НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 681.5:664.1:636.082.474

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

_____ В.В. Каплун
(підпис) (ПІБ)

«___»_____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри автоматики
та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

_____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

«___»_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.1664"С".2024.09.26.002.ПЗ

на тему **«ДОСЛІДЖЕННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ В СВИНАРНИКУ ПО ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ НА БАЗІ КТЗ ОВЕН»**

Спеціальність:
174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма:
Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
(назва)

Гарант освітньої програми _____ І.М. Болбот, д.т.н., професор
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

Виконав _____ І.М. Вихівський
(підпис) (П.І.Б студента)

Керівник магістерської роботи _____ В.О. Грищенко, к.т.н., доцент
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І.І. Мартиненка
_____ О.О. Опришко
«___»_____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Вихівському Івану Миколайовичу
(прізвище,ім'я,по-батькові)

Спеціальність:
174– «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
Освітньо-професійна програма:
Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Тема магістерської роботи **«ДОСЛІДЖЕННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ В СВИНАРНИКУ ПО ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ НА БАЗІ КТЗ ОВЕН»**,
затверджена наказом ректора НУБіП України від 26.09.2024 року №1664«С»
Термін подання студентом магістерської роботи 15.11.2024 року
Вихідні дані до магістерської роботи: завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; матеріали дослідження та аналізу; наукова література з тематики магістерської роботи.
Перелік питань, що підлягають дослідженню:
1. Мікроклімат виробничих приміщень промислових свинарників.
2. Дослідження температурного режиму у свинарнику та синтез математичної моделі об'єкта керування.
3. Вибір регулятора, обґрунтування параметрів його налаштувань та розроблення інтерфейсу оператора.
4. Дослідження цифрової системи керування.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Оцінка економічної ефективності САК мікрокліматом у свинарнику.

Дата видачі завдання «27» вересня 2024 року

Керівник магістерської роботи _____ Грищенко В.О.
(Підпис) (Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Вихівський І.М.
(Підпис) (Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ …… 4
Розділ 1. Мікроклімат виробничих приміщень промислових свинарників …….. 7
1.1. Вимоги до параметрів повітряного середовища …… 7
1.2. Схеми вентиляції промислових свинарників …… 13
Розділ 2. Дослідження температурного режиму у свинарнику та синтез математичної моделі об’єкта керування …… 23
2.1. Розробка математичної моделі температурно-вологісного стану повітряного середовища виробничого приміщення …… 23
2.2. Розробка імітаційної моделі температурно-вологісного стану повітря у тваринницькому приміщенні в середовищі MATLAB …… 29
2.3. Визначення передатної функції телятника для каналу керування температурним режимом …… 31
2.4. Розробка функціональної схеми автоматизації системи керування температурним режимом у свинарнику …… 34
Розділ 3. Вибір регулятора, обґрунтування параметрів його налаштувань та розроблення інтерфейсу оператора …… 37
3.1. Вибір алгоритму керування ……. 37
3.2. Вибір промислового регулятора та частотного перетворювача для реалізації алгоритму керування температурним режимом у свинарнику 39
3.3. Вибір первинного перетворювача САК температурним режимом у свинарнику …… 44
3.4. Визначення передатної функції виконавчого механізму САК ……. 47
3.5. Розроблення інтерфейсу оператора із використанням середовища Codesys …….. 49
Розділ 4. Дослідження цифрової системи керування …….. 53
Розділ 5. Схеми системи автоматизації ……. 59
5.1. Система автоматичного керування припливно-витяжною установкою …….. 59
5.2. Вибір пускозахистної апаратури …… 61
5.3. Вибір проводів та кабелів …… 65
5.4. Розробка схеми електричної з’єднань …… 67
5.5. Розробка схеми електричної підключень …… 70
Розділ 6. Оцінка економічної ефективності САК мікрокліматом у свинарнику …… 72
Висновки …….. 75
Література …… 76
Додатки …… 78

ВСТУП

Актуальність теми. Мікроклімат тваринницького приміщення – це середовище, яке постійно оточує тварину протягом її життя. В першу чергу – це повітря приміщення, що має певні температуру, вологість, забруднюваність газом та пилом, рухомість, електричні характеристики, потім – підлога, її технічний стан, температура і ступінь вологості, стіни і стеля, їх температура і променисті характеристики, нарешті – рівень шуму від працюючих у приміщенні механізмів, рівень освітленості та ультрафіолетового опромінювання.

Стан здоров'я тварини, а отже, і її продуктивність, визначаються сукупним впливом на неї всіх наведених параметрів мікроклімату. Кожен з параметрів мікроклімату діє на організм тварин по-різному, різний і ступінь його впливу. Своєрідно цей вплив виявляється в різних поєднаннях всіх параметрів.

Так, температура повітря і загорожі, рухомість повітря, ступінь вологості підлоги, відносна вологість повітря впливають на тепловтрати тіла тварини; забруднюваність шкідливими газами і пилом, недостатні освітленість і опромінювання – на рівень окисних процесів тощо. Підвищена рухомість повітря при низьких температурах у вогкому приміщенні дуже шкідлива, в той же час при високих температурах, навпаки, вона сприяє інтенсивному охолодженню тварини, утворюючи їй сприятливі умови для життєдіяльності.

У зв'язку з цим вирішальним фактором мікроклімату, тобто таким, який у даний момент найбільше впливає на тварину залежно від поєднання інших параметрів, може бути кожен з них. Так, при безвигульному утриманні тварин і забезпеченні нормальних параметрів повітряного середовища вирішальним фактором може бути ультрафіолетова недостатність. У холодні і жаркі періоди року вирішальним фактором є температура повітря, у холодному вогкому приміщенні – вологість підлоги та її температура тощо.

Очевидно, для того щоб одержати від тварин, які перебувають у приміщенні, максимальну продуктивність, необхідно кожен з параметрів мікроклімату підтримувати у певному поєднанні з іншими на оптимальному рівні, який забезпечив би максимальну продуктивність. Це завдання надзвичайно складне і може виявитись економічно невигідним, тому що витрати для підтримання будь-якого параметра, наприклад температури, цілий рік на рівні оптимального можуть не окупитися за рахунок одержаної додаткової продукції. Тому, коли ми говоримо про оптимальний мікроклімат, то розуміємо таке поєднання всіх його параметрів, яке забезпечує найвищі економічні показники виробництва в цілому. Це означає, що кожний з параметрів слід підтримувати не суворо на оптимальному рівні, а в деяких межах, які забезпечують високі показники виробництва.

В основі промислового виробництва свинини, директивно закріпленого у країнах Європи, лежить ряд основних правил його організації, а саме: замкнений цикл виробництва; використання приміщень за принципом "пусто-зайнято"; використання сучасного станкового обладнання (зазвичай із оцинкованої або нержавіючої сталі); скорочення до мінімуму чисельності персоналу та впливу людського фактору; використання щілинної підлоги в приміщеннях у поєднанні з самосплавною системою видалення гною; суворе дотримання санітарно-гігієнічних вимог, мінімізація шкідливих впливів на оточуюче середовище; автоматизація та комп'ютеризація процесу виробництва, годівлі, мікроклімату і т.д.

Тому створення ефективної і надійної системи вентиляції як складової частини мікрокліматичного середовища з метою збільшення продуктивності при мінімальних витратах засобів та енергії має велике значення і не втрачає актуальності в сучасному сільськогосподарському виробництві.

Об’єктом дослідження є процес створення температурного режиму в свинарнику для відгодівлі свиней.

Предметом дослідження є визначення ефективних технологічних та технічних параметрів системи вентиляції та опалення свинарників при вирощуванні тварин.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є удосконалення системи автоматичного керування температурним режимом у свинарнику, що забезпечить підвищення продуктивності процесу вирощування тварин та якості продукції за рахунок покращення мікрокліматичних умов утримання та зменшення споживання електроенергії тепло-вентиляційним обладнанням.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтування кількісних та якісних показників тепло-вентиляційного обладнання, що входить до складу технологічного комплексу для створення мікроклімату;
- розробка функціональної схеми автоматизації виробничих процесів у свинарнику;
- розробка математичної моделі створення температурного режиму у свинарнику та визначення його динамічних властивостей;
- вибір технічних засобів автоматизації для реалізації САК температурним режимом;
- визначення показників якості роботи САК;
- розробка електричних схем системи автоматизації;
- техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої САК.

Методи досліджень ґрунтуються на основних положеннях теорії сушіння, тепло- і масопереносу, математичного моделювання з використанням комп’ютерних технологій.

РОЗДІЛ 1
МІКРОКЛІМАТ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ ПРОМИСЛОВИХ СВИНАРНИКІВ

1.1. Вимоги до параметрів повітряного середовища

Основним параметром повітряного середовища приміщення і його мікроклімату в цілому є *температура повітря*, яка значною мірою впливає на стан здоров'я і продуктивність тварин, а також визначає економіку будівельної частини споруди та пристроїв її опалення і вентиляції. Тому правильний вибір розрахункової величини температури повітря в приміщенні, а також її величини в процесі експлуатації має велике економічне значення. Численними дослідженнями, які проведено з тваринами в спеціальних камерах з регульованим середовищем, встановлено, що максимальну продуктивність тварин і мінімальні витрати кормів на одиницю продукції одержують при цілком певній (оптимальній) температурі оточуючого повітря, при цьому температура ця підтримується постійно протягом всього періоду вирощування тварини.

При температурах, які відрізняються від оптимальної у бік підвищення або в бік зниження, продуктивність зменшується, а витрати кормів збільшуються. Для кожного виду тварин оптимальна температура повітря залежить від віку і маси, причому із збільшенням віку значення оптимальної температури знижується.

Разом з тим встановлено [16], що для кожного виду тварин існує температурна зона, всередині якої температура тіла зберігається нормальною при мінімальних регулювальних зусиллях з боку тварини. Цю зону називають зоною термічної індиферентності, або зоною комфорту. Зміни температури в межах цієї зони не спричиняють тварині неприємностей, і вона почуває себе добре. Нижню межу цієї зони становить нижня критична температура або

температура повітря, нижче якої тварина починає збільшувати теплоутворення в організмі, а верхню – температура повітря, вище якої тварина починає збільшувати свою тепловіддачу.

Найбільш вимогливі до тепла новонароджені тварини, у яких регулювання виділення тепла відносно навколишнього середовища починає виявлятися тільки через кілька днів після народження.

Новонародженим поросятам особливо шкідливі низька температура, висока вологість і сильний рух повітря, тому що вони значно збільшують тепловіддачу. Внаслідок цього швидко, особливо під час сну, тіло їх переохолоджується, що сприяє виникненню простудних захворювань, порушенню травлення, загальному ослабленню організму і, нарешті, призводить до зниження продуктивності або загибелі поросяти.

Нижня критична температура для новонароджених поросят становить +34°С, верхня +35°С, тобто зона індиферентності становить 1°С. У такому температурному режимі і повинно опинитись порося при народженні. Режим створюють за допомогою різних пристроїв для нагрівання підлоги або опромінюванням спеціальними лампами. У міру росту потреба поросят у теплі зменшуйся, тому температуру оточуючого повітря, інтенсивність опромінювання або температуру підлоги необхідно зменшувати.

Поросятам у віці до 7 днів потрібна температура повітря +29…+31°С, у віці 8 – 41 день - +25…+28°С. Але такі температури повітря у свинарниках-маточках дуже несприятливі для маток, яким потрібні температури в межах +16…+20ºС. Тому температурний режим для поросят створюють за допомогою підігрівання підлоги або інфрачервоними лампами локально, тільки в місцях їх розміщення, залишаючи температуру повітря в іншому просторі приміщення оптимальною для свиноматки.

Температуру поверхні підлоги для вирощування поросят при температурі повітря +16…+20°С треба підтримувати на такому рівні: перший тиждень +34…+31°С, другий – +32…+29°С, третій – +29…+26°С, четвертий +27…23°С, а потім – +24…+21ºС.

Слід особливо підкреслити, що наданий поросяті темп розвитку з моменту народження зберігається потім до кінця його вирощування. Втрату темпу розвитку в початковий період вже потім неможливо відшкодувати.

Згідно з нормами розрахунковою температурою приміщень для утримання відлучених поросят є +20°С. Проте тут також необхідна диференціація. Відлучених поросят до переведення на заключну відгодівлю треба утримувати при підвищених температурах, починаючи з +24°С при відлученні від матки і закінчуючи +18°С при переведенні на відгодівлю.

Це дозволяє до 120-денного віку підвищити масу кожної тварини на 12% порівняно з утриманням весь цей період при температурі +18°С.

Важливе значення має рівень температури у приміщеннях заключної відгодівлі.

Розрахункова температура для свинарників-відгодівельників прийнята + 16…+18°С, але найвища продуктивність свиней масою 45 кг при температурі близько +20°С, масою 65кг – +18°С, масою 90кг – +17°С, масою 120 кг – +15°С. Для різних порід свиней ці значення відхиляються від зазначених на 2°С в той чи інший бік.

Таким чином, в міру росту свиней температуру повітря в приміщенні треба знижувати.

Разом з тим, як показують дослідження [16], продуктивність свиней і витрати кормів практично не змінюються в значному інтервалі температур (рис. 1.1). Цей інтервал становить від +10 до +15°С, тобто, якщо наприклад, свиня масою 90 кг дає максимальний приріст при +17°С, то він практично буде близьким до нього в інтервалі температур від +10 до +24°С. Цей факт має велике практичне значення, тому що дозволяє залежно від сезону року підтримувати в свинарнику різні рівні температури без втрати продуктивності.

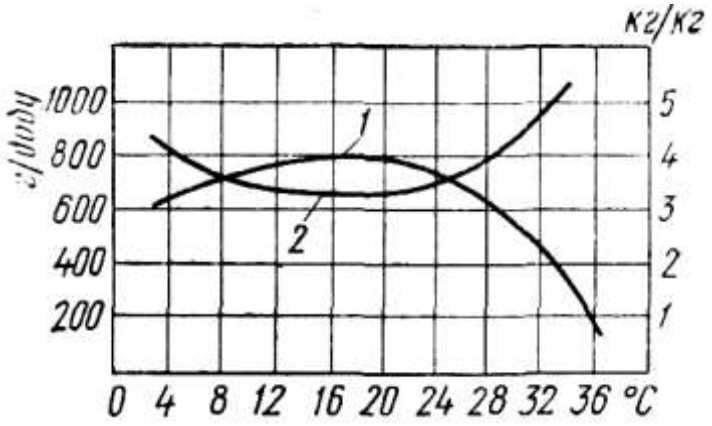


Рис. 1.1. Продуктивність при відгодівлі свиней породи ландрас від 40 до 90кг залежно від температури повітря
1 – добовий приріст; 2 – витрати кормів на 1 кг приросту

Таблиця 1.1.

Параметри внутрішнього повітря в приміщеннях свиноферм

Група тварин	Температура повітря			Відносна вологість повітря	
	розр.	макс.	мін.	макс.	мін.
Новонароджені поросята	31	33	30	60	55
Поросята вагою до 7кг до 25кг	 25 20	 26 22	 24 18	 70 70	 40 40
Поросята на дорощуванні 25-45кг	18	20	15	70	40
Відгодівля 45-100кг (без підстилки)	16…18	20	14	70	40
Матки супоросні	16	19	13	70	40
Матки підсисні	20	22	16	70	40

Одним з найважливіших параметрів мікроклімату є *швидкість руху повітря* біля тварин, яка відіграє суттєве значення в забезпеченні комфортних умов (таблиця 1.2). Рухомість повітря як фактор мікроклімату може бути віднесена до параметрів, що впливають на терморегуляцію тварини, тому при різних умовах її дія також є різною. Оскільки у всіх випадках значна рухомість повітря викликає відповідно більшу тепловіддачу, її при низьких температурах слід обмежувати.

Таблиця 1.2.

Гранична допустима швидкість руху повітря в зоні розміщення свиней

Приміщення	При мінімальній температурі, м/с	При максимальній температурі, м/с
Свинарники-маточники, приміщення для важкопоросних свиней	0,15	0,4
Свинарники-відгодівельники, приміщення для кнурів та легкопоросних маток	0,3	1,0
Свинарники для відлучених поросят	0,2	0,6

Вплив на продуктивність тварин *відносної вологості повітря* необхідно розглядати лише із зв'язком з температурою, оскільки вона впливає на терморегуляцію організму. Сучасними дослідженнями встановлено, що при температурах повітря 10-22°С коливання відносної вологості в межах 50-90% не спричиняють безпосереднього впливу на продуктивність тварин. При більш низьких температурах вологість вище 85% спричиняє негативний вплив.

Висока відносна вологість повітря сприяє швидкому поширенню інфекційних захворювань.

Низький рівень вологості (менше 40%) викликає подразнення слизових оболонок ока та дихальних шляхів, посилення спраги, погіршення апетиту та засвоєння корму, порушення мінерального обміну та засвоєння вітамінів. Побічним результатом низької вологості повітря є підвищення запиленості повітря, що призводить до респіраторних захворювань.

Газовий склад повітря виробничих приміщень впливає на обмін речовин, продуктивність тварин та їх опірність захворюванням.

Запиленість та забрудненість повітря приміщень бактеріями спричиняє несприятливий вплив на технологічне та опалювально-вентиляційне обладнання. Крім того, органічний пил є переносником хвороботворних мікробів. Встановлено, що при переході на безпідстилкове утримання тварин кількість пилу в повітрі знижується.

Загазованість повітря. Повітря закритого тваринницького приміщення або пташника за своїм хімічним складом за рахунок виділення в нього різних газів від дихання тварин та від розкладання гною відрізняється від навколишнього. З повітрям, що видихається твариною, виділяється велика кількість вуглекислого газу, а кисень поглинається. За рахунок процесів, що протікають у гної, у повітря виділяється значна кількість аміаку, вуглекислого газу, сірководню та інших газових домішок з неприємним запахом. При тривалому перебуванні тварин в середовищі з підвищеним вмістом шкідливих газів у них можуть з'явитися різні відхилення та розлади обміну речовин.

Основними шкідливими газовими домішками у повітрі тваринницьких приміщень прийнято вважати вуглекислий газ (CO_2), аміак (NH_4) та сірководень (H_2S), допустимі концентрації яких вказані в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Допустимі концентрації газів та пилу в повітрі свинарників

Вуглекислий газ (CO_2), л/м^3		Аміак (NH_4), мг/л		Сірководень (H_2S), мг/л		Пил, мг/м^3
тривало	коротко-часно	тривало	коротко-часно	тривало	коротко-часно	
2,5	3,5	0,02	0,03	0,01	0,015	3,5

Дослідження *освітленості* тваринницьких приміщень дозволили виявити залежність від неї зростання і розвитку тварин, фізіологічного обміну речовин та засвоєння кормів. Природне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, знижує долю нещасних випадків, втомлюваність та кількість помилок обслуговуючого персоналу.

Умови природного освітлення оцінюються за допомогою *коефіцієнта природної освітленості* (КПО), який являє собою відсоткове співвідношення природної освітленості, що утворюється в деякій точці заданої площини в середині приміщення до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, що утворюється світлом повністю відкритого небосхилу.

Для приміщень свинарських підприємств використовується геометричний метод нормування, що полягає у визначенні співвідношення площі світлових прорізів до площі підлоги. В приміщеннях для утримання кнурів-виробників, важкопоросних та підсисних свиноматок, а також відлучених поросят це співвідношення приймають рівним 1:10-1:12, в приміщеннях для утримання холостих та поросних маток і ремонтного молодняка – 1:12-1:15, в приміщеннях для утримання відгодівельних свиней – 1:15-1:20.

Тривалість світлового дня також спричиняє вплив на продуктивність тварин. Подовжити світловий день, при необхідності, можливо, використовуючи штучне освітлення. При цьому повинні дотримуватись вимоги відносно напрямку падіння світла, тіні, попередження засліплення тварин, рівномірності освітлення.

1.2. Схеми вентиляції промислових свинарників

За характером створюваного в приміщенні тиску системи вентиляції свинарників поділяють на три типи:

- *з надлишковим тиском* (рис. 1.2. б, в);
- *з розрідженням* (рис. 1.2. а, г) – системи вакуумного типу.
- *рівного тиску* – з припливно-витяжними системами.

За місцезнаходженням осьових вентиляторних агрегатів багатовентиляторні системи поділяють на:

- *з даховими вентиляторами* – з розміщенням вентиляторів на даху (рис. 1.2. в, г);
- *з настінними вентиляторами* – з розміщенням вентиляторів в стінах (рис. 1.2. а, б).

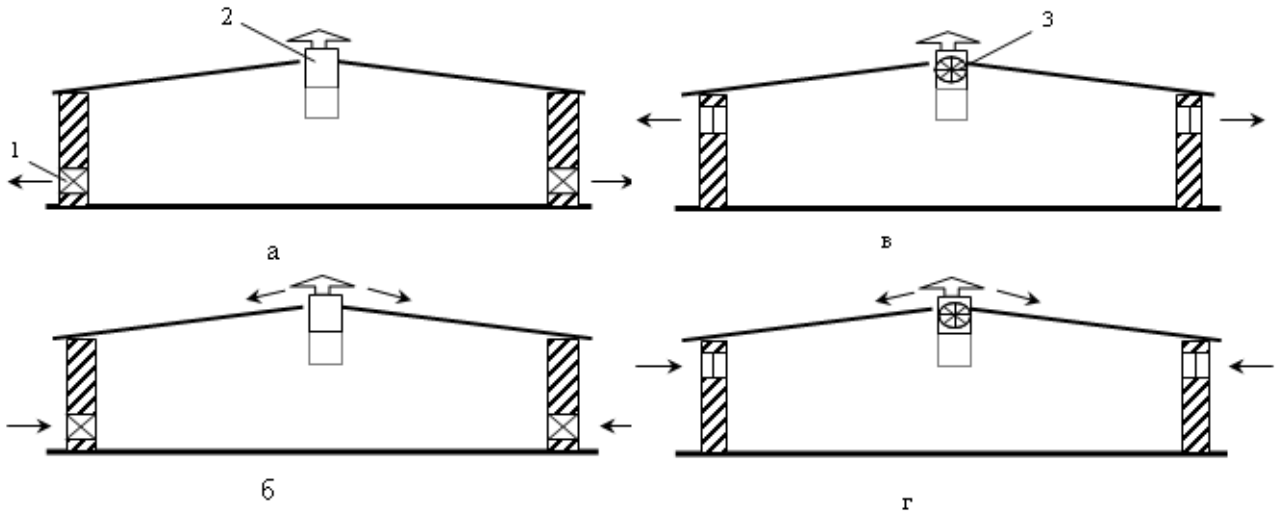


Рис. 1.2. Схема систем вентиляції

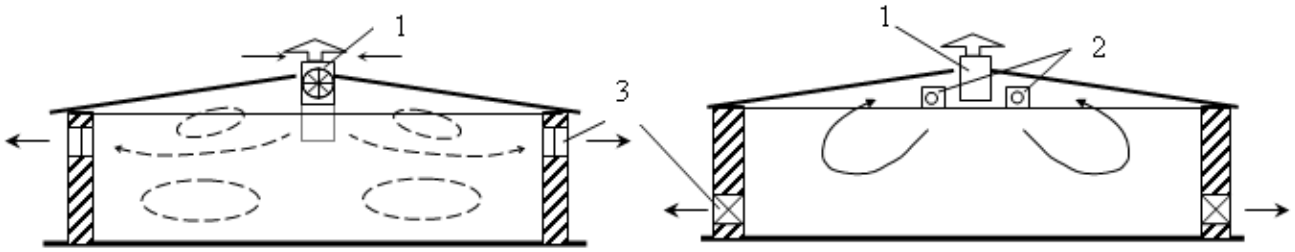
а – вакуумного типу з настінними вентиляторами, б – з надлишковим тиском з настінними вентиляторами, в – з надлишковим тиском з даховими вентиляторами, г – вакуумного типу з даховими вентиляторами, 1 – настінний вентилятор, 2 – шахта, 3 – даховий вентилятор

Надлишковий тиск в приміщенні перешкоджає вільному проникненню в нього зовнішнього повітря через нещільності, пори та щілини, однак в приміщенні при цьому конденсуються пари вологи. Також, при застосуванні повітряних фільтрів зменшується ризик заносу інфекції в приміщення, чим можна пояснити більші, у порівнянні з застосуванням системи вакуумного типу, прирости ваги свиней при тих самих затратах енергії.

Конструктивно схеми реалізують так: приплив повітря забезпечують дахові чи настінні вентилятори, витяжка відпрацьованого повітря – через вентиляційні отвори в стінах чи шахти під впливом надлишкового тиску, створюваного припливними вентиляторами (рис. 1.3. а) . У холодний період року передбачають включення опалювальних агрегатів.

При традиційних системах повітряного опалення в приміщеннях температура припливного повітря, як правило, відрізняється від температури повітря приміщення і більш нагріте повітря витісняється у верхню зону, при цьому збільшуються тепловитрати з вентиляційним повітрям.

Тому схема вентиляції при видаленні повітря з верхньої зони в розгляданих будівлях в холодний період року недостатньо ефективна (рис. 1.3. б).



а б

Рис. 1.3. Вентиляція приміщень з надлишковим тиском

а – з витяжкою повітря через вентиляційні отвори в стінах; б – з витяжкою повітря з верхньої зони; 1 – припливна шахта з вентиляторами; 2 - повітропроводи; 3 – вентиляційні отвори.

Оскільки дана схема недостатньо ефективна, то при її модернізації необхідно збільшити надлишковий тиск і подавати більшу кількість повітря в приміщення.

В жаркий період року через перевищення рекомендованих значень температури внутрішнього повітря знижується продуктивність тварин, а застосування навіть найпростіших пристроїв випарного охолодження ускладнює конструкцію опалювально-вентиляційних систем.

Встановлено, що при температурі зовнішнього повітря вище 20°С доцільно реверсувати витяжні вентилятори для роботи на приток, щоб повітря обтікало тварин. Крім цього, в даному випадку додатній температурний перепад сприяє підвищенню подачі вентиляторів.

Дослідження УНДІМЕСГ показали, що за допомогою такої схеми вентиляції в порівнянні зі схемою “зверху-вниз” вакуумного типу можна добитися зниження температури внутрішнього повітря на 2…3°С , оскільки при подачі в жаркий час по схемі “зверху-вниз” повітря, яке поступає в верхню зону, встигає прогрітися і вже не охолоджує приміщення. Однак при цьому може погіршуватись газовий склад повітря.

Встановлено також достатньо рівномірне розподілення внутрішньої температури повітря в зоні розміщення тварин (при середній температурі навколишнього повітря 22°С і вище) залежно від прямої та реверсивної роботи вентиляторів по довжині будівлі – тунельні та повздовжні системи вентиляції (рис. 1.4, 1.5).

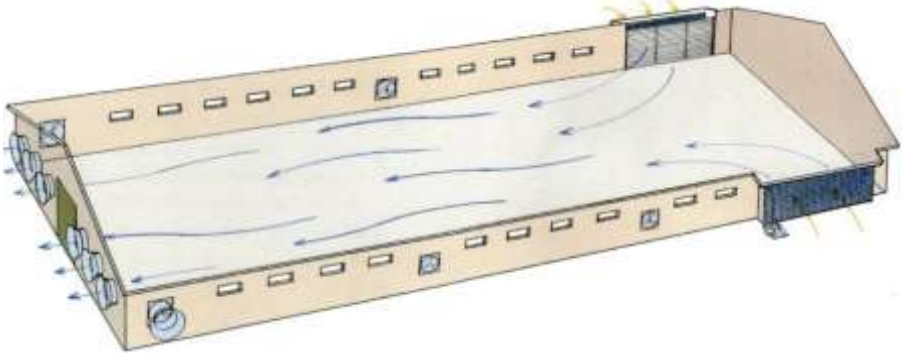


Рис. 1.4. Тунельна система вентиляції

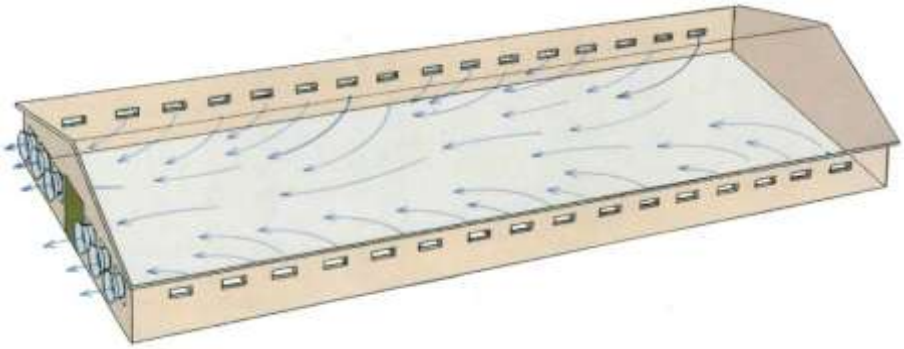


Рис. 1.5. Повздовжня система вентиляції

В приміщеннях, які знаходяться під розрідженням за рахунок роботи витяжної вентиляції, має місце інфільтрація повітря, тобто проникнення його через різні нещільності в огороджуючи конструкція. Проходячи крізь огорожі, повітря частково нагрівається за рахунок зустрічного теплового потоку через огорожу, таким чином відбувається невелика утилізація теплоти. Крім того, інфільтраційне повітря перешкоджає попаданню всередину огороджуючих конструкцій вологи.

При розташуванні припливних отворів на великій висоті основний потік повітря проходить над зоною розміщення тварин (рис. 1.6. а).

Щоб уникнути цього недоліку, припливні отвори розміщують в нижній частині стін (рис. 1.6. б).

Схемам, приведеним на рис. 1.6 властиві й інші недоліки: без захисних екранів вони чутливі до вітру, що особливо несприятливо в холодний період року. Вказані схеми неекономічні, так як в холодний період з приміщення інтенсивно видаляється тепле повітря з верхньої зони. В цих схемах важко забезпечити рециркуляцію.

Тому в приміщеннях, обладнаних хоч і сучасним вентиляційним обладнанням, спостерігається нерівномірність, нестабільність повітряних потоків, утворюються “мертві” зони, більше витрачається енергії на обігрів приміщення.

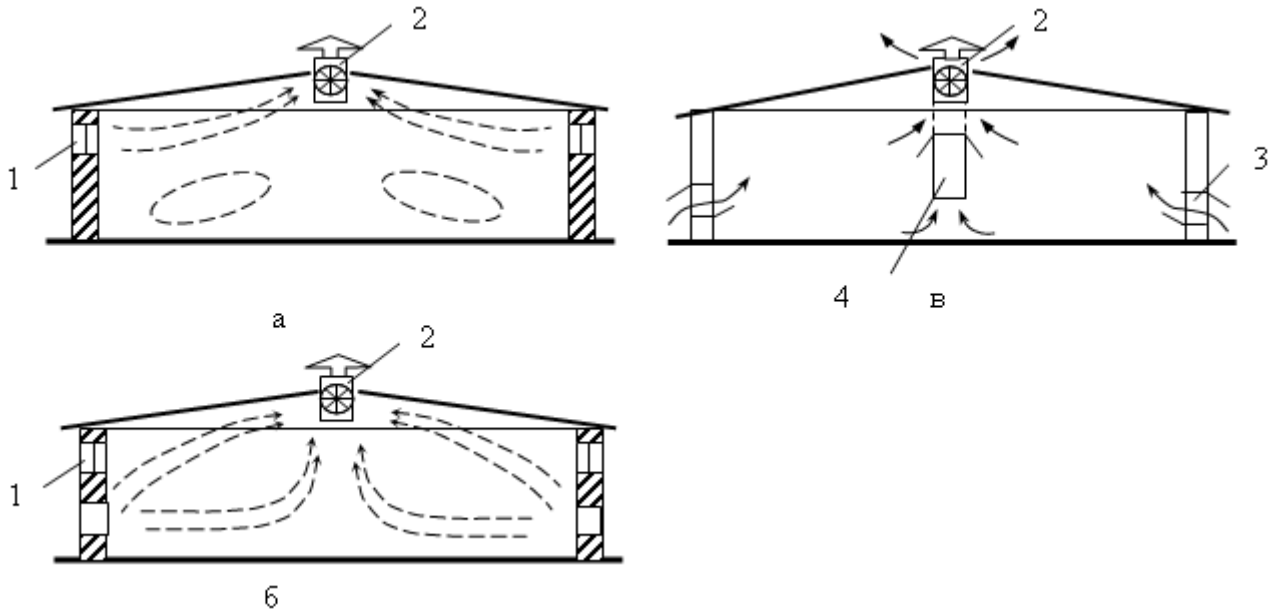


Рис. 1.6. Вентиляція приміщень вакуумного типу

з даховими вентиляторами

а – притік повітря через вікна; б – притік повітря через отвори в нижній частині повздовжніх стін; в – конструкція сезонного патрубку; 1 – віконний отвір; 2 – даховий вентилятор; 3 – припливний отвір; 4 – шахта

Для того, щоб запобігти вказаним недолікам, застосовують конструктивне рішення по схемі (рис. 1.6. в), хоча будова подовжених шахт з

проміжним забором повітря не завжди є можливою по вимогах технології та планування в тваринницьких приміщеннях.

Для того, щоб запобігти недолікам, властивим вказаним раніше схемам, витяжні вентилятори рекомендується встановлювати на певній відстані (менше половини ширини приміщення) в нижній частині повздовжніх стін. Якщо витяжні отвори розташовані в нижній частині стіни, то більшу частину робочої зони в приміщенні займає основна маса чистого повітря. Виникаючі при цьому вторинні кільця циркуляції переносять тепло з верхньої зони приміщення в нижню в холодний період року (рис. 1.7).

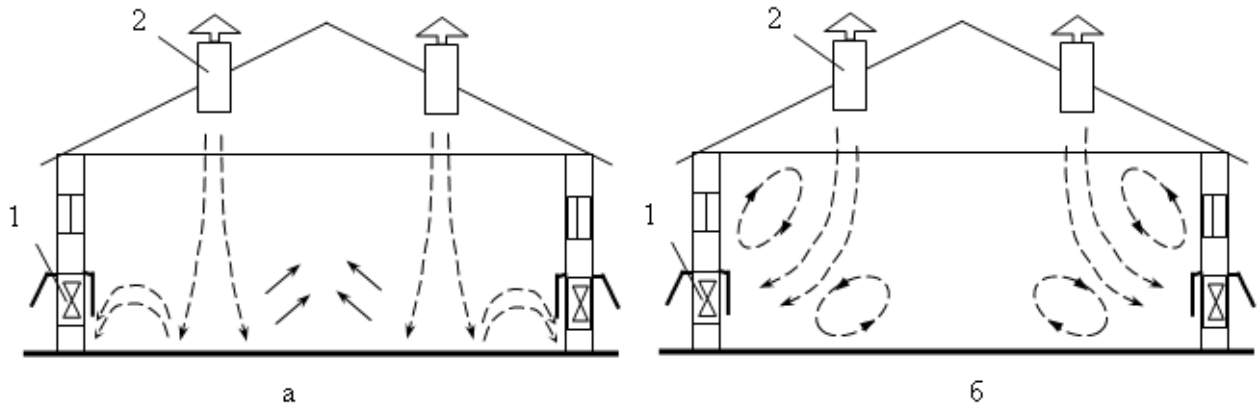


Рис. 1.7. Вентиляція вакуумного типу з настінними вентиляторами

а – при великій швидкості обертання витяжних вентиляторів; б – при середній швидкості обертання витяжних вентиляторів; 1 – настінні вентилятори; 2 – припливні шахти

Перегріте повітря можна використовувати для створення сприятливого мікроклімату. Для цього необхідно зовнішнє (холодне) повітря пропускати по схемі "зверху-вниз". Це добре здійснювати в перехідний та холодний періоди року, коли температура зовнішнього повітря нижче температури внутрішнього.

Як надійну альтернативу наведеним типам вентиляції в приміщеннях для вирощування тварин використовується тип *вентиляції рівного тиску* (*припливно-витяжна система вентиляції*) (рис. 1.8) з використанням дахових припливних та витяжних шахт з утепленням покрівлі. Ризик з неадекватного повітрообміну в цьому випадку радикально мінімізований, надійність системи

підвищується, але й збільшуються витрати на обладнання на 10-15% внаслідок високої технологічності та вартості припливних шахт.

При такій вентиляції виключений ризик протягів, потрапляння холодного повітря на молодняк, роботи по монтажу обладнання зведені до мінімуму.

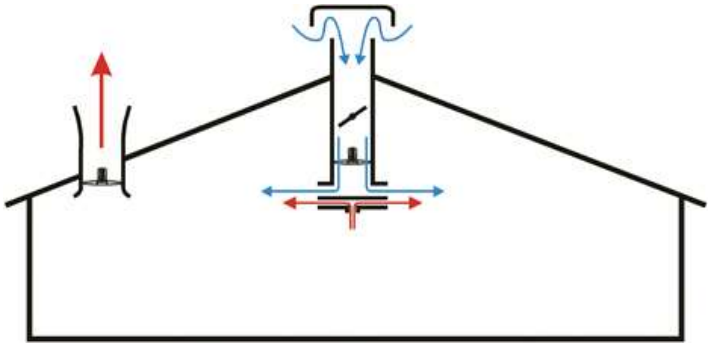


Рис. 1.8. Схема системи вентиляції рівного тиску

Одним з варіантів систем вентиляції рівного тиску є припливно-витяжні установки ПВУ-4М-6 (рис. 1.9), де нагрівання припливного повітря здійснюється електронагрівачами.

До складу кожного комплексу входить по шість комбінованих припливно-витяжних установок, у яких суміщені подача свіжого та видалення відпрацьованого повітря. Переміщення повітря забезпечується двоконтурним робочим колесом 2 вентилятора з двома робочими лопатками. Внутрішні лопатки переміщують відпрацьоване повітря по внутрішньому повітропроводу. Зовнішні – свіже повітря по кільцевому каналу 1 між корпусом 5 та внутрішнім повітропроводом 3. Змішувальні заслінки 6 забезпечують рециркуляцію повітря.

Для підігріву повітря в холодну пору року установки мають нагрівні елементи 4. Через стінки внутрішнього повітропроводу відбувається теплообмін між потоками відпрацьованого і свіжого повітря, завдяки чому 5 - 7% теплоти внутрішнього повітря передається припливному повітрю, що забезпечує деяку економію енергоресурсів.

Привід осьових вентиляторів витяжної системи здійснюється спеціальними електродвигунами серії АИРП, а саме АИРП80А2У3 (таблиця 1.5), які стійкі проти вологи, хімічних речовин та впливу низьких температур (літера П в позначенні серії двигуна вказує на те, що він продувається вентилятором серії ВО, насадженим безпосередньо на вал двигуна). Ступінь захисту згаданих двигунів IP55, конструктивне виконання за способом монтажу – IM9241.

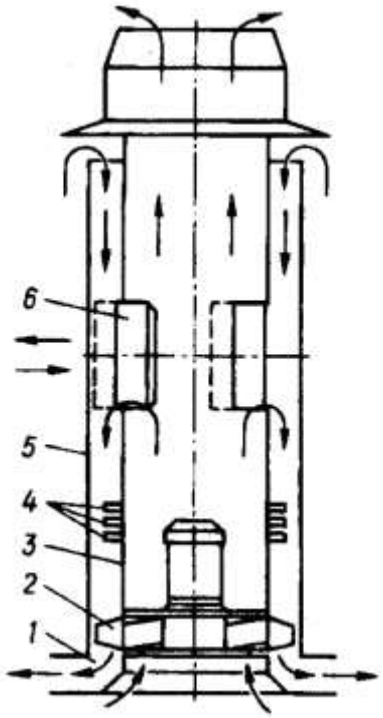


Рис. 1.9. Функціональна схема припливно-витяжної установки ПВУ-4М:

1 – кільцевий канал; 2 – робоче колесо вентилятора; 3 – внутрішній повітропровід; 4 – електронагрівачі; 5 – корпус; 6 – заслінки

Технічні характеристики комплексу установок наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

Технічні характеристики комплексу припливно-витяжних установок ПВУ-4М-6

Показники	ПВУ-4М-6	
	Для однієї установки	Для комплексу
Максимальна подача повітря, тис. $м^3$/год.:		
приплив	4,0	24,0
витяжка	3,4	20,4
Кількість установок у комплексі, шт.	-	6
Встановлена потужність		
електронагрівників, кВт	15	90
електродвигун осьового вентилятора, кВт	1,1	6,6
Сумарна встановлена потужність, кВт	16,1	97
Питома витрата електроенергії, кВт·год./тис. $м^3$		
у режимі вентиляції	-	0,12
у режимі опалення	-	1,0
Точність підтримання температури в зоні активного вентилювання, °С	-	±2
Габаритні розміри установки, мм		
висота	4130	-
діаметр	850	-

Таблиця 1.5.

Технічні характеристики двигуна АИРП80А2У3 приводу вентилятора

Тип	Потуж-ність, кВт	Частота обертання, об./хв.	Сила струму при напрузі 380 В, А	ККД, %	cos φ	$I_{пуск}/I_н$
АИРП80А2У3	1,1	3000	3,2	82,0	0,85	6,5

В механізмі приводу заслінки використовується мотор-редуктор МРА-III/24,8 з частотою обертання вихідного валу 25 об/хв. з однофазним двигуном АИР71А4 потужністю 0,55 кВт.

На стадії прийняття конструктивного рішення по вибору технічних засобів створення мікроклімату необхідно врахувати, що припливно-витяжні установки ПВУ-4М-6 у порівнянні з іншими системами вентиляції мають наступні переваги:

- виключають необхідність улаштування в приміщенні повітропроводів, оскільки забезпечують рівномірний розподіл повітряного потоку у радіальному напрямку;
- запобігають утворенню невентильованих зон завдяки ефективному перемішуванню повітряних потоків;
- краще видаляють надлишок вологи внаслідок постійно утворюваної інтенсивності потоку повітря в приміщенні;
- завдяки перемішуванню внутрішнього повітря із зовнішнім, що потрапляє у верхню зону, сприяють максимальному використанню теплоти, що виділяється тваринами;
- виключають необхідність улаштування в стінах та стелі будівлі спеціальних припливних або витяжних отворів, оскільки в одній камері суміщені приплив та витяжка приміщення.

РОЗДІЛ 2
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У СВИНАРНИКУ ТА СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1. Розробка математичної моделі температурно-вологісного стану повітряного середовища виробничого приміщення

Розглянемо свинарник як біологічний об'єкт. Серед його регульованих параметрів найбільш важливими є технологічно обґрунтовані температура в приміщенні для утримання тварин, а також вологість повітря та кількість шкідливих домішок у ньому.

Температура у приміщенні визначається:

- втратами тепла у навколишнє середовище;
- тепловою енергією, що надходить у виробниче приміщення в результаті життєдіяльності тварин;
- тепловою енергією, що отримується від системи обігріву.

Кількість вологи та шкідливих домішок, які з'являються у повітрі тваринницького приміщення в результаті життєдіяльності тварин, визначають об'єм вентиляційного повітря та кратність вентиляції, що в свою чергу впливає на теплообмінні процеси у виробничому приміщенні. Тому для визначення динамічних властивостей свинарника по каналу керування температурним режимом необхідно враховувати взаємний вплив температури та вологості повітря.

Складемо матеріальні баланси по каналу температури та вологості у тваринницькому приміщенні, для чого введемо наступні позначення:

S_p – Площа тваринницького приміщення, м^2;
V_p – Об'єм приміщення, м^3;
F – Площа стін і стелі, м^2;
m – Кількість місць, шт.;
N – Кількість тварин, шт.;
t_p – Температура повітря у приміщенні, ^{o}C;

φ – Вологість у тваринницькому приміщенні, %;
t_{pd} – Температура підлоги, °С;
t_{ze} – Температура землі, °С;
t_z – Температура зовнішнього повітря, °С;
d_z – Вологовміст зовнішнього повітря, г/кг с.п.;
τ_{sv} – Вік молодняку, діб;
r_{sv}, α_{sv} – Коефіцієнти для розрахунку тепловіддачі молодняку (r_{sv} = 0,092; α_{sv} = 0,35 Вт/м^2·°С) [23];
v_p – Швидкість повітря у приміщенні (v_p = 0,2 м/с);
λ_{bt} – Коефіцієнт передачі керамзитобетону (λ_{bt} = 0,6 Вт/м·°С);
δ_{bt} – Товщина шару керамзитобетону (δ_{bt} = 0,05м);
α_{pdp} – Коефіцієнт тепловіддачі від підлоги до повітря (α_{pdp} = 10 Вт/м^2 ·°С);
C_p – Питома теплоємність сухого повітря ($C_P = 1005\ Дж/(кг \cdot ^oC)$);
ρ_P – Густина повітря (ρ_P =1,234 кг/м^3).

Температурний стан повітряного середовища

Рис. 2.1. Матеріальний баланс тваринницького приміщення по каналу керування температурним режимом

В статичному режимі (рис. 2.1) кількість тепла, що поступає в приміщення з вентиляційним повітрям Q_1, що витрачається на додатковий нагрів Q_d, що приходить у повітря від підлоги Q_{pd} та кількість теплоти, виділена тваринами Q_{sv}, дорівнює кількості тепла, що втрачається в навколишнє середовище через огороджуючі поверхні Q_{wt} та з вентиляційним повітрям Q_2.

$$Q_1 + Q_{sv} + Q_d + Q_{pd} - Q_2 - Q_{wt} = 0 \quad (2.1)$$

В динамічному режимі:

- динаміка зміни температури повітря в тваринницькому приміщенні

$$\frac{d(V_{pr} \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_p)}{d\tau} = V_{vt} \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_z + q1_{sv} \cdot N_{sv} + Q_{na} + \alpha_t - F_{na} \cdot (t_{pd} - t_p) - V_{vt} \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_p - K_{st} \cdot F_{st} \cdot (t_p - t_z), \quad (2.2)$$

- динаміка зміни температури підлоги в приміщенні

$$\frac{d(V_{pd} \cdot \rho_{pd} \cdot C_{bt} \cdot t_{pd})}{d\tau} = Q_{na} - \alpha_t + F_{pd} \cdot (t_{pd} - t_{pr}) - K_{wt} \cdot F_{pd} \cdot (t_{pd} - t_{pr}). \quad (2.3)$$

Температура поверхні тіла тварин в залежності від температури повітря, ºС, визначається за виразом [23]

$$t_{sv} = 28.995 + 0.23 \cdot t_p - 1.326 \cdot 10^{-3} \cdot t_p^{\,2} + 3.157 \cdot 10^{-5} \cdot t_p^{\,3}. \quad (2.4)$$

Вага тварин в залежності від віку, кг, [23]

$$G_{sv} = 1.317 + 0.184 \cdot \tau_{sv} + 1.843 \cdot 10^{-3} \cdot \tau_{sv}^{\,2}. \quad (2.5)$$

Площа поверхні тіла молодняку, м^2, [23]

$$f_{sv} = r_{sv} \cdot G_{sv}^{\frac{2}{3}}. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від тіла тварини до повітря, Вт/м^2·град., [23]

$$\alpha_{sp} = 1.66 \cdot \sqrt[3]{t_{sv} - t_p + 60 \cdot \frac{v_p^{\,2}}{h_{sv}}}. \quad (2.7)$$

Тепло, що передається від тварини до повітря, Вт, [23]

$$Q_{sp} = \alpha_{sp} \cdot f_{sv} \cdot (t_{sv} - t_p). \quad (2.8)$$

Тепло що передається від тварин до підлоги, Вт, [23]

$$Q_{spd} = \frac{\lambda_{bt}}{\delta_{bt}} \cdot f_{sv} \cdot \alpha_{sv} \cdot (t_{sv} - t_{pd}). \quad (2.9)$$

Ріст тварин в залежності від ваги, м [23]

$$h_{sv} = 0{,}13637 + 0{,}00909 \cdot G_{sv}. \quad (2.10)$$

На рис. 2.2 зображена параметрична схема математичної моделі системи обігріву тваринницького приміщення.

Вхідними сигналами для свинарника є:

V_p – об'єм тваринницького приміщення, м^3; Q_{pd} – тепло, що передається від підлоги до повітря, Вт; F_p – площа поверхні стін і стелі, м^2; К – середнє значення коефіцієнта теплопередачі стін і стелі виробничого приміщення, Вт/(м^2·°С); ρ_p – густина повітря, кг/м^3; C_p – теплоємність повітря, Дж/(кг·°С); Q_t – кількість тепла, виділеного тваринами, Вт; W_t – середня маса вологи, що виділяється твариною за годину, кг/год.; n – кількість тварин, шт.; τ_{sv} – вік молодняку, днів; d_p – вологовміст у тваринницькому приміщенні, г/кг с.п.

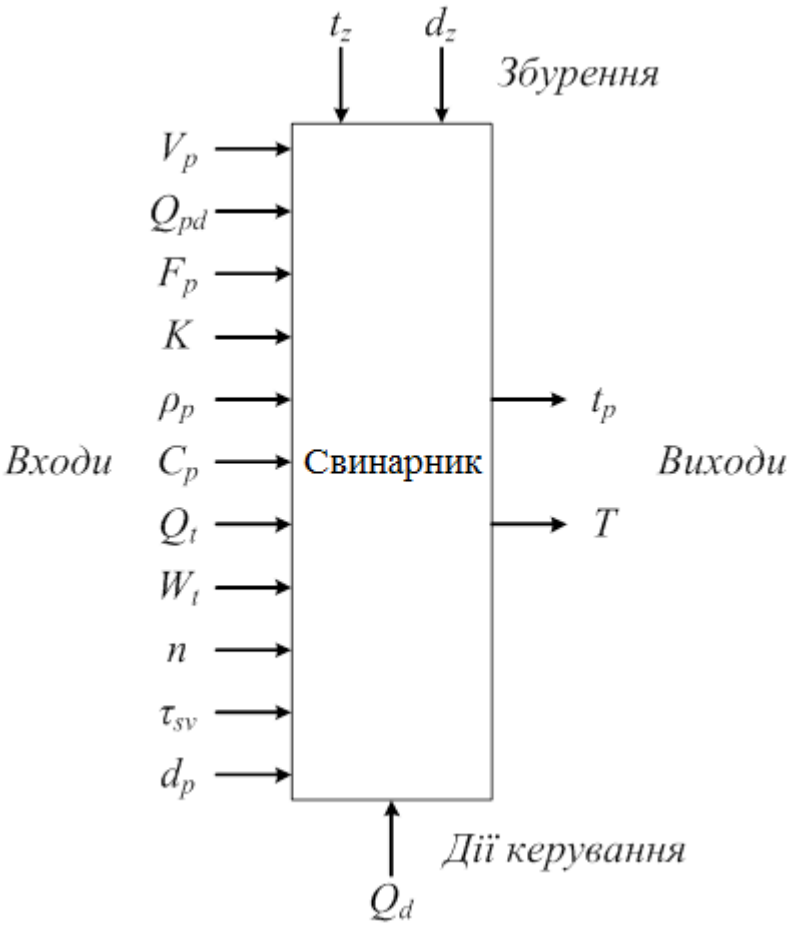


Рис. 2.2. Параметрична схема математичної моделі системи обігріву тваринницького приміщення

Дії на свинарник: Q_d – додатковий підігрів.

Збурення: t_z – температури навколишнього середовища; d_z – вологовміст зовнішнього вентиляційного повітря, г/кг сухого повітря.

Вихідними сигналами для свинарника є:

t_p – температура у приміщенні; T – постійна часу свинарника як об'єкта управління.

Постійна часу T є важливим параметром приміщення. Вона представляє собою час, протягом якого у приміщенні температура повітря досягає усталеного значення без тепловіддачі у навколишнє середовище.

Вологісний стан повітряного середовища.

В статичному режимі (рис. 2.3)

$$W_1 + Wsv - W_2 = 0, \tag{2.11}$$

де W_1, W_{sv} *і* W_2 – відповідно вологовміст припливного повітря, кількість вологи, що виділена тваринами та видалена з приміщення з вентиляційним повітрям.

Рис. 2.3. Матеріальний баланс тваринницького приміщення по каналу керування вологісним режимом

В динамічному режимі:

$$\frac{d(V_p \cdot d_p)}{d\tau} = V_{vt} \cdot d_z + W_{vd} - V_{vt} \cdot d_p . \tag{2.12}$$

де V_{vt} V_p – об'єм вентиляційного повітря, м^3/с, поданого в приміщення за секунду і об'єм приміщення, м^3; d_z, d_p – вологовміст повітря на вулиці і в приміщенні, г/кг сухого повітря; n – кількість тварин у приміщенні, шт.; W_t – середня маса вологи, що виділяється тваринами за годину, кг/год.

Додаткова волога, яка виділяється тваринами в приміщенні, кг/с:

$$W_t = \frac{N \cdot m \cdot W_{1sv}}{3600} . \tag{2.13}$$

Волога, що виділяється однією твариною, кг/год. [23]:

$$W_{1sv} = 14{,}029 + 2{,}892 \cdot G_{sv} - 0{,}031 \cdot G_{sv}^2 . \quad (2.14)$$

Продуктивність вентиляційної системи свинарника, м³/с:

$$W_{vt} = \frac{W_t}{(d_p - d_z) \cdot \rho_p} . \quad (2.15)$$

Тиск насиченої пари у свинарнику [23]:

$$Pn = \frac{5.343 + 0.02787 \cdot tp + 0.03213 \cdot tp^2 - 3.4032 \cdot 10^{-4} \cdot tp^3 + 7.7292 \cdot 10^{-6} \cdot tp^4}{735.6} . \quad (2.16)$$

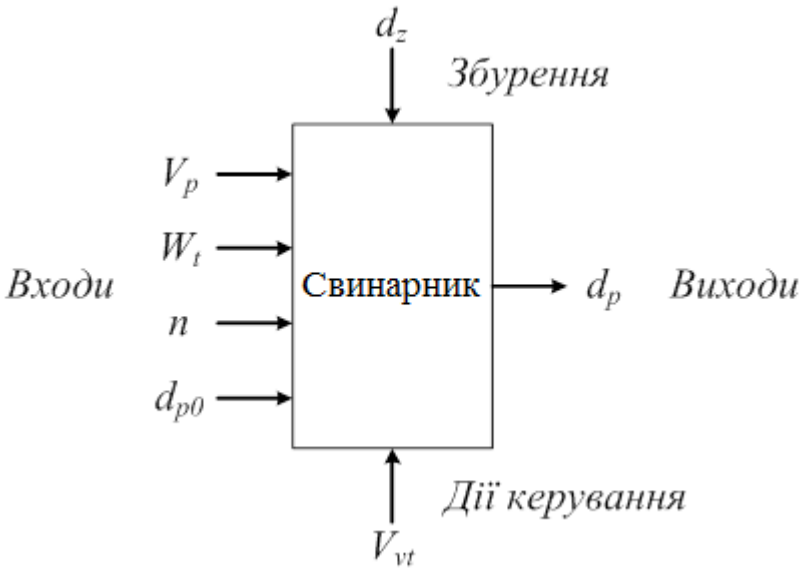


Рис. 2.4. Параметрична схема математичної моделі системи вентиляції у свинарнику

На рис. 2.4 зображена параметрична схема математичної моделі системи вентиляції свинарника. *Вхідними сигналами* є:

V_p – об'єм приміщення, м³; W_t – середня маса вологи, що виділяється однією твариною за годину, кг/год.; n – кількість тварин у приміщенні, шт.; d_{p0} – вологовміст повітря в приміщенні, г/кг сухого повітря.

Дії на приміщення: V_{vt} – об'єм вентиляційного повітря, м³/с.

Збурення: d_z – вологовміст зовнішнього повітря.

Вихідними сигналами є: d_p – вологовміст повітря в приміщенні, г/кг сухого повітря.

2.2. Розробка імітаційної моделі температурно-вологісного стану повітря у тваринницькому приміщенні в середовищі MATLAB

Імітаційна модель розроблена за допомогою пакету імітаційного моделювання Similink середовища MATLAB. В пакеті було створено 4 підпрограми для більш зрозумілого відображення математичної моделі, створеної в попередньому пункті (рис. 2.5-2.8).

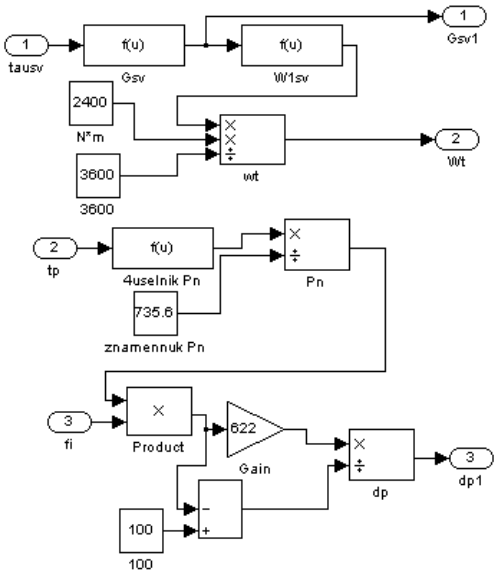


Рис. 2.5. Підпрограма Harakter SV1 для розрахунку вологи, що виділяється тваринами та вологовмісту повітря у приміщенні

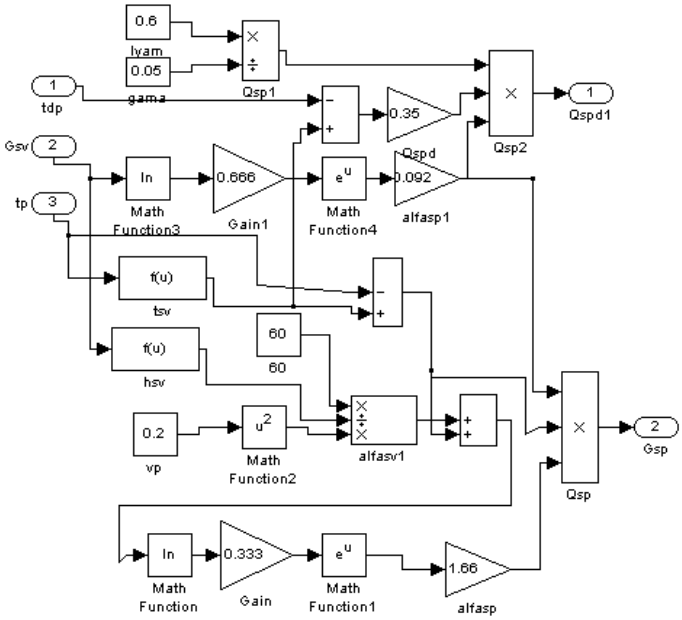


Рис. 2.6. Підпрограма teplo sv для розрахунку теплоти, виділеної тваринами

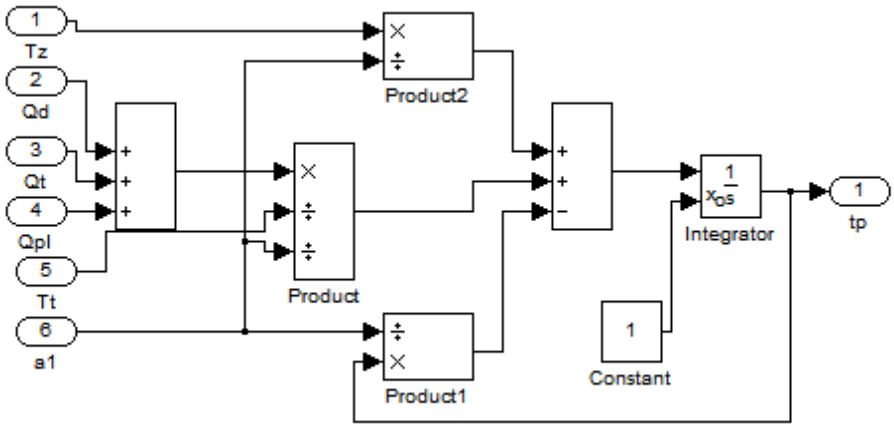


Рис. 2.7. Підпрограма Subtp для розрахунку правої частини диференційного рівняння температури приміщення

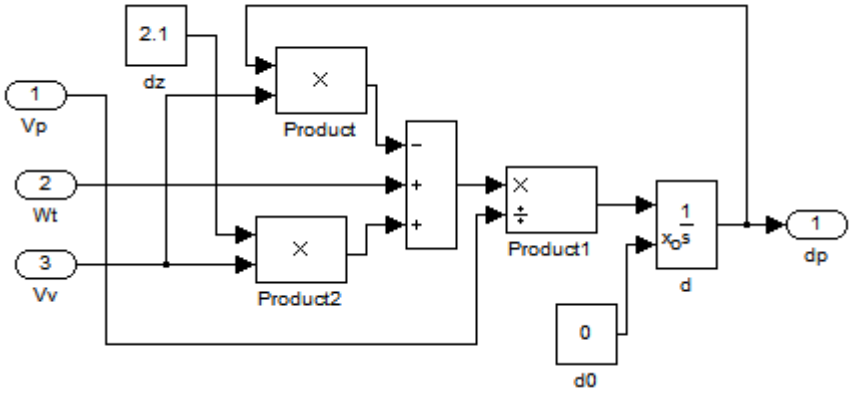


Рис. 2.8. Підпрограма Subdp для розрахунку правої частини диференційного рівняння вмісту вологи у повітрі приміщення

Розроблена імітаційна модель температурно-вологісного стану повітряного середовища свинарника наведена на рис. 2.9.

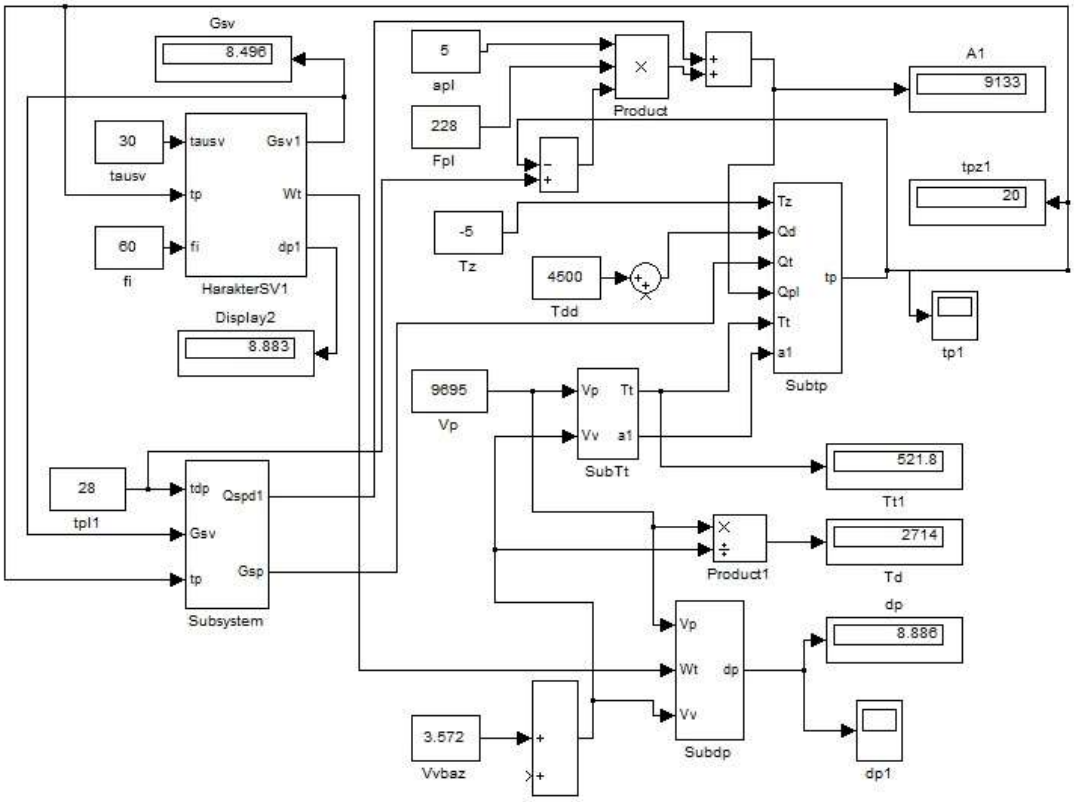


Рис. 2.9. Імітаційна модель температурно-вологісного стану повітряного середовища тваринницького приміщення

2.3. Визначення передатної функції телятника для каналу керування температурним режимом

Для визначення передатної функції свинарника по каналу керування температурним режимом скористаємось аналітичним методом [22].

Постійна часу нагрівання визначається як

$$T_{OY} = \frac{V_{П} \cdot \rho_{П} \cdot C_{П}}{(K_{П} \cdot F_{ЗАГ} + L \cdot \rho_{П} \cdot C_{П})}, \qquad (2.17)$$

де $F_{ЗАГ}$ – загальна площа перекриття, стін та вікон.

$F_{ЗАГ} = 300 + 73 + 1400 = 1773\,м^3$.

$$T_{OY} = \frac{3370 \cdot 1{,}293 \cdot 1005}{(6 \cdot 1773 + 2{,}83 \cdot 1{,}293 \cdot 1005)} = 306\,c.$$

Таблиця 2.1.

Вихідні дані для розрахунку:

Об'єм приміщення свинарника	$V_{П} = 3370\,м^3$
Площа зовнішніх стін	$F_{ЗС} = 300м^2$
Площа вікон	$F_{ВІК} = 73\,м^2$
Площа перекриття	$F_{ПЕР} = 1400м^2$
Середнє значення коефіцієнта теплопередачі	$K_T = 6\ Вт/(м^2 \cdot^o C)$
Кількість тварин у секції	$n = 216$
Продуктивність системи вентиляції	$L = 10200\,м^3/год.$ $L = 2{,}83\,м^3/с$
Густина повітря	$\rho_{П} = 1{,}293\,кг/м^3$
Теплоємність повітря	$C_{П} = 1005\,Дж/(кг \cdot^o C)$
Необхідна продуктивність системи опалення для підтримання розрахункової температури $t_B = 18^o C$	$Q^{18}_{ЗАГ} = 462756кДж/год.$
Кількість тепла, необхідна для компенсації теплових втрат з вентиляційним повітрям	$Q_{ВЕНТ} = 611847кДж/год.$
Сумарні тепловиділення усіх тварин	$Q_{ТВ} = 482328кДж/год.$

Час чистого запізнення по каналу регулювання $\tau_{ОУ}$ залежить від параметрів припливно-витяжних шахт, за допомогою яких здійснюється подача вентиляційного повітря та його нагрівання, та швидкості його розповсюдження в приміщенні.

$$\tau_{ОУ} = \frac{L_{Ш} \cdot S_{Ш}}{L} + \tau_{РОЗП}, \tag{2.18}$$

де $L_{Ш}$ – висота припливно-витяжної шахти, $L_{Ш} = 4{,}13\,м$;

$S_{Ш}$ – поперечний переріз шахти;

$$S_{Ш} = \frac{\pi \cdot d^2_{Ш}}{4}, \tag{2.19}$$

де $d_{Ш}$ – діаметр шахти, $d_{Ш} = 0{,}85\,м$.

$S_{Ш} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}85^2}{4} = 0{,}57\,м^2$.

$\tau_{РОЗП}$ – час, що враховує швидкість розповсюдження повітря в приміщенні, $\tau_{РОЗП} = 20\,с$.

$$\tau_{ОУ} = \frac{4{,}13 \cdot 0{,}57}{2{,}83} + 20 = 21\,c\,.$$

Коефіцієнт передачі свинарника визначається за різницею теплових витрат, що необхідні для зміни температури повітря в приміщенні на 1°С.

У попередніх матеріалах магістерської роботи за результатами розрахунку встановлено, що для підтримання температури повітря за заданих умов на рівні 18°С необхідно витратити $Q_{ЗАГ}^{18} = 462756 кДж/год.$ або $Q_{ЗАГ}^{18} = 128543 Вт$ теплової енергії. За вказаною методикою визначимо необхідну кількість теплової енергії на підтримання температури повітря на рівні 17°С.

$$Q^{*}{}_{ЗС} = 88412 кДж/год.;\ \frac{90522}{2} \cdot 0{,}1 \approx 4526 кДж/год.;$$

$$Q_{ЗС} = 92834 кДж/год.;\ Q_{ПЕР} = 78400 кДж/год.;\ Q_{П} = 33839 кДж/год.$$

$$Q_{ОГ} = 92834 + 78400 + 33839 = 205073 кДж/год.$$

$$Q_{ВЕНТ} = 597618 кДж/год.$$

$$Q_{ВИП} = 120404 кДж/год.$$

$$Q_{ТВ} = 482328 кДж/год.$$

$$Q_{ЗАГ}^{17} = 205073 + 597618 + 120404 - 482328 = 440767 кДж/год.$$

Отже, на підвищення температури в приміщенні свинарника на 1°С необхідно витратити теплової енергії.

$$Q_1 = 462756 - 440767 = 21989 кДж/год. = 6108 Вт\,.$$

Тоді коефіцієнт передачі свинарника

$$k_{ОУ} = \frac{18-17}{6{,}108} = 0{,}164\,\frac{^{o}C}{кВт}.$$

Передатна функція свинарника визначається як інерційна ланка першого порядку з запізненням

$$W_{ОУ}(s) = \frac{0{,}164}{306 \cdot s + 1} \cdot e^{-21 \cdot s}.$$

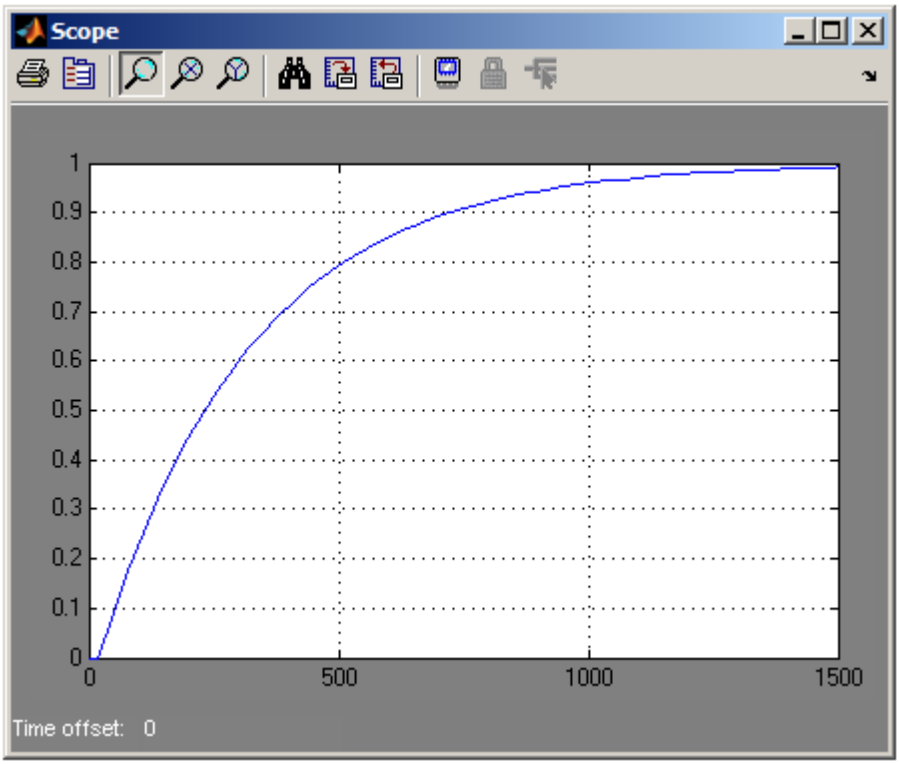


Рис. 2.10. Нормована крива розгону свинарника
по каналу регулювання температури повітря

2.4. Розробка функціональної схеми автоматизації системи керування температурним режимом у свинарнику

Функціональні схеми являються основним технічним документом, що визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління та регулювання технологічного процесу, оснащення об’єкту управління приладами та засобами автоматизації. Результатом складання функціональних схем є: вибір методів вимірювання технологічних параметрів; вибір основних технічних засобів автоматизації, що найбільш повно відповідають вимогам та умовам роботи об’єкта, що автоматизується; визначення типу приводу виконавчих механізмів, що автоматично або дистанційно керують регулюючими та запірними органами технологічного обладнання; розміщення КТЗ автоматизації на щитах, пультах,

технологічному обладнанні та трубопроводах і т.п., визначення способів відображення інформації про стан технологічного процесу та обладнання.

Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом у свинарнику зображена на рис. 2.11.

Переміщення повітря забезпечується двоконтурним робочим колесом *I* вентилятора з двома рядами лопаток. Внутрішні лопатки переміщують відпрацьоване повітря по внутрішньому повітропроводу, зовнішні — свіже повітря по кільцевому каналу між корпусом та внутрішнім повітропроводом. Змішувальні заслінки *III* забезпечують рециркуляцію повітря.

Для підігріву повітря в холодну пору року установки мають нагрівні елементи *II*. Через стінки внутрішнього повітропроводу відбувається теплообмін між потоками відпрацьованого і свіжого повітря, завдяки чому 5–7% теплоти внутрішнього повітря передається припливному повітрю, що забезпечує певну економію енергоресурсів.

Система керування працює наступним чином. Значення температури в корівнику перетворюється датчиком температури ТЕ (1-1) в електричний сигнал (опір), значення якого потрапляє в автоматичний керуючий пристрій TIRC (1-2), в ролі якого виступає програмно-логічний контролер (ПЛК). ПЛК залежно від температури формує керуючі сигнали відповідним технологічним обладнанням:

- частотним перетворювачем SIC (1-3), який змінює оберти електродвигуна приводу двоконтурного вентилятора, тобто змінює продуктивність припливно-витяжної установки;
- електронагрівачами припливного повітря;
- рециркуляційною заслінкою.

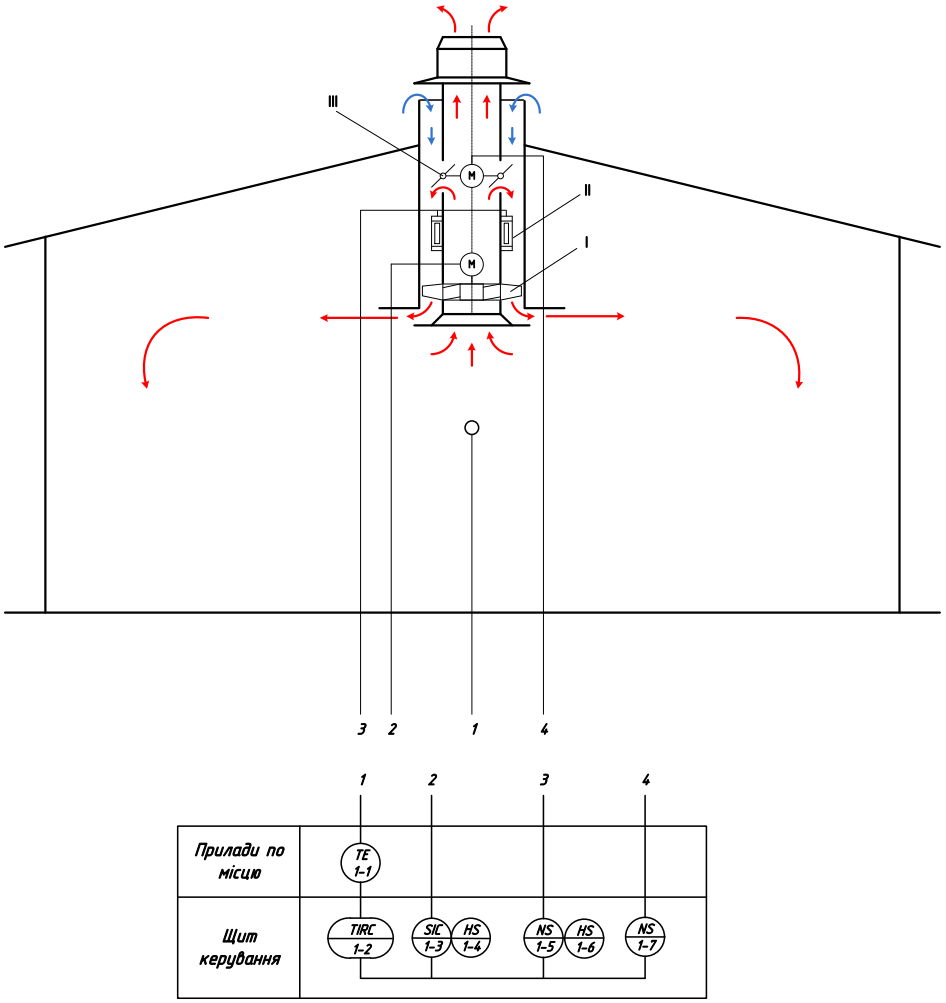


Рис. 2.11. Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом в свинарнику: I – двоконтурне робоче колесо вентилятора; II – електронагрівачі; III – рециркуляційна заслінка

РОЗДІЛ 3
ВИБІР РЕГУЛЯТОРА, ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

3.1. Вибір алгоритму керування

Будь-яка система автоматичного керування складається з регулятора та об’єкта управління. Динамічні властивості останнього мають вирішальне значення при виборі найбільш ефективного закону регулювання. Встановлено [13], що критерієм для правильного вибору закону може служити значення відношення часу чистого запізнювання об’єкта до його постійної часу, тобто τ / T. Якщо $\tau / T < 1$, вибирають позиційний закон керування, при $\tau / T > 1$ – імпульсний закон, якщо ж $0{,}2 < \tau / T < 1$, неперервний закон керування.

Динамічні властивості об'єкта керування дають змогу визначати алгоритм керування на стадії розробки системи. Закон керування вибирають за співвідношенням сталої часу та часом запізнення $\tau/_T$ об’єкта керування.

Таблиця 3.1.

Вибір алгоритму керування

$\tau/_T$	Позиційний	Лінійний	Імпульсний
Закон керування	<0.2	$0.2 < \tau/_T < 1$	>1

Провівши розрахунки ми отримали таке співвідношення:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{21}{306} = 0.07 \qquad (3.1)$$

Виходячи з цього, рекомендовано вибрати позиційний алгоритм керування, але оскільки повітрообмін у приміщенні повинен забезпечуватись постійно, відповідно вентиляційне обладнання працює також постійно, виберемо алгоритм керування неперервної дії.

Об’єкт керування, що ми розглядуємо описується передатною функцією:

$$W_0(s) = \frac{0.164 \cdot e^{-21s}}{306s+1}, \quad (3.2)$$

Технологами, враховуючи технологічні особливості об’єкта, була задані такі показники якості: y_1 = 3; △y = 0.01; t_p= 50 с; $y_{макс}$ = 25%;

де y_1 – максимальне динамічне відхилення; $y_{макс}$ – максимальне можливе значення збурення; t_p= час розгону; △y- статична похибка;

Оскільки, об’єкт статичний, то маємо:

$$R_д = \frac{y_1}{К \cdot y_{макс}} = 0{,}73, \quad (3.3)$$

Таблиця 3.2.

Відносний час регулювання

Алгоритм керування	Об’єкт керування	Відносний час регулювання		
		Аперіодичний	Із 20% перерегулюванням	Із мінімальним інтегральним критерієм
Пропорційний	Статичний	4.5	6.5	9.0
	Астатичний	6.0	8.0	-
Пропорційно-інтегральний	Статичний	8.0	12.0	16.0
	Астатичний	14.0	16.0	18.0
Пропорційно-інтегрально-диференційний	Статичний	5.5	7.0	10.0
	Астатичний	9.0	12.0	13.0

Для даного об’єкта вибираємо аперіодичний перехідний процес. Згідно з правилами вибору алгоритму керування, посилаючись на літературне джерело [13], визначаємо ПІД алгоритм керування. Далі, перевіряємо чи забезпечується потрібний при цьому час регулювання. За даними таблиці 2.2 беремо, ψ = 5.5, тоді:

Перевіряємо, чи забезпечить даний алгоритм керування заданий час регулювання, для цього визначимо ψ з даних навединих в таблиці 3.2.

$$t = \psi\tau = 5{,}5 * 21 = 115{,}5 \text{ с.}$$

де ψ – відносний час регулювання, що дорівнює 5,5 для ПІД алгоритму керування.

З розрахунків видно, що вибраний алгоритм керування здатний забезпечити заданий час регулювання, так як виконується умова $t < T_{ОК}$, тобто 115,5 < 306 с.

3.2. Вибір промислового регулятора та частотного перетворювача для реалізації алгоритму керування температурним режимом у свинарнику

Для використання в якості автоматичного керуючого пристрою в САК температурним режимом у свинарнику був вибраний контролер ОВЕН ПЛК 73 (рис. 3.1), що широко використовується в системах автоматичного керування температурними режимами.

Технічні характеристики ПЛК

Вісім універсальних входів для підключення від 1 до 8 датчиків різного типу в будь-яких комбінаціях, що дозволяє одночасно вимірювати і контролювати декілька різних фізичних величин (температуру, вологість, тиск і ін.).

Рис. 3.1. Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК73

Основні функціональні можливості:

- професійне середовище програмування CODESYS (поставляється безкоштовно, CD з дистрибутивом входить в комплект поставки);
- вбудований HMI;
- збільшення кількості дискретних виходів шляхом підключення модуля ОВЕН MP1;
- додаткова можливість установки інтерфейсної плати з набором інтерфейсів: 1-й інтерфейс: RS-485, RS-232 або відсутній; 2-й інтерфейс: RS-485 або відсутній;
- підтримка протоколів ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, GateWay;
- безкоштовна бібліотека функціональних блоків;
- можливість розширення входів / виходів шляхом підключення модулів вводу / виводу;
- вбудований годинник реального часу.

Користувач може створювати будь-які конфігурації функціональних схем. Налаштування ПЛК наведено у Додатку Д.

Загальні відомості

Конструктивне виконання	Корпус щитового кріплення. Габаритні розміри (ШхВхГ), мм: 137 x 168 x 55
Ступінь захисту корпусу з боку лицьової панелі	IP55
Напруга живлення	90...245 В (частотою від 47 до 63 Гц)
Споживана потужність, не більше	18 ВА
Параметри вбудованого вторинного джерела живлення	вихідна напруга 24±3 В, струм не більше 180 мА
Дискретні входи	
Кількість дискретних входів	8

Підключені вхідні пристрої	підключення датчиків з виходами: "сухий-контакт", p-n-p-транзистор
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід	15 Гц (при скважності 0.5)
Напруга живлення дискретних входів, В	24±3

Аналогові входи

Кількість аналогових входів	8
Типи датчиків и характеристики аналогових входов	Термоопори, термопари, сигнали струму, напруги, опору

Інтерфейси зв’язку

Інтерфейси	2 інтерфейси: 1-й інтерфейс: RS-485, RS-232 або відсутній; 2-й інтерфейс: RS-485 або відсутній.
Режим роботи інтерфейсів	Master, Slave
Підтримувані протоколи	ОВЕН, ModBus-ASCII/RTU, GateWay (протокол CODESYS)

Вибір частотного перетворювача

Для вибору частотного перетворювача визначимо граничні значення його параметрів. Такими параметрами є:

- максимальне значення вихідної напруги: U_{MAX}, В
- число фаз;
- максимальне значення вихідної частоти: f_{MAX}, Гц.

Для обраного двигуна номінальна напруга становить 380 В, отже, $U_{MAX} \geq 380$ В.

Число фаз вихідної напруги перетворювача - 3.

Максимальне значення вихідної частоти 50 Гц.

Умови вибору перетворювача частоти по струму і напрузі наступні:

$I_{НПЧ} \geq I_{МАХ}$,

$U_{ВХ.ПЧ} \geq U_{МАХ.}$

де $I_{НПЧ}$ - номінальне значення вихідного струму ЧП, А;

$U_{ВХ.ПЧ}$ - вхідна напруга перетворювача частоти.

Рис. 3.2. Зовнішній вигляд частотного перетворювача SIEMENS SINAMICS V20

Відповідно до параметрів електродвигуна приводу вентилятора припливно-витяжної установки (АИРП80А2 1,1 кВт) , а також згідно із завданням на дипломний проєкт, вибираємо перетворювач частоти SIEMENS SINAMICS V20, який розрахований на роботу з асинхронним двигуном потужністю 1,5кВт.

Основні параметри

- живлення 1 × 220 В (0,18 ... 2,2 кВт) і 3 × 380 В (0,37 ... 22 кВт);
- вихідна частота до 400 Гц;
- діапазон регулювання до 1: 1000;
- точність підтримки швидкості до 0,1% від фактичної;
- точність підтримки моменту до 0,5% від фактичного.

Основні функціональні можливості:

- плавний пуск і зупинка двигуна, в тому числі відкладений запуск і пуск під навантаженням за S-подібною характеристикою розгону;
- компенсація навантаження і ковзання;
- вольт-частотний або векторний алгоритми управління;
- автоматична адаптація двигуна без обертання;
- автоматична оптимізація енергоспоживання, що забезпечує найвищий рівень енергоефективності;
- повна функціональна і апаратна діагностика і захист роботи ПЧВ;
- вбудований мережевий дросель і дросель в ланці постійного струму;
- вбудований ПІ-регулятор для управління в замкнутому контурі (підтримання тиску, температури, рівня і т.д.);
- вбудований ПЛК для вирішення складних завдань управління і позиціонування приводу;
- можливість роботи з зовнішнім інкрементальним енкодером, в тому числі для підтримки малих частот обертання з великою точністю;
- можливість динамічного гальмування, в тому числі із застосуванням гальмівних резисторів;
- гнучка структура управління з можливістю одночасного управління за фізичним входом і за інтерфейсом RS-485, що забезпечує зручну інтеграцію в сучасні системи управління і диспетчеризації;
- прості налаштування в конфігураторі або з використанням локальної панелі оператора. Швидкі меню і готові конфігурації під типові завдання.

Перетворювач призначений для зміни і регулювання швидкості обертання низьковольтних двигунів змінного струму для процесів з високою динамікою і підвищеними вимогами до стартового моменту та перевантаження. Система управління може бути додатково оснащена функцією автоматичної настройки на параметри використовуваного двигуна і функцією корекції параметрів двигуна при нагріванні.

3.3. Вибір первинного перетворювача САК температурним режимом у свинарнику

До датчиків як правило, висувають наступні вимоги:

- лінійність і однозначність статичної характеристики (допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1...3 %);
- високу чутливість;
- стабільність характеристик у часі;
- швидкодія;
- стійкість до хімічних впливів контролюючого і навколишнього середовища (первинні перетворювачі, розміщені у захисній оболонці);
- мінімальний зворотній вплив на контрольований параметр;
- зручність монтажу і обслуговування.

Вимірювальні перетворювачі, що входять до складу регулятора, вибирають, як правило, в два етапи:

- на першому етапі за типом контрольованого параметра об’єкта управління й умовами його роботи визначається різновид перетворювача;
- на другому етапі після вибору всіх елементів регулятора за каталогами, знаходять його типорозмір.

Датчик рекомендується підбирати таким чином, щоб межі його вимірювання охоплювали діапазон зміни контрольованої ним величини і були як найближчими до них, не забуваючи про необхідність забезпечення необхідної перевантажувальної здатності датчика і про можливість його підключення до обраного електронного пристрою управління регулятора. При цьому особливу увагу необхідно приділяти швидкодії (інерційності) вимірювального перетворювача, яка характеризується його постійною часу Т.

Так, при обґрунтуванні вибору датчика температури для регулятора температури повітря в свинарнику необхідно в першу чергу звернути увагу

на те, який діапазон зміни температури повітря відповідно до технічних умов повинна забезпечити спроектована система керування.

Діапазон регулювання температури повітря в свинарнику складає (8…20)°С. Для цього діапазону можна вибрати межі вимірювання мідного термометра опору ТСМ 9203 (ТУ 50-98 ДДШ0.282.007ТУ) (див. таблицю 3.3), які складають (-50...180)°С. Інерційність цього перетворювача складає 15 с. Для того, щоб цей перетворювач у процесі вимірювання температури повітря на заданому рівні не вносив недопустиму динамічну похибку вимірювання температури, його постійна часу $T_{ПП}$ повинна бути не менше, ніж на порядок меншою від постійної часу об'єкта $T_{ОУ}$.

Постійна часу свинарника складає 306с. З огляду на сказане вище, максимальна постійна часу вимірювального перетворювача, при якій можна знехтувати його інерційністю, повинна бути не більше $T_{ОУ}/10$ = 30с, а постійна часу вибраного датчика температури ТСМ 9203 дорівнює 15 с.

Датчик температури – термометр опору ТСМ 9203 (ТУ 50-98 ДДШ0.282.007ТУ) (рис. 3.3), призначений для вимірювання температури в рідкому та газоподібному середовищі. Технічні характеристики цього датчика наведені в таблиці 3.3.

Передатний коефіцієнт $k_{ПП}$ знаходимо за формулою $k_{ПП} = \frac{dR_t}{d\theta}$.

Оскільки

$$R_t = R_o \cdot (1 + a \cdot \theta), \tag{3.4}$$

то

$$k_{ПП} = \frac{dR_t}{d\theta} = R_0 \cdot a, \tag{3.5}$$

де R_o – номінальний опір датчика температури при 0°С.

Таблиця 3.3.

Характеристика термометра опору ТСМ 9203

Тип	Номінальна статична характеристика	Діапазон вимірювання, °С	Показник теплової інерції, с
ТСМ 9203	50М	-50...+180	15

Ступінь захисту від пилу та води IP55.
Матеріал захисної арматури – сталь 12Х18Н10Т.
Матеріал корпусу – фенопласт ВХ5-010-73.
Габаритні розміри – 95х70х(120+120¼ 2000) мм.
Середнє напрацювання на відмову – 200000 годин.

Оскільки цей вимірювальний перетворювач має номінальну статичну характеристику 50М (рис. 3.4), то для нього R_o=50 Ом; α – температурний коефіцієнт опору. Для мідних термометрів опору він становить $4{,}25 \cdot 10^{-3}$ 1/°С.

Тоді $k_{ПП} = 50 \cdot 4{,}25 \cdot 10^{-3} = 0{,}21$ Ом/°С.

Передатна функція сприймаючого елемента

$$W_{ПП}(s) = \frac{0{,}21}{15 \cdot s + 1}.$$

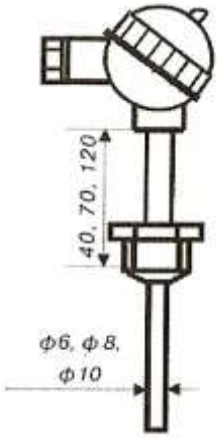


Рис. 3.3. Зовнішній вигляд датчика ТСМ 9203
(ТУ 50-98 ДДШ0.282.007ТУ)

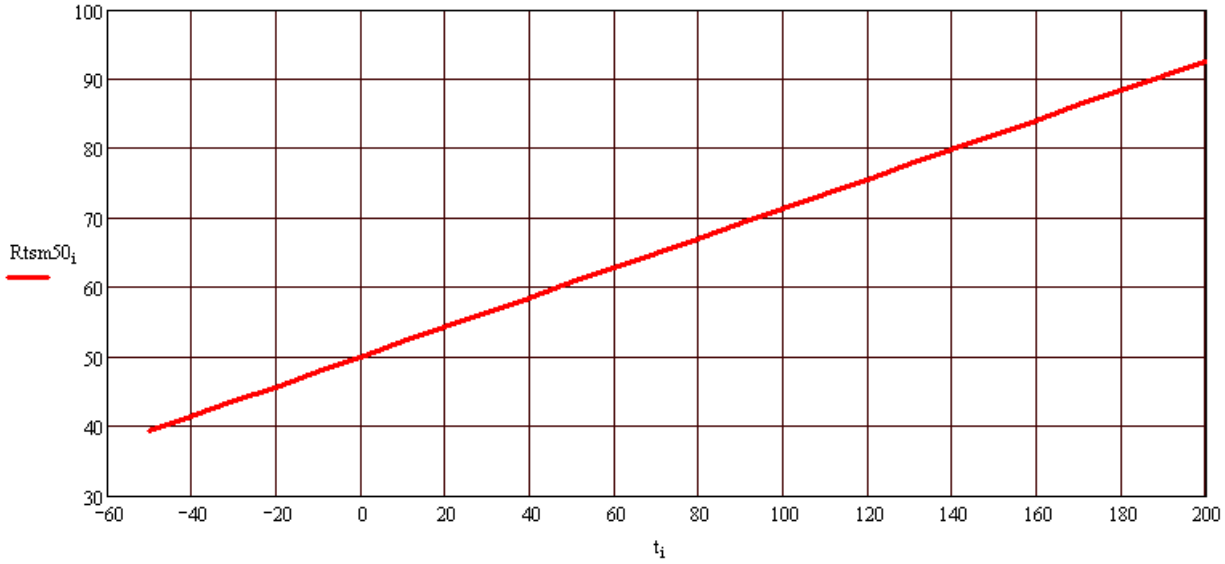


Рис. 3.4. Статична характеристика термометра опору ТСМ 9203

3.4. Визначення передатної функції виконавчого механізму САК

В результаті проведених розрахунків (п. 2.1) встановлено, що для забезпечення розрахованих показників вентиляції та опалення були вибрані припливно-витяжні установки типу ПВУ-4М-6, для яких удосконалюється система керування. Потужність нагрівного елементу однієї установки складає 15 кВт (три електронагрівача по 5 кВт), для приводу вентилятора використовується електродвигун АИРП80А2У3 потужністю 1,1 кВт; в механізмі приводу заслінки використовується мотор-редуктор МРА-III/24,8 з частотою обертання вихідного валу 25 об/хв. з однофазним двигуном АИР71А4 потужністю 0,55 кВт.

Для даної САК температурним режимом в свинарнику виконавчим механізмом виступає електродвигун приводу двоконтурного колеса вентилятора, яким за ПІД-алгоритмом керує частотний перетворювач.

Для визначення передатної функції трифазного електродвигуна змінного струму запишемо його технічні характеристики:

$P_{НОМ}$ = 1,1 кВт; $U_{НОМ}$ = 380 В; $I_{НОМ}$ =3,2 А; $n_{НОМ}$ = 2880 $хв^{-1}$; $R_Я$ =0,68 Ом; $L_Я$ = $0{,}66\cdot10^{-5}$ Гн; J =$1{,}8\cdot10^{-3}$ кг·м^2.

Визначаємо коефіцієнти k_E та k_M і параметри електродвигуна k_1, $T_Я$ і T_M :

$$k_E = \frac{30(U_{НОМ} - R_Я I_{НОМ})}{\pi \cdot n_{НОМ}} = 1{,}52 \ B\cdot c. \tag{3.6}$$

$$k_M = \frac{9550 P_{НОМ}}{n_{НОМ} I_{НОМ}} = 2{,}76 \ \frac{Н\cdot м}{А}; \tag{3.7}$$

$$k_1 = \frac{1}{k_E} = \frac{1}{1{,}52} = 0{,}66 \ \frac{1}{B\cdot c}; \quad T_Я = \frac{L_Я}{R_Я} = \frac{0{,}66\cdot10^{-5}}{0{,}68} = 0{,}97\cdot10^{-5} \ c;$$

$$T_M = \frac{JR_Я}{k_E k_M} = \frac{1{,}8\cdot10^{-3}\cdot0{,}68}{1{,}52\cdot2{,}76} = 0{,}29\cdot10^{-3} \ c.$$

Електромеханічна постійна часу T_M на три порядки більша за електромагнітну постійну часу $T_Я$. Нехтуючи електромагнітними перехідними процесами в якірному колі з приводу їх короткочасності, маємо передатну функцію виконавчого електродвигуна змінного струму:

$$W_{двиг}(s) = \frac{\Delta\omega(s)}{\Delta U(s)} = \frac{k_1}{T_M s + 1} = \frac{0{,}66}{0{,}29\cdot10^{-3} s + 1}. \tag{3.8}$$

Оскільки постійна часу виконавчого механізму дуже мала, можна вважати, що передатна функція виконавчого механізму є безінеційною ланкою

$$W_{двиг}(s) = 0{,}66.$$

3.5. Розроблення інтерфейсу оператора із використанням середовища Codesys

Об’єкт – це елемент програми призначений для розміщення в ньому інших елементів, змінних, функціональних блоків а також інших об’єктів. Для того щоб додати об’єкт у дерево об’єктів необхідно клікнути правою клавішею по «Объект» та у контекстному меню вибрати – «Вставить/ Объект». У дереві об’єктів створиться об’єкт 1. В панелі властивостей у закладинці «Общие» у полі «Имя» введемо назву об’єкта – *Свинарник.* У проєкті нам необхідно візуально бачити роботу та параметри змінних для цього створимо для об’єкту телятник мнемосхему. У закладинці «Окна» у полі «Окно по умолчанию» виберемо – *мнемосхема* та клікнемо «Создать». Також необхідно записувати аварійні та попереджувальні повідомлення у основний журнал. Створимо основний журнал для об’єкту *Свинарник*, для цього у закладинці «Журналы» у полі «Название» виберемо – *основний журнал* та клікнемо «Создать» (рис. 3.6). Клікнемо «Применить».

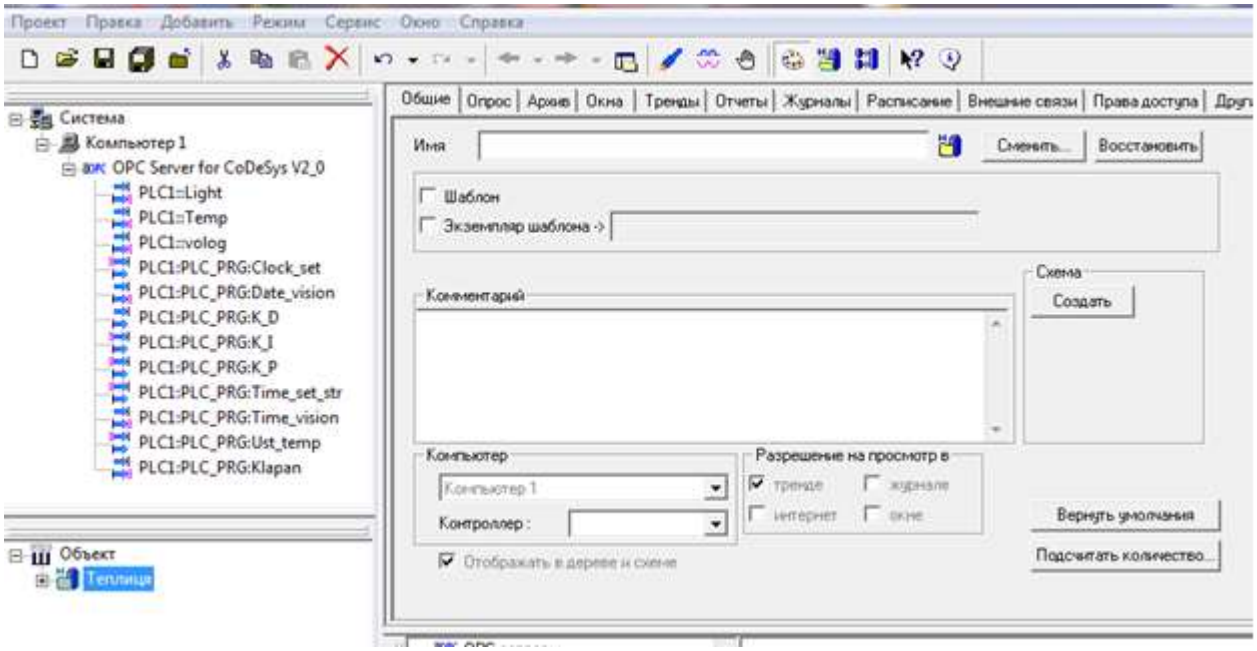


Рис. 3.5. Налаштування об’єкту *Свинарник*

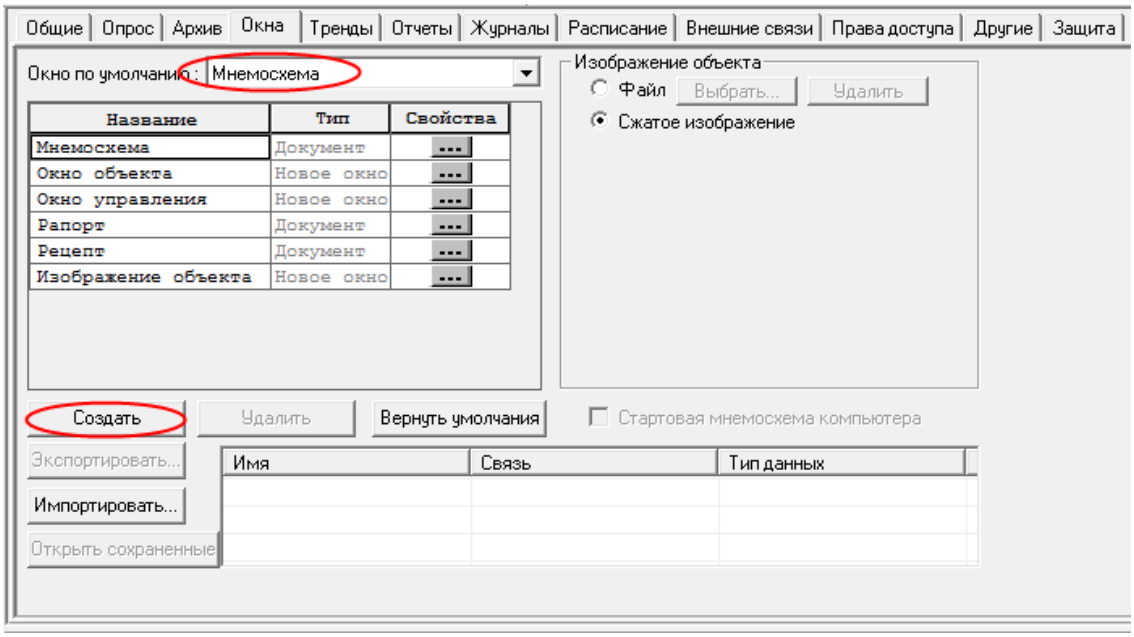


Рис. 3.6. Створення мнемосхеми об’єкту *Свинарник*

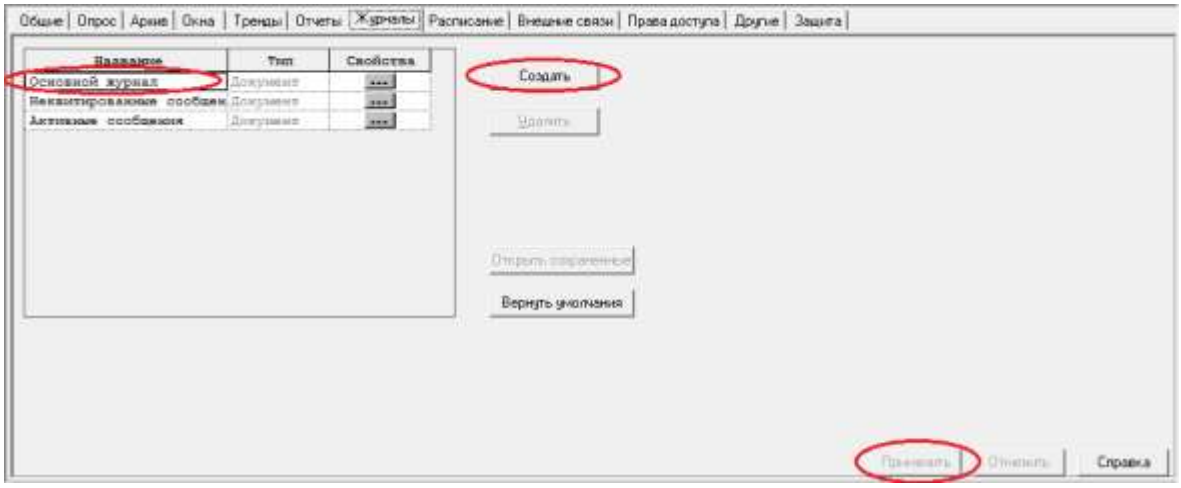


Рис. 3.7. Створення основного журналу об’єкта *Свинарник*

Аналогічно створено об’єкт та мнемосхему до об’єкта управління. На мнемосхемі об’єкта управління нам необхідно задавати значення величини температури, дати та часу, пропорційного та інтегрального коефіцієнтів, а також включати та виключати годинник.

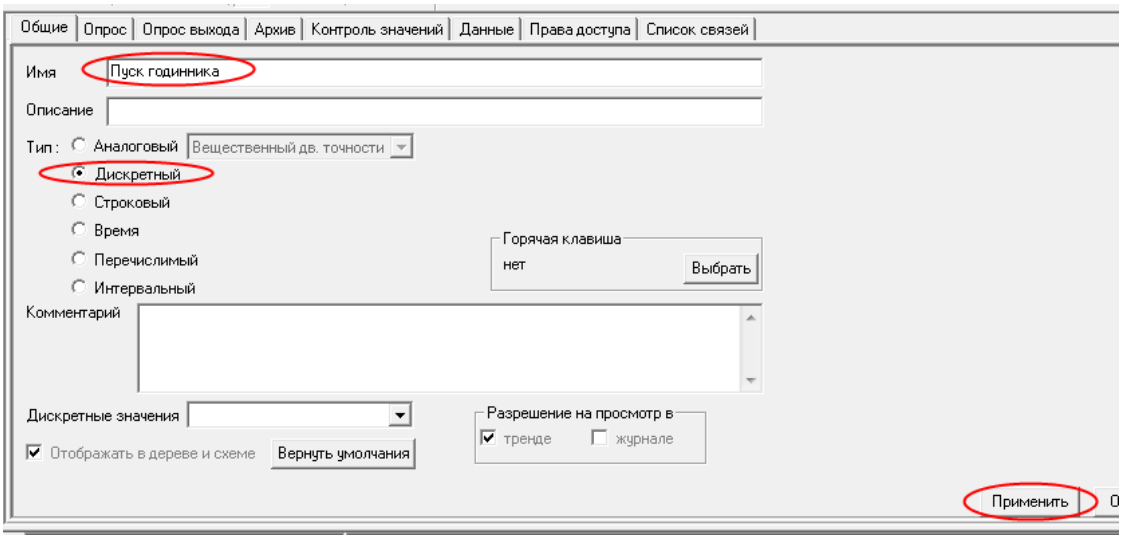


Рис. 3.8. Налаштування властивостей команди

Аналогічним способом створено та налаштовано ще 4 команди. Типи команд наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Типи команд

Назва команди	Тип
Уставка температури	Аналоговий
Уставка коефіцієнт П	Аналоговий
Уставка коефіцієнт І	Аналоговий
Уставка дати та часу	Строковий

Створення повідомлень. Під час роботи нам необхідно отримувати повідомлення з попередженням про включення/виключення вентилятора та нагрівача та записувати їх у журнал. Для цього використаємо функціональні блоки передній фронт, задній фронт та подія. Створимо у дереві об’єктів об’єкт та дамо йому ім’я – *Повідомлення*, а в ньому ще два – *Вентиляція, Подача гарячого повітря*.

З метою контролю параметрів технологічного процесу розроблено інтерфейс оператора системи керування (рис. 3.10).

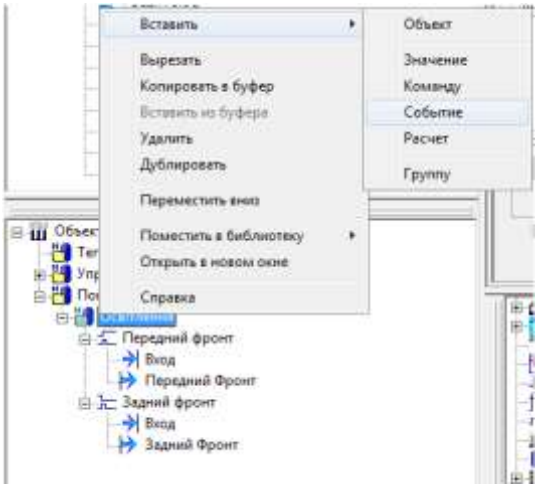


Рис. 3.9. Додавання у дерево об’єктів функціонального блоку подія

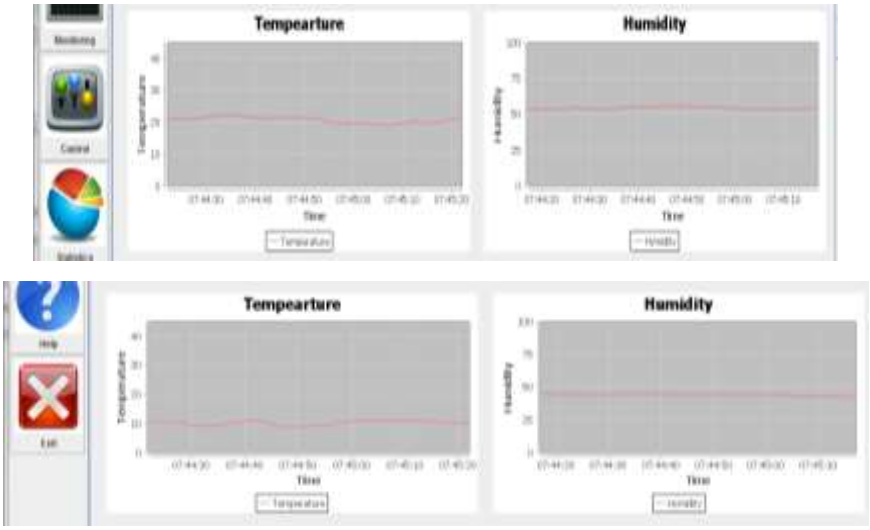


Рис. 3.10. Графічний вигляд зміни параметрів у свинарнику

Із використанням програмного середовища Codesys створено зручний інтерфейс користувача, що дозволяє в режимі реального часу спостерігати за значеннями технологічних параметрів, а також здійснювати налаштування системи.

Рис. 3.11. Вигляд головного вікна системи керування

РОЗДІЛ 4
ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

На сучасному етапі розвитку автоматизації основним видом регуляторів стають цифрові. При виконанні імпульсної теореми для визначення їх параметрів налаштування можна застосовувати аналітичні і графічні методи. Проте, при необхідності аналізу процесів у самому цифровому регуляторі, самостійного створення програми, що реалізує алгоритм регулювання, при дослідженні впливу періоду квантування та дискретного характеру сигналів на динамічні характеристики цифрової системи, більш точним буде метод синтезу регулятора у Z-перетворенні.

У цьому розділі розглядається методика розрахунку параметрів налаштувань ПІД-регулятора при апроксимації неперервної частини систем другого порядку у вигляді послідовного з`єднання двох інерційних ланок:

$$W_{нч}(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}. \tag{4.1}$$

Передатна функція цифрового ПІД-регулятора має вигляд:

$$Wpp(z) = K_p + \frac{K_i T(z+1)}{2(z-1)} + \frac{K_d (z-1)}{Tz} =$$

$$\frac{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T}{2Tz(z-1)}\left(z^2 + \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} z + \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T}\right) \tag{4.2}$$

Якщо в знаменнику неперервної частини є два полюси z_1 і z_2, то знаменник має поліном другого степеня $z^2 - (z_1 + z_2)z + z_1 z_2$. Синтез цифрового ПІД-регулятора полягає у знаходженні значень коефіцієнтів налаштування *Kp*, *Ki* та *Kd*, які визначаються таким чином, щоб компенсувати два полюси Z-перетворення неперервної частини системи, що відповідають двом інерційним ланкам. При цьому отримується система двох рівнянь з трьома невідомими:

$$\begin{cases} \dfrac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = -(z_1 + z_2) = d \\ \dfrac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_d + 2K_p T} = z_1 z_2 = c \end{cases} \tag{4.3}$$

Оскільки рівняння (4.2) та (4.3) мають зайву змінну, то один з параметрів слід визначати за додатковими технологічними умовами. Наприклад, коефіцієнт інтегральної складової регулятора рекомендується визначати за добротністю за швидкістю K_V, яка визначається як величина, обернена коефіцієнту похибки за швидкістю C_1 при поданні динамічної похибки $\Delta x(t)$ у вигляді нескінченого ряду

$$\Delta x(t) = C_0 \cdot x_{вх}(t) + C_1 \cdot \frac{dx_{вх}(t)}{dt} + \frac{C_2}{2!} \cdot \frac{d^2 x_{вх}(t)}{dt^2} + \ldots \cdot \tag{4.4}$$

Для астатичної системи добротність за швидкістю можна визначити як відношення швидкості зміни вхідного сигналу $\dfrac{dx_{вх}(t)}{dt} = \dot{x}_{вх}$ до усталеної похибки

$$K_V = \frac{\dot{x}_{вх}}{\Delta x_{уст}} \tag{4.5}$$

при лінійній зміні вхідного сигналу $x_{вх}(t) = kt$. Тоді швидкість $\dot{x}_{вх} = const = k$, а Z-зображення вхідного сигналу $X_{вх}(z) = \dfrac{kTz}{(z-1)^2}$.

Зображення динамічної похибки матиме вигляд:

$$\Delta X(z) = \frac{X_{вх}(z)}{1 + W_{роз}(z)} = \frac{X_{вх}(z)}{1 + W_{рег}(z) W_{нч}(z)} \tag{4.6}$$

Згідно з теоремою про кінцеве значення Z-перетворення усталена похибка буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \Delta x_{уст} &= \lim_{z \to 1} \frac{z-1}{z} \Delta X(z) = \lim_{z \to 1} \frac{z-1}{z} \frac{X_{вх}(z)}{1 + W_{рег}(z) W_{нч}(z)} = \\ &= \lim_{z \to 1} \frac{z-1}{z} \frac{\dfrac{kTz}{(z-1)^2}}{1 + W_{рег}(z) W_{нч}(z)} = \frac{kT}{\lim\limits_{z \to 1} [(z-1)(1 + W_{рег}(z) W_{нч}(z))]} = \\ &= \frac{kT}{\lim\limits_{z \to 1} [(z-1) \cdot W_{рег}(z) W_{нч}(z)]}. \end{aligned} \tag{4.7}$$

Враховуючи, що $\dot{x}_{вх} = k$, отримаємо:

$$\Delta x_{уст} = \frac{\dot{x}_{вх}}{\frac{1}{T}\lim_{z\to 1}[(z-1)\cdot W_{рег}(z)W_{нч}(z)]}. \quad (4.8)$$

Тоді для систем з ПІД-регулятором:

$$K_V = \frac{\dot{x}_{вх}}{\Delta x_{уст}} = \frac{1}{T}\lim_{z\to 1}[(z-1)\cdot W_{рег}(z)W_{нч}(z)] = \quad (4.9)$$
$$= \frac{1}{T}\lim_{z\to 1}\left[\left((z-1)K_p + (z-1)\frac{K_i T(z+1)}{2(z-1)} + (z-1)\frac{K_d(z-1)}{z}\right)W_{нч}(z)\right].$$

Остаточно, добротність за швидкістю для систем з ПІД- регулятором

$$K_V = \lim_{z\to 1} W_{нч}(z)\cdot K_i. \quad (4.10)$$

При цьому похибка слідкування при лінійній зміні вхідного сигналу $x_{вх}(t) = kt$ буде дорівнювати:

$$\Delta x_{уст} = \varepsilon_{tr} = \frac{k}{K_V} \quad (4.11)$$

Коефіцієнт інтегруючої складової регулятора тоді визначається:

$$K_i = \frac{K_V}{\lim\limits_{z\to 1} W_{нч}(z)} \quad (4.12)$$

Рекомендовані значення коефіцієнта добротності за швидкістю залежать від постійних часу об`єкту (табл. 4.1). [12]

Таблиця .4.1.

Залежність коефіцієнту добротності за швидкістю від постійних часу об`єкта

Постійні часу об`єкту *T*, с	Коефіцієнт добротності за швидкістю $K\nu$
≈1	3..10
≈10	0,3..1
≈100	0,01..0,04
≈1000	0,004..0,012

Неперервна частина системи регулювання має передатну функцію:

$$W(s) = \frac{0.62}{4590s^2 + 321s + 1}.$$

Визначаємо дискретну передатну функцію неперервної частини системи, до якої входить і фіксатор нульового порядку (за допомогою програми MATLAB):

>> w=tf([0.62],[4590 321 1]).

Будуємомо АЧХ неперервної частини системи та визначаємо час квантування:

>>bode(w).

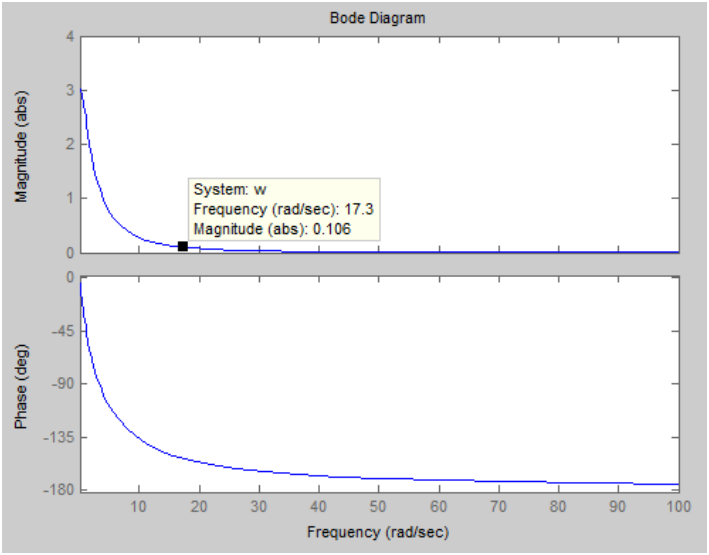


Рис. 4.1. АЧХ неперервної частини системи

$$T_{к.\max} = \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{3.14}{0.104} = 30сек.$$

Час квантування задаємо 30 сек. Оскільки максимальний час квантування $T_{к.\max} = 30сек.$

>> wz=c2d(w,30)

$$wz = \frac{0{,}03297z + 0.01663}{z^2 - 0.9931z + 0.1227}$$

Sample time: 30 seconds

Discrete-time transfer function.

Коефіцієнт K_i визначаємо, виходячи із заданої добротності за швидкістю:

$$K_v = \frac{1}{T}\lim_{z\to 1}(z-1)W_{рег}(z)W_{нч}(z) = \lim_{z\to 1}W_{нч}(z)\cdot K_i \approx 3.018K_i\,.$$

Звідси $K_i = 0.015$.

Параметри K_p і K_d визначаємо таким чином, щоб компенсувати два полюси дискретної передаточної функції неперервної частини системи. Для цього сформуємо систему рівнянь:

$$\frac{K_iT^2 - 2K_pT - 4K_d}{K_iT^2 + 2K_d + 2K_pT} = -0.9931;$$

$$\frac{2K_d}{K_iT^2 + 2K_d + 2K_pT} = 1.1227.$$

Розв`язок цієї системи K_p=2.821; K_d=12.781.

Тоді дискретна передатна функція цифрового ПІД-регулятора буде

$$W(z) = 2.821 + \frac{0.015(z+1)}{(z-1)} + \frac{12.781(z-1)}{z}.$$

Створюємо модель цифрової системи з ПІД-регулятором в середовищі MATLAB/Simulink (рис. 4.2) та будуємо перехідний процес (рис. 4.3).

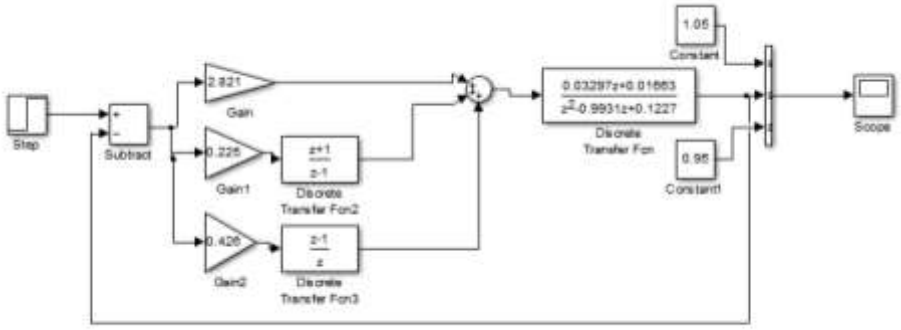


Рис. 4.2. Simulink-модель цифрової системи з ПІД-регулятором

Рис. 4.3. Перехідний процес цифрової системи з ПІД-регулятором

1) Статична похибка:

$$\delta = X_{\text{зад}} - X_{\text{уст}} = 1 - 1 = 0.$$

2) Час регулювання:

$$t_{\text{р}} = 450 \text{ с.}$$

3) Перерегулювання:

$$\sigma = \frac{X_{max} - X_{\text{уст}}}{X_{\text{уст}}} \times 100\% = \frac{1-1}{1} \times 100\% = 0\%.$$

4) Коливальність:

$$n = 0.$$

За завданням $t_p < T_{\text{ОК}}$; $\sigma = 0$ %; $\delta < 0{,}01$, n=0. Робимо висновок, що показники якості задовольняють вимогам технологічного процесу.

Також робимо висновок що система стійка, оскільки в ній відсутні коливання.

РОЗДІЛ 5
СХЕМИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Система автоматичного керування припливно-витяжною установкою

Схема електрична принципова системи керування припливно-витяжною установкою зображена на рис. 5.1.

Для забезпечення необхідного повітрообміну та нагрівання повітря в зимовий період використовується по дві припливно-витяжні установки на кожну з секцій свинарника (дві секції).

Схема керування забезпечує регулювання потужності вентиляторів за ПІД-законом із використанням частотного перетворювача та ПЛК.

В ручному режимі керування електродвигунами М1 – М2 приводу вентиляторів здійснюється відповідними кнопковими постами. Нагрівні елементи можуть бути ввімкненими тільки після вмикання вентиляторів, для чого автоматичні вимикачі QF1 – QF2 обладнані незалежними розчіплювачами.

В автоматичному режимі керування електродвигунами здійснюється частотним перетворювачем. Керування регулюючими заслінками та потужністю нагрівних елементів відбувається за командами програмно-логічного контролера. На вхід ПЛК 73 поступає сигнал від датчика температури RK, який розміщується в зоні життєдіяльності тварин. У результаті обчислення відхилення поточної температури від заданої за лінійним законом керування розраховується частота обертання вентилятора, котрий регулюється частотним перетворювачем.

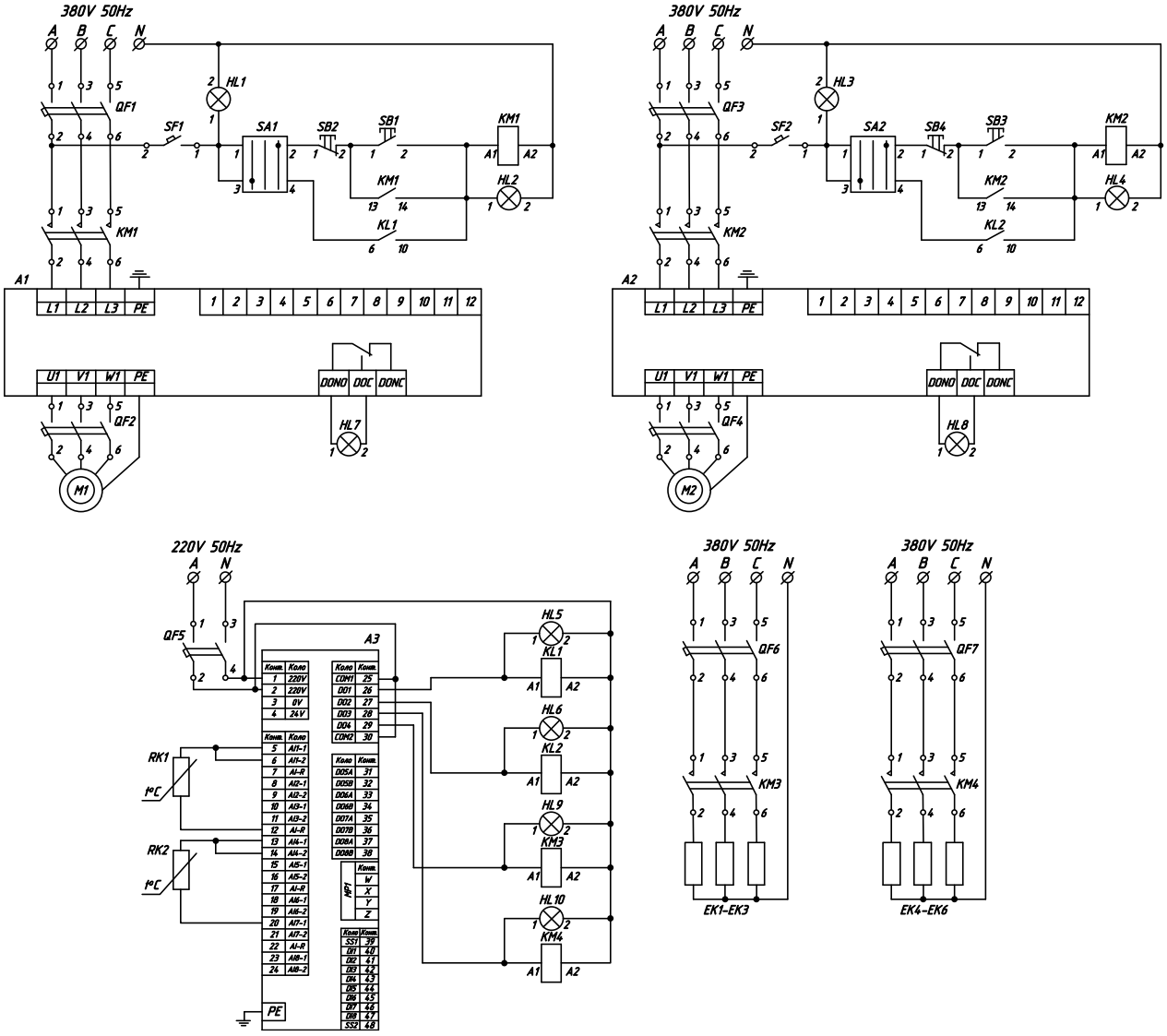


Рис. 5.1. Схема електрична принципова системи керування припливно-витяжною установкою свинарника для відгодівлі

5.2. Вибір пускозахистної апаратури

Вибір пускозахисної апаратури, проводів та кабелів проводимо для шафи керування.

Для електроприводу припливно-витяжної установки використовується електродвигун АИРП80А2У3 (технічні характеристики наведені в таблиці 5.1).

Таблиця 5.1.

Технічні характеристики електродвигуна АИРП80А2У3

$P_{Н.ДВ}$, кВт	n, об./хв.	$I_Н$, А	η, %	$\cos\varphi$	$S_Н$, %	$\frac{I_{ПУСК}}{I_Н}$	$\frac{M_{ПУСК}}{M_Н}$	$\frac{M_{МАКС}}{M_Н}$	$\frac{M_{МІН}}{M_Н}$	$J_{ДВ}$, кг·м^2
1,1	2880	3,2	82	0,85	4,0	6,5	2,2	2,6	1,8	0,0015

Основні технічні характеристики:

АИРП80А2У3: 80 – габарит (висота вісі обертання, мм); А - установочний розмір за довжиною станини;

- прив’язка потужності та установочних розмірів до стандарту ГОСТ Р 51689-2000;
- ступінь захисту IP55 за ГОСТ 17494-87;
- ізоляція стійкості за нагрівом класу «F» за ГОСТ 8865-93;
- кліматичне виконання У3 за ГОСТ 15150-69;
- режим роботи S1 за ГОСТ 183-74;
- спосіб охолодження 1С-0151 за ГОСТ 20459-87;
- рівень шуму в режимі холостого ходу – 2 класу за ГОСТ16372-93.

Потужність електродвигуна приводу виконавчого механізму 0,55 кВт.

Електричні апарати пуску, керування та захисту - це електротехнічні пристрої та механізми, що призначені для вмикання і вимикання, забезпечення певного режиму роботи і для захисту електроспоживачів і електричних кіл. Апарат може виконувати одну або кілька з вказаних функцій.

Електричні апарати вибирають за родом струму, напругою, потужністю, числом полюсів, вимогами до електричного захисту від ненормальних режимів роботи електроспоживачів і електричних кіл та за виконанням залежно від умов навколишнього середовища.

Вибір автоматичних вимикачів QF1, QF2, QF3 захисту нагрівачів

Згідно з принциповою схемою, для захисту двигунів вентиляторів від струмів короткого замикання передбачені автоматичні вимикачі QF1 – QF4.

Автоматичні вимикачі в цьому випадку вибирають за таких умов:

• номінальна напруга автоматичного вимикача має відповідати напрузі електричної мережі:

$$U_{ав} \geq U_{м}; \tag{5.1}$$

• номінальний струм автоматичного вимикача має дорівнювати номінальному струму двигуна або трохи перевищувати його:

$$I_{ном.ав.} \geq I_{ном..}; \tag{5.2}$$

• номінальний струм електромагнітних і теплових розчіплювачів має дорівнювати номінальному струму двигуна або трохи перевищувати його

$$I_{ном.розч.} \geq I_{ном..}; \tag{5.3}$$

• струм відсічки електромагнітного і теплового розчіплювача має становити:

$$I_{від.розч.} \geq 1.1\ldots1{,}2 \cdot I_{нагр.}; \tag{5.4}$$

Вибираємо автоматичний вимикач C60N 3p 6A (технічні характеристики наведені в таблиці 5.2).

Рис. 5.2. Зовнішній вигляд автоматичного вимикача

Вибраний автоматичний вимикач повністю відповідає наведеним умовам (5.1) – (5.4):

Таблиця 5.2.

Технічні характеристики автоматичного вимикача

Виробник:	Schneider Electric серія iC60N
Струм	6.0 А
Кількість полюсів	3
Код кривої	B
Здатність, яка відключає	6 кА.
Тип напруги (AC -змінного; DC – постійне)	AC.

Вибір електромагнітних пускачів КМ1 – КМ3

Електромагнітні пускачі є основними апаратами автоматичного керування електроустановками, зокрема електродвигунами. Їх вибирають за напругою мережі живлення ($U_n \geq U_м$), за струмом ($I_{ном.п.} \geq I_{ном.дв.}$), за струмом неспрацювання теплового реле ($I_{неспр.} \geq I_{ном.дв}$) з подальшим регулюванням струму неспрацювання на $I_{ном.дв}$, номінальною напругою котушок в колі керування, за конструкцією і виконанням.

Використаємо для захисту електромагнітні пускачі LC1K0910D7 фірми Schneider Electric з номінальним струмом 9 А.

Рис. 5.3. Зовнішній вигляд магнітного пускача LC1K0910D7

Вибір кнопок керування електродвигунами SB1 – SB6

Кнопки керування та кнопкові пости призначені для комутації електричних кіл керування з напругою змінного струму до 500 В і частотою 50 Гц та постійного струму до 220 В.

Згідно з принциповою схемою, вибираємо кнопки XB5AA21 фірми Schneider Electric. Ці кнопки мають штовхач циліндричної форми та пластмасове фронтальне кільце. Номінальний струм – 10 А. Номінальні режими роботи: тривалий, переривчасто-тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний.

Рис. 5.4. Кнопка фірми Schneider Electric SB5-AA21

Вибір перемикачів SA1 – SA3

Перемикач SA1, SA2

Згідно з принциповою схемою, для кола керування вибираємо пакетний перемикач XB5AD33 фірми Schneider Electric.

Рис. 5.5. Перемикач фірми Schneider Electric XB5AD33

Вибір сигнальних ламп HL1 – HL8

Для світлової сигналізації в колі керування вибираємо сигнальні лампи (червона) та (зелена) фірми E.NEXT AD22 з підсвічуванням світлодіодною матрицею на 220 В.

Ступінь захисту IP40, гарантований строк служби 10 років, гарантійне напрацювання на відмову – 25000 годин.

Рис. 5.6. Сигнальні лампи

5.3. Вибір проводів та кабелів

Вибір проводів живлення електродвигунів вентиляторів

Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю вибирають, виходячи з умов гранично допустимого його нагрівання та достатньої механічної міцності. Під час визначення кількості проводів, які прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий робочий провід чотирипровідної системи трифазного струму (або заземлюючу жилу) не враховують.

Площу поперечного перерізу жил проводів, шнурів і кабелів вибирають за тривало допустимим струмом

$$I_{тр.доп} \geq I_{роз}, \tag{5.5}$$

де $I_{розр}$ - розрахунковий струм ділянки електричної мережі, А.

Для відгалужень до окремих електроспоживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми.

Для трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором тривало допустимий струм визначається за формулою:

$$I_{ном} = \frac{10^3 P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \eta_{ном} \cos\varphi_{ном}}. \quad (5.6)$$

Для двигуна 4АХ71А4У3 отримаємо :

$$I_{ном} = \frac{10^3 P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \eta_{ном} \cos\varphi_{ном}} = \frac{1000 \cdot 1{,}1}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}74} = 3{,}11\, A.$$

Оскільки двигунів 3 шт., тривало допустимий струм складає 9,33 А.

Вибираємо кабель АВВГ 3х2,5 (ГОСТ 16442-70) – кабель з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, перерізом силових жил 2,5 мм^2, з тривало допустимим струмом 19 А.

Вибір проводу живлення виконавчого механізму

Як було зазначено**,** в механізмі приводу заслінки використовується мотор-редуктор з однофазним двигуном АИР71А4 потужністю 0,55 кВт. Його тривалий допустимий струм складає:

$$I_{ном} = \frac{10^3 P_{ном}}{U_{ном} \cos\varphi_{ном}} = \frac{1000 \cdot 0{,}55}{220 \cdot 0{,}74} = 3{,}4\ \text{А}. \quad (5.7)$$

Вибираємо провід ПВ 2х0,5 (ГОСТ 6323-79) – провід з мідною жилою перерізом 0,5 мм^2 в полівінілхлорид ній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А.

Вибір проводу живлення кола керування

Враховуючи, що номінальний струм живлення проміжних реле і магнітних пускачів кола керування не перевищує 5А, для живлення кола керування вибираємо провід ПВ 1х0,5 (ГОСТ 6323-79) – провід з мідною

жилою перерізом 0,5 мм^2 в полівінілхлорид ній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А.

Вибір кабелю живлення шафи керування

Тривало допустимий струм шафи керування визначаємо за виразом:

$$I_{ш.тр.доп} = \sum I_{тр.доп.} = 3 \cdot 3{,}11 + 3 \cdot 32{,}6 + 3{,}4 + 5 = 115{,}53 \text{ А}. \quad (5.8)$$

де $\sum I_{тр.доп.}$ - сума тривало допустимих струмів електродвигуна і кола керування.

Для живлення шафи керування вибираємо кабель АВВГ 3х35+1х6 (ГОСТ 16442-70) – кабель з алюмінієвими жилами, полівінілхлоридною ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, перерізом силових жил 35 мм^2, тривало допустимий струм яких дорівнює 130 А, перерізом жили нульового проводу 6 мм^2. Кабель прокладається в трубі.

5.4. Розробка схеми електричної з’єднань

Згідно з ГОСТ 2.702-75 "Правила выполнения электрических схем" схеми з’єднань - це схеми, на яких зображують з’єднання складових частин установки або виробу. Вони розробляються на основі принципових схем живлення та використовуються під час виконання монтажних і налагоджувальних робіт.

Схеми з’єднань виконують на підставі таких загальних правил:

• схеми з’єднань розробляють на один щит, пульт, статор, станцію керування.

• усі типи апаратів, приладів та арматури, що передбачені принциповою електричною схемою, мають бути повністю відображені на схемі з’єднань;

• позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок кіл, що прийняті на принципових схемах, потрібно зберегти на схемі з’єднань.

Застосовують три способи виконання схем з’єднань: адресний, графічний і табличний. Для перших двох, крім зазначених вище правил, слід виконувати ще декілька:

• щит або шафу керування розвертають в одну площину, показуючи лише ті їхні конструкції, на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;

• прилади та засоби автоматизації показують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників, над якими розміщують кола, розподілені рискою навпіл; цифри над рискою вказують порядковий номер виробу (номера присвоюються попанельно зліва направо і зверху вниз), а під рискою - позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової електричної схеми). За потребою показують внутрішню схему апаратів.

• для кількох реле, що розміщені в одному ряду, внутрішню схему показують один раз, якщо вона у них одна й та сама.

• вивідні затискачі зображують колами, у середині яких показують їхнє заводське маркування; якщо у вивідних апаратів заводського маркування немає, то їх маркують умовно арабськими цифрами, що зумовлено пояснювальними надписами. Слід зазначити, що маркування проводів і позначення затискачів на схемах з’єднань є незалежними.

Адресний спосіб є найбільш поширеним і полягає в тому, що лінії зв’язку між окремими елементами апаратів, які встановлюють на щиті або на пульті, не показують, а замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата або елемента, з яким він електрично має бути зв’язаний (позиційне позначення згідно з принциповою схемою) або порядковий номер елемента. Це не загромаджує схему лініями зв’язку, що дає змогу її легко читати.

Схема електрична з’єднань системи автоматичного керування припливно-витяжною установкою свинарника наведена на рис. 5.7.

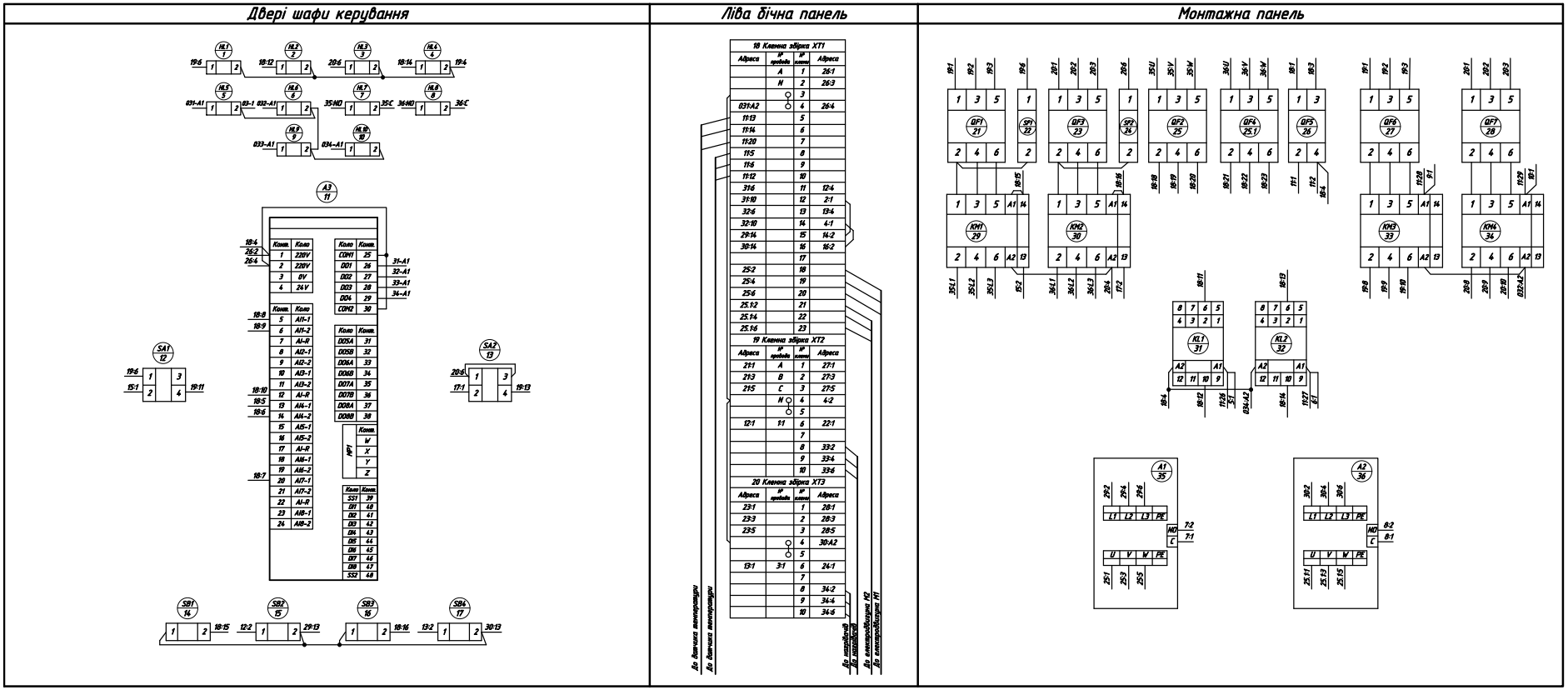


Рис. 5.7. Схема електрична з’єднань системи автоматичного керування припливно-витяжною установкою

5.5. Розробка схеми електричної підключень

Згідно з ГОСТ 2.702-75*, схеми вмикання показують зовнішнє підключення апаратів, установок щитів, пультів і т.д. Схеми з'єднань виконують на підставі принципових схем живлення, специфікацій приладів і обладнання а також креслень виробничих приміщень із розміщенням технологічного обладнання та трубопроводів. їх використовують під час монтажу проводок, що забезпечують живлення щитів, пультів, установок, приладів та апаратів.

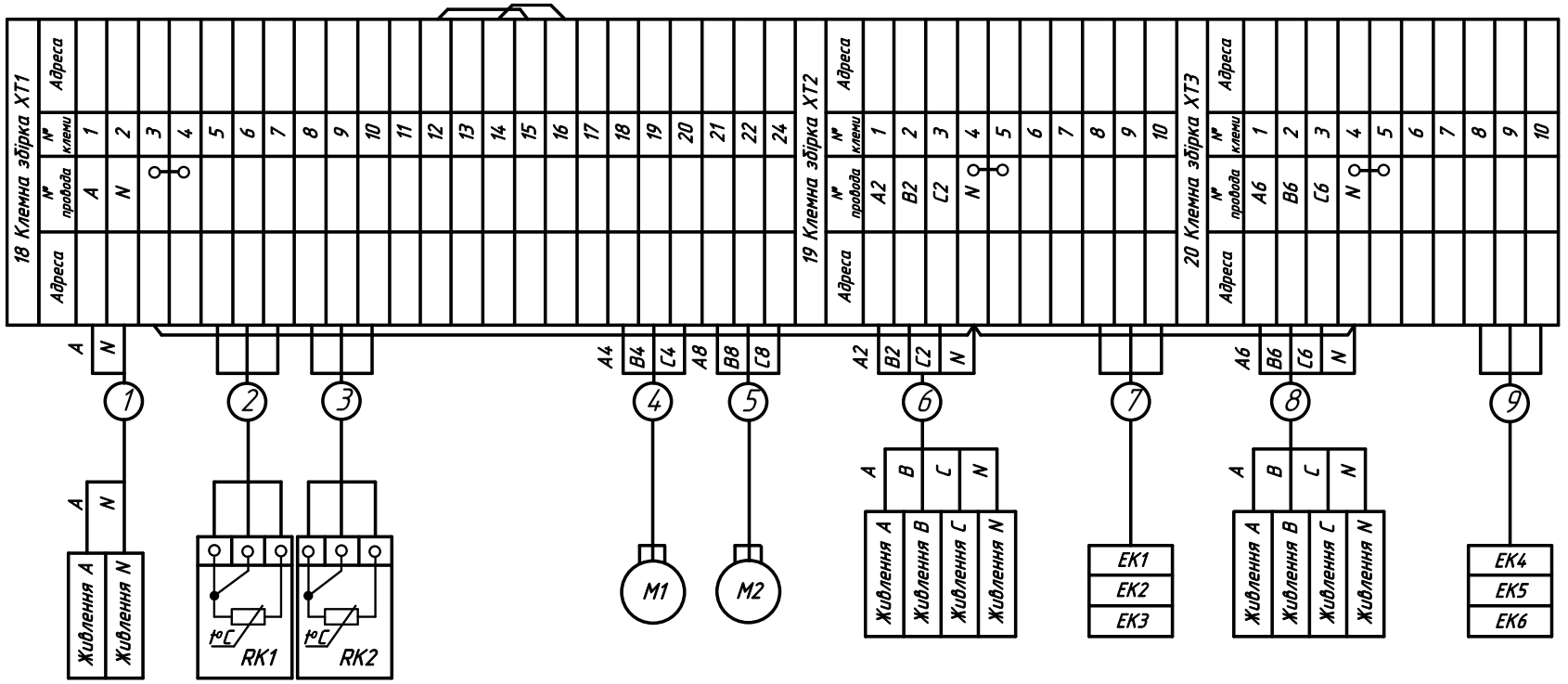
Практично використовують дві побудови схем підключень: графічну та табличну. Більш поширеною є графічна. При цьому умовними графічними позначеннями зображають: відбірні пристрої та первинні перетворювачі; щити, пульти та локальні пульти керування контролю сигналізації та вимірювання; позащитові прилади та засоби автоматизації; з'єднувальні та протяжні коробки, вільні коробки кінців термопари, електропроводки та кабелі, що прикладаються поза щитами; вузли приєднання електропроводів і приладів, апаратів та коробок; забірну апаратуру, елементів для з'єднання та відгалуження; комутаційні затискачі, розміщені поза щитами; захисне заземлення.

Шафи, пульти, окремі прилади та апарати зображають у вигляді прямокутників або кіл, у середини яких розміщують відповідні надписи.

Зв'язки одного призначення на схемах підключень показують суцільні лінії, і лише в місцях приєднання для приладів виконавчих механізмів та до інших апаратів проводи розділяють, щоб провести їх маркування.

На лініях зв'язку, що означають проводи або кабелі, вказують номер проводки (підключення), марку, переріз та довжину проводів і кабелів (якщо проводка виконана в трубі, то необхідно вказати також характеристику труби).

Схема електрична підключень системи керування температурним режимом у свинарнику зображена на рис. 5.8.



№ позиції	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Назва обладнання	Живлення прогр. лог. контролера	Датчик температури	Датчик температури	Електродвигун асинхронний	Електродвигун асинхронний	Живлення перетворювача частоти	Нагрівач електричний	Живлення перетворювача частоти	Нагрівач електричний
Тип обладнання	ПЛК73	Термометр опору ТСМ 9203	Термометр опору ТСМ 9203	АИРП80А2У3	АИРП80А2У3	SIEMENS SINAMICS V20	ДЕ3127-63Ц1 5кВт	SIEMENS SINAMICS V20	ДЕ3127-63Ц1 5кВт

Рис. 5.8. Схема електрична підключень системи автоматичного керування припливно-витяжною установкою

РОЗДІЛ 6
ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ САК МІКРОКЛІМАТОМ У СВИНАРНИКУ

Використання засобів автоматичного управління і контролю веде до зростання продуктивності праці, знижує собівартість продукції і термін окупності. В умовах ринкової економіки, кожна галузь, підприємство мають самі дбати про самоокупність свого виробництва.

На сьогоднішній день гострою проблемою є економія енергоресурсів, а також їх правильне використання. Впровадження автоматизованої системи керування опаленням та вентиляцією дозволяє вирішувати питання економії електроенергії та підвищення продуктивності тварин.

Програмно-логічні контролери дозволяють здійснювати контроль і регулювання температури та вологості в приміщенні. Схему і алгоритм роботи цих реле можна вільно корегувати в залежності від нових технологічних потреб, без додаткових витрат.

Розрахунок економічної ефективності проведемо за матеріалами [9]. За попередніми, розрахунками вартість основних фондів на створення АСУТП становитиме близько 5 тис. грн.

Зведені витрати визначають за формулою

$$B_{зв} = C + E_н \cdot K\,, \qquad (6.1)$$

де $B_{зв}$ – зведені витрати, грн./рік

C – річні експлуатаційні витрати, грн./рік

$E_н$ – номінальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на рік;

K – капітальні витрати, грн..

Річні експлуатаційні витрати складаються з:

- витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу, $C_з$;
- витрат на поточний ремонт засобів електрифікації та автоматизації, $C_{пт}$;
- витрат на оплату енергоресурсів, $C_е$;

- витрат на допоміжні матеріали, .

Витрати на заробітну плату визначаються кількістю обслуговуючого персоналу і тарифною ставкою (приймаємо тариф $С_м$ = 17 грн./год.).

Фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$Cz = N \cdot Z \cdot Ззм \cdot Т \quad (6.2)$$

де N – кількість робітників в одній зміні, N = 1;

Z – кількість змін на добу, Z = 3;

$З_{зм}$ – середня заробітна плата робітника за зміну, $З_{зм}$ = 136 грн.;

Т – кількість робочих днів, Т=152.

Підставивши дані у формулу (6.2) матимемо:

$С_з$=1 · 3 · 136 · 152 = 62016 грн.

Амортизаційні відрахування становитимуть 14 % від балансової вартості техніки.

Витрати на поточний ремонт техніки визначаються також у відсотках від балансової вартості техніки 5 %.

Витрати на енергоресурси визначаються по величині витрат електроенергії та тарифах на неї, (2,56 грн./кВт · год.).

$С_е$ = 8960 грн.

Інші прямі витрати приймають рівним 1 % від загальних експлуатаційних витрат.

$$С = С_з + С_а + С_{пр} + С_е + С_д \quad (6.3)$$

Балансова вартість техніки становить 5000 грн.

С = (62016 + 15000 · 0.14 + 0.05 · 15000 + 8960) · 1.01 = 73826грн.

Визначення капітальних вкладень складаються з:

- вартості засобів автоматизації $К_з$;
- вартості їх доставки зберігання і монтажу $К_м$;
- прокладку внутрішньої електропроводки $К_{пр}$;
- інші капітальні вкладення, пов’язані зі здійсненням автоматизації $К_і$.

Витрати на придбання засобів автоматизації 65000 грн.

Вартості їх доставки, зберігання і монтажу приймемо в середньому 25% від вартості засобів автоматизації.

Витрати на прокладку електропроводки включають в себе вартість кабелю та вартість по його прокладці.

Інші витрати приймаємо рівними 2 % від суми капітальних вкладень

$$K = K_з + K_м + K_{пр} + K_і \quad (6.4)$$

Підставивши значення отримаємо:

К = (65000 + 0.25 · 65000 + 0.15 · 65000) · 1.02 = 92820 грн.

При підстановці одержаних даних у формулу (6.1), отримаємо, що загальні зведені витрати становлять:

$B_{зв} = 73826 + 0,15 \cdot 92820 = 87749$ *грн.*

Підставивши значення одержимо:

$B_{заг} = C_{заг} + E_н \cdot 10 \cdot K$

$B_{заг} = 73826 + 0,15 \cdot 10 \cdot 92820 = 213056$ *грн.*

Собівартість продукції визначається з урахуванням зведених витрат, до яких додаються питомі витрати на сировину, корми, воду та інші прямі витрати на виробництво одиниці продукції, становлять:

$$Св = \frac{\sum В}{Q} \quad (6.5)$$

Q – кількість продукції, виробленої на комплексі протягом року;

Q = 6000 свиней/рік

$\sum$ В – сума всіх витрат на виробництво продукції;

$\sum$ В = 4000000 грн.

Св = 3200000/6000 = 678 грн. на 1 свиню.

Прибуток визначимо за формулою:

$$ПР = Ц – Св \quad (6.6)$$

де Ц – опт. реалізаційна ціна одного , Ц = 1600 грн. за 1 свиню.

ПР = 1600 – 678 = 922 грн. з 1 свині.

Рентабельність виробництва визначається за формулою:

Р = ПР/Св = 922/1600 = 57,7 %.

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної магістерської роботи отримані наступні результати:

1. Розрахунок опалення та вентиляції свинарника показав, що для забезпечення нормального повітрообміну продуктивність системи вентиляції повинна складати $L = 13455 м^3/год.$, а для підтримання температури у виробничому приміщенні на рівні 18°С потужність системи обігріву повинна складати $Q_{ЗАГ} = 238455 кДж/год.$

2. Для забезпечення цих показників запропоновано використання припливно-витяжних установок ПВУ-4М з максимальною продуктивністю по вентиляції $5000 м^3/год.$ та по теплу $54000 кДж/год.$ кожна, по дві на кожну секцію свинарника.

3. Обґрунтований вибір комплексу сучасних технічних засобів автоматизації для реалізації САК вентиляційною установкою у виробничому приміщенні з використанням датчика температури ТСМ9203, частотного перетворювача SINAMICS V20 та промислового програмно-логічного контролера ОВЕН ПЛК 73.

4. САК температурним режимом забезпечує стійку роботу з наступними показниками якості: коливальність n = 0; статична похибка: δ = 0 %; час регулювання $t_р$ = 450 с, перерегулювання відсутнє.

5. Економічними розрахунками обґрунтована доцільність прийнятих технічних рішень, рентабельність виробництва складатиме 57,7%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабаханов Ю.М. Вентиляционно-отопительное оборудование систем микроклимата.- М: Россельхозиздат, 1982. - 64 с.
2. Белянчиков Н.Н., Смирнов А.И. Механизация животноводства. – М.:"Колос", 1983.
3. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Системы автоматического управления на базе микроЭВМ.- К.: Техніка, 1989.
4. Бронфман Л.И. Микроклимат помещений в промышленном животноводстве и птицеводстве.- Кишинев.: Штиинца, 1984.- 265 с.
5. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. -М.:Агропромиздат, 1986.
6. ВНТП 2-96 "Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий".
7. Гірник М.Л., Мартиненко І.І. Електроавтоматизація у сільському господарстві. -К.: Урожай, 1982.
8. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок: Курсове і дипломне проектування. - К.: Вища школа. 1985. – 208 с.
9. Денисов В.И. . Технико-экономические расчеты в энергетике: Методы экономического сравнения вариантов.-М.:Энергоатомиздат,1985.-216 с.
10. Драганов Б.Х. и др. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. - М.:Агропромиздат, 1990.-463 с.
11. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве. – М. :Колос, 1974.-255с. с ил.
12. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления. - М.: Машиностроение, 1986.
13. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. - М.: Агропромиздат, 1991. - 242 с
14. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П. Курсовое и дипломное

проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. -М.: Колос, 1978-123 с.

15. Олійник В.С. Довідник сільського електрика. - К.: "Урожай", 1989.
16. Опыт проектирования свиноводческих ферм и комплексов с внедрением новых технологий. – М.:ООО "Столичная типография", 2008.-230с.
17. Растимешин С.А. Локальный обогрев молодняка животных. - М.: Агропромиздат, 1985.
18. Ревенко І.І: Механізація виробництва продукції тваринництва. - К.: "Урожай", 1994.
19. Славин Р.М. Комплексная механизация и автоматизация промышленного птицеводства.- М.: Колос, 1978. - 320 с.
20. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC. Под редакцией У.Томпкинса и Дж. Уэбстера.; Москва, «МИР» 1992.
21. Смирнов В.И. Рекомендации по устройству и техническому расчету електрического обогрева пола в животноводческих помещениях. М.: ВНИИЭСХ, 1968.-50 с.
22. Типові технологічні процеси і об'єкти виробництв. Методичні вказівки для підготовки, виконання та самостійного опрацювання лабораторних робіт. Укладачі: доц. В.М. Решетюк, В.О. Мірошник. – НУБіП України, 2009.- 84с.
23. Формування локального мікроклімату в свинарських приміщеннях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / Гузик Д.В. Харк. держ. техн. ун-т буд-ва і архіт. – Х., 2000. – 20 с. – укр.
24. Черник Г.В., ХоцкоЛ.Г., Горшкова Л.П. Механизация свиноводческих ферм и комплексов. Л.: Колос, 1981. - 167 с. Розділ «Управление отоплением и вентиляцией на свинокомплексах» с. 123-131.
25. www.neoforce.by – Создание и реконструкция свиноводческих и птицеводческих комплексов.

Додаток А

Кількість тепла, вуглекислоти та водяної пари, що виділяється тваринами (за НТП-СХ.1-65 та НТП-СХ.2-68)

Вид тварин	Жива маса, кг	Кількість, що виділяється на одну голову		
		Вільного тепла, *кДж / год.*	Вугле-кислоти, *л / год.*	Водяної пари, *г / год.*
Кнури-виробники	100	900	44	123
	200	1160	57	161
	300	1570	77	216
Матки холості та супоросні перших трьох місяців	100	740	36	101
	150	850	42	118
	200	1080	48	134
Свиноматки супоросні з четвертого місяця супоросності	100	850	43	120
	150	1040	50	141
	200	1170	57	160
Свиноматки підсисні з поросятами	100	1780	87	242
	150	2030	99	276
	200	2350	114	320
Поросята до двохмісячного віку	15	330	17	46
Ремонтний молодняк та молодняк на відгодівлі	50	570	27	77
	60	670	33	92
	80	790	38	107
	90	840	41	114
	100	850	43	119
Дорослі свині на відгодівлі	100	970	47	132
	200	1290	63	175
	300	1700	83	230

П р и м і т к а.

1. Норми виділення вільного тепла (без прихованої теплоти випаровування) при температурі +10ºС та відносній вологості повітря 70% складають 72% від загальних теплових виділень тварин.

2. Для визначення кількості загального та вільного тепла, вуглекислоти та водяної пари при відносній вологості більше 70%, приведені норми в додатку А необхідно збільшити на 3%.

3. Норми виділення тепла, вуглекислого газу та водяної пари на 1 тварину наведені для температури +10ºС та відносній вологості повітря 70%.

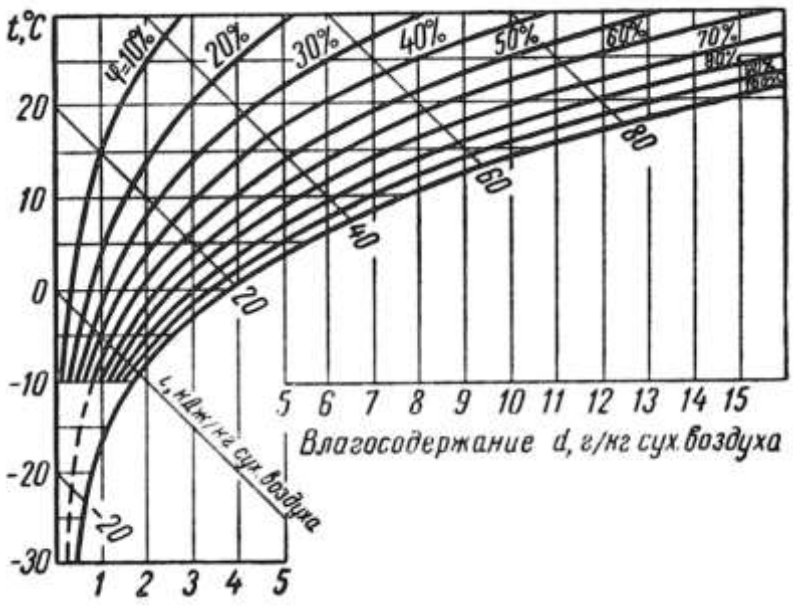
Додаток Б

Поправочні коефіцієнти для визначення тепло- та вологовиділень тваринами при різних температурах повітря в приміщенні

$t_в$, °С	Коефіцієнт для визначення кількості	
	вільного тепла	водяної пари
	Свиноматки, свині відгодівельні	
-10	-	-
-5	1,59	0,72
0	1,27	0,83
+5	1,08	0,98
+10	1	1
+15	0,98	1,15
+20	1,15	1,53
+25	1,47	1,96

Примітка.

Норми виділення вільного тепла та водяної пари свинями при різних температурах визначають шляхом добутку даних Додатку А на коефіцієнти, наведені в таблиці.

Додаток В

Спрощена $i-d$ - діаграма вологого повітря для малих значень температури, з розрахунку на барометричний тиск 99,3кПа