортує чисту воду до теплообмінних насосів вхідного повітря та розумна операційна система. Цю

систему SKID і теплообмінники можна встановити швидко і легко. SKIDS доступні в потужностях від 100 кВт до 1000 кВт включно.

Тепло, зібране в повітроочищувачі, транспортується до теплообмінників у повітрязабірниках приміщення. Це дозволяє нагрівати припливне повітря від  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що призводить до зниження витрат на електроенергію більш ніж на 60%. Введення додаткової енергії через попереднє нагрівання на практиці призводить до зниження конверсії корму (практичні результати 10%) і більшого зростання.

У поєднанні з тепловим насосом для додаткового опалення це може призвести до загальної економії понад 87%.

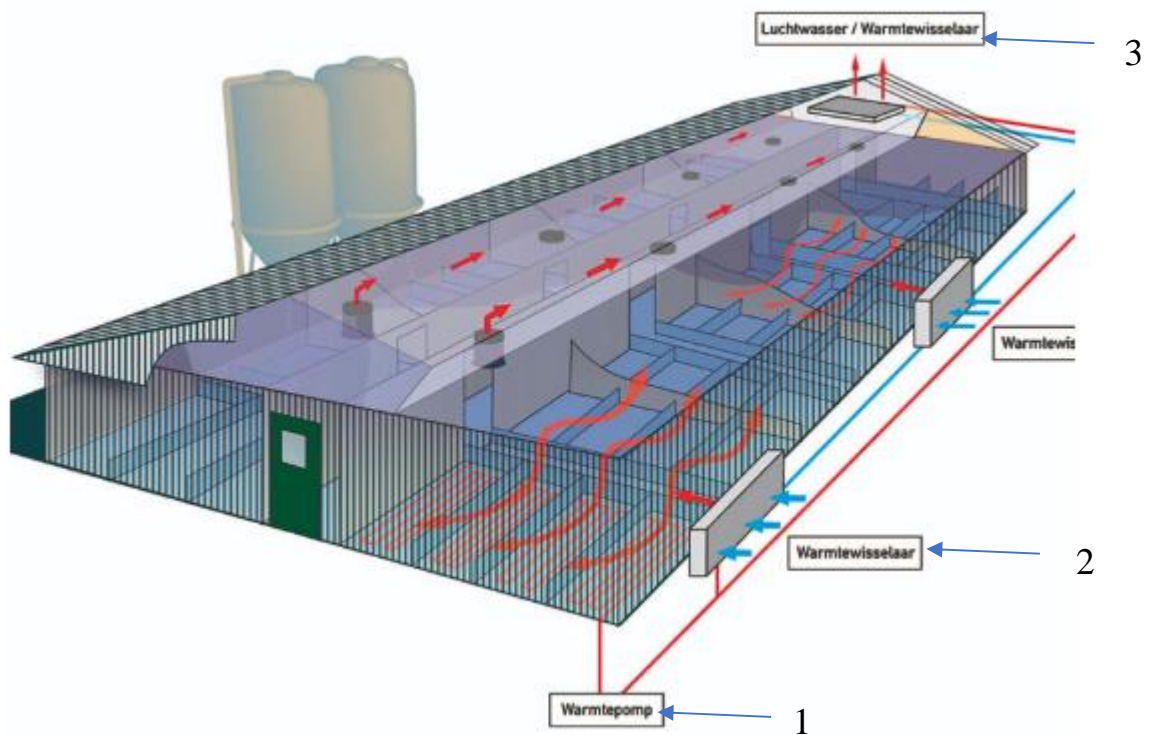


Рисунок 3.5 Схема роботи системи Triple EEE

\*1 – Насос для опалення; 2 – теплообмінник; 3 – повітряний скруббер

Потрійні компоненти EEE

Пластинчастий теплообмінник – утворює розділ між брудною технологічною водою та чистою водою на вторинній стороні пластинчастого обмінника та передає тепло від технологічної води до чистої води, яка транспортується до повітрязабірників для попереднього нагрівання вхідного повітря.

Зворотне промивання – дозволяє користувачеві промивати пластинчастий теплообмінник.

Первинний насос – від омивача повітря через фільтр до теплообмінника, назад до промивача повітря

Фільтр – гарантує, що система рекуперації тепла не забрудниться.

Вторинний насос – витягує енергію з пластинчастого теплообмінника, перекачує енергію до (вхідного) теплообмінника (ів)

Розширювальний бак – переробляє надлишковий об'єм води, спричинений коливаннями температури.

Для того щоб ввести цю систему на розглянутому нами підприємстві. Нам треба розрахувати, параметри системи, які допоможуть нам у вирішенні кількості, розмірах та розташуванні, цих теплообмінників.

### 3.4 Розрахунок варіанту удосконалення

Визначати будемо для самого холодного місяця кількість води  $G_1=0,92$  кг/с, що охолоджується; початкова температура води  $T_1=321$  К; кінцева температура води  $T_2=310$  К; початкова температура повітря  $T_3=261$  К; кінцева температура повітря  $T_4=298$  К; тиск в корпусі і трубах 1,6 МПа.

Для початку визначимо теплове навантаження за формулою

$$Q_1 = G_1(q_{T_1}^p - q_{T_2}^p) \quad (3.1)$$

де

$Q_1$  – кількість теплоти, від води Вт

$q_{T_1}^p, q_{T_2}^p$  – ентальпія води відповідно при температурі  $T_1=321$  К та  $T_2=310$

К, яка визначається за формулою Крега:

$$q_T^p = \frac{1}{\sqrt{\rho_{288}^{288}}} (0,762T + 0,0017T^2 - 334,253) \quad (3.2)$$

де  $T$  – відповідна ( $T_1$  та  $T_2$ ) температура води;  
 $\rho_{288}^{288}$  – відносна густина пропану при 288 К.

Розрахуємо ці параметри:

$$q_{T_1}^p = q_{321}^p = \frac{1}{\sqrt{1,58}} (0,762 \cdot 321 + 0,0017 \cdot 321^2 - 334,253) = 68 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$q_{T_1}^p = q_{310}^p = \frac{1}{\sqrt{1,58}} (0,762 \cdot 310 + 0,0017 \cdot 310^2 - 334,253) = 52 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$Q_1 = G_1 (q_{T_1}^p - q_{T_2}^p) = 3300 \cdot (68 - 52) = 58,2 \cdot 10^3 \text{ кДж/год} = 16,1 \text{ кВт}$$

Визначимо масові та об'ємні витрати повітря

З рівняння теплового балансу

$$G_1 (q_{T_1}^p - q_{T_2}^p) = G_2 (c_{p1} T_4 - c_{p2} T_3) \quad (3.3)$$

Знайдемо:

$$\begin{aligned} G_2 &= \frac{G_1 (q_{T_1}^p - q_{T_2}^p)}{c_p T_3 - c_p T_4} = \frac{Q_1}{c_{p1} T_4 - c_{p2} T_3} = \\ &= \frac{58,2 \cdot 10^3}{1,008 \cdot 10^3 \cdot 298 - 1,005 \cdot 10^3 \cdot 261} = 1528 \text{ кг/год} \end{aligned}$$

де  $G_2$  – кількість повітря, кг/год;

$c_{p1}, c_{p2}$  - середні теплоємності (при постійному тиску) повітря відповідно при його кінцевій та початковій температурах, кДж/(кг·К)

Знайдемо густину повітря при його початковій температурі  $T_3=261$  К та барометричному тиску, рівному нормальному  $P_0 = 101308$  Па, з рівняння:

$$\rho_B = \frac{\rho_0 T_0}{T_3} = \frac{1,293 \cdot 273}{261} = 1,35 \text{ кг/м}^3 \quad (3.4)$$

Де  $\rho_0$  – густина повітря при нормальних умовах, кг/м<sup>3</sup>.

Секундна розрахункова витрата повітря:

$$V_B = \frac{G_2}{3600 \rho_B} = \frac{1528}{3600 \cdot 1,35} = 0,31 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.5)$$

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі з боку води

Визначимо фізичні властивості води при її середній температурі

$$T_{cp.1} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{321 + 310}{2} = 315,5 \text{ К} \quad (3.7)$$

Визначимо коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{cp.1} = \frac{0,1346}{\rho_{288}^{288}} (1 - 0,00047 T_{cp.1}) =$$

$$= \frac{0,1346}{1,58} (1 - 0,00047 \cdot 315,5) = 0,0725 \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad (3.8)$$

Теплоємність:

$$c_{cp.1} = \frac{1}{\sqrt{\rho_{288}^{288}}} (0,762 - 0,00034 T_{cp.1}) =$$

$$= \frac{1}{1,58} (0,762 - 0,00034 \cdot 315,5) = 0,52 \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (3.9)$$

Відносна густина:

$$\rho_{277}^{T_{cp.1}} = \rho_{277}^{261} - \alpha (T_{cp} - 293) = 1,242 - 0,000765 \cdot (315,5 - 261) =$$

$$1,20 \text{кг}/\text{м}^3 \quad (3.10)$$

де  $-\alpha$  середня температурна поправка на 1К.

Визначимо кінематичну в'язкість води при  $T_{cp.1} = 315,5 \text{ К}$  приймаємо по практичним даним  $\nu_{cp.1} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Визначимо мінімальну лінійну швидкість руху води в трубах, при якій буде забезпечуватись стійкий турбулентний потік, тобто при якій  $Re_{min} = 10^4$

$$Re = 10^4 = \frac{\omega \cdot d_1}{\nu_{cp.1}} \quad (3.11)$$

Як правило при розрахунку теплообмінників швидкість рідини всередині труб приймають від 0,5 до 2,5 м/с.

$$Re = \frac{2 \cdot 0,021}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 78750$$

Знайдемо критерій Прандтля при температурі  $T_{cp.1} = 315,5 \text{ К}$ .

$$Pr_{cp.1} = \frac{\nu_{cp.1} c_{p, cp.1} \rho_{cp.1}}{\lambda_{cp.1}} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 3600}{0,259} = 2,77 \quad (3.12)$$

Тоді критерій Прандтля при  $T_{\omega.1} = 315,5 \text{ К}$

$$Pr_{\omega.1} = \frac{0,45 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 3600}{0,259} = 3,12 \quad (3.13)$$

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі води

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{0,0725}{0,021} \cdot 78750^{0,8} \cdot 2,77^{0,43} \left(\frac{2,77}{3,12}\right)^{0,25} \cdot 1 = 901 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі для пучка оребрених труб

Для оребрених металевих труб та забрудненої поверхні теплообміну (внутрішньої та зовнішньої) цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{з.в} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_л + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_а + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{з.н} \cdot \frac{F_{cm}}{F_n} + \frac{1}{\alpha_k}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{901} + 0,00048 + 0,000022 + 0,000073 + 0,00055 + \frac{0,088}{0,821} \cdot \frac{1}{74,5}} = 277 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.14)$$

Де  $\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{з.в}$  -тепловий опір внутрішнього шару забруднення [приймаємо для води рівним 0,00048 (м<sup>2</sup> · К)/Вт

$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_л = \frac{0,002}{91,9} = 0,000022$ - тепловий опір латунної стінки труби при  $\delta=0,002$  м та  $\lambda=91,9$  Вт/(м·К)

$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_а = \frac{0,0015}{205} = 0,000073$ - тепловий опір алюмінієвого шару труби при  $\delta=0,0015$  м та  $\lambda=205$  Вт/(м·К)

$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{з.н}$  -тепловий опір зовнішнього шару забруднення – вибираємо в межах 0,00017 – 0,00086, для подальших розрахунків ця величина прийнята рівною 0,00055 (м<sup>2</sup> · К)/Вт

$F_{ст}$  - площа поверхні 1м гладкої труби, м<sup>2</sup> /м;

$F_n$  - повна площа поверхні 1м. ребрених труб, м<sup>2</sup> /м.

Знайдемо площу 1м. гладкої труби за формулою:

$$F_{cm} = \pi \cdot d_3 \cdot 1 = 3.14 \cdot 0.028 \cdot 1 = 0.088 \text{ м}^2/\text{м} \quad (3.15)$$

Повну площу поверхні 1м. ребрених труб знайдемо за формулою:

$$F_n = F_p + F_{mp} = 0,761 + 0,06 = 0,821 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (3.16)$$

де  $F_p$  - площа поверхні ребер 1 м труб,  $\text{м}^2 / \text{м}$ ;

$F_{mp}$  - площа поверхні частин 1 м. труби, яка вільна від ребер,  $\text{м}^2 / \text{м}$ .

Площу поверхні ребер 1 м труб знайдемо за формулою:

$$\begin{aligned} F_p &= \pi \cdot x \left( 2 \cdot \frac{d_4^2 - d_3^2}{4} + d_4 \delta_p \right) = \\ &= 3,14 \cdot 186 \left( 2 \cdot \frac{0,049^2 - 0,028^2}{4} + 0,049 \cdot 0,00085 \right) = 0,761 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (3.17) \end{aligned}$$

де  $x=286$  – кількість спіральних витків на 1 м труби (приймаємо конструктивно).

Знайдемо площу поверхні частин 1 м труби, яка вільна від ребер за формулою:

$$\begin{aligned} F_{mp} &= \pi \cdot d_3 (1 - x \cdot \delta_p) = \\ &= 3,14 \cdot 0,028 (1 - 286 \cdot 0,00085) = 0,06 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (3.18) \end{aligned}$$

Визначимо середній температурний напір

При багатоходовому потоці теплоносія в трубному просторі і одноходовому потоці теплоносія в міжтрубному просторі (повітря) середній температурний напір визначається за методом Белоконя:

$$\Delta T_{cp} = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2,3 \lg \frac{\tau_{max}}{\tau_{min}}} \quad (3.19)$$

де  $T_{cp}$  – середній температурний напір, К;

$\tau_{max}$  ,  $\tau_{min}$  – відповідно більша та менша різниця температур, яка визначається за формулами:

$$\tau_{max} = \theta + 0,5 \Delta T \quad (3.20)$$

$$\tau_{min} = \theta - 0,5 \Delta T \quad (3.21)$$



де  $\theta$  – різниця середньоарифметичних температур гарячого та холодного теплоносіїв

$$\theta = \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{T_3 + T_4}{2} \quad (3.22)$$

а  $\Delta T$  – характеристична різниця температур.

Розрахуємо  $\Delta T$  за формулою:

$$\Delta T = \sqrt{(\Delta T_1 + \Delta T_2)^2 - 4P\Delta T_1\Delta T_2} \quad (3.23)$$

Де  $\Delta T_1 = T_1 - T_2$  – перепад температур в гарячому потоці;

$\Delta T_2 = T_4 - T_3$  – перепад температур в холодному потоці;

$P$  – індекс протитоку. В нашому випадку  $P = 0,98$

$$\Delta T_1 = 321 - 310 = 11 K$$

$$\Delta T_2 = 296 - 261 = 35 K$$

$$\Delta T = \sqrt{(11 + 35)^2 - 4 \cdot 0,98 \cdot 11 \cdot 35} = 24,6 K$$

$$\theta = \frac{321 + 310}{2} - \frac{296 + 261}{2} = 37 K$$

$$t_{max} = 37 + 0,5 \cdot 24,6 = 49,3 K$$

$$t_{min} = 37 - 0,5 \cdot 24,6 = 24,7 K$$

Тоді:

$$\Delta T_{cp} = \frac{49,3 - 24,7}{2,3 \lg \frac{49,3}{24,7}} = 35,6 K$$

Перевіримо яку температуру має стінка труби

Температуру стінки труби з боку води знайдемо за такою формулою:

$$T_{\omega.1} = T_{cp.1} - \frac{k\Delta T_{cp}}{\alpha_1} = 315.5 - \frac{277 \cdot 35.6}{901} = 304.5K$$

Знайдемо поверхню теплообміну та компоновку труб

Знайдемо поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q_1}{k\Delta T_{cp}} = \frac{58.2 \cdot 10^3}{277 \cdot 35.6} = 5.90m^2$$

Визначимо кількість труб

$$N = \frac{F}{F_1} = \frac{5.9}{0.352} = 17$$

### 3.5 Висновки

В цьому розділі розглянули актуальність впровадження системи рекуперації тепла. Проаналізували існуючі рішення, та визначили оптимальне для нас рішення. Розробили варіант удосконалення та розрахували його основні параметри.

Наступному розділ буде присвячений розробці та плануванню заходів з охорони праці на розробленій ділянці.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Загальні правила безпеки при роботі з рекуператорами теплоти**

Охорона праці під час роботи з рекуператорами тепла є життєво важливою для гарантування безпеки та здоров'я працівників, які контактують з цими пристроями. Оскільки джерелом теплоти в рекуператорах є вентиляційне повітря, ефективна робота цих пристроїв вимагає дотримання певних правил безпеки.

**Навчання та інструктаж:** Працівники, які працюватимуть з рекуператорами тепла, повинні пройти навчання з безпечної експлуатації цих пристроїв та бути проінструктовані з техніки безпеки.

**Індивідуальний захист:** Працівники повинні носити належні засоби індивідуального захисту, такі як респіратори, рукавички та захисні окуляри, особливо коли вони обслуговують або чистять рекуператори. Перевірка перед використанням: Перед початком роботи з рекуператорами тепла необхідно перевірити їх стан та функціональність. Це може включати перевірку фільтрів на наявність бруду або забруднень.

**Вентиляція:** Роботи з теплообмінниками слід проводити в добре провітрюваному приміщенні або з використанням додаткової вентиляції, щоб запобігти утворенню небезпечних парів або газів.

**Уникати контакту з гарячими поверхнями:** Працівники повинні триматися подалі від найгарячіших частин теплообмінника і пам'ятати про можливість отримання опіків або травм.

**Постійний нагляд:** Для роботи з рекуператорами дуже важливо постійно тримати їх під контролем і вживати негайних заходів у разі виявлення будь-яких порушень в їх роботі або стані.

**Регулярне обслуговування та ремонт:** Щоб уникнути нещасних випадків, рекуператори завжди слід перевіряти, чистити та обслуговувати відповідно до інструкцій виробника.

Заходи на випадок надзвичайних ситуацій: Працівники повинні бути проінструктовані щодо дій у випадку аварії або небезпечної ситуації з рекуператорами, включаючи процедури евакуації та надання першої медичної допомоги.

Загалом, необхідно переконатися, що працівники добре навчені та мають необхідне обладнання для безпечної роботи з рекуператорами, а також дотримуються всіх правил техніки безпеки.

#### **4.2 Вимоги охорони праці при роботі з рекуператором тепла**

Вимоги до охорони праці та техніки безпеки при роботі з рекуператорами в Україні регулюються законодавством та стандартами з охорони праці. Основні вимоги включають

**Оцінка ризиків:** Роботодавець зобов'язаний провести оцінку ризиків для працівників, які працюють з рекуператорами, що включає визначення можливих небезпек, таких як небезпечні речовини, теплове навантаження тощо.

**Заходи безпеки:** Переконайтеся, що працівники добре захищені, навчіть їх правильно використовувати рекуператори, надайте їм засоби індивідуального захисту (за необхідності), проводьте регулярні перевірки та технічне обслуговування обладнання.

**Вентиляція та робоче середовище:** Переконайтеся, що робоче середовище добре вентилується, щоб запобігти накопиченню небезпечних речовин у приміщенні, а також контролювати температурний режим.

**Норми теплового навантаження:** Дотримання максимально допустимого теплового навантаження на працівника з метою запобігання перегріву або переохолодження.

**Запобігання нещасним випадкам:** Необхідно розробити та впровадити заходи, які допоможуть уникнути нещасних випадків при роботі з рекуператорами тепла, наприклад, систему автоматичного відключення або сигналізацію.

Медичний контроль: Проведення медичних оглядів стану здоров'я працівників, які працюють з рекуператорами, та вжиття профілактичних заходів для уникнення професійних захворювань.

Вищезазначені вимоги ґрунтуються на законах та стандартах з охорони праці в Україні, які регулюють діяльність підприємств і водночас забезпечують безпеку та здоров'я працівників.

### **4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Правила пожежної безпеки є однією з найважливіших складових системи охорони праці в Україні. Метою протипожежних тренувань є захист працівників та майна від можливих небезпек і забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Правила безпеки у випадку пожежі включають наступні кроки:

Зв'яжіться з пожежною службою (за номером екстреного виклику) і повідомте про пожежу. Назвіть точну адресу та деталі місця пожежі.

У разі пожежі в будівлі, якнайшвидше покиньте будівлю через найближчий безпечний вихід. Не намагайтеся нічого брати або гасити вогонь, якщо це не загрожує вашому життю.

Коли ви виходите з кімнати або будівлі, не забудьте зачинити двері, щоб уникнути поширення вогню та диму.

Кожна людина повинна вміти користуватися вогнегасником, а пожежа невелика, можна спробувати загасити її, перебуваючи на безпечній відстані від неї.

Ми переконливо просимо вас утриматися від використання ліфтів, оскільки вони можуть застрягти або погіршити ситуацію з розповсюдженням диму.

Перекрийте крани з електрикою та газом, якщо це безпечно.

Добре знати план евакуації вашої будівлі або обладнання до того, як станеться пожежа.

Безсумнівно, ваше життя і безпека - це найважливіші речі, про які слід пам'ятати.

Було б добре регулярно проводити тренінги та навчання з пожежної безпеки, щоб переконатися, що всі співробітники знають, як евакуюватися в разі пожежі, як користуватися вогнегасниками та інші важливі аспекти пожежної безпеки.

Також було б добре переконатися, що система протипожежного захисту (пожежна сигналізація, детектори диму, пожежні гідранти тощо) знаходиться в належному робочому стані і періодично перевіряється та обслуговується. У разі будь-яких несправностей, ми просимо вас повідомити про це відповідним особам.

Не зберігайте горючі матеріали в небезпечних місцях або поблизу джерел вогню. Краще зберігати їх у місцях, де вони безпечні та надійні.

#### **4.4 Висновки**

Даний розділ присвячений розгляду охорони праці на свинофермах при використанні рекуператорів тепла, та пожежній безпеці.

## 5 Економічна ефективність розробки

До порівняння приведемо два варіанти технології: технологія при якій забезпечення мікроклімату у свинарнику відбувається з використанням базового комплексу обладнання без використання рекуператора тепла (розділ 2) та проектного, оснащеного рекуператором теплоти, розробленим в розділі 3.

Щоб порівняти дві технології забезпечення мікроклімату у свинарнику, з базовим комплектом обладнання без рекуператора теплоти та з проектним, оснащеним рекуператором теплоти, потрібно розглянути кілька ключових аспектів:

Енергоефективність:

Без рекуператора: Базове обладнання використовує стандартні системи вентиляції, обігріву та охолодження, що споживають значну кількість енергії для підтримання оптимального мікроклімату.

З рекуператором: Використання рекуператора теплоти дозволяє повторно використовувати теплову енергію, що знижує загальні витрати на опалення та вентиляцію. Рекуператор збирає тепло з витяжного повітря і передає його вхідному свіжому повітрю.

Вартість обладнання та експлуатації:

Без рекуператора: Початкова вартість може бути нижчою, оскільки не потрібні додаткові системи для рекуперації тепла. Проте експлуатаційні витрати будуть вищими через більші витрати на енергію.

З рекуператором: Початкові інвестиції можуть бути вищими через вартість рекуператора і складнішу систему управління, але довгострокові витрати на енергію будуть меншими.

Екологічний вплив:

Без рекуператора: Більше споживання енергії призводить до вищих викидів парникових газів, що негативно впливає на навколишнє середовище.

З рекуператором: Зниження енергоспоживання зменшує екологічний вплив, роблячи таку систему більш екологічно дружньою.

Комфорт та здоров'я тварин:

Без рекуператора: Можливі коливання температури та вологості можуть негативно вплинути на здоров'я тварин і їх продуктивність.

З рекуператором: Стабільніший мікроклімат сприяє кращому здоров'ю тварин та їх продуктивності, оскільки рекуператор забезпечує постійний обмін повітря з мінімальними втратами тепла.

Технічне обслуговування:

Без рекуператора: Менше компонентів для обслуговування, але більші витрати на енергію можуть призводити до більш частого обслуговування систем опалення та вентиляції.

З рекуператором: Рекуператор потребує регулярного обслуговування, але загальний рівень зношеності систем може бути нижчим через зменшене навантаження на системи опалення та вентиляції.

## 5.1 Вихідні дані

Для порівняння процесу рекуперації теплоти на фермах для свиней з використанням стандартного та удосконаленого обладнання мікроклімату потрібно зібрати і порівняти економічні показники обох варіантів. Нижче подано дані, які необхідно врахувати для техніко-економічної оцінки:

1. Кількість рекуператорів на лінії: 0 одиниць для першого варіанту, та 7 для другого.

2. Потужність вентиляційного обладнання:

Стандартний варіант: 10,8 кВт.

Удосконалений варіант: 6,72 кВт.

3. Річні витрати палива:

Стандартний варіант: 7671,6 кг.

Удосконалений варіант: 3068,64 кг.

4. Обслуговуючий персонал: 1 працівник для обох варіантів.

5. Витрати праці на зміну:

Стандартний варіант: 0,4 люд.-год./зміну.



Удосконалений варіант: 0,1 люд.-год./зміну.

6. Вартість обладнання:

Стандартний варіант: 290000 грн.

Удосконалений варіант: 480000 грн.

Ці дані дозволять нам провести техніко-економічну оцінку та порівняти вигідність використання стандартної та удосконаленої системи мікроклімату ферми.

## 5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Ми будемо порівнювати базовий та удосконалений варіанти за питомими експлуатаційними витратами, які включають енергоресурси та витрати на ремонт і технічне обслуговування. Для цього ми виконаємо розрахунки згідно з методиками та рекомендаціями, наведеними в літературних джерелах [3, 4].

Усі показники економічної ефективності зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності розробки

Вихідні дані	Варіанти	
	базовий	проектний
1. Вартість комплексу обладнання, грн.	290000	480000
2. Обслуговуючий персонал, люд	1	1
3. Річні витрати палива на опалення, кг	7671,6	3068,64
4. Річні витрати електроенергії на вентиляцію, кВт·год.	88300,8	58867,2
5. Річний об'єм робіт (за рік у 1 приміщенні), гол.	8708,8	8708,8
6. Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	190000

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
7. Питомі експлуатаційні витрати, грн./ тис. гол.	11727,4 1	7547,5
8. Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	-	363653,90
9. Термін окупності додаткових капітальних вкладень, роки	-	0,5

### 5.3 Висновки

Аналізуючі і порівнюючи дані обох варіантів у (табл. 5.2) бачимо, що використання на проектній фермі рекуператорів теплоти у порівнянні з базовим обладнанням, є значно переважнішою за економічними показниками і своєю ефективністю. Строк прякому система себе окупить складає всього пів року, а ресурсно економічна складова складає 363653,90 грн.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У цьому дипломному проекті ми отримали наступні результати:

1. Мною було розглянуто підприємство «Сігма» його розташування стандарти якості і принцип роботи. Також я розглянув технології утримання тварин, а саме годувальну систему, систему утримання, систему миття та дезинфекції та систему мікроклімату з вентиляцією. І поставив основну задачу дипломного проекту а саме удосконалення мікроклімату ферми.
2. Визначено та розглянуто удосконалення технічного процесу створення мікроклімату, вплив параметрів мікроклімату на стан поголів'я, проаналізовано існуючі рішення створення мікроклімату на свинарських підприємствах, розглянувши ситуацію на підприємстві, дійшли висновку про обов'язкове встановлення системи кондиціонування. Взяли систему кондиціонування від компанії SKOV. Розробили удосконалення технічної системи, розрахували кількість і потужність вентиляторів та припливних клапанів. З розрахунків маємо 19 вентиляторів типу FC, та 132 припливних клапанів типу ZWN 3000 Розрахували теплову потужність та витрати в опалювальний сезон. Також розрахували установку, системи кондиціонування. Виходячи з розрахунків опалювального сезону, я дійшов до висновку, що витрати на опалення занадто великі, тому в наступному розділі ми розглянемо оптимізацію системи опалення, та скорочення витрат на неї.
3. Розглянув актуальність впровадження системи рекуперації тепла. Проаналізували існуючі рішення, та визначили оптимальне для нас рішення. Розробили варіант удосконалення та розрахували його основні параметри.
4. Розроблено план впровадження щорони праці на фермі при встановленні системи рекуперації тепла
5. Проведено аналіз базової та удосконаленої системи мікроклімату ферми зі встановленням рекуператорів тепла, було доведено ресурсно

економічну складову яка становить 363653,90 грн економії, та її швидку окупність у терміні пів року.

Отримавши всі ці данні можемо впевнено казати, що впровадження системи рекуперації тепла на підприємстві «Сігма» є надзвичайно необхідною, беручи до уваги, що на даний час і з даною ситуацією в країні, у найюлтжчій час паливні матеріали будуть дорожчати на 20-30% і впродовж року ця цифра може дійти до 50-60% здорожчання, система рекуперації тепла при її впроваджені допоможе скоротити затрати на паливні матеріали на 60%.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

- 1 "Sustainable Energy Solutions for Agricultural Systems" Автори: Bruce A. McCarl, John M. Antle Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-69389-7>
2. Болтянська Н.В Умови застосування технологічних операцій процесу створення мікроклімату на свинарських фермах -2019- с. 92-98 Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/7551>
3. Маніта І.Ю. Забезпечення енергозбереження при формуванні мікроклімату на свинарських фермах -2021- с. 214-217 Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/14085>
4. Uskenov R. Reduced energy resources in pork production. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. 2020. с. 155-158. Режим доступу : <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/uskenov.pdf>
5. О. В. Болтянський Шляхи створення оптимальних параметрів мікроклімату в умовах зростаючого дефіциту енергоресурсів в галузі свинарства 2018 с 6 – 12 Режим доступу: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/8>
6. Заболотько О.О. Проектування і розрахунок технологічних систем у тваринництві 2019 с 54-62 Режим доступу: <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/5981>
7. Сіренко В.Ф. Збереження теплової енергії в опалювальних ситемах тваринницьких приміщень 2017 с 8 – 12 Режим доступу: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/3766/1/97.pdf>
8. Elanchezhian Arulmozhi Machine Learning-Based Microclimate Model for Indoor Air Temperature and Relative Humidity Prediction in a Swine Building 2021 Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/222>
9. Paulina Mielcarek-Bocheńska The Impact of Microclimate Parameters on Odour Emissions from Pig Production in Spring 2020 Режим доступу: <https://sciendo.com/article/10.1515/eces-2019-0050>

10. Rivilli S, Pettarin N, Tonino A, Snidar R, Del Frate S, Pillon A. Odour emissions from intensive pig farms. *Environ Eng Manage J.* 2013; с. 197-200. Режим доступа: [http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol12/no11suppl/51\\_Rivilli1\\_13.pdf](http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol12/no11suppl/51_Rivilli1_13.pdf).

11. Blanes-Vidal V, Nadimi ES, Ellermann T, Andersen HV, Løfstrøm P. Perceived annoyance from environmental odors and association with atmospheric ammonia levels in non-urban residential communities: A cross-sectional study. *Environ Health Global Access Sci Source.* 2012;11. DOI: 10.1186/1476-069X-11-27.

12. Air Quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. Warszawa; 2007. Режим доступа: <http://sklep.pkn.pl/pn-en-13725-2007p.html>.

13. Liberati, P.; Zappavigna, P. A dynamic computer model for optimization of the internal climate in swine housing design. *Trans. ASABE* 2007 с. 2179–2188. Режим доступа: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=24093>

14. Ottosen, M.; Mackenzie, S.G.; Wallace, M.; Kyriazakis, I. A method to estimate the environmental impacts from genetic change in pig production systems. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2020, с. 523–537. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-019-01686-8>

15. Wu, Z.; Stoustrup, J.; Heiselberg, P. Parameter Estimation of Dynamic Multi-zone Models for Livestock Indoor Climate Control. In *Proceedings of the 29th Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) Conference, Kyoto, Japan, 14–16 October 2008*; с. 149–154. Режим доступа: <https://vbn.aau.dk/en/publications/parameter-estimation-of-dynamic-multi-zone-models-for-livestock-i>

16. Basak, J.K.; Okyere, F.G.; Arulmozhi, E.; Park, J.; Khan, F.; Kim, H.T. Artificial neural networks and multiple linear regression as potential methods for modelling body surface temperature of pig. *J. Appl. Anim. Res.* 2020, с. 207–219. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09712119.2020.1761818>

17. Besteiro, R.; Ortega, J.A.; Arango, T.; Rodriguez, M.R.; Fernandez, M.D.; Ortega, J.A. ARIMA modeling of animal zone temperature in weaned piglet buildings: Design of the model. *Trans. ASABE* 2017, с. 2175–2183. Режим доступа: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=48684>

18. Ortega, J.A.; Losada, E.; Besteiro, R.; Arango, T.; Ginzo-Villamayor, M.J.; Velo, R.; Fernandez, M.D.; Rodriguez, M.R. Validation of an AutoRegressive Integrated Moving Average model for the prediction of animal zone temperature in a weaned piglet building. *Biosyst. Eng.* 2018, с. 231–238 Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511018304744>
19. Basak, J.K.; Arulmozhi, E.; Khan, F.; Okyere, F.G.; Park, J.; Kim, H.T. Modeling of ambient environment and thermal status relationship of pig's body in a pig barn. *Indian J. Anim. Res.* 2020, с. 1049–1054. Режим доступа: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijar1&volume=54&issue=8&article=022>
20. Seo, I.; Lee, I.; Moon, O.; Hong, S.; Hwang, H.; Bitog, J.P.; Kwon, K.; Ye, Z.; Lee, J. Modelling of internal environmental conditions in a full-scale commercial pig house containing animals. *Biosyst. Eng.* 2012, с. 91–106. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511011001966>

## Додатки



**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра інжинірингу технічних систем

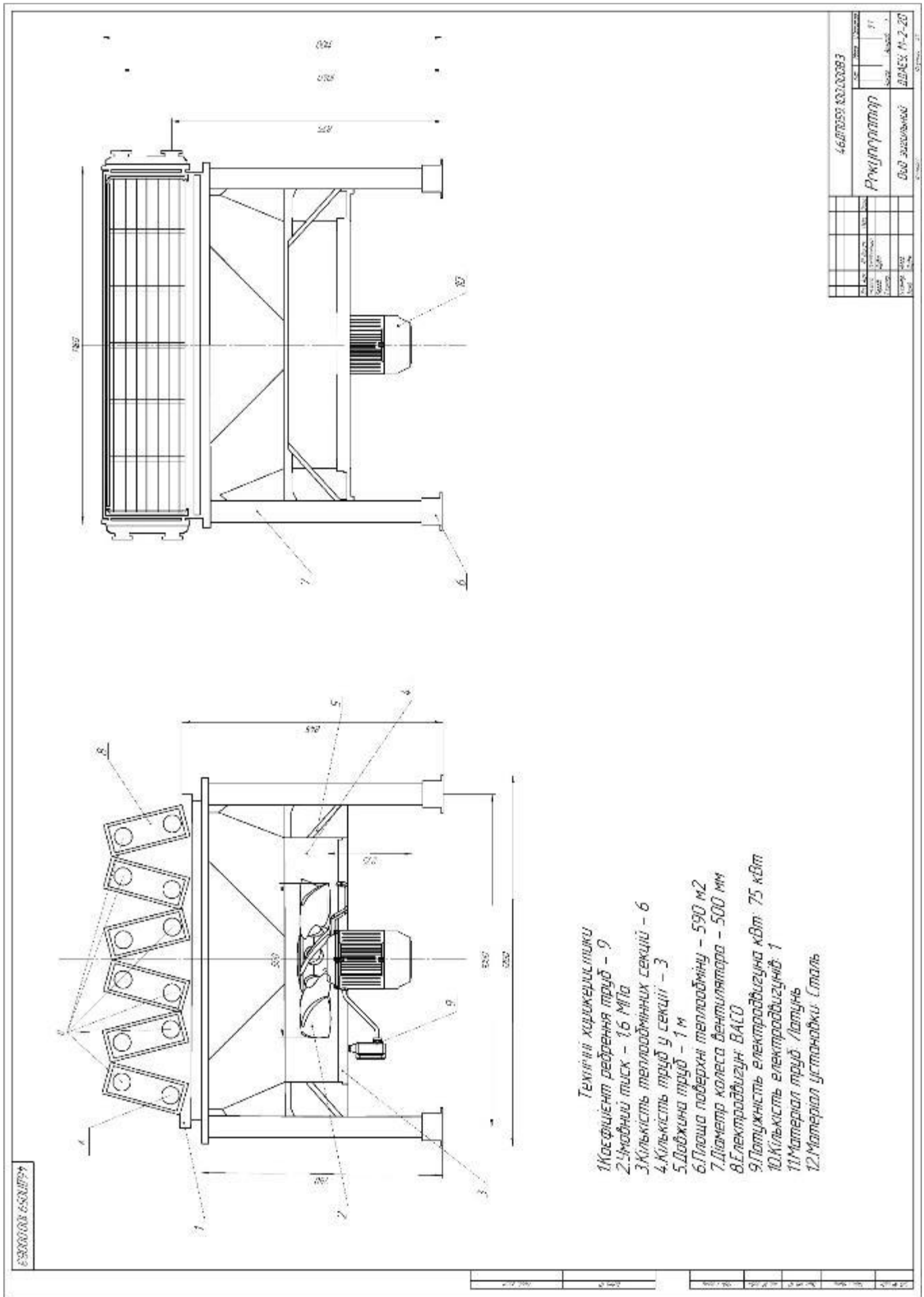
**Удосконалення технологічного процесу  
створення мікроклімату на свинофермі з  
розробкою системи рекуперації теплоти  
відпрацьованого повітря**

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

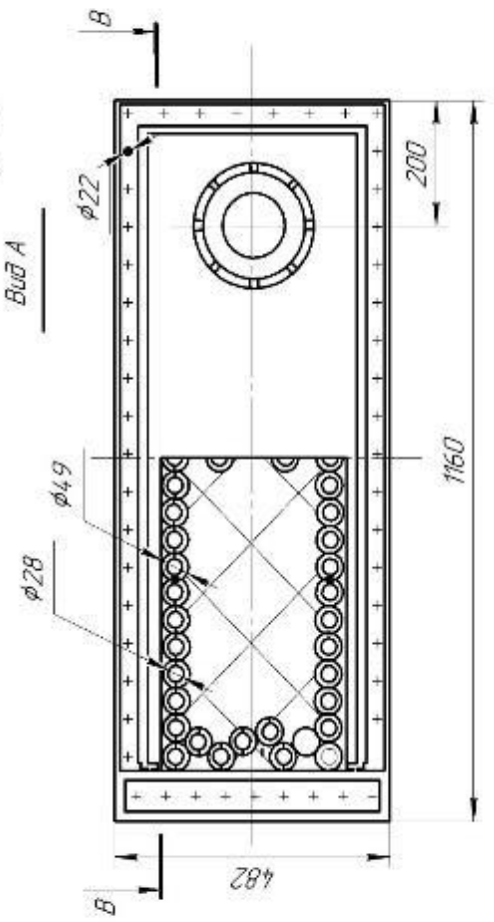
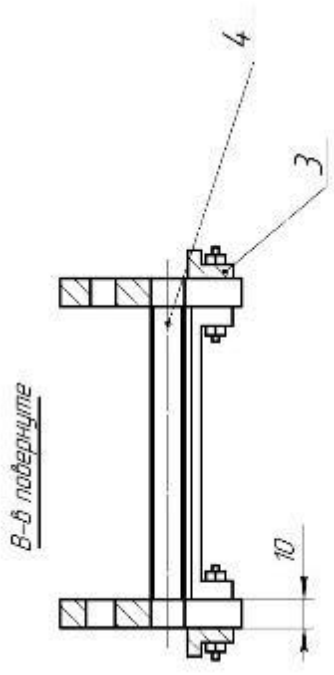
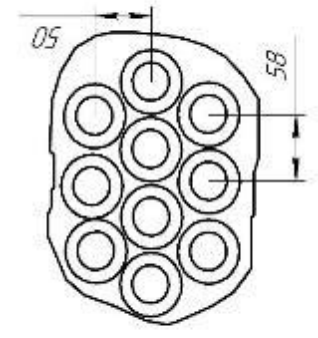
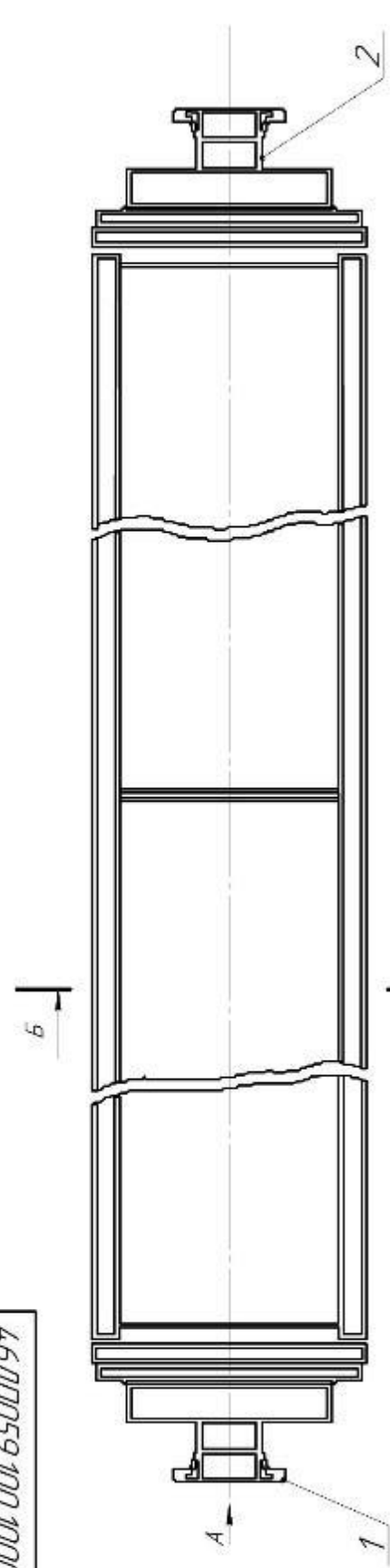
Виконав: студент 4 курсу, групи М-2-20  
Литвиненко Ярослав Андрійович

Керівник: к.т.н., доцент  
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро-2024



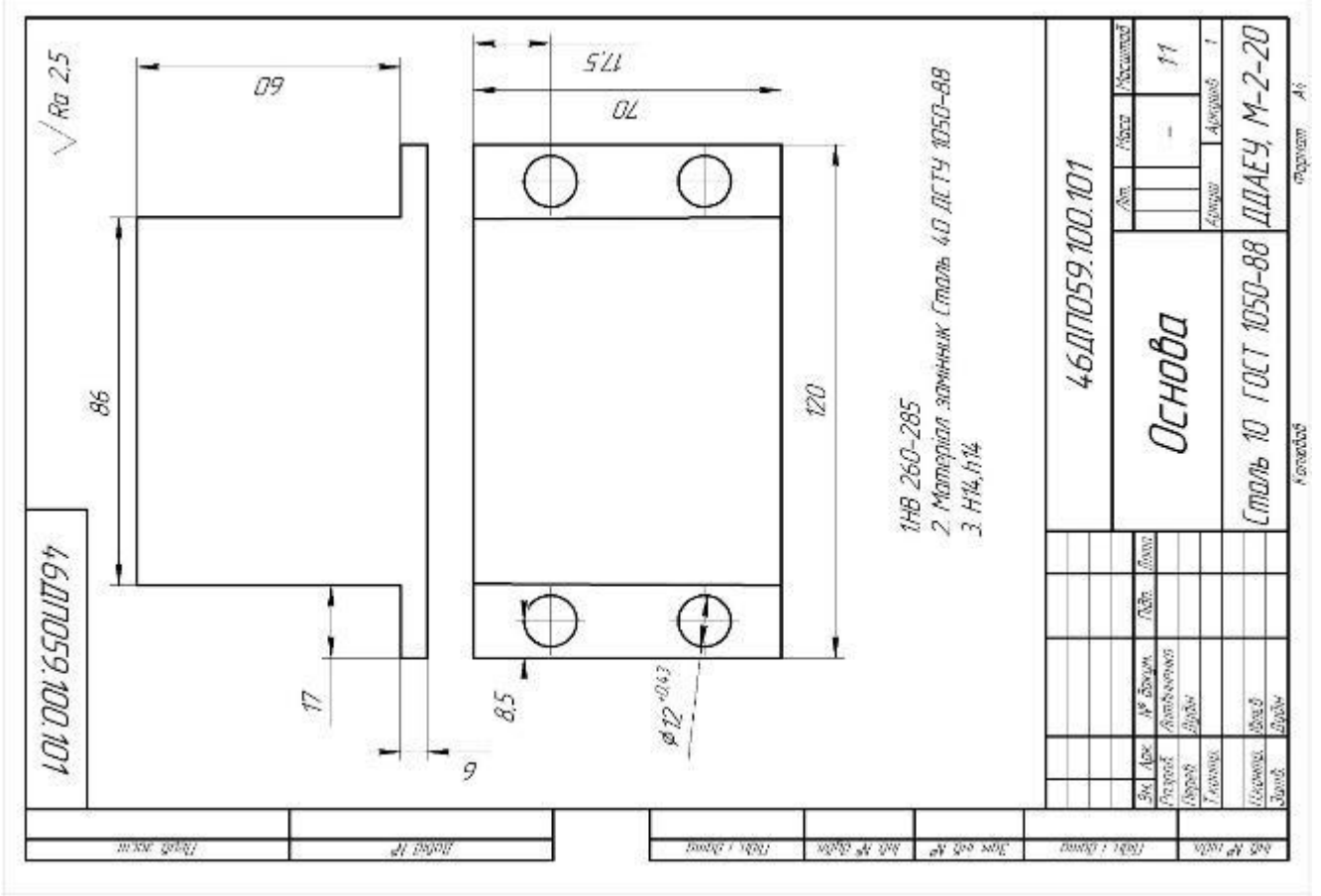
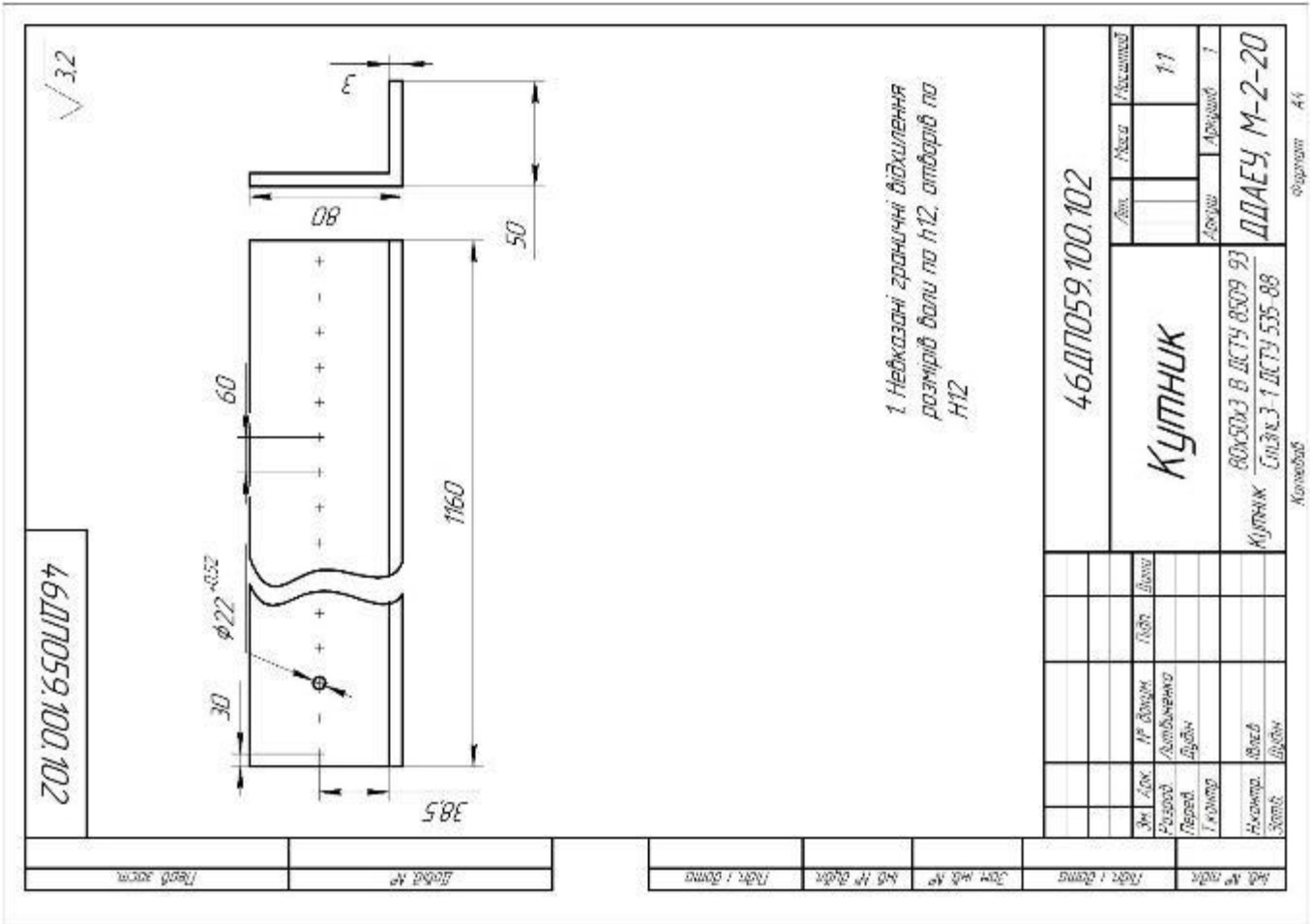
46ДП059.100.100СК

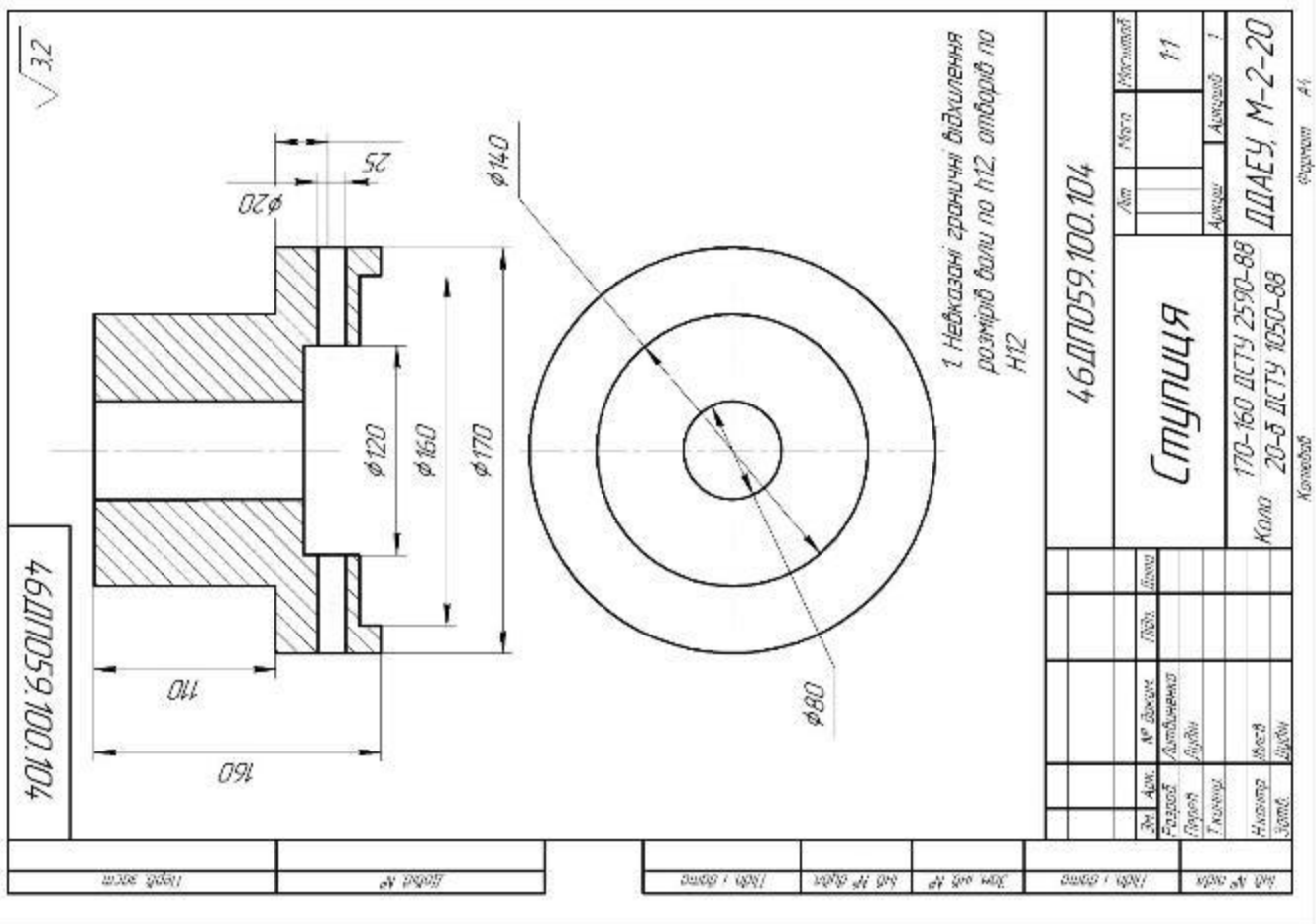
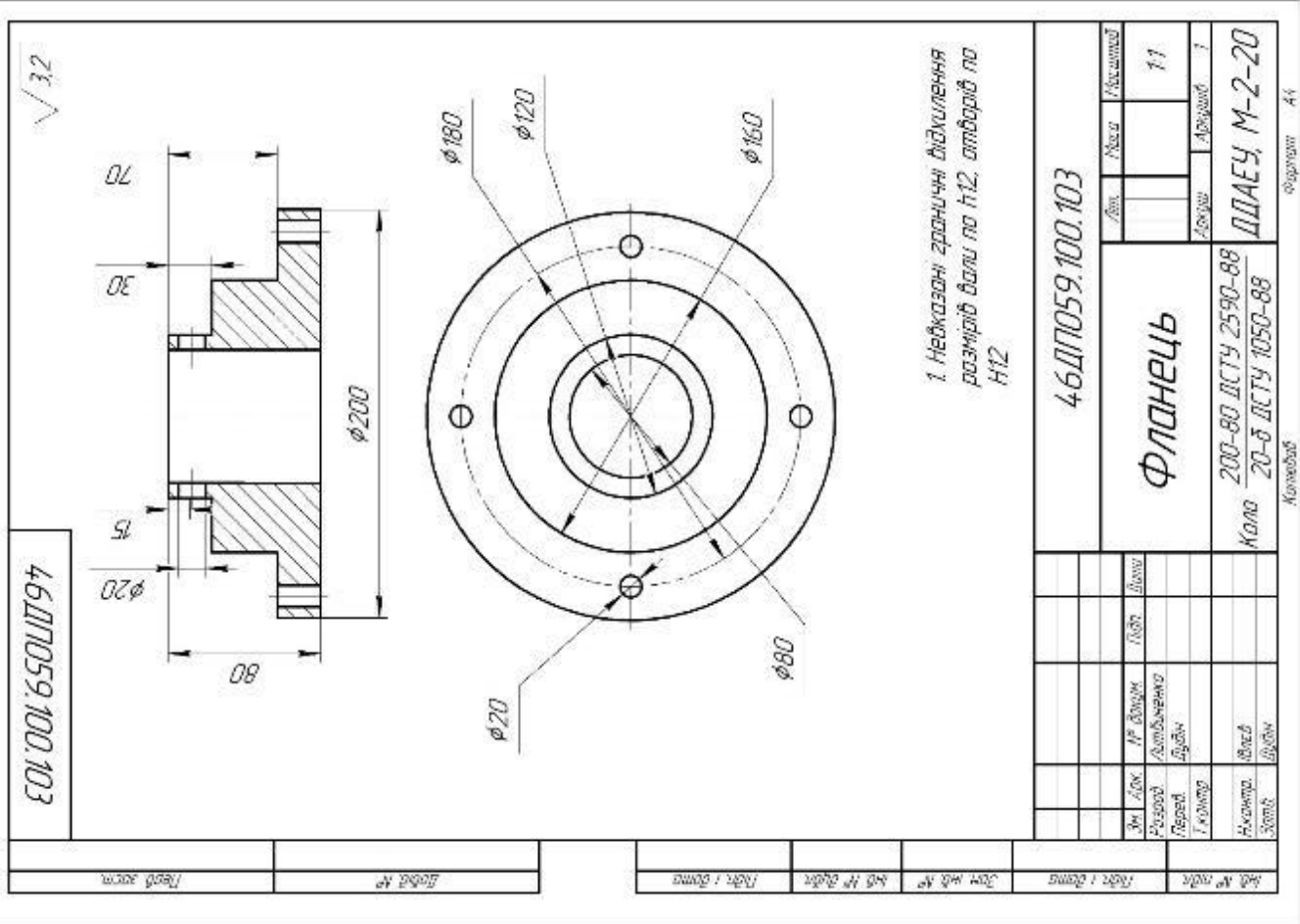


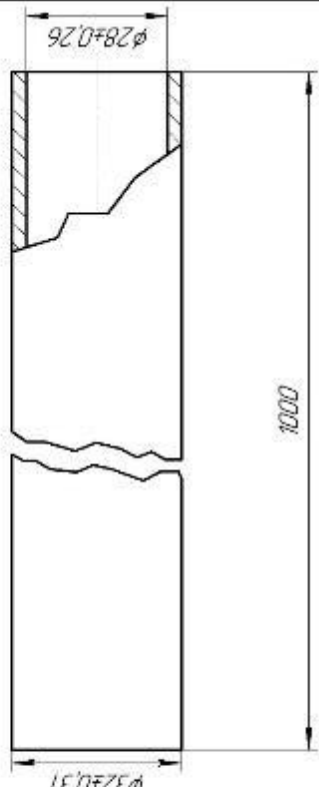
- Технічні вимоги*
1. Зварювання проводити електродами 34.2 ГОСТ 5794-88
  2. Зварні шви зчистити і профарбувати по ГОСТ 1253-88
  3. Після складання перевірити роботу під тиском

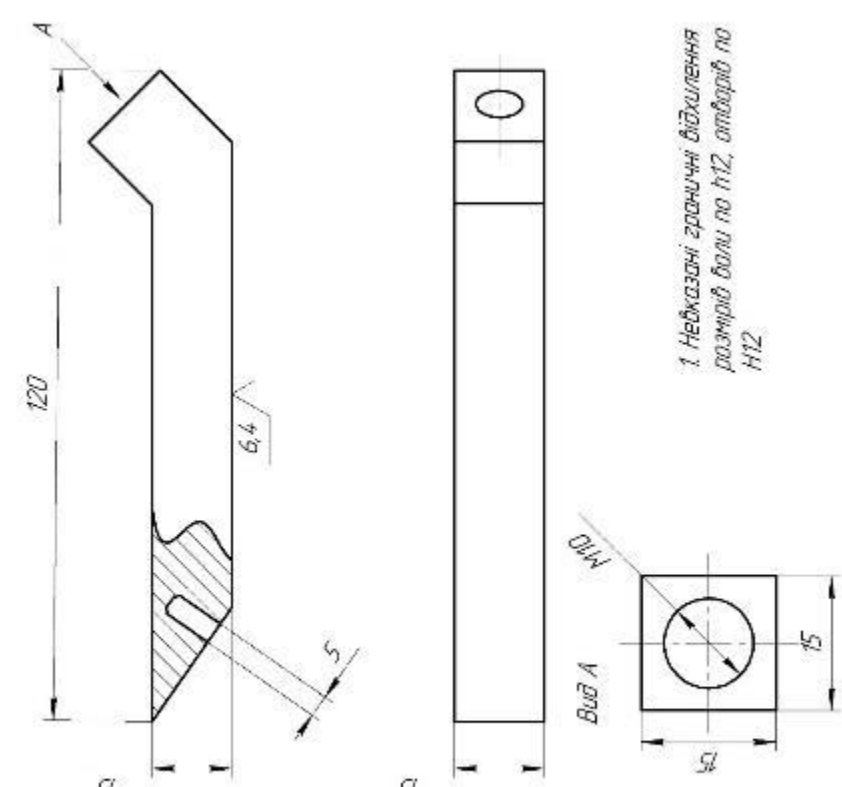
46ДП059.100.100СК		Лист	Кількість
<b>Теплообмінник</b>		Листа	11
		Аркушів	1
Складальне креслення		ДДАБУ, М-2-20	

Лист №	Лист №	Лист №	Лист №	Лист №	Лист №	Лист №	Лист №
1	2	3	4	5	6	7	8





<p>46ДП059.100.105</p>	<p>32</p>		
<p>Неказані граничні відхилення розмірів болів по Н12, отвір по Н12</p>		<p>46ДП059.100.105</p>	<p>Труба</p>
<p>8 x 1 ДСТУ 8734-75 Лист 20 ДСТУ 8733-87</p>		<p>ДДАЕСУ, М-2-20</p>	

<p>46ДП059.100.106</p>	<p>32</p>		
<p>1. Неказані граничні відхилення розмірів болів по Н12, отвір по Н12</p>		<p>46ДП059.100.106</p>	<p>Упор</p>
<p>Б-НН-15 ДСТУ 19903-74 Лист 20-3-1 ДСТУ 577-93</p>		<p>ДДАЕСУ, М-2-20</p>	



<i>Код</i>	<i>Зона</i>	<i>Позиція</i>	<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Примітка</i>
				<b><i><u>Документація</u></i></b>		
A1			<i>46ДП059.100.000ВЗ</i>	<i>Вид загальний</i>		
				<b><i><u>Складальні одиниці</u></i></b>		
A1		1	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Полиця</i>	<i>1</i>	
		2	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Лопаті вентилятора</i>	<i>12</i>	
		3	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Планка кріплення вентилятора</i>	<i>1</i>	
		4	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Короб</i>	<i>1</i>	
A4		5	<i>46ДП059.100.106</i>	<i>Упор</i>	<i>4</i>	
A4		6	<i>46ДП059.100.101</i>	<i>Основа</i>	<i>4</i>	
		7	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Стійка</i>	<i>4</i>	
		8	<i>46ДП059.100.100</i>	<i>Короб з трубами</i>	<i>6</i>	

<i>Зм.</i>	<i>Ста.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат.</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Литвинен</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркши</i>	<i>Аркши</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Лулін</i>		<i>V</i>				<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Консул.</i>									
<i>Н.</i>		<i>Івлєв</i>							
<i>Зав.</i>		<i>Лулін</i>							







<i>Н</i>	<i>ІВЛЕР</i>				
<i>Зав</i>	<i>Лудін</i>				<i>20</i>