

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 644.1:636.03

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

_____ В.В. Каплун
(підпис) (ПІБ)

«___» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач 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".2024.09.26.016.ПЗ

на тему «Дослідження та розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурою повітря в корівнику із використанням комплексу технічних засобів **Arduino**»

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

_____ А.О. Стоцький
(підпис) (П.І.Б студента)

Керівники магістерської роботи

_____ Т.І. Лендел, к.ф-м.н., доц.
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І.І. Мартиненка

О.О. Опришко

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Стоцькому Андрію Олександровичу

(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 кваліфікаційної магістерської роботи «**Дослідження та розробка комп'ютерно- інтегрованої системи керування температурою повітря в корівнику із використанням комплексу технічних засобів Arduino**»,

затверджена наказом ректора НУБіП України від 14.12.2023 року № 2268«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. ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ
2. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ
4. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТА
5. Техніко-економічне обґрунтування.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена дослідженню та розробці комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування температурою повітря в корівнику з використанням комплексу технічних засобів Arduino. Основною метою є створення ефективної системи керування, що забезпечить оптимальні кліматичні умови для утримання тварин, сприятиме підвищенню продуктивності та поліпшенню якості сільськогосподарської продукції.

У першому розділі проаналізовано технологічні характеристики об'єкта керування, основні операції технологічного процесу та проведено інформаційний аналіз об'єкта. Також розроблено функціональну схему автоматизації, що відображає структурні елементи системи.

Другий розділ присвячений побудові математичної моделі об'єкта керування, що дозволяє ефективніше проектувати та тестувати алгоритми керування.

У третьому розділі обґрунтовано вибір датчиків, виконавчих механізмів та розроблено алгоритм керування. Додатково налаштовано ПІ-регулятор, щоб забезпечити стабільність та точність підтримки температури.

Четвертий розділ описує реалізацію алгоритму керування, зокрема вибір технічних засобів, налаштування цифрової системи керування (ЦСК), дослідження її стійкості та якості, розробку принципової схеми та щита управління.

П'ятий розділ присвячено техніко-економічному обґрунтуванню розробленої системи, зокрема розрахунку ефективності автоматизації систем керування в сільському господарстві.

Дипломна робота є актуальною з огляду на зростаючу потребу в автоматизованих системах у сільському господарстві, що сприяють зниженню витрат та покращенню умов для тварин.

Зміст

ВСТУП

1. РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1. Методи та основні операції при забезпеченні технологічного процесу

1.2. Інформаційний аналіз об'єкта керування

1.3. Розробка функціональної схеми автоматизації

2. РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3. РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ

3.1. Вибір датчика та вибір виконавчого механізму

3.2 Вибір алгоритму керування

3.3 Налаштування ПІ- регулятора

4 РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТА

4.1 Вибір технічних засобів

4.2 Цифрова система керування

4.2.1 Визначення періоду квантування сигналів ЦСК

4.2.2 Дослідження цифрового

4.3 Дослідження системи на стійкість та якість

4.4 Вибір пускозахисної апаратури

4.5 Розробка принципової схеми

4.6 Розробка щита управління

5 РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

5.1 Розрахунок техніко-економічної ефективності автоматизації систем керування технологічними процесами у сільськогосподарському виробництві

6 ВИСНОВОК

Вступ

Сьогодні будівництво ферм – це вже не великі будівлі, розраховані на тисячі голів худоби. Сьогодні при будівництві хлівів своїми руками все частіше використовуються нові методи будівництва, які дозволяють створити невеликий комплекс з максимально сприятливою кліматичною атмосферою ділянки, що відповідає всім необхідним умовам зоогієни та утримання худоби. Такий спосіб вирощування «корів» забезпечує безперервне виробництво з мінімальними витратами трудових ресурсів. Промислові проекти у вигляді нових сільськогосподарських будівель є чудовою альтернативою застарілим огорожам та ангарним будівлям, що забезпечує збереження високої рентабельності молочної діяльності. Але просто побудувати структуру недостатньо. Для будівництва сараю в першу чергу необхідно мати план будівництва, який включає географічні та кліматичні характеристики місцевості, конкретні умови будівельних матеріалів і розмір фінансових вкладень.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1. Методи та основні операції при забезпеченні технологічного процесу

Оптимальний мікроклімат у корівнику забезпечує здоров'я тварин, максимальну конверсію корму та продуктивність. Екстремальні температури та вологість можуть мати негативний вплив на тварин і людей, а також на самі будівлі. Експерт з Німеччини Юрген Кеніг на 10-му Міжнародному молочному конгресі поділився досвідом використання архітектурних особливостей і різноманітних вентиляційних систем для управління мікрокліматом хлівів і корівників.

Мікроклімат в корівнику



Рис 1.1

Він залежить від багатьох факторів, зокрема:

Температура повітря в приміщенні (оптимальний діапазон від +4 до +20 °С);

Вологість повітря (повинна бути в межах 50-75%);

Швидкість потоку повітря (для запобігання протягів взимку швидкість не повинна перевищувати 0,2м/с);

З підвищенням температури збільшується концентрація шкідливих газів; освітлення (не менше 120 лк для корів і 80 лк для телят);

Наприклад, високий рівень шкідливих газів у повітрі може призвести до зниження продуктивності тварин, а надлишок пилу та вологості може сприяти розвитку грибків і шкідливих мікроорганізмів у приміщенні. Наслідки відсутності контролю мікроклімату можуть бути згубними для тварин і працівників, а також для самої будівлі, особливо взимку.



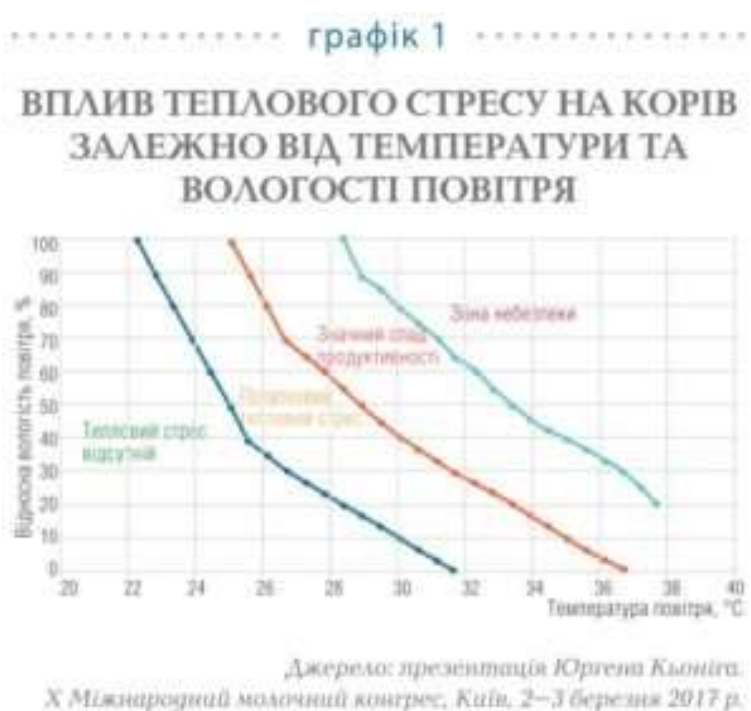
Рис 1.2

Високі температури в приміщеннях для худоби можуть викликати тепловий стрес у тварин. По-перше, це негативно впливає на легені і кров. Однією з функцій терморегуляції організму є потовиділення. Під час теплового стресу бікарбонат різко зростає, і організм втрачає бікарбонат. У результаті рН

рубця знижується, що підвищує ризик ацидозу рубця. Тепловий стрес може спричинити проблеми зі стопами (такі як сильне запалення та міжпальцевий дерматит) і репродуктивні проблеми, що призводить до зниження фертильності.

Під час теплового стресу виробництво молока стає другорядним фактором, оскільки організм корови намагається залишатися активним. Зменшення вироблення молока підвищує ризик маститу. Це найбільш несприятливі наслідки теплового стресу, але цей список не є вичерпним.

Температура і вологість взаємопов'язані (див. графік 1)



Графік 1

Температура не завжди є критичною, тому обов'язково стежте за вологістю. Тварини легше переносять високі температури, якщо вологість нижча. Оптимальна температура для дійних корів — від +5 до +20 °C. Тепловий стрес у високопродуктивних молочних корів спостерігався за температури вище +23 °C і вологості повітря 60 %.

1.2. Інформаційний аналіз об'єкта керування

Технічні об'єкти (процеси або технічні рішення) можуть бути виражені у формі таблиць, діаграм і математичних рівнянь, що описують взаємозв'язок між параметрами керування моделі об'єкта та вхідними та вихідними параметрами.

Вологість повітря в цьому сараї залежить від опалення і вентиляції водяного стелажу. В цьому випадку сарай з регульованою вологістю буде обладнаний системою водяного опалення та вентиляційними вікнами.

Одним з найважливіших етапів є розробка моделі об'єкта, яка показує процеси, що відбуваються в об'єкті.

Типові рішення управління об'єктами базуються на простих моделях. Ця модель у поєднанні з абстрактним характером параметрів не дає можливості заглиблюватися та змінювати властивості об'єкта. Для глибшого вивчення та синтезу систем автоматичного керування інтерес становлять моделі, що розкривають фізичні основи маніпулювання об'єктами.

Ми поділяємо існуючі моделі мікроклімату на дві категорії:

1. Схематична діаграма з використанням даних фізичного процесу тепло- та масообміну в корівнику. Процес описується диференціальними рівняннями з фізично інтерпретованими параметрами.

- 2 Кібернетика, вивчення зв'язку між вхідними та вихідними значеннями, коли мікроклімат сараю вважається "чорним ящиком". Параметри цих моделей визначаються експериментально методами ідентифікації.

У цій роботі використовується принципова модель безперервного часу. Модель розроблена на основі наступних припущень:

1. Ця модель описує сарай як заданий об'єм повітря, оточений стінами, дахом і підлогою. Тривимірний розподіл змінних, що характеризують мікроклімат, не розглядався.

2. Не враховує зміни біомаси організму під час його функціонування. Біомаса тіла є постійною величиною.

3. Об'єкт керування вважається квазістаціонарним. Рівняння теплового балансу енергії, що впливає на зміну температури повітря всередині корівника має вигляд:

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = Q_{\text{надх}} - (Q_{\text{втрати}} + Q_{\text{свіж}}), \quad (2.1)$$

де ρ – густина повітря;

V – об'єм повітря;

C - питома теплоємність повітря;

$T(t)$ – температура в коморі;

$Q_{\text{надх}}$ - надходження тепла від системи опалення;

$Q_{\text{втрати}}$ - втрати тепла;

$Q_{\text{свіжий}}$ - втрати тепла від нагріву свіжого повітря.

Розкриємо член рівняння (2.1). Надходження тепла від системи опалення:

$$Q_{\text{post}} = G_{\text{тепло}} \cdot C_{\text{тепло}} (T_{\text{початок}} - T_{\text{кінець}}), \quad (2.2)$$

Де $G_{\text{тепло}}$ – витрата теплоносія;

$C_{\text{тепло}}$ – питома теплоємність теплоносія;

$T_{\text{start}}, T_{\text{fin}}$ – температура теплоносія на вході та виході з теплообмінника;

$T_{\text{start}} - T_{\text{fin}}$ – різниця температур теплоносія на вході та виході з теплообмінника. Втрати тепла через огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{об}} = \sum k \cdot F \cdot (T_v - T_z), \quad (2.3)$$

Серед них k коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, F – площа огорожі;

T_c – температура повітря в будівлі;

T_c — температура зовнішнього повітря;

$T_c - T_z$ — різниця температур. Втрати тепла на підігрів свіжого повітря: $Q_{\text{свіж}} = G_{\text{свіж}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot (T_v - T_z)$, (2.4)

де $G_{\text{свіж}}$ - витрата свіжого повітря для вентиляції приміщення;

$C_{\text{пов}}$ - питома теплоємність повітря;

T_v — температура повітря всередині будівлі;

T_z — температура повітря зовнішня.

Запишемо рівняння (2.1) повністю підставивши розкриті члени (2.2), (2.3) і (2.4):

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) - \sum(k \cdot F) \cdot (T_v - T_n) - G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} (T_v - T_n),$$
 (2.5)

Рівняння масового балансу води в атмосфері корівника буде мати вигляд:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} - G_{\text{ух.}} \cdot X_{\text{ух.}} + G_{\text{пар}},$$
 (2.6)

де ρ — густина повітря ($\text{кг}/\text{м}^3$);

V — об'єм повітря (м^3);

$X(t)$ — абсолютна вологість повітря в атмосфері корівника ($\text{кг}_{\text{води}}/\text{кг}_{\text{воздух}}$);

$G_{\text{свеж.}}$ — витрата свіжого повітря ($\text{кг}/\text{с}$);

$X_{\text{свеж.}}$ — абсолютна вологість свіжого повітря ($\text{кг}_{\text{води}}/\text{кг}_{\text{воздух}}$);

$G_{\text{ух.}}$ — витрата повітря ($\text{кг}/\text{с}$);

$X_{\text{ух.}}$ — абсолютна вологість повітря ($\text{кг}_{\text{води}}/\text{кг}_{\text{воздух}}$);

$G_{\text{пар}}$ — витрата пара ($\text{кг}/\text{с}$).

Рівняння масового балансу вуглекислого газу в атмосфері корівника визначається з балансу мас вуглекислого газу таким чином:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} = G_{свеж.} \cdot M_{CO_2\ свеж.} - G_{ух.} \cdot M_{CO_2\ ух.} + oxi(t, m), \quad (2.7)$$

де ρ – густина повітря (); кг/м^3

V – об'єм повітря (); м^3

$M_{CO_2}(t)$ – абсолютний вміст CO_2 в атмосфері корівника ($\text{кг}_{CO_2}/\text{кг}_{\text{воздух}}$);

$G_{свеж.}$ – витрата свіжого повітря (кг/с);

$M_{CO_2\ свеж.}$ – абсолютний вміст CO_2 в атмосфері ($\text{кг}_{CO_2}/\text{кг}$);

$G_{ух.}$ – витрата повітря (кг/с);

$M_{CO_2\ ух.}$ – абсолютний вміст CO_2 в повітрі корівника ($\text{кг}_{CO_2}/\text{кг}$);

$oxi(t, m)$ – процес окислення повітря, супроводжуваний виділенням CO_2 в повітря корівника ($\text{кг}_{CO_2}/\text{с}$).

Для отримання значень температури, вологості і вмісту вуглекислого газу на

підставі розроблених рівнянь виразимо ці значення з диференціальних рівнянь. Запишемо рівняння температури в диференціальній формі:

$$\begin{aligned} \rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} &= G_{тепл.} \cdot C_{тепл.} (T_{нач.} - T_{кон.}) - \\ &- \sum k \cdot F \cdot (T_{в.} - T_{н.}) - G_{свеж.} \cdot C_{возд.} (T_{в.} - T_{н.}) \\ \frac{dT(t)}{dt} &= \frac{1}{\rho VC} \left[G_{тепл.} \cdot C_{тепл.} (T_{нач.} - T_{кон.}) - \right. \\ &\left. - \sum k \cdot F \cdot (T_{в.} - T_{н.}) - G_{свеж.} \cdot C_{возд.} (T_{в.} - T_{н.}) \right] \end{aligned} \quad (2.8)$$

$T_{в.} = T$). Тоді рівняння прийме вид:

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{1}{\rho VC} \left[G_{тепл.} \cdot C_{тепл.} (T_{нач.} - T_{кон.}) - \sum k \cdot F \cdot (T(t) - T_{н.}) - G_{свеж.} \cdot C_{возд.} (T(t) - T_{н.}) \right]$$

(2.9)

Прийmemo температуру повітря, що йде за температуру повітря всередині приміщення

Отримали лінійне неоднорідне диференціальне рівняння першого порядку, виразимо його:

$$\frac{dT(t)}{dt} + \frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})}{\rho V C} T(t) = \frac{1}{\rho V C} \left[\frac{G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) +}{+ T_{\text{н.}} (\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})} \right]$$

Визначимо допоміжну функцію $\mu(t)$:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})}{\rho V C} dt}$$

(2.10)

Прийmemo:

$$\frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})}{\rho V C} = \text{Const.}$$

тоді:

$$\mu(t) = e^{\frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})}{\rho V C} t} \quad (2.11)$$

Помножимо вихідне рівняння (2.10) на $\mu(t)$ (2.11):

$$\begin{aligned} \frac{dT(t)}{dt} \cdot \mu(t) + \frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})}{\rho V C} T(t) \cdot \mu(t) &= \\ &= \frac{1}{\rho V C} \left[\frac{G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) +}{+ T_{\text{н.}} (\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})} \right] \cdot \mu(t) \\ \frac{d(T(t) \cdot \mu(t))}{dt} &= \frac{1}{\rho V C} \left[\frac{G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) +}{+ T_{\text{н.}} (\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}})} \right] \cdot \mu(t) \end{aligned} \quad (2.12)$$

Проінтегруємо рівняння (2.12):

$$T(t) \cdot \mu(t) = \int \frac{1}{\rho V C} \left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right. \\ \left. + T_{\text{н.}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \right] \cdot \mu(t) dt \quad (2.13)$$

Прийемо за постійний множник:

$$\frac{1}{\rho V C} \left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right. \\ \left. + T_{\text{н.}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \right]$$

Винесемо його за знак інтеграла, потім помножимо обидві частини рівняння на $\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}}$:

$$T(t) \cdot \mu(t) \cdot \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) = \\ = \frac{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right)}{\rho V C} \cdot \left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right. \\ \left. + T_{\text{н.}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \right] \cdot \int e^{\frac{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right)}{\rho V C} t} dt \quad (2.14)$$

Візьемо інтеграл:

$$T(t) \cdot \mu(t) \cdot \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) = \\ = \left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right. \\ \left. + T_{\text{н.}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \right] \cdot e^{\frac{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right)}{\rho V C} t} + \text{Const.} \quad (2.15)$$

Виразимо:

$$\Gamma(t) = \frac{\left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right. \\ \left. + T_{\text{н.}} \left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \right] \cdot e^{\frac{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right)}{\rho V C} t} + T_0}{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \cdot e^{\frac{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right)}{\rho V C} t}}, \quad (2.16)$$

де T_0 – початкова температура.

Отримаємо значення абсолютної вологості. Запишемо рівняння вологості в диференціальній формі:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} - G_{\text{ух.}} \cdot X_{\text{ух.}} + G_{\text{пар}}$$

Прийемо вологість мінає повітря за вологість повітря всередині приміщення.

Тоді рівняння прийме вид:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} - G_{\text{ух.}} \cdot X + G_{\text{пар}} \quad (2.17)$$

Отримане диференціальне рівняння першого порядку виразимо в канонічному вигляді:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} + G_{\text{ух.}} \cdot X = G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}},$$

$$\frac{dX(t)}{dt} + \frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} \cdot X = \frac{G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}}}{\rho \cdot V} \quad (2.18)$$

Визначимо допоміжну функцію:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} dt}$$

Прийемо:

$$\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} = \text{Const.}$$

Тоді:

$$\mu(t) = e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} \quad (2.19)$$

Помножимо вихідне рівняння (2.18) на (2.19):

$$\frac{dX(t)}{dt} e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} + \frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} \cdot X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}}}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t}$$

Перетворимо:

$$\frac{d\left(X(t) \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t}\right)}{dt} = \frac{G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}}}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} \quad (2.20)$$

Прийемо:

$$\frac{G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}}}{\rho \cdot V} = \text{Const.}$$

Проінтегруємо рівняння (2.20) по t:

$$X(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{свеж.} \cdot X_{свеж.} + G_{пар}}{\rho \cdot V} \int e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} dt$$

Помножимо обидві
частини рівняння на

G_{yx} і візьмемо інтеграл:

$$X(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{yx} = (G_{свеж.} \cdot X_{свеж.} + G_{пар}) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} + Const. \quad (2.22)$$

Виразимо:

$$X(t) = \frac{(G_{свеж.} \cdot X_{свеж.} + G_{пар}) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} + X_0}{e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{yx}}, \quad (2.23)$$

де X_0 – початкова вологість.

Знайдемо значення вмісту CO₂. Запишемо рівняння масового балансу вуглекислого газу в атмосфері корівника в диференціальній формі:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} = G_{свеж.} \cdot M_{CO_2,свеж.} - G_{yx} \cdot M_{CO_2,yx} + oxi(t, m)$$

Прийmemo вміст CO₂ повітря ззовні за зміст CO₂ у повітрі всередині приміщення. Тоді рівняння прийме вигляд:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} = G_{свеж.} \cdot M_{CO_2,свеж.} - G_{yx} \cdot M_{CO_2}(t) + oxi(t, m) \quad (2.24)$$

Виразимо отримане диференціальне рівняння першого порядку:

$$\frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} + \frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} \cdot M_{CO_2}(t) = \frac{G_{свеж.} \cdot M_{CO_2,свеж.} + oxi(t, m)}{\rho \cdot V} \quad (2.25)$$

Визначимо допоміжну функцію:

$$\mu(t) = e^{\int \frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} dt}$$

Прийmemo:

$$\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} = Const.$$

$$\mu(t) = e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \quad (2.26)$$

Помножимо вихідне рівняння (2.25) на допоміжну функцію (2.26):

$$\frac{dM_{CO_2}(t)}{dt} e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} + \frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} \cdot M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t}$$

Перетворимо:

$$\frac{d\left(M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t}\right)}{dt} = \frac{G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)}{\rho \cdot V} \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \quad (2.27)$$

Прийmemo:

$$\frac{G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)}{\rho \cdot V} = Const.$$

Проінтегруємо рівняння:

$$M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} = \frac{G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)}{\rho \cdot V} \int e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} dt \quad (2.28)$$

Помножимо обидві частини рівняння і візьmemo інтеграл:

$$M_{CO_2}(t) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{yx} = \left(G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)\right) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} + Const. \quad (2.29)$$

Виразимо:

$$M_{CO_2}(t) = \frac{\left(G_{свєж.} \cdot M_{CO_2, свєж.} + oxi(t, m)\right) \cdot e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} + M_{CO_2 0}}{e^{\frac{G_{yx}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{yx}} \quad (2.30)$$

де $M_{CO_2 0}$ - початковий вміст вуглекислого газу.

Таким чином, система рівнянь, наближено описує мікроклімат корівника, має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} \cdot (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) - \\
 \quad - \left(\sum k \cdot F \cdot (T_{\text{в.}} - T_{\text{н.}}) + \right. \\
 \quad \left. + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \cdot (T_{\text{в.}} - T_{\text{н.}}) \right); \\
 \rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} - G_{\text{ух.}} \cdot X_{\text{ух.}} + G_{\text{пар}}; \\
 \rho \cdot V \cdot \frac{dM_{\text{CO}_2}(t)}{dt} = G_{\text{свеж.}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ свеж.}} - G_{\text{ух.}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ ух.}} + \text{oxi}(t, m); \\
 T(t) = \frac{\left[G_{\text{тепл.}} \cdot C_{\text{тепл.}} \cdot (T_{\text{нач.}} - T_{\text{кон.}}) + \right.}{\left(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}} \right) \cdot e^{\frac{(\sum k \cdot F + G_{\text{свеж.}} \cdot C_{\text{возд.}}) \cdot t}{\rho V C}} + T_0}; \\
 X(t) = \frac{(G_{\text{свеж.}} \cdot X_{\text{свеж.}} + G_{\text{пар}}) \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} + X_0}{e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{\text{ух.}}}; \\
 M_{\text{CO}_2}(t) = \frac{(G_{\text{свеж.}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ свеж.}} + \text{oxi}(t, m)) \cdot e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} + M_{\text{CO}_2 0}}{e^{\frac{G_{\text{ух.}}}{\rho \cdot V} t} \cdot G_{\text{ух.}}};
 \end{array} \right.$$

Наведена модель орієнтовно описує мікроклімат корівника, що є прийнятним для аналізу та синтезу алгоритмів управління. Модель не враховує розподіл параметрів мікроклімату за розміром і висотою сараю.

Модель дозволяє розраховувати вплив за параметрами мікроклімату свинарника, прогнозувати вплив кожного значення мікроклімату на інші значення, а також розраховувати показники якості управління.

1.3. Розробка функціональної схеми автоматизації.

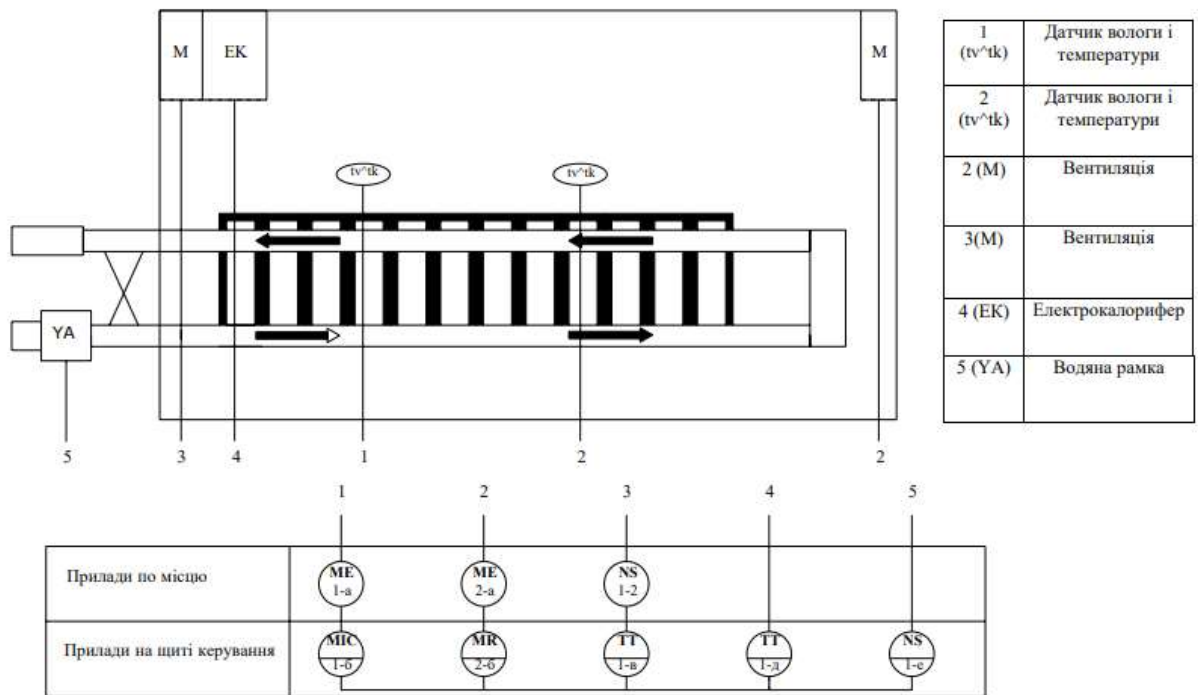


Рис. 1.3. Функціональна технологічна схема системи регулювання температурою та вологістю в корівнику

1 Водяна рамка. 2 Вентиляція. 3 ЕК підігріву повітря. 4 Датчик вологи та температури

Регулювання вологості повітря в корівнику за функціональною схемою автоматизації показано на рисунку 1. Мікроконтролер Arduino регулює всі процеси та збирає інформацію. Вологість повітря в приміщенні регулюється за такими параметрами: верхня і нижня температура теплоносія, регулювання швидкості обертання вентилятора і регулювання температури нагріву повітря. Збір інформації забезпечує пристрій Arduino, і після того, як пристрій Arduino обробить інформацію, він налаштовує всі параметри відповідно до потреб

РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Розробка та дослідження імітаційної моделі об'єкта автоматизації

Використовуйте програмні продукти MATLAB

Програмне забезпечення MATLAB дозволяє виконувати детальні дослідження та оптимізацію моделі в режимі реального часу з урахуванням параметрів, які впливають на робочу модель хліву: вологість, надходить тепло, загальний мікроклімат. Програмне забезпечення передбачає розподіл температури в системі на основі багатьох параметрів, властивостей повітря, худоби, матеріалів стін і технічних моделей сараю.

Крім того, необхідно визначити статичні характеристики стайні з регульованою температурою, тобто розподіл температури по довжині або ширині стайні.

Зробимо статичну модель предмета крафта по температурному каналу.

Для цього представимо об'єкт у вигляді трьох ланок, які накопичують енергію - це ланка води, яка нагрівається, ланка повітря, яке ми нагріваємо, і ланка води, яка надходить в бак

Q_g - тепло введено з водою, Q_y – тепло виведене з водою, Q_n – тепло, що перейшло до повітря, Q_z – тепло втрачене в навколишній простір, Q_v – тепло, що знаходиться у воді, Q_p – тепло, що знаходиться у повітрі, Q_b – тепло, що перейшло до бака

Тепло, яке передається через стінку труби до повітря, від повітря через стін корівнику до навколишнього повітря і від стінок бака до повітря рахуємо за законом Фур'є:

$$Q_n = k_1 F_t (t_v - t_p),$$

$$Q_z = k_2 F_c (t_p - t_z),$$

$$Q_b = k_b F_b (t_y - t_{zem}).$$

Де k_1, k_2, k_b – коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення, через стін поверхні корівника і через стінки бака; F_t, F_c, F_b – поверхня труби системи опалення, стіна поверхні корівника і поверхня бака.

Система диференційних рівнянь у вигляді Коші:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_v) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v \rho_v},$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_p V_p \rho_p},$$

$$\frac{dt_n}{d\tau} = \frac{k_b F_b (t_y - t_{zem})}{C_p V_b \rho_p}.$$

Де V_v – об'єм системи опалення, м³,

G_n – продуктивність насоса, м³ /ГОД,

t_g – температура води в системі опалення на вході, °С,

t_v – температура води в системі опалення, °С,

t_p – температура повітря в корівнику °С,

t_n – температура води, що зберігається в бакові, °С,

t_{zem} – температура води в енергозберігаючому баку, °С,

k_1, k_2, k_b – коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення, через поверхні корівника і через стінки бака,

F_t, F_c, F_b – поверхня труби системи опалення, поверхня корівнику і поверхня бака,

C_v, C_p – теплоємність води і повітря, Дж/кг·°С,

ρ_v, ρ_p – густина води і повітря, кг/м³.

Приймемо, що корівнику площею 1 га має такі параметри: довжина 300м, ширина 100м, висота стін і стелі 3.2 м, товщина стінок корівника 4мм.

Сталевий бак має такі розміри: 10м*10м*10м.

Об'єм системи опалення $V_v = 250 \text{ м}^3$, який створюють нагрівальні труби зовнішнім діаметром 48мм і товщиною стінок $\sigma = 2 \text{ мм}$.

Для створення моделі об'єкту розраховуємо коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення і поверхні корівника k_1, k_2, k_b :

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}} = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0.002}{200} + \frac{1}{50}} = 47.6,$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}} = \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.01}{0.74} + \frac{1}{10}} = 4.3,$$

$$k_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vb}} + \frac{\delta_b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_{bp}}} = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0.01}{50} + \frac{1}{15}} = 14.7.$$

$\alpha_{vt}, \alpha_{tp}, \alpha_{pc}, \alpha_{cz}, \alpha_{vb}, \alpha_{bp}$ – коефіцієнти тепловіддачі відповідно від води до стінки труби, від стінки труби до повітря в корівнику, від повітря корівника до стінки корівника, до зовнішнього повітря, від води до бака, від бака до повітря; $\lambda_t, \lambda_c, \lambda_b$ - коефіцієнти теплопровідності відповідно сталі труби, скла стінки і стінки бака; $\delta_t, \delta_c, \delta_b$ – товщина стінки труби і бака.

Так як

$$\alpha_{vt} = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \lambda_t = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \delta_t = 0.002 \text{ м}, \alpha_{tp} = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \alpha_{cz} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \alpha_{pc} = 7.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \lambda_c = 0.74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \delta_c = 0.002 \text{ м}, \delta_b = 0.01 \text{ м}, \alpha_{vb} = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \lambda_b = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, \alpha_{bp} = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$$

то підставивши ці значення у формулу (2.3) отримаємо:

$$k_1 = 47.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, k_2 = 4.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}, k_b = 14.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}.$$

Площа поверхні теплообміну системи опалення

$$F_t = \pi L d,$$

де L – довжина нагрівальних труб при об'ємі системи опалення $V_v = 250 \text{ м}^3$;
 d – зовнішній діаметр.

$$L = \frac{V_v}{\frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4}} = \frac{250}{\frac{\pi \cdot 0.044^2}{4}} = 78960 \text{ м},$$

Отже, $F_t = 3.14 \cdot 78960 \cdot 0.048 = 11900 \text{ м}^2$.

Поверхню застеленої теплиці рахуємо, умовно вважаючи корівника форму прямокутною:

$$F_c = 60000 + 2 \cdot 300 \cdot 3.2 + 2 \cdot 100 \cdot 3.2 = 62560 \text{ м}^2,$$

а об'єм повітря в корівнику буде дорівнювати:

$$V_v = 32000 \cdot 3 = 96000 \text{ м}^3.$$

Поверхня бака: $F_b = 600 \text{ м}^2$, а його об'єм $V_b = 1000 \text{ м}^3$.

Час запізнення у системі опалення розраховується за наступною формулою:

$$\tau_c = \frac{V_v}{4G_n},$$

де $G_n = 400 \text{ м}^3 / \text{год}$ - продуктивність циркуляційного насосу.

$$\tau_c = \frac{400}{4 \cdot \frac{400}{3600}} = 1000.$$

Для зручності формування імітаційної блочної моделі введемо додаткові коефіцієнти:

$$a_1 = k_1 F_t = 388700,$$

$$a_2 = k_2 F_c = 775744,$$

$$a_3 = k_b F_b = 8612.4,$$

$$b_1 = C_v V_v \rho_v = 10.5 \cdot 10^8,$$

$$b_2 = C_p V_p \rho_p = 22.6 \cdot 10^8,$$

$$b_3 = C_v V_b \rho_v = 24.4 \cdot 10^8.$$

Тоді система диференціальних рівнянь (2.2) матиме вигляд:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = 0.0083(t_g - t_v) - 3.695 \cdot 10^{-4}(t_v - t_p),$$

$$\frac{dt_n}{d\tau} = 3.53 \cdot 10^{-6}(t_v - t_{\text{зем}}).$$

Схема моделі системи опалення показана на рисунку 2.2

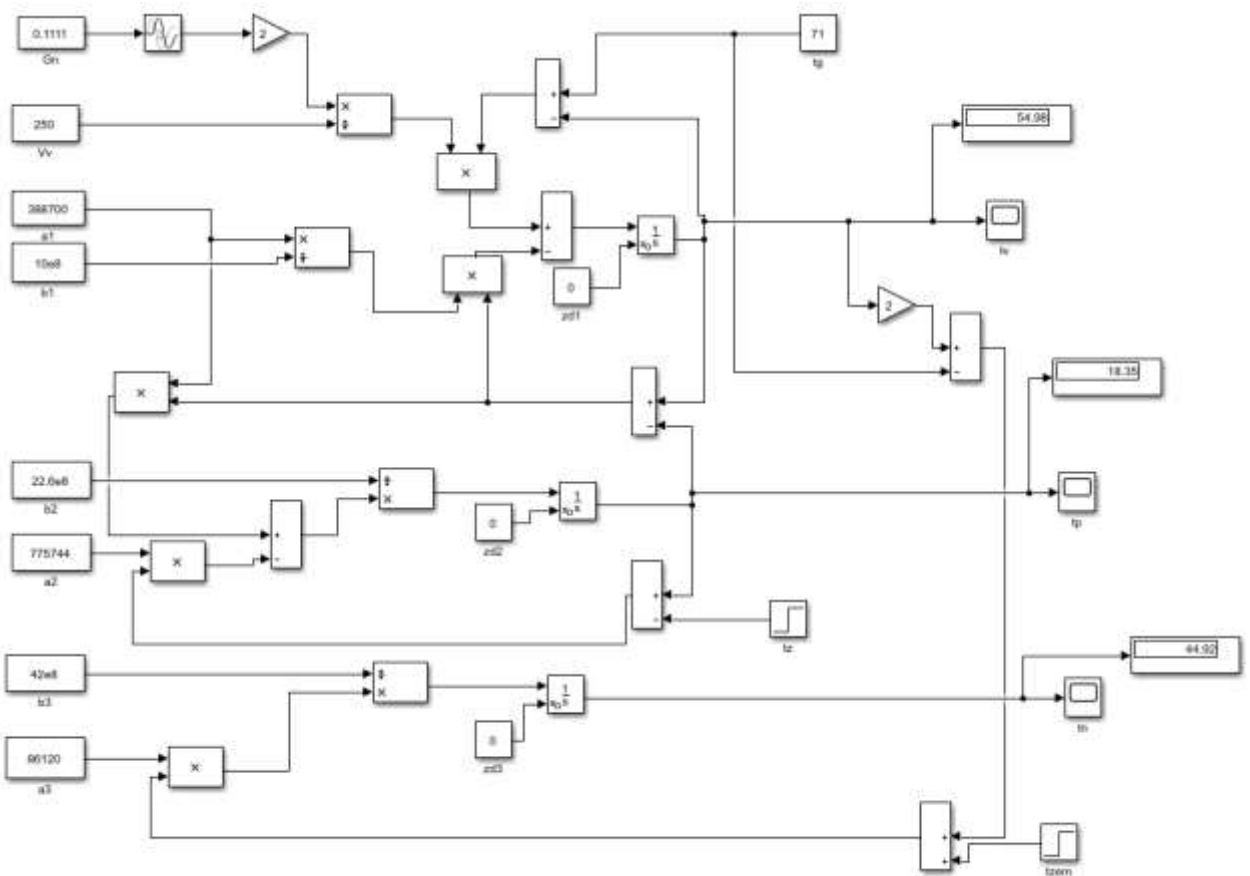


Рис. 2.2. Схема моделі системи опалення

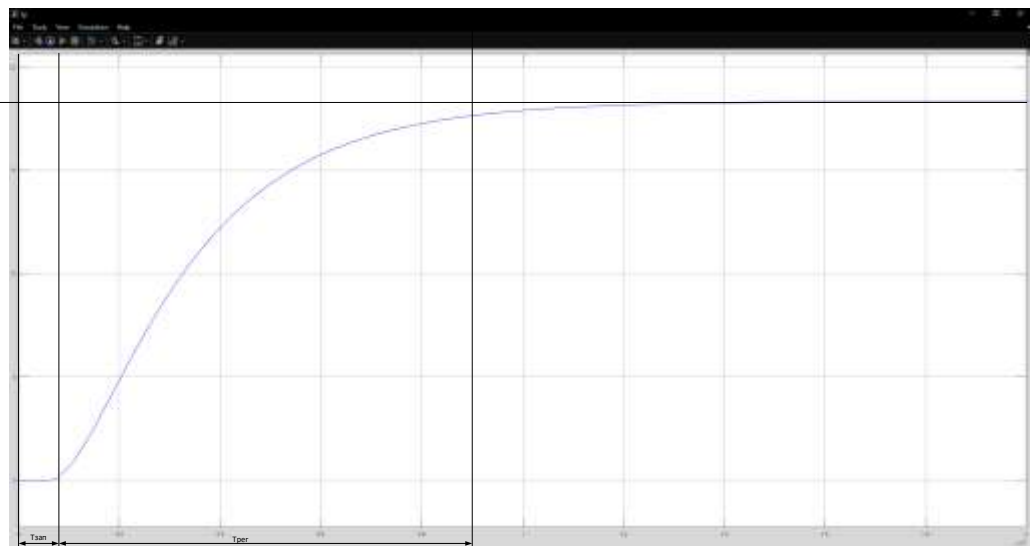


Рис. 2.3. Розгінна характеристика для каналу температура повітря в корівнику t_p від реєстрів

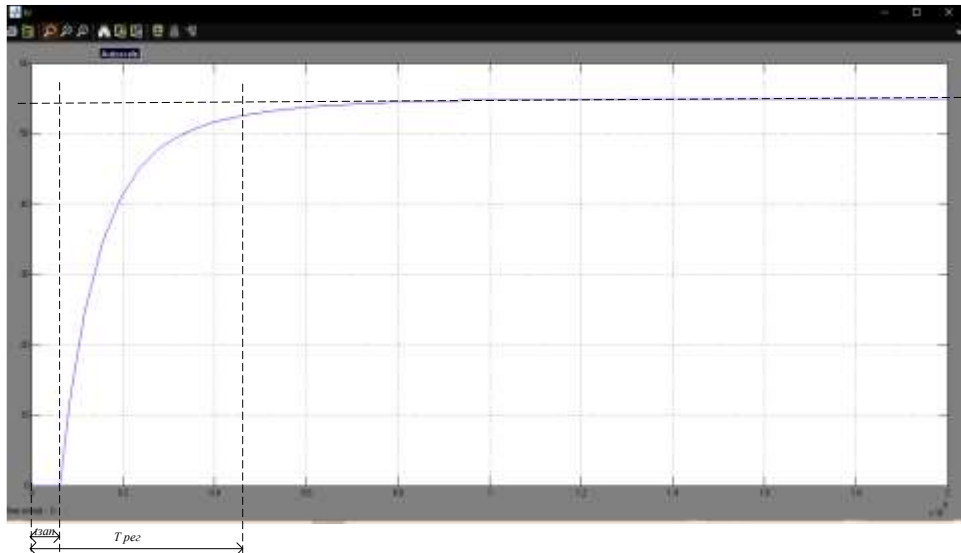


Рис. 2.4. Розгінна характеристика для каналу температура води у системі опалення t_v від теплоносія

Отже, результати моделювання (рис. 2.3., 2.4.) показують, що для утримання температури повітря в корівнику на рівні $18\text{ }^\circ\text{C}$ при зовнішній температурі $0\text{ }^\circ\text{C}$, необхідна температура води в системі опалення складає $56\text{ }^\circ\text{C}$, при цьому температура води, що надходить до зберігаючого бака дорівнює $45\text{ }^\circ\text{C}$.

Побудова приведеної передатної функції об'єкта автоматизації та визначення її параметрів. Згідно проведених досліджень постійна часу об'єкта дорівнює $T_0 = 8500\text{ с}$, а запізнення згідно формули 2.7 дорівнює $\tau_p = 1000\text{ с}$.

Коефіцієнт передачі об'єкта визначається відношенням :

$$k_o = \frac{\Delta t_p}{\Delta t_v},$$

Таблиця 2.1

Температури води на виході системи (t_v) та повітря в корівнику(t_p)

$t_v, \text{ }^\circ\text{C}$	56.08	52.2	48.3	44.4	66.2
$t_p, \text{ }^\circ\text{C}$	18.24	17	15.7	14.4	20.2

Звідси $k_o = \frac{18.24}{56.08} = 0.32$.

Для статичних об'єктів передатна функція матиме таку структуру:

$$W_o(s) = \frac{k_o \cdot e^{-\tau_o s}}{T_o s + 1},$$

де s – оператор Лапласа,

Параметри математичної моделі: $\tau = 1000\text{с}$, $T_o = 8500\text{с}$, $k_o = 0.32$.

Отже, передатна функція корівника як об'єкту регулювання температури є інерційною ланкою із запізненням, і має вигляд :

$$W_o(s) = \frac{0.32 \cdot e^{-1000s}}{8500s + 1}.$$

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ

3.1. Вибір датчика та вибір виконавчого механізму

Вибір виконавчого механізму і регулюючого органу

Обґрунтування вибору регулюючого органу

Для вибору регулюючого органу проведемо певні розрахунки.

Задані параметри:

1. Об'ємна маса води:

$$\gamma = 1 \text{ см}^2/\text{см}^3$$

2. В'язкість:

$$v = 0.2 \text{ с}$$

3. Витрати:

$$Q_{\max} = 375 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

$$Q_{\min} = 250 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

4. Температура:

$$t_1 = t_2 = 80^\circ\text{C}$$

5. Перепад тисків:

$$\Delta P_{\text{в}} = 10 \text{ кг}/\text{см}^2$$

$$P_{\text{л}\downarrow} = 4 \text{ кг}/\text{см}^2$$

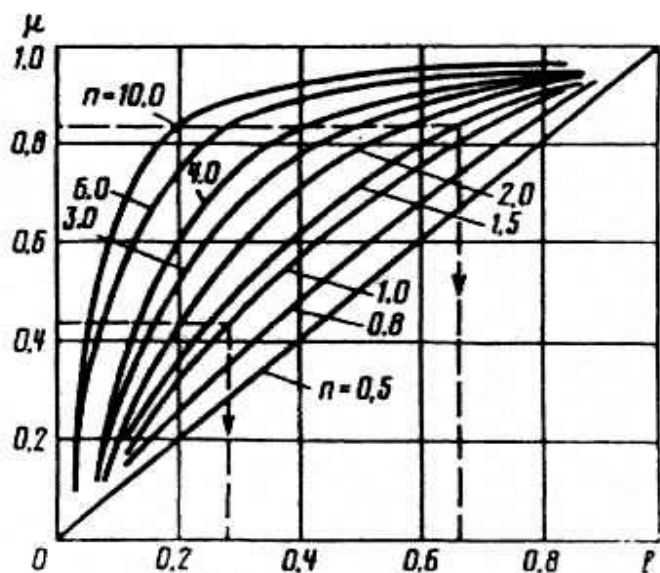


Рисунок 4.9. Робочі витратні характеристики для регулювальних клапанів

$$K_{\max} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{\min}}{Q_{\max} \cdot \Delta P_c - \sqrt{\Delta P_{\text{пл}}}}} = 375 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 1}{4}} \approx 153 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.1)$$

Поправки на в'язкість не вводимо, оскільки індекс в'язкості:

$$420 \cdot \frac{Q_{\max}}{K_{\max}} = \sqrt{420 \cdot 153} = \frac{375}{0.2 \cdot \sqrt{9743797.04}} > 1000 \quad (3.2)$$

З довідникової літератури приймаємо діаметр регулювального клапана,

який становить $D_V = 125^{\text{мм}}$, $K_{V_{\text{ВМ}}} = 250 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$. Оскільки умова

$K_{V_{VM}} \geq 1,2 \cdot K_{V_{max}} = 1,2 \cdot 153 = 183,6$ виконується, то даний регулювальний обертовий клапан цілком підходить.

Знаходимо робочу ділянку витратної характеристики вибраного регулювального органу. Для цього скористаємось наступними формулами:

$$K_{V_{VM}} = \frac{Q_{max}}{14} = \frac{500}{14} = 250 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

$$K_{V_{\gamma L}} = \frac{Q_{max}}{14} = \frac{375}{14} = 187,5 \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.3,3.4)$$

Регулювальний клапан зображено на рисунку 3.6.



Рисунок 4.10. Поворотна регулювальна заслінка НФЕЗ

Визначаємо відношення перепаду тиску на регулювальному органі при максимальній витраті до перепаду тиску в лінії:

$$K_{V_{VM}} \underline{250} 1,33 \quad (3.5) \quad n = = = \frac{\quad}{K_{V_{\gamma L}} \quad 187,5}$$

Уточнюємо перепад тиску на виконавчому механізмі:

$$\Delta P_{BM} = 1 \Delta P_{\pi_2} = 1 + 101,332 = 3,71 \text{ кгс/см}^2 \quad (3.6)$$

Визначаємо витрату через виконавчий механізм у разі перепаду тиску на ньому:

$$Q_{BM} = K_{VBM} \sqrt{\Delta P_{VBM}} = 250 \sqrt{3,7171} = 481,98 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.7)$$

Знаходимо відносну максимальну та мінімальну витрату рідини:

$$\begin{aligned} \mu_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Q_{BM}} = \frac{375}{481,98} = 0,778; \\ \mu_{\min} &= \frac{Q_{\min}}{Q_{BM}} = \frac{250}{481,98} = 0,519; \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$Q_{\min} = 250 = 0,519; \quad (3.9) \quad \mu_{\min} = Q_{BM} 481,98$$

З графіка, що зображений на рисунку 3.3 вибираємо витратну характеристику ВМ, у відповідності з якою відносний хід плунжера $l_{\min} = 0,52$ Визначаємо відношення:

$$k_{PO} = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}} = \frac{0,778 - 0,519}{0,52 - 0,3} = 1,18 \quad (3.10)$$

Передаточна функція регулюючої заслінки є пропорційною ланкою:

$$W_{PO}(s) = k_{SPO} = 1,18s \quad (3.11)$$

При цьому відношення препарату тиску на клапані до перепаду тиску в системі змінюється від $\beta_{\max} = 0.9$ до $\beta_{\min} = 0.62$ (Рисунку 3.4), що відповідає наступним перепадам:

$$\Delta P_{\max} = \beta_{\max} \cdot \Delta P_c = 0,9 \cdot 10 = 9 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad (3.12)$$

$$\Delta P_{\min} = \beta_{\min} \cdot \Delta P_c = 0,62 \cdot 10 = 6,2 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad (3.13)$$

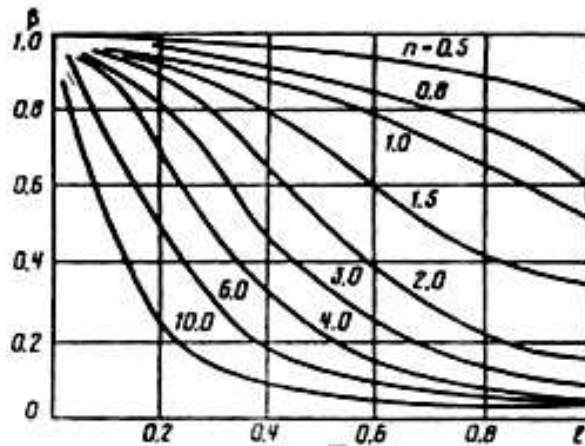


Рисунок 4.11. Зміни перепадів тисків на ВМ для регулювальних клапанів

Таким чином, ми отримали дані, необхідні для розрахунку виконавчого механізму.

Обґрунтування вибору виконавчого механізму

Вибираючи виконавчі механізми до поворотних заслінок, слід враховувати реактивний повертальний момент, що виникає внаслідок неоднакової швидкості потоку через верхню та нижню щілини, а також момент сил тертя в підшипниках. У разі відкриття проходу ці моменти додаються, у разі закриття – віднімаються.

Реактивний повертальний момент:

$$M_{нов} = 0,07 \cdot \Delta p \cdot D_3 \quad (3.14)$$

де Δp – перепад тиску на поворотній заслінці;

D – діаметр диска.

$B = 12,5 \text{ см}$, то отримаємо

Оскільки, $\Delta p = \Delta P_{\max} - \Delta P_{\min} = 9 - 6,2 = 2,8 \text{ кг/см}^2$ та наступне:

$$M_{нов} = 0,07 \cdot 2,8 \cdot 12,5^3 = 3,828 \text{ Нм} \quad (3.15)$$

Враховуючи, що момент сил тертя важко визначити, переставний момент виконавчого механізму вибирають у два рази більшим за реактивний.

Тобто,

$$M_{BM} = 2M_{нов} = 2 \cdot 3,828 = 7,656 \text{ Нм} \quad (3.16)$$

$$P_{2ном} = \frac{n_c \cdot (1 - 9570 s_{ном}) \cdot M_{BM}}{9570}; \quad (3.17)$$

$n_c = 1500$; $s_{ном} = 0,08$;

$$P_{2ном} = \frac{1500 \cdot (1 - 0,08) \cdot 7,656}{9570} = 1,104 \text{ кВт} \quad (3.18)$$

Використовуючи довідникову літературу, приймаємо в якості виконавчого механізму серводвигун (з кінцевим сигналізатором положення) МК-CS.1 230V фірми KOMEXTHERM, який зображено на рисунку 4.12.



Рисунок 4.12. Серводвигун типу МК-СS.1 230V

Серводвигун створює двосторонній обертовий рух в діапазоні встановлення кулачків. Конструкція передачі забезпечує стійкість після зупинки. Характер і напруга сигналізації завжди відповідають основному варіанту виконання. Характеристики механізму приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристики серводвигуна

Напруга живлення	230V + 10%;
Частота	50Hz
Максимальне навантаження контактної сигналізації	230 V/3A
Класифікація обладнання	електр. предмет 1-го класу
Виконання	IP 40
Обертовий момент	10Нм
Мінімальне і максимальне становлення кута робочого ходу	від 15° до 360°

Основний встановлений на заводі діапазон	90° (с механічним обмежувачем)
Час повороту в межах робочого ходу	150 с (90°)
Приєднуючий провід	4 x 0,5 - 0,75 мм ² Cu
Робоче положення	Довільне
Робоча температура	-10 °С - +15 °С;
Робоче середовище	Звичайне

Продовження таблиці 4.5.

Температура зберігання і відносна вологість	0 - +50 °С, 80%
Рівень шуму максимальний	50 dB
Ступінь необхідності обслуговування	без обслуговування
Розміри	134 x 168мм
Маса	1,05 кг

Спосіб закріплення серводвигуна на заслінку показано на рисунку 4.13.

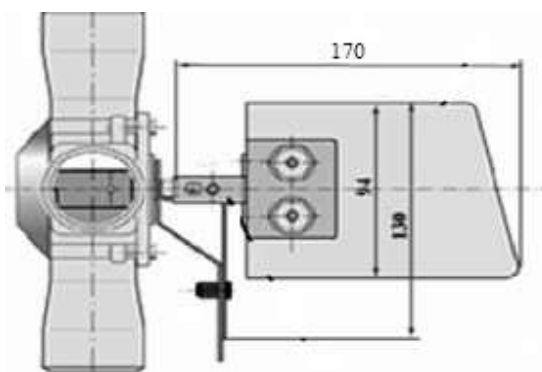


Рисунок 4.13. Загальний вигляд виконавчого механізму Передаточна функція виконавчого механізму:

$$W_{BM}(s) = T_{\mu}^{k_{BM}} \cdot s; \quad (3.19)$$

$$k_{BM} = 18,18$$

За наведеною технічною характеристикою по паспорту визначаємо постійну часу виконавчого механізму:

$$T_{\mu} = 150c$$

$$W_{BM}(s) = \frac{18,18}{150 \cdot s}$$

Вибір первинного перетворювача

Температуру повітря фіксуватиме датчик серії DHT-22 котрий за технічними характеристиками відповідає умовам використання у заданому об'єкті керування.

Таблиця 4.6. Характеристики датчика

Модель	DHT22
Напруга живлення	3.3 В ... 5 В
Тип датчика	цифровий
Тип чутливого елемента	полімерний конденсатор
Діапазон вимірювання вологості	0 ... 100%, похибка $\pm 2\%$
Діапазон вимірювання температури	$-40^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$, похибка $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Затримка	2с
Габарити	15.1 мм x 25.1 мм x 7.7 мм



Рис. 4.14. Датчик температури-вологості повітря

Проробивши розрахунки передатна функція датчика має вигляд :

$$W_{BM}(s) = \frac{18,18}{150 \cdot s}$$

У цих перетворювачах виконується квантування (дискретизація) за часом і рівнем вихідного сигналу.

Частота перетворювача визначається квантуванням за часом, а швидкість передачі даних визначається квантуванням рівня. Як правило, вихідний сигнал перетворювача представлений у двійковому паралельному або послідовному коді. Послідовний код - це код, коли числове значення отриманого результату передається по каналу як функція часу. Паралельне кодування означає, що окремі біти перетвореного сигналу передаються одночасно через паралельні канали.

Цифрова система автоматичного керування може включати логічні елементи, які використовуються для побудови системи керування, або мікропроцесор, який використовується для побудови системи керування. Цифрове (дискретне) керування. Цей тип керування можна використовувати для обробки цифрових сигналів. Інформація подається в цифровому вигляді. Функціональними елементами є лічильники, регістри, запам'ятовуючі

елементи,

лічильні

пристрої.

впала в резервуар для води

3.2. Розроблено алгоритм керування автоматизованою системою, що показано на блок-схемі

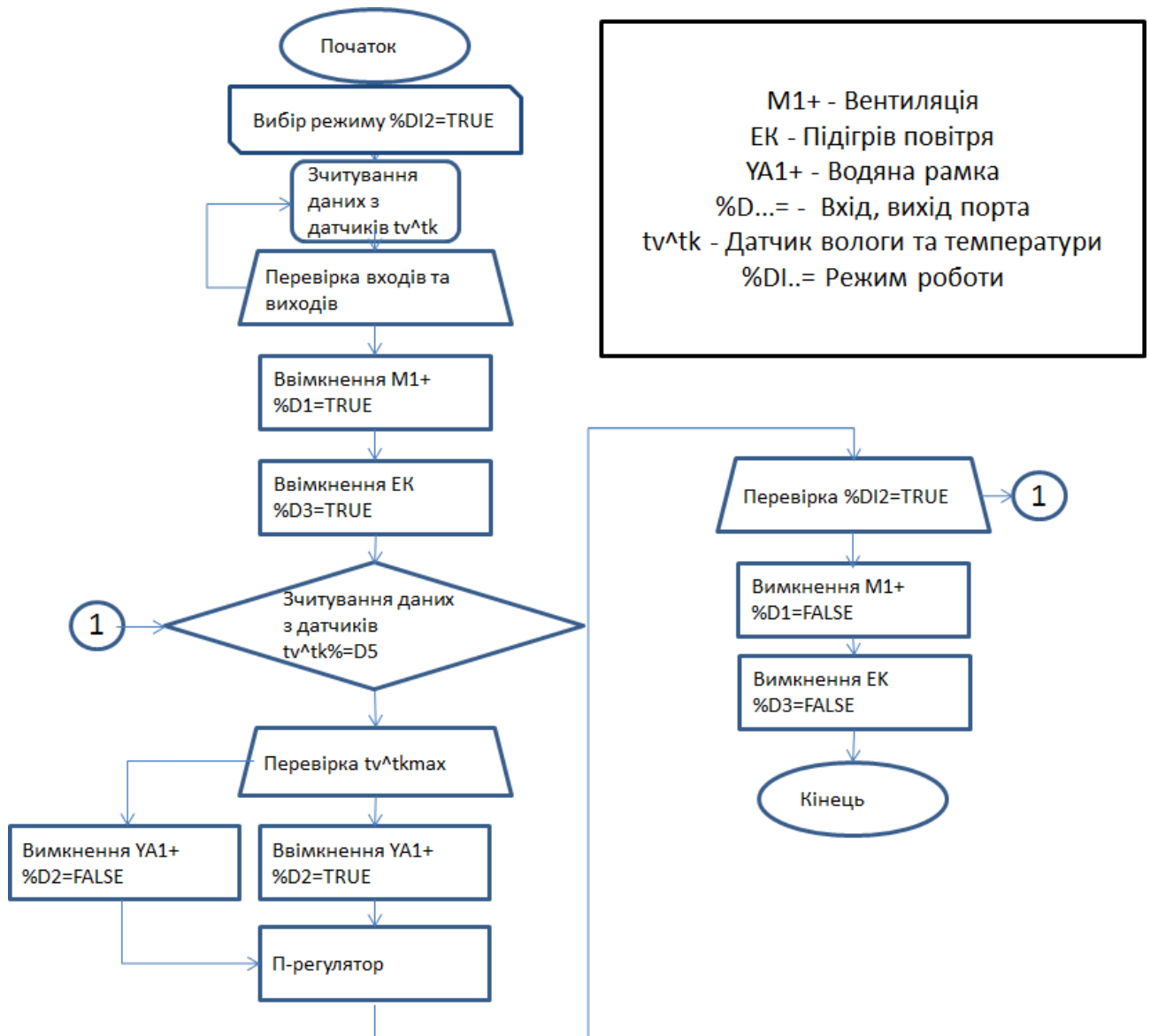


Рис. 3.1 Блок-схема керування

Враховуючи те, що схема керування доволі універсальна, і може використовуватися не лише для контролю мікроклімату корівнику, але і для керування, наприклад, інкубатором, для спрощення переналаштування в

середовищі FLProg проект був поділений на декілька блоків (тут це реалізовано через емуляцію декількох плат).

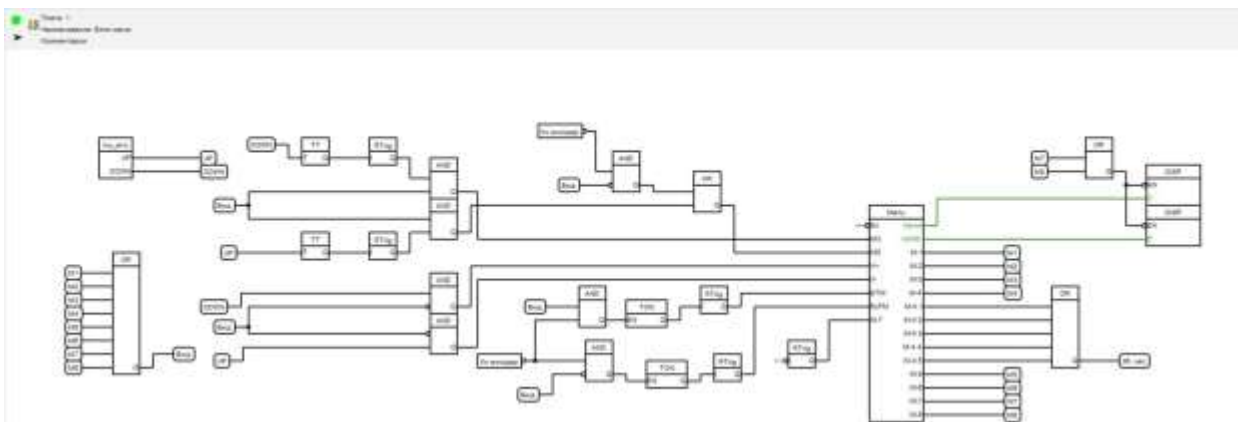


Рис. 3.2. Блок «Меню»

Для відображення меню використовується дисплей LCD 1602, підключений по шині i2c. Для вибору необхідних пунктів з налаштуваннями та параметрами використовується енкодер.

Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату корівника .

По вимогам визначеним в попередньому розділі, розроблено структурну схему даної системи.



Рис. 3.3 Структурна схема автоматизованою системою контролю мікроклімату корівника.

Модуль керування складається з 10 блоків для наступних цілей. Мікропроцесорний блок є основним обчислювальним блоком пристрою, він обробляє всю інформацію, що надходить, впливає на інші структурні вузли пристрою, формує пакети інформації та відправляє їх на сервер. WEB-інтерфейс — це спосіб запису поточного стану різних етапів системи на віддаленому сервері. Засобами виведення інформації є рідкокристалічні дисплеї та світлові індикатори. Відображає функціональний стан інших блоків пристрою.

3.3. Вибір алгоритму керування об'єктом

Визначення алгоритму керування за співвідношенням між часом запізнення та сталою часу об'єкта керування. Динамічні властивості об'єктів керування дають змогу визначити на стадії проектування алгоритм управління. Для цього проаналізуємо співвідношення між сталою часу та часом запізнення об'єкта керування:

- якщо $\tau/T < 0,2$ – то можливо обрати позиційний;
- якщо $0,2 \leq \tau/T \leq 1$ – то можливо обрати лінійний закон регулювання;
- якщо $\tau/T > 1$ – імпульсний алгоритм керування.

При визначенні слід пам'ятати, що структура передаточної функції має відповідати структурі, описаній раніше. Оскільки для нашого об'єкту:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{1000}{8500} = 0.117.$$

Як бачимо, згідно вибраних параметрів можливо обрати позиційний закон регулювання. Але він не задовольняє технологічні параметри, тому проводимо розрахунки згідно лінійного закону регулювання.

Синтез лінійного алгоритму керування

Об'єкт регулювання має такі показники якості:

- максимальне динамічне відхилення $y_1 = 5^\circ\text{C}$;
- статична похибка $\Delta = 0.3^\circ\text{C}$;
- $k_o = 0.32$;
- $T_{\text{рег}} = 8500\text{c}$;
- перерегулювання за збуренням $\delta = 0.3$;
- максимальне можливе збурення по навантаженням $y_{\text{макс}} = 20\%$.

Визначення найкращого алгоритму керування проводиться згідно методики:

1. Визначаємо динамічний коефіцієнт регулювання R_d , враховуючи, що об'єкт статичний:

$$R_d = \frac{y_1}{k_o \cdot y_{\text{макс}}} = \frac{5}{0.32 \cdot 20} = 0.78.$$

2. Вибираємо для даного об'єкта аперіодичний перехідний процес із залежності динамічного коефіцієнта регулювання від динамічних властивостей об'єкта знаходимо П – алгоритм керування, та перевіряємо, чи забезпечується при цьому час заданий час регулювання:

$$t = \psi\tau,$$

де ψ – відносний час регулювання.

Для пропорційного алгоритму керування $\psi = 4.5$, тоді $t = 4.5 \cdot 5125 = 4500\text{с}$.

Так як $4500\text{с} < 8500$, то П – алгоритм забезпечує заданий час регулювання.

Перевірка на виникнення статичної похибки:

$$\Delta = k_o \cdot y_{\text{макс}} \cdot 0.58,$$

де 0.58 – коефіцієнт статичної похибки для П – регулятора згідно графічних залежностей.

$$\Delta = 0.32 \cdot 20 \cdot 0.58 = 3.712^\circ\text{C}.$$

Як бачимо $3.712 > 0.3$, що не задовольняє технічні умови. Тобто П – алгоритм не задовольняє вимоги для керування об'єктом.

3. Обираємо ІІІ – алгоритм регулювання, та перевіряємо, чи забезпечується при цьому час заданий час регулювання.

Оскільки в теорії автоматичного регулювання запас стійкості може бути оцінений по-різному, а також використовуються різні показники якості регулювання, в інженерних розрахунках застосовуються декілька методів визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів, такі як:

4. частотні графо-аналітичні методи (можуть бути використанні для вибору лінійних або імпульсних / цифрових (при виконанні умов імпульсної теореми) П-, ІІІ-, ІІД-регуляторів.);

5. аналітична методика (полягає у введенні астатизму у систему (тому системи з П-регулятором та статичною незмінною частиною тут не розглядаються) та у компенсації l інерційних ланок за рахунок дії відповідних регуляторів);

6. визначення параметрів налаштування цифрових ІІІ- та ІІД-регуляторів у Z- перетворенні (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);

7. емпірична методика визначення параметрів налаштування ІІД-регуляторів (заснована на методі Циглера-Ніккольса).

Аналітична методика визначення параметрів налаштування регуляторів. Так як у структурній схемі системи автоматичного регулювання присутній елемент, що має велике значення постійної часу (об'єкт керування має значний вплив на частотні та динамічні характеристики системи), зростає складність застосування графо-аналітичних методів синтезу регулятора. Тому застосовуємо аналітичні методи визначення параметрів налаштування регуляторів[16].

У нашому випадку незмінна частина системи не має інтегруючих ланок, всі ланки є інерційними. Тоді аналітична методика визначення параметрів регуляторів базується на поданні передатної функції розімкненої системи у вигляді:

$$W_{роз}(s) = W_{рег}(s) \cdot W_{нч}(s),$$

де $W_{рег}(s)$ - передатна функція регулятора, $W_{нч}(s)$ - передатна функція незмінної частини системи, що може вміщувати у загальному вигляді об'єкт керування, первинний вимірювальний перетворювач та виконавчий механізм.

Точність регулювання залежить від кількості некомпенсованих інерційних ланок. Кількість можливих компенсованих інерційних ланок l залежить від виду регулятора.

При використанні І-регулятора $l=0$ (всі постійні часу вважаються малими).

У цьому випадку вводиться астатизм та забезпечується час регулювання $t_p = 4,7T_\mu$. Передатна функція регулятора:

$$W_{рег}(s) = \frac{1}{K2T_\mu s}$$

При використанні ІІІ-регулятора $l=1$ (компенсується одна інерційна ланка з великою постійною часу T_1 , інші постійні часу вважаються малими).

Передатна функція регулятора:

$$W_{рег}(s) = \frac{T_1 s + 1}{K2T_\mu s} = \frac{T_1}{K2T_\mu} + \frac{1}{K2T_\mu s}$$

- При використанні ПІД-регулятора $l=2$ (компенсуються дві інерційні ланки з великими постійними часу T_1 та T_2). Тоді:

$$W_{pez}(s) = \frac{(T_1s+1)(T_2s+1)}{K2T_\mu s} = \frac{T_1+T_2}{K2T_\mu} + \frac{1}{K2T_\mu s} + \frac{T_1T_2}{K2T_\mu} s.$$

Знаходимо параметри налаштування ПІ-регулятора. Передатна функція незмінної частини системи подається у вигляді:

$$W_{нч}(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau s}}{\prod_{i=1}^m (T_i s + 1)},$$

Запропонована методика налаштування параметрів полягає у введенні астатизму у систему та у компенсації l інерційних ланок за рахунок дії відповідних регуляторів. Бажана передатна функція розімкненої системи при цьому шукається у вигляді:

$$W_{роз}(s) = \frac{e^{-\tau s}}{T_o s \prod_{i=l+1}^m (T_i s + 1)},$$

де T_o - постійна часу інтегруючої складової, l - кількість компенсованих інерційних ланок з великими постійними часу, $m-l$ - кількість некомпенсованих інерційних ланок з малими постійними часу.

Незмінна частина складається з об'єкта керування з передатною функцією

$$W_{ок}(s) = \frac{0.32 \cdot e^{-1000s}}{8500s + 1}$$

та виконавчого механізму з передатною функцією

$$W_{ем}(s) = \frac{1,08}{s}.$$

Передатною функцією сприймаючого елемента нехтуємо.

Знаходимо параметри налаштування ПІ-регулятора.

Передатна функція незмінної частини має вигляд

$$W_{нч}(s) = \frac{0,346 \cdot e^{-1000s}}{(8500s + 1)s} \approx \frac{0,346}{(8500s + 1)(1000s + 1)s}.$$

У випадку ПІ-регулятора компенсується одна постійна часу $T_1 = 8500\epsilon$.

Сумарна некомпенсована постійна часу $T_\mu = 1000 + 20 = 1020\epsilon$. Параметри

налаштування регулятора визначаємо за наступними формулами:

$$K_p = \frac{T_1}{K 2T_\mu},$$

$$K_i = \frac{1}{K 2T_\mu}.$$

Отже, з формул отримуємо значення пропорційної та інтегральної складової налаштувань регулятора:

$$K_p = \frac{8500}{625,8} = 13,6,$$

$$K_i = \frac{1}{625,8} = 0,002.$$

Визначення параметрів налаштування цифрового ПІ-регуляторів у Z-перетворенні. На сучасному етапі розвитку автоматизації основним видом регуляторів стають цифрові. 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.

Використовуємо методику розрахунку параметрів налаштувань цифрових ПІ- та ПІД-регуляторів при апроксимації неперервної частини систем першого та другого порядку у вигляді однієї або послідовного з'єднання двох інерційних ланок:

$$W_{нч}(s) = \frac{K}{(T_1s + 1)} \text{ або } W_{нч}(s) = \frac{K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}.$$

Підставивши значення передатних функцій ОК та ВМ (передатною функцією СЕ нехтуємо), отримуємо передатну функцію неперервної частини:

$$W_{нч}(s) = \frac{0.346}{(8500s + 1)(20s + 1)}.$$

При синтезі цифрового регулятора спершу визначаємо дискретну передатну функцію приведеної неперервної частини за допомогою програми MATLAB.

Обираємо час квантування $T_k = 0,1$ с, згідно теореми Котельнікова [19], який має бути хоча б на порядок меншим за час регулювання.

```
>> w=tf([0.346],[170000 8520 1])
```

```
Transfer function:
      0.346
```

```
-----
170000 s^2 + 8520 s + 1
```

```
>> wz=c2d(w,0.1)
```

```
Transfer function:
1.016e-008 z + 1.014e-008
```

```
-----
      z^2 - 1.995 z + 0.995
```

```
Sampling time: 0.1
```

Рисунок 2.5 - Лістинг програми в MATLAB синтезу дискретної передатної функції

В результаті сформується передатна функція:

$$W(z) = \frac{1,016e^{-008}z + 1,014e^{-008}}{z^2 - 1,995z + 0,995}.$$

Передатна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{pez}(z) = K_p + \frac{K_i T (z + 1)}{2(z - 1)} = \frac{K_i T + 2K_p}{2(z - 1)} \left(z + \frac{K_i T - 2K_p}{K_i T + 2K_p} \right).$$

Так як коефіцієнти налаштування K_p та K_i визначаються таким чином, щоб компенсувати один полюс передатної функції неперервної частини, який є найбільшим для систем другого порядку, то для визначення параметрів настройки регулятора отримуємо одне рівняння з двома невідомими:

$$\frac{K_i T - 2K_p}{K_i T + 2K_p} = 0,995.$$

Задавшись одним з коефіцієнтів, наприклад $K_p = 13.6$ можна визначити другий коефіцієнт $K_i = 0.002$.

Моделювання цифрової системи із синтезованим ПІ-регулятором.

Методика розрахунку коефіцієнтів ПІ-регулятора розглянута в попередньому пункті, отримані значення використовуємо для дослідження цифрової САК із цифровим регулятором в програмному середовищі

Simulink MATLAB (рис. 2.6.). При розробці моделі враховуємо зв'язок коефіцієнта інтегральної складової K_i із періодом квантування $T_K = 0,1$ с:

$$K_i^* = K_i \cdot \frac{T_K}{2} = 0,0001.$$

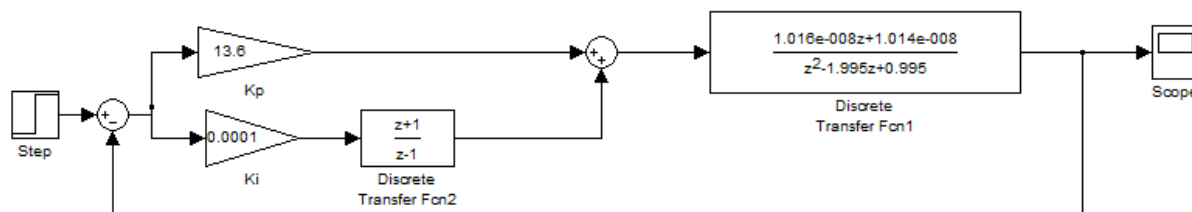


Рис. 2.6. Імітаційна модель цифрової системи ПІ-регулятором

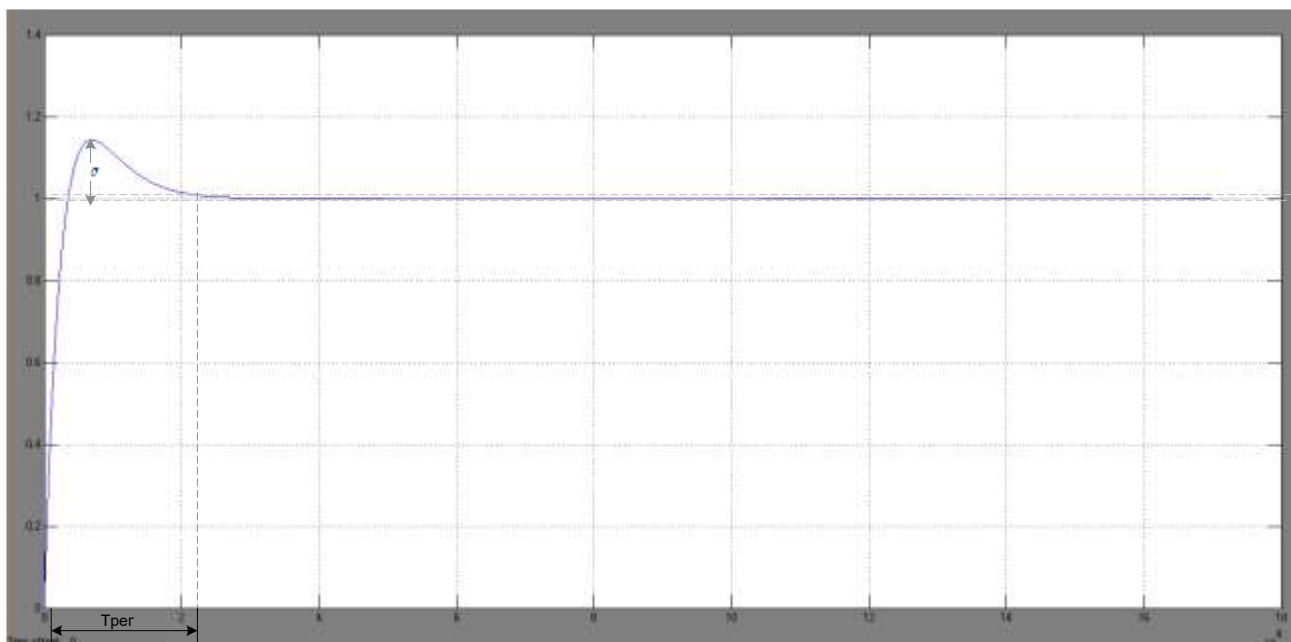


Рис. 2.7. Перехідний процес цифрової системи з ПІ-регулятором

8. Показники якості перехідного процесу (рис. 2.7.): статична похибка дорівнює 0, час регулювання $T_{рег} = 2200$ с, перерегулювання $\sigma = 15\%$, що задовольняють технологічним вимогам. Отже, налаштування цифрового ПІ-регулятора вибрані коректно, коригуючий пристрій вводити не потрібно. Для ПІ алгоритму керування $\psi = 8$, тоді $t = 8 \cdot 1000 = 8000$. Так як $8000 < 8500$, то ПІ – алгоритм забезпечує заданий час регулювання. Оскільки при ньому статична похибка відсутня, то його й слід вибрати.

РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТА

4.1. Вибір технічних засобів

Arduino Nano — це повнофункціональний мініатюрний пристрій на основі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), який підходить для макетних плат. Функціонально пристрій схожий на Arduino Duemilanove, але має інший розмір, відсутній роз'єм живлення та інший тип (Mini-B) USB-кабелю. Arduino Nano розроблено та виготовлено Gravitech.

Зовнішній вигляд регулятора приведений на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1. Зовнішній вигляд мікроконтролера Arduino Nano

Основні технічні характеристики мікроконтролера Arduino Nano приведені у таблиці 4.1.

Мікроконтролер	ATmega328P
Ядро	8-бітне AVR
Тактова частота	16 МГц
Flash-пам'ять	32 КБ
SRAM-пам'ять	2 КБ
EEPROM-пам'яті	1 КБ
Портів введення-виведення всього	20
Портів з АЦП	8
Розрядність АЦП	10 біт
Портів з ШІМ	6
Розрядність ШІМ	8 біт
Апаратних інтерфейсів SPI	1
Апаратних інтерфейсів I ² C / TWI	1
Апаратних інтерфейсів UART / Serial	1
Номінальна робоча напруга	5 В
Максимальний вихідний струм Піна 5V	800 мА
Максимальний вихідний струм Піна 3V3	50 мА
Максимальний струм з Піна або на пін	40 мА
Допустима вхідна напруга від зовнішнього джерела	7-12 В
Габарити	18 × 45 мм

Таблиця 4.1. Технічні характеристики Arduino Nano

До входу можна підключати різні типи датчиків у будь-якій комбінації, що дозволяє одночасно вимірювати та контролювати багато різних фізичних величин. Ви можете підключитися до входу:

- Резистивний теплоперетворювач TCM50M/100M, TСП50П/100П, Pt100;
- Термопари ТНК (L), ТХА (K), ТЗНК (J), ТНН (N), ТРР (R), ТРР (S), TVR (A-1);
- датчики з рівномірним струмовим вихідним сигналом 0 ... 5 мА, 0 ... 20 мА, 4 ... 20 мА;
- Датчики з рівномірною напругою вихідного сигналу 0 ... 50 мВ, 0 ... 1 В.

Огляд мікроконтролера Arduino Nano

Arduino Nano. Це плата з мікроконтролером для програмування. Використовується для керування іншими пристроями.

Завдяки активному поширенню інформації у своїй всесвітній мережі, де активно описується та обговорюється використання мікроконтролерів Arduino. З їх допомогою можна створювати нескінченні варіації схем підключення, програмних кодів і опцій обладнання.

Arduino Nano — це одноплатний контролер з відкритим вихідним кодом, який дозволяє використовувати його для різноманітних програм професійним розробникам, працювати з любителями, студентами та інженерам - буде комфортно.

Плати Arduino створюються на базі мікроконтролерів Atmel AVR та подібного до нього мікроконтролеру Atmel ARM. Деякі версії плат оснащені USB або micro USB виходами. Плати Ардуіно мають від шести виводів аналогових входів і чотирнадцять або більше виводів цифрових входів та виводів, для підключення до мікроконтролеру необхідних електронних пристроїв та схем .

Програмне забезпечення для програмування Arduino рекомендовано Arduino IDE. IDE — це програма Java, яка працює на багатьох різних платформах, у тому числі на найвідоміших, таких як ПК, Mac і Linux.

Ідея цієї розробки полягає в тому, що Arduino призначений для людей, які не мають нічого спільного з програмуванням.

Програмне середовище складається з редакторів, компіляторів і завантажувачів. IDE надає бібліотеки коду для периферійних пристроїв, послідовних портів і різних екранів. Програми, створені за допомогою Arduino, називаються «ескізами». Плата Arduino Nano в основному підключається до комп'ютера через USB-кабель. Таким чином програма (ескіз) завантажується на дошку.

Переваги та недоліки Ардуіно Нано:

- Невисока ціна
- Кросплатформеність.
- Програмне середовище Arduino працює з великою кількістю відомих програм Windows, Macintosh OS X і Linux, а як відкриті програми вони працюють на Java.
- Проста область програмування. Середовище програмування Arduino дуже дружнє до користувача, підходить для новачків і дуже зручне та гнучке для досвідчених користувачів. Ця універсальність допомагає досягти необхідних результатів кожному, хто хоче працювати. Цей програмний продукт часто використовується в навчальних закладах для використання студентами та викладачами. Тут можна почати навчання, і кожен почуватиметься комфортно.
- Функція. У цьому середовищі мова програмування може бути розширена за допомогою бібліотек C++. Також можна створювати власні бібліотеки та інструменти для Arduino за допомогою AVR C Compiler.
- Доступні специфікації та схеми обладнання. Arduino побудований на мікроконтролерах Atmel ATMEGA8 і ATMEGA168. Схема модуля поширюється за ліцензією Creative Commons, тому є можливість створити будь-який модуль відповідно до ваших побажань і потреб. Його може

використовувати кожен користувач з будь-яким рівнем підготовки. Ця опція дозволяє відтворити компонування власного модуля та перевірити його коректність, можливі недоліки та переваги, що потрібно змінити тощо. По-перше, це економить час і ресурси. Серед недоліків відзначимо:

- Деякі помилки в програмній оболонці;
- Невеликий обсяг флеш-пам'яті, що використовується для створення програмного забезпечення

продукт;

- Низька частота процесора;

Arduino Nano — це мікроконтролер загального призначення, який підходить для проектування різноманітних пристроїв користувачами, починаючи від новачків у галузі електроніки та закінчуючи досвідченими інженерами. З точки зору того, як це працює, це зручно та легко зрозуміти. Такий підхід дозволяє кожному доторкнутися і вивчити необхідну кількість техніки.

Для пристроїв з дуже складними схемами потужності цього контролера може не вистачити. Для складних схем найкраще вибрати інші мікроконтролери за потреби.

Живлення плати може здійснюватися двома способами:

1. Через mini-USB або micro-USB при підключенні до комп'ютера;
2. Через зовнішнє джерело живлення, що має напругу 6-20 В з низьким рівнем пульсацій.

Стабілізація зовнішнього джерела виконується за допомогою схеми LM1117IMPX-5.0 на 5В. При підключенні через кабель від комп'ютера підключення до стабілізатора відбувається через діод Шотткі. Схеми обох типів живлення наведені на рисунку.

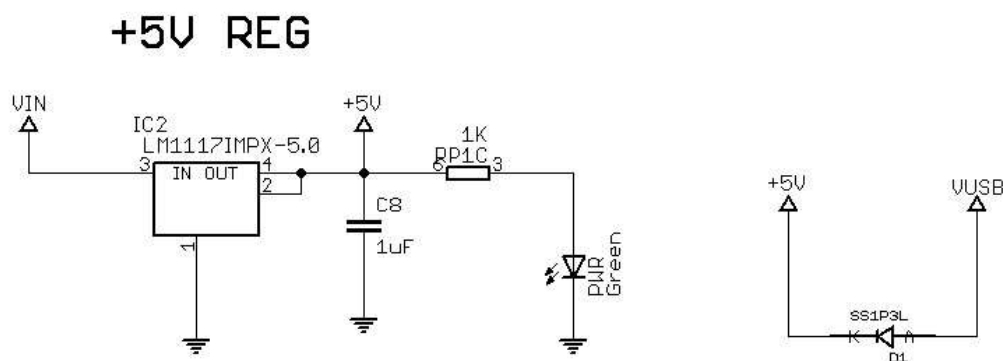


Рисунок 4.2 – Схеми живлення платформи Nano [9]

У плати Arduino Nano також є обмеження по напрузі і струму на входи і виходи плати. Всі цифрові і аналогові контакти працюють в діапазоні від 0 до 5 В. При подачі живлення, що виходить за рамки цих значень, напруга буде обмежуватися захисними діодами. У цьому випадку сигнал повинен підключатися через резистор, щоб не вивести контролер з ладу. Найбільше значення струму а вході не повинно перевищувати 40 мА, а загальний струм контактів повинен бути не більше 200 мА.

На платі є 4 світлодіода, які показують стан сигналу. Вони позначені як TX, RX, PWR і L. На перших двох світлодіод загоряється, коли рівень сигналу низький, і показує, що сигнал TX або RX активний. Світлодіод PWR загоряється при напрузі в 5 В і показує, що підключено джерело живлення. Останній світлодіод – загального призначення, загоряється, коли подається високий сигнал.

Реле

Реле – комутаційний пристрій, який з'єднує або роз'єднує ланцюг електричної схеми при зміні вхідних величин напруги (струму). Реле застосовуються там, де потрібно контролювати електричне коло за допомогою сигналу з низьким енергоспоживанням та з повною гальванічною розв'язкою, або де кілька схем повинні керуватися одним сигналом.

Реле поділяють на: електромагнітні (рис. 2.2), електротеплові, індукційні, твердотільні, герконові, фотоелектронні.

Електромагнітне реле у конструкції має котушку зі сталевим сердечником, групу рухомих контактів, що замикають і розмикають керований електроланцюг. Розглянемо принцип дії:

1. На котушку осердя подається керуючий струм;
2. В осерді під впливом електричного струму створюється магнітне поле, яке притягує контактну групу;
3. Залежно від типу реле, контакти замикають або розмикають електричний ланцюг.

Твердотільне реле – це компактний і довговічний пристрій, завдяки відсутності механічних частин. Роботу механіки тут виконують напівпровідникові елементи – біполярні і МОП-транзистори, тиристори, семістори. У порівнянні з іншими реле воно має такі переваги:

- Низький рівень шуму при роботі;
- Дуже висока напрацювання на відмову, яка в 100 разів і більше перевищує ресурс електромагнітних пристроїв;
 - Швидкодія становить мілісекунди, у електромагнітних 50 мс- 1с;
 - Електроспоживання нижче на 95 %.

Реле застосовують в системах регулювання температури, в яких в якості нагрівачів використовуються тенти, в промисловій автоматичній, телеметрії, механізмах обладнання, що використовується в металургійній і хімічній промисловості, в медобладнанні, військової електроніці.

В роботі буде використано електромагнітне реле (рис. 4.2), ознайомитися з його характеристиками можна в таб. 4.2 та розпіновкою на рис. 4.3.

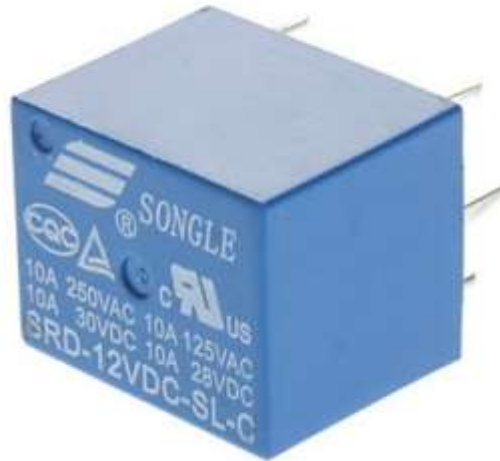


Рисунок 4.3 – Електромагнітне реле SRD-05VDC-SL-C

Таблиця 4.2 – Характеристики реле SRD-05VDC-SL-C

Живлення	5В
Вхідний керуючий сигнал	5В
Напруга комутації	від 1В до 250В
Максимальний струм навантаження	10А

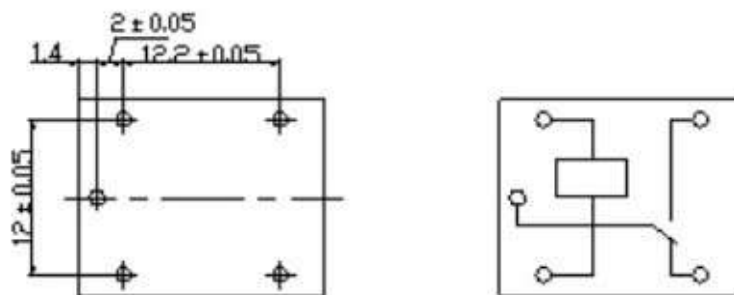


Рисунок 4.4 – Схема підключення реле[11]

Розводка реле: На стороні з трьома контактами, два зовнішніх - з'єднання з котушкою, вони повинні забезпечувати керуючу напругу 5 вольт. Середній - це контакт, до якого ми прикладаємо напругу

перемикання. З іншого боку ми можемо зняти напругу з однієї клеми без контролю напруги або зняти напругу з другої клеми при спрацьовуванні реле (при подачі напруги на обмотку).

Інфрачервоний приймач і пульт дистанційного керування

Пульт дистанційного керування працює наступним чином. При натисканні кнопки сигнал кодується як інфрачервоне світло, приймач приймає його і виконує необхідні дії. Інформація кодується у вигляді логічної послідовності пакетів імпульсів з певною частотою. Приймач приймає цю послідовність і демодулює дані. Для прийому сигналу використовується мікросхема, до складу якої входять: приймач світла інфрачервоного спектру, підсилювач сигналу, смуговий фільтр, амплітудний детектор, фільтри і вихідні транзистори.

Інфрачервоні пульти зазвичай живляться від батарейок або акумуляторів. Тому його витрата має бути якомога меншим. З іншого боку, переданий сигнал повинен мати достатню потужність, щоб забезпечити велику відстань передачі. Ці протилежні завдання з точки зору споживання енергії можуть бути успішно вирішені шляхом передачі коротких імпульсно-кодованих пакетів даних. У проміжку між передачами пульт майже не споживає енергії. Робота пульта дистанційного керування полягає в опитуванні кнопок клавіатури, кодуванні інформації, модулюванні опорної частоти та надсиланні сигналу на передавач. Вигляд ІЧ-датчика та пульта можна побачити на рис. 4.5, а характеристики датчика в таб. 4.3.



Рисунок 4.5 – Інфрачервоний сенсор та пульт керування

Таблиця 4.3 – Параметри ІЧ приймача

Робоча частота	38 кГц
Дальність прийому сигналу	20 м
Робоча напруга	2.7-6.0 В
Струм	0.4-1.5 мА
Кут прийому сигналу	90 °

Модуль часу

Часовий модуль DS3231 (рис. 4.6) являє собою плату з точним годинником реального часу. Цей модуль є вдосконаленою версією годинника реального часу (DS1302). Цей модуль буде використовуватися для керування освітленням і реєстрації даних. Модуль DS3231 розроблений на основі мікросхеми DS3231N, мікросхеми пам'яті AT24C32N та інших допоміжних компонентів. Мікросхема DS3231N складається з наступних частин: Кварцовий резонатор. Цей модуль підтримує 12-годинний і 24-годинний формати часу. від батарейки або акумулятора. Тому його витрата має бути якомога меншим. З іншого боку, переданий сигнал повинен мати достатню потужність, щоб забезпечити велику відстань передачі. Ці протилежні завдання з точки зору споживання енергії можуть бути успішно вирішені шляхом передачі коротких імпульсно-кодованих пакетів даних. У проміжку між передачами пульт майже не споживає енергії. Робота пульта дистанційного керування полягає в опитуванні кнопок клавіатури, кодуванні інформації, модулюванні опорної частоти та надсиланні сигналу на передавач частоти та надсиланні сигналу на передавач



Рисунок 4.6 – Модуль часу DS3231[13]

Щоб використовувати цей модуль, ми будемо використовувати готову бібліотеку, яка дозволяє нам легко встановити поточний час, а потім застосувати його.

рідкокристалічний екран

LCD1602 — це рідкокристалічний рідкокристалічний дисплей. Використовується для відображення текстової інформації. Дисплей може відображати до 32 символів одночасно (2 рядки по 16 символів у кожному). Екран оснащений задньою стороною, яка дозволяє контролювати яскравість на задній панелі. Колір символу чорний. За замовчуванням дисплей підтримує латинські літери.

В основі монітора лежить контролер HD44780. Контролер має власне ПЗУ, в якому зберігається стандартний набір символів. Набір символів можна розширювати, додаючи нові символи, включно з літерами українського алфавіту.

Відмінною рисою цього дисплея від звичайного LCD1602 є те, що він має вбудований модуль I2C, тому дисплеєм можна керувати лише за допомогою двох контактів контролера. Вигляд дисплея показано на малюнку 2. 4.7 та його

характеристики наведені в таблиці.



4.4.

Рисунок 4.7 – Дисплей LCD1602[14]

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики дисплею

Робоча напруга	5 В
Максимальний споживаний струм	150 мА
Контролер	HD44780
Кількість рядків	2
Кількість символів в рядку	16
Габаритні розміри ДхШхВ	80x36x28 мм

Огляд Arduino IDE 1.6.4

Огляд Arduino IDE 1.6.4

Розробив середовище розробки програмування для платформи Arduino
Скетч (код) - Arduino IDE. Це середовище дозволяє писати код і

Завантажте його на дошку. IDE підтримує такі операційні системи: Windows, Mac OS, Linux.

Саме середовище створено за допомогою мови програмування Java на основі Processing.

Середовище розробки містить текстовий редактор,

Розробив середовище розробки програмування для платформи Arduino

Скетч (код) - Arduino IDE. Це середовище дозволяє писати код і

Завантажте його на дошку. IDE підтримує такі операційні системи: Windows, Mac OS, Linux.

Саме середовище побудовано з використанням мови програмування Java на основі процесів.

Середовище розробки містить текстовий редактор

Призначений для написання програмного коду, вікна стану коду, монітора портів

і компілятор, який завантажує код в МК.

Sketch — це програма, написана в середовищі редагування

Текстовий редактор. При компіляції і завантаженні коду в МК в зоні

Статус завантаження коду та повідомлення про помилку (якщо є)

Кнопки на панелі інструментів дозволяють:

- «Перевірити» – перевірка програмного коду на помилки та компіляція;
- «Завантажити» — перевірити програмний код на наявність помилок,

компілювати та

Завантажте код на платформу;

- «Новий» — створює ескіз;
- «Відкрити» - відкриває папку з усіма збереженими ескізами;
- «Зберегти» - зберігає ескіз;
- Монітор портів - відкриває монітор портів.

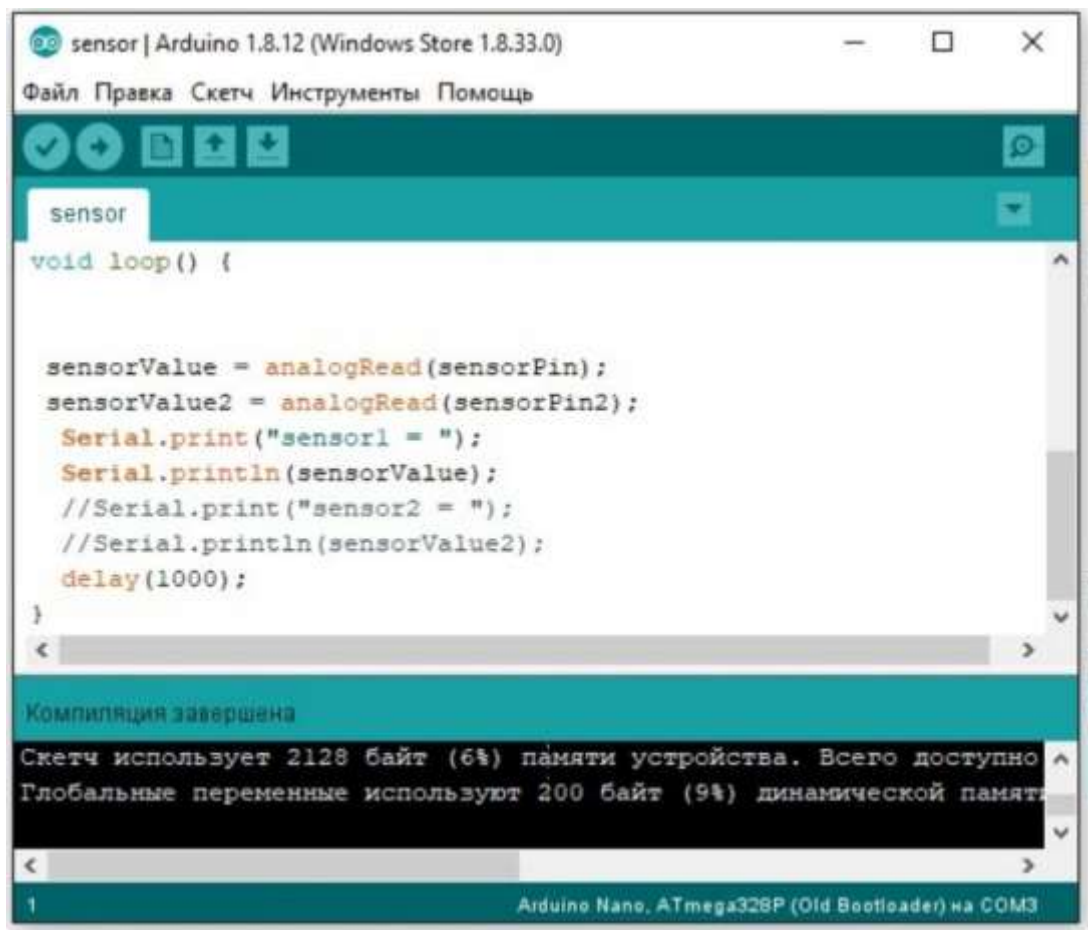


Рис.4.8. Зовнішній вигляд Arduino IDE

Edit:

редагувати:

- Copy Discourse - копіює код ескізу в буфер обміну для розміщення з підсвічуванням синтаксису.
- Копіювати як HTML - копіює код номіналу в буфер обміну як HTML-код, щоб розмістити його на веб-сторінці. Ескіз:
 - Перевірка - виявлення помилок в ескізах.
 - Імпортування бібліотеки. Щоб додати бібліотеку до ескізу, ви можете використати її, розмістивши директиву `#include` у коді ескізу.
 - Показати папку ескізу - відкриває папку на робочому столі, яка містить файли ескізу.

- Додати файл... — додає файл до ескізу. Новий файл буде розміщено на новій вкладці вікна ескізу. Його також можна видалити за допомогою меню вкладок. інструмент:

- Автоформат - Формат коду.
- Материнська плата - виберіть платформу, яку ви використовуєте.
- Послідовний порт – використовується для вибору послідовних реальних і віртуальних пристроїв на комп'ютері. Цей список автоматично оновлюється кожного разу, коли ви відкриваєте меню Інструменти.

- Записати завантажувач – записати завантажувач (Bootloader) у мікроконтролер на платформі Arduino. Не обов'язкова функція, але може знадобитися, якщо використовується нова версія ATmega (без завантажувача). Перед записом необхідно перевірити, чи правильна вибрана в меню платформа. Якщо ви користуєтеся інтернет-провайдером AVR, у меню послідовного порту потрібно вибрати порт, який відповідає програматору.

Зошит (зошит). У середовищі Arduino за замовчуванням існує схема блокнота як місце для зберігання програм (скетчів). Скетчбук у блокноті можна відкрити через меню «Файл» > «Скетчбук» або натиснувши кнопку «Відкрити» на панелі інструментів. Під час першого запуску програми для блокнота автоматично створюється каталог. Ви можете змінити розташування блокнотів за допомогою діалогового вікна «Параметри».

Закладки, файли та редагування. Використовуючи ці функції, ви можете працювати з кількома файлами ескізу одночасно, оскільки кожен файл ескізу відкривається в окремій вкладці. Файли коду можуть бути різних типів: стандартний Arduino (без розширення), файл C (розширення *.c), файл C++ (*.src) або основний файл (.h).

Завантажте ескіз на Arduino. Щоб завантажити ескіз, потрібно встановити параметри в меню «Інструменти» > «Плата» та «Інструменти» > «Послідовний порт». На Mac послідовний порт має позначку dev/tty.usbserial-1B1 (для плати USB) або /dev/tty.USA19QW1b1P1.1 (для плати послідовної шини, підключеної

через USB-послідовний адаптер Keyspan). У Windows порти називаються: COM1 або COM2 (для карт послідовної шини) або COM4, COM5, COM7 і вище (для USB-карт). USB-порт визначається в полі USB Serial Bus у диспетчері пристроїв Windows. В операційній системі Linux порт може мати назву /dev/ttyUSB0, /dev/ttyUSB1.

Після вибору порту та платформи вибору порту вам потрібно натиснути кнопку «Завантажити» на панелі інструментів або вибрати пункт меню «Файл» > «Завантажити на плату введення/виведення». Сучасні платформи Arduino автоматично перезавантажуються перед запуском. На платформах, випущених у попередні роки, вам довелося б щоразу натискати кнопку перезавантаження. Більшість материнських плат оснащено світлодіодами RX і TX, які світяться під час роботи. Після завантаження з'явиться повідомлення про те, що завантаження завершено або виникли помилки.

Щоб завантажити скетч, вам потрібно використовувати Arduino Bootloader, який є невеликою програмою, яка завантажується у вбудований мікроконтролер. З його допомогою можна завантажувати фірмові коди, не використовуючи інший пристрій. Завантажувач працює, коли платформа перезавантажується і будь-який скетч завантажується на мікроконтролер. Світлодіод блимає під час роботи завантажувача.

Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor). Відображення даних, надісланих на платформу Arduino (плата USB або плата послідовної шини). Для того, щоб відправити дані, необхідно спочатку написати текст і натиснути кнопку «Відправити» або «Ввести». Після цього виберіть швидкість передачі даних, яка відповідає значенню Serial.begin у скетчі. На Mac або Linux платформа Arduino перезапуститься, коли підключено монітор послідовної шини.

датчик вмісту вуглекислого газу

Датчик газу MQ-135 - це датчик контролю якості повітря, який допомагає виявляти шкідливі речовини (вуглекислий газ, чадний газ, аміак, бензол, оксиди

азоту, пари алкоголю). Напруга на виході модуля зростає зі збільшенням концентрації газу в повітрі



Рисунок 4.15 – Датчик газу MQ-135

Датчик освітлення (фотоприймач)

Фотоприймач поділяють на:

- фоторезистор
- фотодіод
- фототранзистор

Фоторезистор – це напівпровідниковий резистор, принцип дії якого базується на зміні опору напівпровідника під дією світла. В основі роботи фоторезистора лежить явище поглинання оптичного випромінювання напівпровідником та фотопровідності [3]. Структура даного фоторезистора (рис

4.15) подібна до ємнісного датчика вологості.

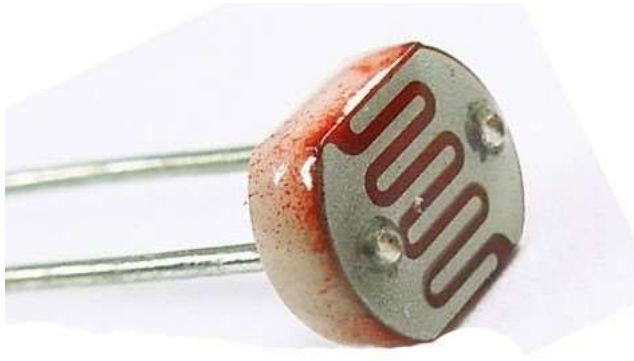


Рисунок 4.16 – Фоторезистор номіналом в 1кОм

Обґрунтування та вибір електродвигунів

Електричні пускові, контрольні та захисні пристрої - це електротехнічні пристрої та механізми, призначені для відкривання і замикання, забезпечення певного режиму роботи та захисту електрообладнання і електричних кіл. Пристрій може виконувати одну або кілька визначених функцій.

Автоматичні вимикачі, комбіновані вимикачі, кнопки, кулачкові перемикачі, контактори, електромагнітні пускачі, автоматичні вимикачі використовуються для вмикання і вимикання електроприладів і ланцюгів. Автоматичні вимикачі та електромагнітні пускачі також можуть використовуватися для захисту електроустановок і ланцюгів, якщо вони оснащені тепловими реле. Запобіжники також є засобом захисту.

Електрообладнання вибирається виходячи з роду струму, напруги, потужності, кількості полюсів, вимог до електрозахисту електрообладнання та нормального режиму роботи схеми, що залежить від умов навколишнього середовища.

Усі електроустановки повинні бути захищені від струмів короткого замикання. Захисний пристрій - необхідно негайно від'єднати шнур живлення. Помилка відключення під час пускового струму нормальної тривалості. Двигун також повинен бути захищений від струмів перевантаження, перепадів напруги та несподіваних пусків.

Електромагнітний пускач є основним пристроєм автоматизації та автоматичного керування електротехнічними приладами. Використовуються для дистанційного пуску, зупинки та реверсування трифазних асинхронних двигунів із замкнутим ротором шляхом підключення безпосередньо до мережі. Стартер також захищає двигун від перевантаження при наявності теплового реле.

Вибір двигуна. Електродвигуни для робочих машин і механізмів вибирають за такими параметрами: напруга, рід струму, частота обертання, умови навколишнього середовища, характер і величина навантаження.

При виборі двигуна за швидкістю швидкість двигуна повинна бути якомога ближчою до швидкості робочої машини.

Вихідні дані для розрахунків і відбору:

Обраний нами двигун AIR 80 V4 має такі технічні характеристики:

$$P_{ед} = 1,5 \text{ кВт} ; n_H = 1410 \text{ об/хв} ; I_{н.} = 5,3 \text{ А} ; \eta_H = 75,8\% ; \cos\phi_H = 0,80 ;$$

$$K_i = 7$$

Електродвигун АИР 80 В4:

А – асинхронний;

И – уніфікована серія (інтерелектро);

Р – прив'язка до установочних розмірів;

80 В4- позначення серії;

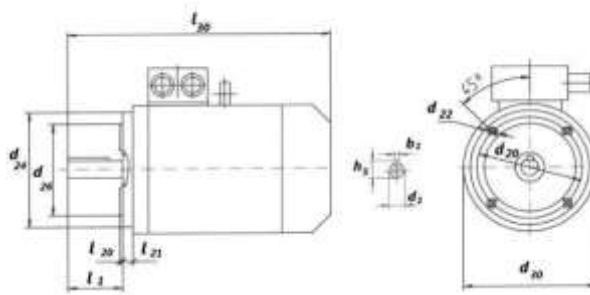


Рисунок 4.17. Монтажне виконання електродвигуна АІР 80 В4

4.4. Обґрунтування та вибір пуско – захисної апаратури

Вибір автоматичного вимикача

Вибір автоматичного вимикача виконують за такими умовами:

а) за типом або серією;

б) за номіальною напругою за умовою:

$$U_{н.ав} \geq U_{м.}, \quad (5.1)$$

де, $U_{н.ав}$ - номіальна напруга автоматичного

вимикача, В; $U_{м.}$ - номіальна напруга електромережі,

В; в) за номіальним струмом за умовою:

$$I_{н.ав} \geq I_{н.дв}, \quad (5.2)$$

де, $I_{н.ав}$ - номіальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{н.дв}$ - номіальний струм електродвигуна, А;

г) за номіальним струмом теплового розчіплювача:

$$I_{нр} \geq 1,25 \cdot I_{н.дв}, \quad (5.3)$$

де, $I_{нр.}$ - номіальний струм теплового розчіплювача автоматичного вимикача, А;

1,25 - коефіцієнт, враховуючий роздріб по струму спрацювання теплового розчіплювача;

д) за ступенем захисту від дотику обслуговуючого персоналу з частинами, по яким проходить струм, які знаходяться в середині корпусу, від потрапляння під корпус сторонніх твердих тіл і потрапляння в нього води, згідно ГОСТ

14254-69;

є) за кліматичним виконанням і категорією розміщення, згідно ГОСТ 1154370 і ГОСТ 15150-69.

Вихідні дані для вибору автоматичного вимикача QF1:

Так як згідно з технологічними умовами обрано АИР 80 В4 з такими технічними характеристиками:

$$P_{ед} = 1,5 \text{ кВт} ; n_H = 1410 \text{ об/хв} ; I_{н.} = 5,3 \text{ А} ; \eta_H = 75,8\% ; \cos\phi_H = 0,80 ;$$

$$K_i = 7$$

Отже, для вибору автоматичного вимикача QF1 використовуємо наступні дані:

$$U_{н.м.} = 220 \text{ В} ;$$

$$I_{н.} = I_{н.дв.} = I_{н.дв.1} + I_{н.дв.2} = 5,3 + 5,3 = 10,6 \text{ А} ;$$

$$I_{н.р.} = 10,6 \cdot 1,25 = 13,25 \text{ А} ;$$

Згідно розглянутих умов (5.1, 5.2, 5.3) здійснюємо вибір автоматичного вимикача.

Вибираємо автоматичний вимикач ВА-2001 2р 16А з наступними технічними характеристиками:

$$U_{н.ав.} = 220/380 \text{ В} ; I_{н.ав.} = 16 \text{ А} ; K_{відс.р.м.} = 10 \\ 380 \text{ В} > 220 \text{ В} ; 16 \text{ А} > 10,6 \text{ А} ; 16 \text{ А} > 13,25 \text{ А} .$$

Умови (5.1, 5.2, 5.3) виконуються, отже, автоматичний вимикач вибраний вірно.

Вибір електромагнітного пускача

Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного пуску, зупинки та реверсу трифазних асинхронних двигунів, а також вони можуть використовуватись для автоматичного керування електродвигунами та іншим електрообладнанням. Вибір електромагнітного пускача виконують за наступними умовами:

а) за типом або серією;

б) за номінальною напругою за умовою:

$$U_{н.мп.} \geq U_{м.}, \quad (5.4)$$

де, $U_{н.мп.}$ - номінальна напруга магнітного пускача, В; $U_{м.}$ - номінальна напруга електромережі, В; в) за номінальним струмом за умовою:

$$I_{н.мп.} \geq I_{н.}, \quad (5.5)$$

де, $I_{н.мп.}$ - номінальний струм магнітного пускача, А;

$I_{н.}$ - номінальний струм навантаження, А.

г) за номінальною напругою котушки електромагнітного пускача за умовою:

$$U_{к.мп.} \geq U_{кк.}, \quad (5.6)$$

де, $U_{к.мп.}$ - номінальна напруга котушки магнітного пускача, В; $U_{кк.}$ - напруга кола керування, В; д) за ступенем захисту;

є) за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Вихідні дані для вибору електромагнітного пускача:

$$U_{н.с.м.}=380В; I_{н.дв.}=10,6А; U_{н.м.у.}=220В$$

Згідно розглянутих умов здійснюємо вибір пускача електродвигуна.

Вибираємо електромагнітний пускач ПМЛ-1210Д із наступними технічними характеристиками:

$$U_{н.м.п.}=380В; I_{н.м.п.}= 16А; U_{н.к.}=220В.$$

$$380В>220В; 16А>10,6А; 220=220В$$

4.5. Принципові електричні схеми

Основні програми можна розділити на дві групи. Для опису електричних мереж найчастіше використовують так звані повні принципові схеми. Залежно від кінцевої мети на кресленні можуть бути зображені живильники або розподільчі мережі, або обидва, якщо потрібно. На основі повної базової електричної схеми була розроблена «часткова електрична схема», яка є іншим типом схеми, яка показує лише конкретний механізм, а не всю систему.

Для монтажу електрообладнання використовуються принципові електричні схеми. У той же час часткові плани можуть створити навіть новачки. Першим кроком є визначення системи живлення, обмоток, реле, магнітів і регуляторів. Далі для кожного джерела живлення визначаємо рід струму, напругу і фазу (якщо мова йде про змінному струмі) і полярність (для постійного). Розуміння вашої електричної системи дозволяє розробити план дій.

Існує багато інших факторів, про які ви повинні знати, будуючи схему:

- Усі елементи, включені в програму, описані крок за кроком у різних місцях відповідно до встановленого порядку виконання

- На електричній схемі повинні бути показані з'єднання всіх компонентів без винятку.

- При розробці схеми контактів реле необхідно враховувати мінімально допустиме навантаження на контакти.

- Найкраще розробити схему з використанням мінімальної кількості елементів. Таким чином, підвищується надійність обладнання.

- Для захисту від аварійних ситуацій слід використовувати запобіжники.

- У складних схемах необхідні системи сигналізації.

- Для полегшення монтажу всі компоненти, затискачі та кабелі повинні бути промарковані відповідним чином

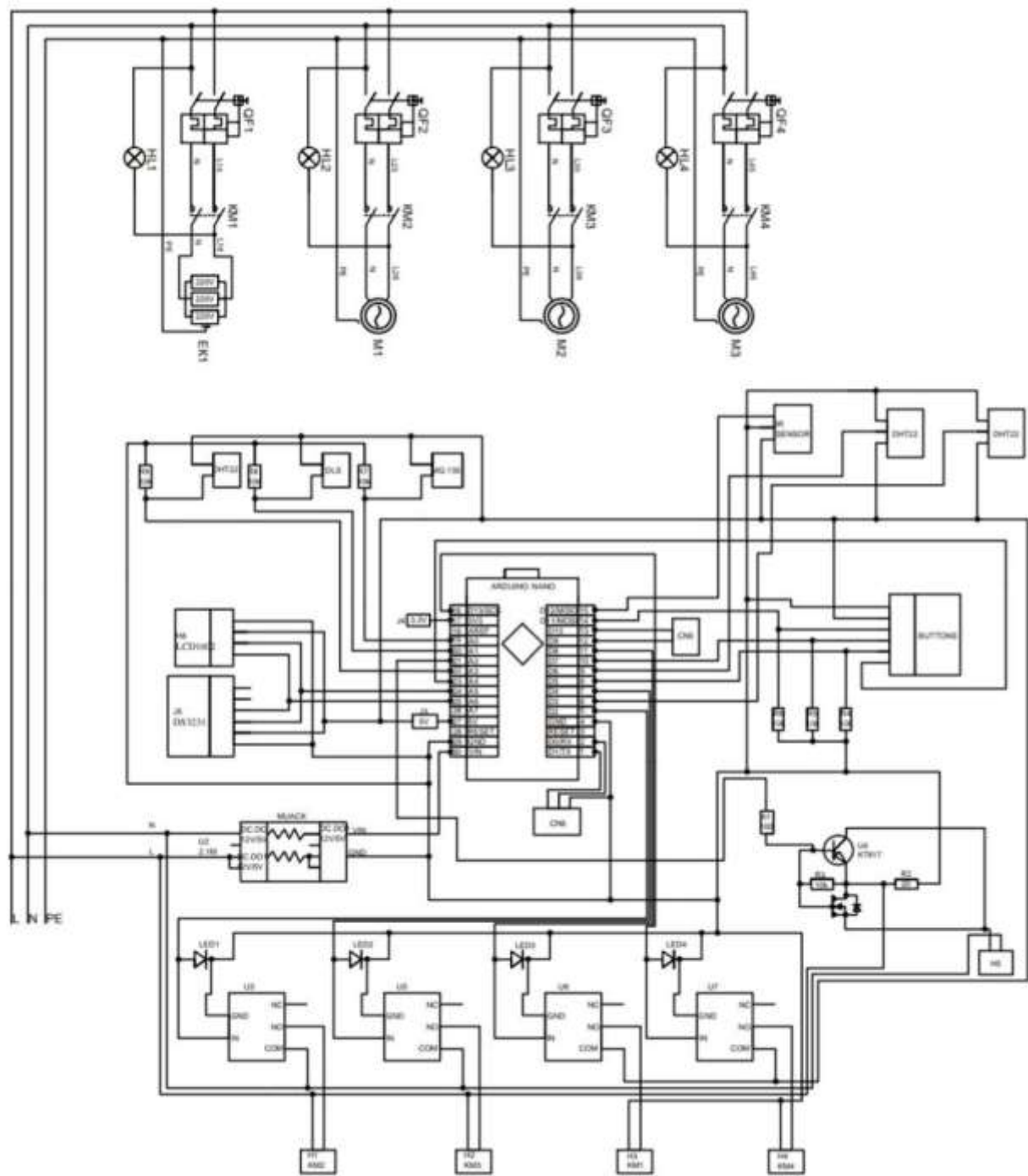


Рис. 4.18. Схема електрична принципова

Розробка схеми електричних підключень.

4.5. Вибір щитової продукції

Схема підключення – схема, що показує зовнішні підключення виробу. По ГОСТ 2.701-2008 код типу схеми - 5 (по СЕВ С27-77 - 303). Ці сценарії є частиною основної робочої картини системи автоматизації.

Концепція з'єднання складається з наступних матеріалів:

Рішення автоматизації процесів;

Основні електричні, пневматичні та гідравлічні рішення;

Експлуатаційна документація на обладнання та засоби автоматизації, що використовуються в проекті;

Таблиця підключення та монтажу пульта та дистанційного керування згідно ПМ4-107-77;

Компоновкові креслення технічного, енергетичного та аналогічного обладнання та трубопроводів з пробовідбірними та приймальними спорудами, а також усі будівельні креслення, необхідні для прокладання зовнішньої електропроводки, допоміжних і зварних конструкцій, тунелів, проходів, прорізів.

Перед виконанням сценарію підключення необхідно перевірити:

Усі вбудовані та додаткові пристрої, необхідні для встановлення основних вимірювальних датчиків на трубах та обладнанні, присутні на технічних кресленнях;

На кресленнях (плані, розрізі) вказувати місця установки окремого зовнішнього обладнання та групових стояків обладнання, часткового екранування та екранування, розміщених в екранованих приміщеннях.

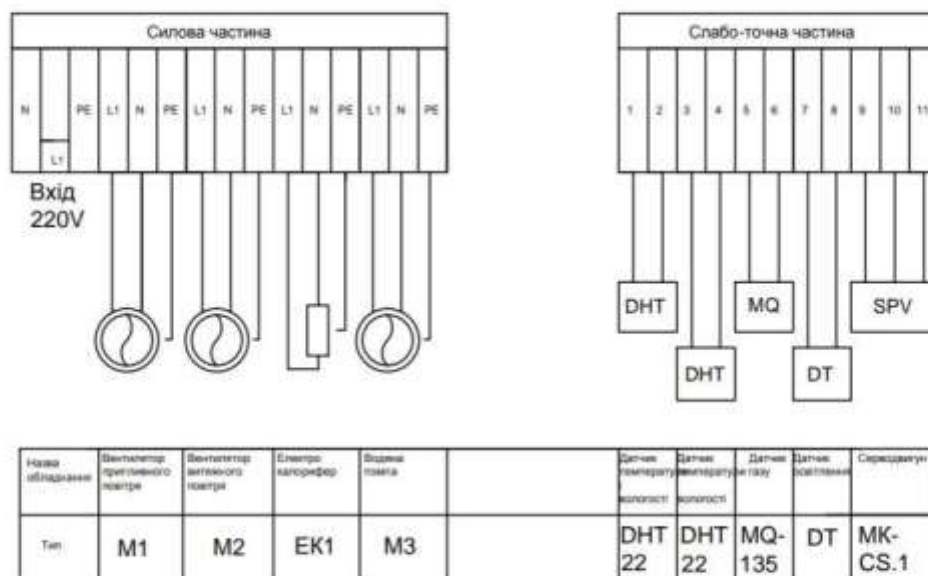


Рисунок 4.19. Схема з'єднань

4.6. Розробка щита управління

На будь-якому рівні автоматизації головною роллю залишається оператор. Тому в технічних проектах кожної станції велика увага приділяється проекту централізованих пунктів управління обладнанням і операторів. Одночасно необхідно враховувати два аспекти: а) технічні характеристики об'єкта - тип обладнання, складність, комунікаційну структуру, ступінь

автоматизації об'єкта і т. д.; б) психологічні, фізіологічні, біологічні характеристики та можливості . оператор

Принципи проектування панелі приладів.

1. Щитовий повинен забезпечувати сприятливі умови (комфорт) праці операторів і нормальні умови для роботи обладнання та приладів. У закритому приміщенні, незалежно від зовнішніх умов і теплової потужності приладу, температура 18–

22°C, вологість 30–60%. Для цього екрановане приміщення кондиціонується.

1. Забезпечте хороше освітлення в місці розташування щита - рівномірне і розсіяне. Найкращим рішенням для освітлення є повністю освітлена стеля. Це досягається встановленням додаткових підвісних стель з матового скла або фольги. Між додатковою стелею і основною стелею розташовують люмінесцентні світильники.

2. Щитове приміщення має бути звукоізоляційним, щоб захистити операторів від виробничого шуму, і мати гарну акустику для усунення або зменшення відлуння. Висота центральної частини приміщення, де розташований пульт управління, становить 4 м, а стеля екранованого приміщення обладнана водонепроникним пристроєм.

3. Панелі та пульти дистанційного керування повинні бути розташовані таким чином, щоб забезпечити максимальну видимість і легкість обслуговування.

З цієї причини розрізняють робочу і неробочу частини щита. Для забезпечення контролю основних показників роботи обладнання та виконання основних контрольних операцій у робочому контурі розміщують щити та пульти з приладами, сигналізацією та обладнанням. У неробочих ланцюгах, таких як: а) щити з індикацією та реєструючими пристроями для періодичного контролю, а також контрольне обладнання для вторинних операцій; б) щити з

електронними регуляторами, пристроями захисту та сигналізації, допоміжним обладнанням різного призначення; В окремому допоміжному приміщенні можна також розміщувати захисні пристрої та регулятори, які не потребують керування оператором. Схеми управління панелями і консолями повинні бути налаштовані і розташовані так, щоб основні пристрої індикації були добре видимі. , основний механізм управління полегшує ручний вплив.

4. Пульт управління повинен мати мнемосхему з'єднань основних складових об'єкта.

5. Панелі повинні бути стандартних розмірів для типових типів заводських батарей: батареї керування, батареї сигналу, батареї допоміжного обладнання тощо. Це спрощує та прискорює розробку панелі керування, скорочує час встановлення та забезпечує високу робочу мобільність (швидка заміна та повторна збірка панелей). Мнемонічна фраза також повинна бути введена з типової таблички

6. Пульт обладнаний системою сигналізації, яка повинна надавати оператору необхідну інформацію щодо порушень режиму роботи об'єкта. Інформація надходить у вигляді світлових і звукових сигналів, які повинні привернути увагу людини і дати йому зрозуміти причину ситуації, допомагаючи прийняти правильне рішення щодо дій у даній ситуації.

Розміри екранування 500 x 500 x 300 мм були обрані експериментально.

Так як панель шафи буде встановлюватися в кімнаті, то параметри будуть мати наступні значення: Кліматичний показник - U, Категорія розміщення - 4, Клас захисту IP00.

Умовам розміщення відповідає панельне екранування екрануючої плити з каркасом типу ШПК.

Відповідно до ГОСТ 36.13-76 до умовного запису надаються такі щитові вироби: ШПКК 3-3Л-1(500+500+300) У4IP00

Як показано на малюнку 4.5. Загальний вигляд пульта контролю температури в корівнику наведено на малюнку.

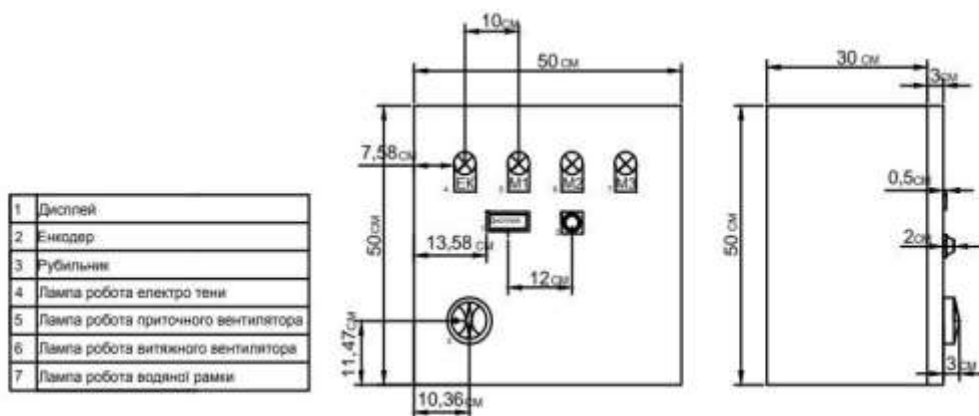


Рисунок 4.20. Загальний вигляд щита керування

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Відзначимо, що економічні переваги автоматизації такі:

Як показує показник витрат на виробництво продукту.

Загальна вартість технічних засобів АСУ:

$$K_z = K_{TO} + K_d + K_r + K_{ш} + K_e,$$

Де: $K_{TO} = 25\ 060$ грн. – технічне оснащення;

$K_d = 30$ грн. – Датчики температури та вологості;

$K_r = 200$ грн. - контролер "Arduino";

$K_{ш} = 600$ грн. - Панель управління.

$K_e = 250$ грн. – РК-дисплей з модулем і2с і кодувальником

так:

$$K_z = 25060 + 30 + 200 + 600 + 250 = 26140 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості закупівлі та доставки:

$$K_{TT} = 0,11 * K_z,$$

$$K_{TT} = 0,11 * 26140 = 2875,4 \text{ грн.}$$

Технологія автоматизації САС означає розрахунок вартості проекту монтажу:

$$K_M = 0,17 * K_z,$$

$$K_M = 0,17 * 26140 = 4443,8 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості кабелю:

$$K_{PR} = K_{PR1} * L,$$

Де: $K_{PR1} = 16$ грн./м - вартість розводки САК та її монтажу;

$L = 300$ м - довжина розводки САК.

$$K_{PR} = 16 * 300 = 4800 \text{ грн.}$$

Додаткові інвестиції складуть 2% капітальних вкладень

кошти:

$$K_{KB} = 0,02 * 26140 = 522,8 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість капіталу:

$$K = KЗ + КТТ + КМ + КПР + ККВ$$

$$K = 26140 + 2875,4 + 4443,8 + 4800 + 522,8 = 38782 \text{ грн.}$$

Підрахувавши суму інвестицій, ми виявили, що її можна відняти амортизація:

$$C_a = 0,142 * K,$$

$$C_a = 0,142 * 38782 = 5507,04 \text{ грн.}$$

Поточні витрати на технічне обслуговування:

$$SPR = 0,18 * K,$$

$$СПР = 0,18 * 38782 = 6980,76 \text{ грн.}$$

Розраховуємо енерговитрати:

$$C_e = P * \Gamma * 1,9. C_e = P * \Gamma * 1,9,$$

де $P = 0,95$ кВт - потужність автоматики;

$D = 153 * 24 = 3672$ години. – Ми отримуємо робочі години (153 години в теплиці)

працювати один рік).

так:

$$S_e = 0,95 * 3672 * 1,9 = 6627 \text{ грн.}$$

При використанні автоматизованої системи витрати на роботу персоналу складають:

$$S_z = 1 * 60 * 8 * 153 = 73440 \text{ грн.},$$

де: 1 – кількість операторів;

60 грн/год – тариф оператора 8 годин на день;

153 - Кількість робочих днів у році.

Отже, річні експлуатаційні витрати складають:

$$Ц = 4878,26 + 6183,8 + 6627 + 73440 = 91128 \text{ грн.}$$

Після розрахунку операційних витрат і капіталовкладень за рік ми

Розрахуємо загальну вартість:

$$V_{zv} = C + E_n * K,$$

$$Взв=73\,440+0,15*34\,354,48=79\,257,3 \text{ грн.}$$

Розраховуємо чистий прибуток за такою формулою:

$$Чпр=\Delta Sz+\Delta Sv,$$

$\Delta Cв$ - розраховуємо прибуток за рахунок енергозбереження;

$$\Delta Cз=Cз-(1,2*\Gamma*1,6),$$

$$\Delta Cз=73\,440-(1,2*3\,672*1,6)=66\,390 \text{ грн.}$$

$$\Delta Cв=Cе-(P*\Gamma*1,6*\Delta P),$$

$$\Delta Cв=6\,627-(0,95*3\,672*1,6*0,4)=4\,394,42 \text{ грн.}$$

$\Delta P=40\%=0,4$ – Зниження витрат на енергоспоживання в автоматизованих процесах.

$$Чпр = 66\,390+4\,394,42=70\,784,42 \text{ грн.}$$

За формулою визначаємо термін окупності установки:

$$ТОКОР=K/Ch$$

$$\text{Сума}=38\,782/70\,784,42=0,548\approx 5,5 \text{ міс.}$$

ВИСНОВКИ

У даній роботі досліджено та розроблено інтегровану систему контролю мікроклімату утримання великої рогатої худоби. Складовими параметрами мікроклімату є температура, вологість повітря і загазованість атмосфери. Основним компонентом пристрою є мікроконтролер, який забезпечує функціональність для отримання даних від датчиків, обробки даних і формулювання відповідей через певні підсистеми виконання. Зробіть друковану плату та розмістіть на ній усі необхідні компоненти. Характеристики пристрою визначаються якістю датчика. При цьому датчик DHT11 забезпечує діапазон вимірювання температури від 0 до 50°C з похибкою 2°C і діапазон вимірювання вологості від 20 до 90% з похибкою 5%. Особливих вимог до фотоелектричних датчиків немає, тому що освітлення регулюється на місці. Базова заміна кращим датчиком покращить загальні характеристики системи. Під час випробувань прототипу отримано практичний досвід проектування та побудови електронних систем контролю мікроклімату. Надалі цей прототип буде випробуваний в КПЗ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Контроль мікроклімату офісних приміщень і створення якісних умов праці за допомогою приладів від Delta Ohm – Режим доступу до ресурсу : <http://labprice.ua/ru/stati/stati-ob-izmeritelnyih-priborah/kontrol-mikroklimataofisnyih-pomeshheniy-i-sozдание-kachestvennyih-usloviy-truda-s-pomoshhyupriborov-ot-delta-ohm/>
2. Гігієнічні нормативи параметрів мікроклімату житлових приміщень – Режим доступу до ресурсу : <http://13.rospotrebnadzor.ru/news/133920>
3. Білик Т. Ю. Лабораторний практикум по курсу «Електронні сенсори» для студентів напряму підготовки 6.070801 Мікро- та наноелектроніки освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю «Фізична та біомедична електроніка» / Т. Ю. Білик, Т.А. Саурова, О.М. Шмирева – К.:НТУУ «КП», 2012. – 52 с., 20 рис.
4. Датчик вологості та температури DHT11 ARDUINO – Режим доступу до ресурсу : <https://arduino.ua/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht11>
5. Варіанти мікроконтролерів – Режим доступу до ресурсу : https://losst.ru/luchshie-analogi-arduino#1_Raspberry_Pi_Zero
6. Що таке Arduino? – Режим доступу до ресурсу : <http://arduino.ru/About>
7. Плати Arduino – Режим доступу до ресурсу : <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/>

