

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет робототехніки та штучного інтелекту
Кафедра автоматизації та безпілотних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОЩУВАННЯ ШАМПІНЬОНІВ**

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL
PROCESS OF GROWING CHAMPIGNONS**

Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АВз-41
Гаврилюк Віктор Васильович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Решетило Олександр Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент Решетило О. М.

(підпис)

Луцьк – 2026

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність: 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. Ю. Повстяной

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гаврилюку Віктору Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система керування технологічним процесом вирощування шампінйонів

керівник роботи Решетило Олександр Миколайович, к.т.н, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «31» грудня 2025 року N 307/01-04

2. Строк подання студентом роботи 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи технологічний процес вирощування шампінйонів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз об'єкта керування. Обґрунтування ФСА. Обґрунтування ТЗА. Обґрунтування та опис принципових електричних схем. Програмне забезпечення системи автоматизації. Техніко-економічне обґрунтування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

графічний матеріал виконано у вигляді презентації, яка складається з 12 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 2</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 3</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 4</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 5</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 6</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Розділ 7</i>	<i>Решетило О. М.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Лапченко Ю. С.</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>			
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Лапченко Ю. С.</i>		

7. Дата видачі завдання 31.12.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

N з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкта керування</i>	<i>20.02.2026 р.</i>	
2	<i>Обґрунтування вибору функціональної схеми</i>	<i>10.03.2026 р.</i>	
3	<i>Обґрунтування вибору ТЗА</i>	<i>20.03.2026 р.</i>	
4	<i>Обґрунтування і опис принципів електричних схем</i>	<i>1.04.2026 р.</i>	
5	<i>Програмне забезпечення систем автоматизації</i>	<i>10.04.2026 р.</i>	
6	<i>Розрахункова частина</i>	<i>20.04.2026 р.</i>	
7	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>1.05.2026 р.</i>	
8	<i>Оформлення роботи</i>	<i>1.06.2026 р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Гаврилюк В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Решетило О. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гаврилюк В. В. Автоматизована система керування технологічним процесом вирощування шампінйонів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Досліджено технологічний процес вирощування шампінйонів. Розроблена функціональна схема автоматизації. Підібрано технічні засоби автоматизації та промисловий контролер. Розроблена схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера. Розроблена програма функціонування контролера. В SCADA-системі ADAMView розроблено віртуальну панель керування оператора. Проведено розрахунок техніко-економічного обґрунтування розробленої системи автоматизації. У висновках узагальнено інформацію, наведену у попередніх розділах. Результати розробок можуть бути застосовані для впровадження або модернізації автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів.

Ключові слова: автоматизована система, керування, технологічний процес, вирощування, шампінйони, контролер.

					<i>АтаБС-001.00.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Автоматизована система керування технологічним процесом вирощування шампінйонів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Гаврилюк В.В.</i>						4	
<i>Перевір.</i>	<i>Решетило О.М.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Гуменюк Л.О.</i>							
						<i>ЛНТУ, гр. АВЗ-41</i>		

ANNOTATION

Gavryljuk V. Automated control system for the technological process of growing champignons. – Manuscript.

Bachelor's qualifying thesis of the OP «Automation and computer-integrated technologies». Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions, a list of used sources and appendices.

The technological process of the roasting oven for the production of chips has been studied. A functional automation scheme has been developed. Technical means of automation and an industrial controller have been selected. A scheme for connecting sensors and actuators to the controller has been developed. A program for the controller's operation has been developed. A virtual operator control panel has been developed in the ADAMView SCADA system. A feasibility study of the developed automation system has been calculated. The conclusions summarize the information given in the previous sections. The results of the developments can be used to implement or modernize an automated roasting oven control system for the technological process of chips production.

Key words: automated system, control, technological process, production, chips, roasting oven.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	10
1.1 Загальні відомості про шампінйони	10
1.2 Технологічний процес вирощування шампінйонів	15
1.3 Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування	21
1.4 Параметри технологічного процесу, що контролюються	23
1.3 Перелік задач контролю та керування технологічним процесом	24
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	25
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	29
3.1 Вибір давачів	29
3.2 Вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів	32
3.3 Вибір контролера	33
3.4 Розрахунок та вибір блока живлення	35
РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ	37
РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	39
5.1 Розробка блок-схеми функціонування системи керування	39
5.2 Розробка структурної схеми програми функціонування контролера	39
5.3 Розробка стратегії керування технологічним процесом вирощування шампінйонів в SCADA-системі AdamView	40
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	51

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

6.1 Розрахунок капітальних витрат на автоматизацію	51
6.2 Розрахунок експлуатаційних затрат	53
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ	61

					<i>АКТ-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

Актуальність теми. Розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів зумовлена зростаючим попитом на якісну грибну продукцію, необхідністю підвищення ефективності виробництва та зниження впливу людського фактору на технологічний процес. У сучасних умовах агропромислового виробництва особливої уваги набуває впровадження інноваційних технологій, спрямованих на автоматизацію та цифровізацію виробничих процесів.

Вирощування шампінйонів є складним багатофакторним процесом, який потребує постійного контролю таких параметрів, як температура, вологість повітря, концентрація вуглекислого газу, рівень освітлення, вентиляція та зволоження субстрату. Навіть незначні відхилення цих показників від оптимальних значень можуть призвести до зниження врожайності, погіршення якості продукції або повної втрати врожаю.

Традиційні методи керування процесом вирощування, що базуються на ручному контролі та періодичному втручанні оператора, не забезпечують достатньої точності, оперативності та стабільності підтримання мікроклімату [1]. Це зумовлює необхідність розробки автоматизованих систем керування, здатних у режимі реального часу здійснювати моніторинг параметрів середовища, аналізувати отримані дані та автоматично коригувати режими роботи виконавчих механізмів.

Впровадження автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів дозволить:

- підвищити врожайність та якість грибної продукції;
- зменшити витрати енергоресурсів та води;
- мінімізувати вплив людського фактору;
- забезпечити безперервний моніторинг параметрів мікроклімату;

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

– оптимізувати виробничі витрати та підвищити рентабельність підприємства;

– створити передумови для інтеграції технології вирощування шампінйонів в концепцію Інтернет речей та точного землеробства.

Таким чином, розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності виробництва, його конкурентоспроможності та розвитку сучасних технологій в сільському господарстві.

Метою роботи є аналіз технологічного процесу як об'єкта керування, розробка функціональної схеми автоматизованої системи керування, вибір технічних засобів автоматизації, розробка принципової електричної схеми автоматизованої системи керування, розрахунок техніко-економічного обґрунтування доцільності впровадження розробленої автоматизованої системи керування у виробництво.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз об'єкта керування;
- розробити функціональну схему автоматизованої системи керування;
- вибрати технічні засоби автоматизованої системи керування;
- розробити принципову електричну схему автоматизованої системи керування;
- розробити програмне забезпечення автоматизованої системи керування;
- в SCADA-системі AdamView розроблено віртуальну панель керування оператора;
- провести розрахунок техніко-економічного обґрунтування доцільності впровадження автоматизованої системи керування у виробництво.

Об'єктом дослідження є технологічний процес вирощування шампінйонів.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

Предметом дослідження є автоматизована система керування технологічним процесом вирощування шампінйонів.

Методи дослідження включають аналіз літературних джерел, економічний аналіз, системний підхід та порівняльний аналіз для оцінки ефективності впровадження автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів.

Практична новизна: розробка та впровадження автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів дозволить врожайність та якість грибної продукції, зменшити витрати енергоресурсів та води, мінімізувати вплив людського фактору, забезпечити безперервний моніторинг параметрів мікроклімату та оптимізувати виробничі витрати та підвищити рентабельність підприємства.

Враховуючи вище викладене, дана розробка є актуальною для автоматизації сучасного технологічним процесом вирощування шампінйонів.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Загальні відомості про шампіньйони

1.1.1 Біологічні особливості шампіньйонів

«Печериця (шампіньйон) – гетеротрофний сапрофітний гриб. Він живиться готовими органічними й мінеральними речовинами, які засвоює з напівперепрілих рослинних і тваринних решток. Як і більшість базидіоміцетів, має два основних органи: підземний – міцелій (грибниця), який представляє собою переплетення численних гіф; надземний – плодове тіло, яке є продуктивним органом гриба. Плодове тіло (карпофор) складається з шапки і ніжки. Шапинка може мати гладку, волокнисту або лускату поверхню білого чи білуватого кольору, рідше темнозбарвлену. Залежно від цього розрізняють дві різновидності печериці двоспорової: білу (*var. albidus /Lange/ Sind/*) і коричневу (*var. avellaneus /Lange/ Sind/*). Деякі вчені виділяють ще проміжну, або кремову, різновидність. Розмір шапинки печериці двоспорової коливається в межах 2-10 см. Пластинки вільні, тонкі, рожевуваті, пізніше з червонуватим відтінком, потім темно-коричневі. Ніжка 3-6 x 1-2 см., центральна, рівна, циліндрична. М'якоть біла, при натискуванні стає рожевуватою.

Розмножується печериця вегетативно (поділом грибниці) і спорами. При вегетативному способі – шматочки гіф, пересаджені на стерильне поживне середовище, швидко розростаються, утворюючи густий міцелій, який в подальшому використовують для вирощування грибів. Цей спосіб називають тканинним. Вегетативний спосіб розмноження грибів є основним у промисловій культурі. Для цього використовують грибницю, яку отримують в лабораторії на стерильному середовищі.

Печериця дуже вимоглива до умов вирощування. Для її розвитку не потрібне світло. Більше того, сильна освітленість негативно впливає на

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

розвиток гриба. Вимоги печериці до температурного режиму залежить від фази розвитку. Для проростання міцелію температура субстрату повинна становити 24-28 °С, а в період плодоношення – 16-18 °С. При 33 °С грибниця гине, а при 3 °С ріст її припиняється, хоча життєздатність зберігається навіть при температурі нижчій 0 °С. Оптимальною температурою повітря для розвитку плодового тіла є 16 °С. Плодоношення практично припиняється при температурі < 10 та > 20 °С. Печериця вимагає певних параметрів вологості поживного середовища і повітря. Під час росту міцелію субстрат повинен містити 65-70% вологи, а під час плодоношення – 60-65%. Різкі коливання температури і відносної вологості повітря негативно впливають на розвиток культури. Свіже повітря є обов'язковим для печериці двоспорової під час плодоутворення і плодоношення. Збільшення концентрації CO₂ понад 0,2 % погіршує якість плодів і навіть зумовлює припинення плодоутворення. Гриб не переносить сильного і особливо сухого повітряного потоку. Велику шкоду культурі завдають аміак і сірчані газу.

Найбільше значення у живленні гриба відіграють азотні сполуки, з яких він використовує білки, пептони, амінокислоти і амоній солі, та вуглеводи (целюлоза, геміцелюлоза і лігнін). Для розвитку потрібні також калій, магній, сірка, фосфор, залізо і кальцій. Щоб забезпечити отримання високих урожаїв, всі перераховані елементи повинні знаходитись у субстраті в певному співвідношенні. Оптимальна величина рН середовища для росту гриба близька до нейтральної (рН 6,5-7,5).» [2]

1.1.2 Приміщення для вирощування шампіньйонів

«Шампіньйони вирощують в спеціалізованих, або пристосованих приміщеннях: підвалах, утеплених побутових приміщеннях, погребах, теплицях, каменоломнях, шахтах, парниках, тощо. Однак, усі пристосовані приміщення не мають умов, які б повністю відповідали біологічним особливостям культури, тому їх необхідно оснащувати пристроями для створення оптимальних параметрів мікроклімату.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні вимоги до приміщень для вирощування шампінйонів наступні:

- 1) повинна підтримуватись постійна температура при незначному її коливанні відповідно до вимог культури та періодів її вирощування;
- 2) приміщення повинно бути обладнане вентиляцією з рівномірним розподілом повітря;
- 3) приміщення повинно мати достатню вологоізоляцію, яка б дозволяла підтримувати вологість повітря на рівні 90 % з похибкою ± 5 %;
- 4) в приміщення не повинно проникати пряме сонячне проміння;
- 5) розмір і конфігурація приміщення повинні дозволяти виконувати основні виробничі операції механізованим способом.

Ці споруди спеціально побудовані для культивування грибів з урахуванням усіх біологічних особливостей культури. Вони являє собою блоки камер культивування, що розміщені одним або двома рядами в споруді ангарного типу. Між ними проходить центральний технологічний коридор, вздовж протилежних торцевих камер є широкі коридори, які дозволяють механізовано проводити роботи із завантаженням і видалення субстрату, нанесення покривного матеріалу, тощо. Споруда складається з камери для пастеризації і кондиціонування субстрату, камери для пророщування міцелію і камери вирощування. При загальній тривалості циклу культивування 12 тижнів у складі комплексу повинні бути мінімум дві камери пастеризації субстрату, дві камери для пророщування міцелію і 9 камер вирощування. Мінімальна площа споруди повинна становити 0,36 га., оптимальним є 0,7 га. корисної площі.

При вирощуванні шампінйонів у підвалі необхідно, щоб він не був дуже сирим і в нього не потрапляли ґрунтові й верхові води, а температура в холодну пору року не опускалась нижче 12-15 °С. Обов'язковим є обладнання таких споруд системою вентиляції з механічними фільтрами. Якщо площа підвалу велика, то доцільно розділити його на декілька окремих відсіків, щоб мати можливість виконувати технологічні операції на протязі одного робочого

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

дня. Найбільш зручними для вирощування шампінйонів в підземних приміщеннях є каменоломні печери, що розміщені на глибині 20-25 м. від поверхні, які мають зручні під'їзні шляхи і можливість обладнання системою вентиляції. Як правило, температура і вологість повітря в них на вказаній глибині практично стабільні протягом всього року і становлять 12-15 °С і 85-90 % відповідно, що дозволяє цілорічно їх використовувати.» [3]

1.1.3 Одержання посадкового матеріалу для вирощування шампінйонів
«Посадковий матеріал, що використовується в процесі вирощування шампінйонів, називається посівним міцелієм або грибницею.

Залежно від субстрату, який використовують в процесі приготування, розрізняють компостний і зерновий посівний міцелій.

Компостний продукується на основі шампінйонного компосту.

Основним субстратом для приготування зернового посівного міцелію є зерно культурних злаків (пшениці, жита, ячменю, проса).

В останні роки перевага надається саме зерновому міцелію. Спосіб його приготування полягає в наступному. До 10 кг зерна додають 15 л води. Суміш варять протягом 15-20 хв. на слабкому вогні. Воду після варіння зливають, зерно трохи підсушують і додають до нього 30 г крейди та 12 г гіпсу. Зерно насипають в місткості: однілітрові молочні пляшки, одно- двох-, трілітрові банки, колби, поліпропіленові пакети, тощо. Воно повинно займати не більше 2/3 місткості. Їх закривають ватними пробками або фольгою і завантажують в автоклав. Стерилізацію субстрату проводять при температурі 121 °С і тискові 1 атм. протягом 1,5 год. Після автоклава рН середовища має становити 6,5-6,7. Субстрат охолоджують до температури сівби (22-25 °С), яку проводять маточним міцелієм, вирощеним в пробірках на ангаризованому середовищі (сівбу проводять в стерильних умовах над вогнем пальника). Місткості з інокульованим зерном поміщають в інкубаційну камеру з оптимальними параметрами температури (22-25 °С) та вологості 60 %, де міцелій проростає і пронизує поживний субстрат. Через 7-10 діб після сівби вміст місткостей

					АКІТ-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

перетрушують. Це запобігає склеюванню зерна і прискорює ріст міцелію. Під час росту його необхідно систематично перевіряти на наявність інфекції. Через 3-4 тижні після сівби міцелій готовий до використання. До висіву в компост його зберігають в холодильниках при температурі +2-+4 °С. Максимальний термін зберігання становить 4 місяці.» [4]

1.2 Технологічний процес вирощування шампінйонів

1.2.1 Опис технологічного процесу

Структурна схема технологічного процесу вирощування шампінйонів наведена на рисунку 1.1 та на слайді 2 презентації до проєкту.



Рисунок 1.1 – Структурна схема технологічного процесу вирощування шампінйонів

«При промисловому виробництві використовують дві системи вирощування – однозональну та багатозональну.

Однозональною називається система, при якій передбачається виконання всіх виробничих процесів, починаючи з моменту наповнення приміщення субстратом, в одній культиваційній споруді – камері вирощування [5].

При цьому використовують кілька способів культивування: на плоских, двох- і тригребневих грядках, в ящиках або контейнерах, на стаціонарних багатоярусних стелажах, в мішках з тканого матеріалу, тощо.

Багатозональною називається система вирощування, при якій весь цикл проходить в двох або більше спеціалізованих приміщеннях, які мають оптимальні умови для кожної фази росту і розвитку грибів. Наприклад, в першому приміщенні проводять термічну обробку субстрату, а в другому - пророщування міцелію і вирощування продукції. Застосування багатозональної системи вирощування вимагає неодноразового переміщення місткостей з культурою, тому найбільш доцільно при цьому використовувати спосіб культивування в ящиках або контейнерах.

Останнім часом розроблений і широко застосовується в практиці грибівництва новий спосіб термічної обробки субстрату і пророщування міцелію «в масі». При його застосуванні пастеризацію і кондиціонування компосту виконують у спеціальному приміщенні з активним вентиляванням – тунелі, а пророщування міцелію – у споруді такої ж конструкції. Цей спосіб нині набув найбільшого поширення.» [5]

1.2.2 Приготування субстрату (компосту)

«Субстрати для культивування шампінйонів називають компостами, а процес їх приготування – компостуванням або ферментацією. Компостування полягає у перетворенні мікроорганізмами поживних речовин складових компонентів компосту у форми, що доступні для міцелію гриба і знищенні під впливом підвищеної температури патогенних мікроорганізмів та шкідників.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Існує три види компостів: натуральні, напівсинтетичні і синтетичні.

Натуральні готують на основі кінського перегною.

Основою напівсинтетичних (містять до 20 % кінського перегною) і синтетичних (кінський перегній взагалі відсутній) є солома злаків. До неї додають органічні матеріали і мінеральні добрива, які забезпечують суміші подібність за структурою та вмістом елементів до натурального субстрату.

Метою підбору компонентів субстратів є досягнення в них оптимальної структури і вмісту елементів живлення. Компост повинен містити азоту – 1,8-2,0 %, фосфору – 0,8-1,0 %, калію – 1,3-1,5 %, кальцію – до 3,0 %.

Для отримання повноцінного компосту суміш його складових частин потрібно піддати ферментації. Її метою є створення селективного середовища для росту міцелію шампінйона, яке б забезпечувало поживними речовинами грибницю, але було непридатним для конкуруючих мікроорганізмів.

Існує два способи компостування: традиційний і сучасний. Вони відрізняються тим, що при першому весь процес ферментації закінчується в бурті за 16-21 добу, тобто за одну фазу, а при сучасному – за дві. Перша фаза компостування – спонтанна ферментація – проходить у буртах, а друга – пастеризація і кондиціонування – в пастеризаційних камерах за контрольованих умов.

Завданням обох способів компостування є підготовка субстрату з такими фізико-хімічними властивостями:

- пружністю: солома повинна легко розриватись і мати поверхню темно-коричневого кольору;
- вологістю: після першої фази ферментації – 72-74 % (при стискуванні компосту в руці між пальцями витікає вода); після другої – 65-68 % (при стискуванні – між пальцями з'являються краплі води);
- оптимальною реакцією середовища: рН біля 7,0;
- відсутністю запаху аміаку.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

Важливу роль в отриманні компосту відіграє попереднє зволоження основного компоненту – соломи протягом 7-10 діб. За цей період 1 т її вбирає біля 3 т води.

Зволожену солому з додаванням курячого посліду, або кінський перегній, укладають у бурт, де проходить перша фаза компостування – спонтанна ферментація. Ширина бурта – 1,5-2,5 м., висота – 1,5-2,0 м., довжина – довільна. В бурт вносять гіпс і мінеральні добавки. Поступово температура всередині досягає його 50-60 °С. Через кожні 3-5 діб необхідно перебивати (перелопачувати) компост. Поливають бурт весь час, але після третього перелопачування – дуже обережно, оскільки при надмірному зволоженні компост може бути клейким. Період спонтанної ферментації триває в середньому 16-21 добу. Після закінчення першої фази компостування субстрат при традиційному способі переносять у культивацийну камеру, де вкладають на грядки, ящики, стелажі чи поліетиленові мішки. На цьому процес приготування вважається закінченим і компост інокують міцелієм.

При сучасному способі – субстрат після першої фази переміщують у спеціальні приміщення, де проводять його пропарювання (другу фазу ферментації). Вона є невід’ємною частиною сучасного виробничого циклу вирощування шампіньйонів. З введенням пастеризації і кондиціонування субстратів середня врожайність грибів зросла більше, ніж на 100 %.

Існує декілька способів пропарювання компосту: звичайний – в ящиках або стелажах у культивацийному приміщенні, новий – в тунелі. Їх загальною метою є підвищення якості субстрату і усунення при цьому конкуруючих та патогенних мікроскопічних грибів, а також шкідників (нематод, кліщів, мух, комарів, тощо). Другу фазу ферментації поділяють на два етапи:

1) пастеризація – коли температуру компосту підвищують до 55-60 °С на 6-12 год., що є достатнім для знищення небажаних мікроорганізмів й шкідників. Така температура сприяє розвитку корисних термофільних бактерій і актиноміцетів;

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

2) кондиціонування – проходить в наступні 2-7 діб при температурі 45-55 °С. Метою його є стимуляція росту корисних мікроорганізмів, а також завершення виділення аміаку.

Друга фаза компостування проходить наступним чином. Субстрат після спонтанної ферментації набивають в ящики, на стелажі й ущільнюють до висоти 20 см при звичайному способі пропарювання, або вкладають в тунелі шаром 1,8-2 м. – при термообробці «в масі». З допомогою пари температуру повітря підвищують до 57-60 °С. У цей час температура субстрату збільшується від поверхні (55-57 °С) до внутрішніх шарів, де часто досягає 60 °С. Таку температуру необхідно підтримувати протягом 5-6 год. Після цього подачу пари припиняють і починають вентиляцію таким чином, щоб температура компосту протягом 6 год. утримувалась на рівні 55-57 °С. Тоді починають кондиціонування. Для цього збільшують вентиляцію, щоб температура компосту знижувалась рівномірно на 1-1,5 °С за добу. В цей період субстрат самонагрівається, і всередині температура може досягти 52-54 °С, а температура повітря – 39-42 °С. Чим більша різниця між цими температурами, тим активніше проходить процес ферментації, а значить якіснішим буде компост. Кондиціонування закінчують через 7 днів при повній відсутності запаху аміаку. Після цього охолоджують субстрат до температури 25-28 °С шляхом сильної продувки.» [6]

1.2.3 Висівання міцелію

«Інокуляція – засівання субстрату міцелієм проводять при його температурі 25-28 °С. На 1 м² вносять 500 г компостного міцелію або 300-400 г зернового. При цьому слід знати, що на 1 м² стелажу або грядки розміщують, в середньому, 100 кг субстрату. Основу масу посівної грибниці, біля 80 %, вносять на глибину 12-15 см, решту – рівномірно розкидають по поверхні і злегка ущільнюють.

Після інокуляції поверхню накривають папером, який щоденно звожують. Температуру субстрату в цей період підтримують в межах

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

22-25 °С, повітря – на 1-3 °С нижчою (табл. 1.3). Вологість компосту має становити близько 68 %, повітря – 93-98 %. Під час розростання міцелію свіже повітря в культиваційне приміщення можна не подавати. Грибниця добре росте навіть при 2 % концентрації CO₂.

Фази росту:

I – розростання міцелію;

II – перехід від вегетативного росту до плодоношення (починається, приблизно, через 2 тижні після нанесення покривного матеріалу і закінчується з початком плодоношення);

III – плодоношення.

Добре приготовлений компост на 14-20 добу буде пронизаний білим густим міцелієм гриба. Після цього папір акуратно знімають і викидають.» [6]

1.2.4 Приготування і нанесення покривного ґрунту

«Після обростання компосту міцелієм потрібне гоштування (нанесення покривного матеріалу). Він необхідний для утворення і росту плодових тіл. Водночас покривний ґрунт запобігає висиханню поверхні компосту, утримує вологу, необхідну для росту грибів, сприяє газообміну між субстратом і зовнішнім середовищем, за рахунок слабо лужної реакції (оптимальний рівень рН 7,4) переводить у зв'язані форми кислі продукти метаболізму шампінйона.

Для приготування покривного ґрунту найчастіше використовують торф (90 %) з додаванням піску і крейди (до 5 %). Покривні суміші готують також з супіщаних і легкосуглинкових ґрунтів, річкового піску, перліту, цеоліту, тощо. Складові частини перемішують і просіюють через сито з діаметром отворів 3-4 см, після чого дезінфікують. Для цього використовують розчин формаліну (10 л. 3-4 % розчину на 1 т покривного ґрунту) або пропарюють суміші протягом 6-10 год. при температурі 60-70 °С.

Покривний ґрунт наносять на поверхню компосту рівним шаром завтовшки 3-5 см. Перший тиждень після його нанесення для швидкого розростання міцелію температуру компосту підтримують на рівні 22-25 °С.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покривний ґрунт щоденно поливають, щоб вода проходила через нього, але не змочувала верхній шар компосту з грибницею шампінйона. Приблизно через 2 тижні після гоптування міцелій досягає поверхні покривного ґрунту. В цей час за допомогою вентиляції знижують температуру в приміщенні до 18 °С. Протягом 2-3 діб після цього поливи продовжують. Однак зразу після утворення зародків плодових тіл – примордіїв, яке припадає на 15-17 добу з моменту нанесення покривного ґрунту, полив припиняють. В цей період проводять провітрювання приміщення: концентрація CO₂ не повинна перевищувати 0,2 %. Коли зародки плодових тіл досягнуть розмірів горошини, поливи відновлюють. Норма витрати води – 1 л на 1 м² за добу (у два прийоми).» [7]

1.3 Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування

Основною задачею, яку повинна вирішити автоматизація технологічного процесу вирощування шампінйонів є забезпечення і підтримування на певному рівні температури ґрунту та повітря, вологості ґрунту та повітря, освітлення теплиці.

Автоматизація технологічного процесу контролю мікроклімату у теплиці передбачає наступні контури регулювання:

- регулювання рівня води в резервуарі;
- регулювання температури води в резервуарі;
- регулювання температури повітря;
- регулювання температури ґрунту;
- регулювання вологості повітря;
- регулювання вологості ґрунту;
- регулювання рівня освітлення.

Основними вхідними параметри технологічного контролю мікроклімату в приміщенні (рис. 1.2) є:

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) температура води для поливу;
- 2) температура повітря;
- 3) температура ґрунту;
- 4) вологість ґрунту;
- 5) вологість повітря;
- 6) освітленість.

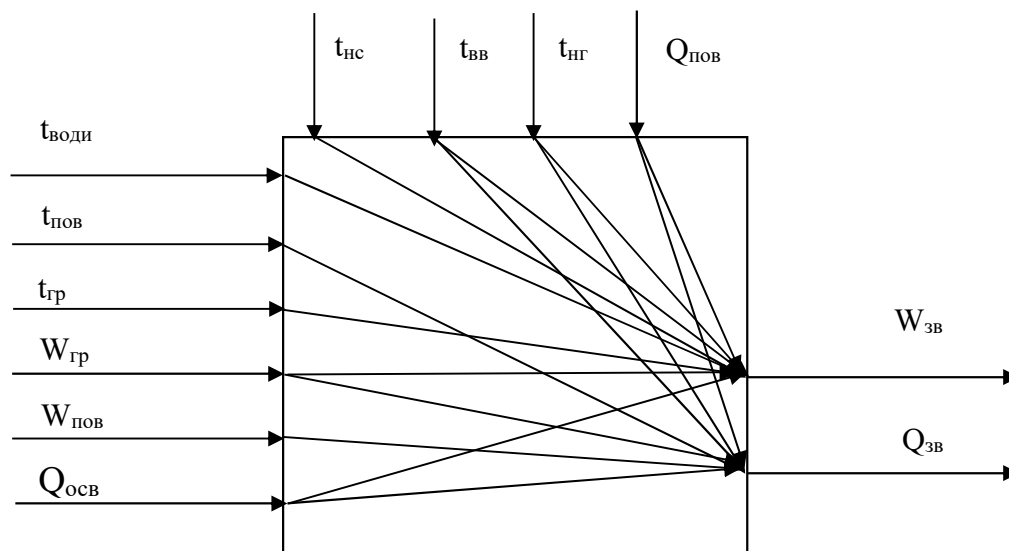


Рисунок 1.2 – Структурна схема взаємозв'язків технологічних параметрів об'єкта керування:

$t_{нс}$ – температура повітря навколишнього середовища;

$t_{вв}$ – температура холодної води;

$t_{нг}$ – температура нижніх шарів ґрунту в приміщенні;

$Q_{пов}$ – яскравість природного освітлення;

$W_{зв}$ – вага зібраного врожаю;

$Q_{зв}$ – щільність зібраного врожаю;

$t_{води}$ – температура води для зрошення;

$t_{пов}$ – температура повітря в приміщенні;

$t_{гр}$ – температура ґрунту в приміщенні;

$W_{гр}$ – вологість ґрунту (компосту) в приміщенні;

$W_{пов}$ – відносна вологість повітря в приміщенні;

$Q_{осв}$ – яскравість (час) освітлення в приміщенні.

Збурюючими параметрами є:

- 1) температура навколишнього середовища;
- 2) температура холодної води;
- 3) температура нижніх шарів ґрунту;
- 4) яскравість природного освітлення.

Вихідними параметрами технологічного процесу вирощування шампінйонів є:

- 1) кількість зібраного врожаю;
- 2) щільність зібраного врожаю.

З вище наведеної схеми видно, що технологічний процес вирощування шампінйонів являє собою складну динамічну ланку з багатьма взаємопов'язаними вхідними і вихідними величинами.

1.4 Параметри технологічного процесу, що контролюються

Параметри технологічного процесу вирощування шампінйонів наведені в таблиці 1.1 та на слайдах 3 і 4 презентації до проекту.

Таблиця 1.1 – Параметри технологічного процесу вирощування шампінйонів

№ з/п	Назва технологічного параметру	Одиниці вимірювання	Номінальне значення	Допустиме відхилення
1	2	3	4	5
1.	Температура повітря в приміщенні: I фаза росту II фаза росту III фаза росту	°C	20-23 17-20 15-17	±1,5 ±1,5 ±1

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
3.	Вологість ґрунту (компосту) в приміщенні	%	68-70	±1
4.	Відносна вологість повітря в приміщенні: I фаза росту II фаза росту III фаза росту	%	93-98 93-98 85-88	±2,5
5.	Вміст CO ₂ в приміщенні: I фаза росту II фаза росту III фаза росту	%	0,5 0,05-0,15 0,05-0,15	±0,05
6.	Освітленість в приміщенні	люкс	14-22	±18
7.	Потреба в притоці свіжого повітря	м ³	1-7	±1

1.5 Перелік задач контролю та керування технологічним процесом

Система автоматизації, що розробляються, повинна забезпечувати виконання наступних функцій (слайді 5 презентації до проєкту):

- 1) автоматичне регулювання температури повітря в приміщенні;
- 2) автоматичне регулювання вологості ґрунту в приміщенні;
- 3) автоматичне регулювання вологості повітря в приміщенні;
- 4) автоматичне регулювання рівня вуглекислого газу в приміщенні;
- 5) автоматичне регулювання величини освітленості та тривалості світлої пори в приміщенні;
- 6) автоматичне контролювання витрати холодної води;
- 7) автоматичне контролювання витрати гарячої води;
- 8) можливість переведення системи на ручне керування.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Функціональна схема автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів наведено на слайді 6 презентації до проєкту та на рисунку 2.1, що працює наступним чином.

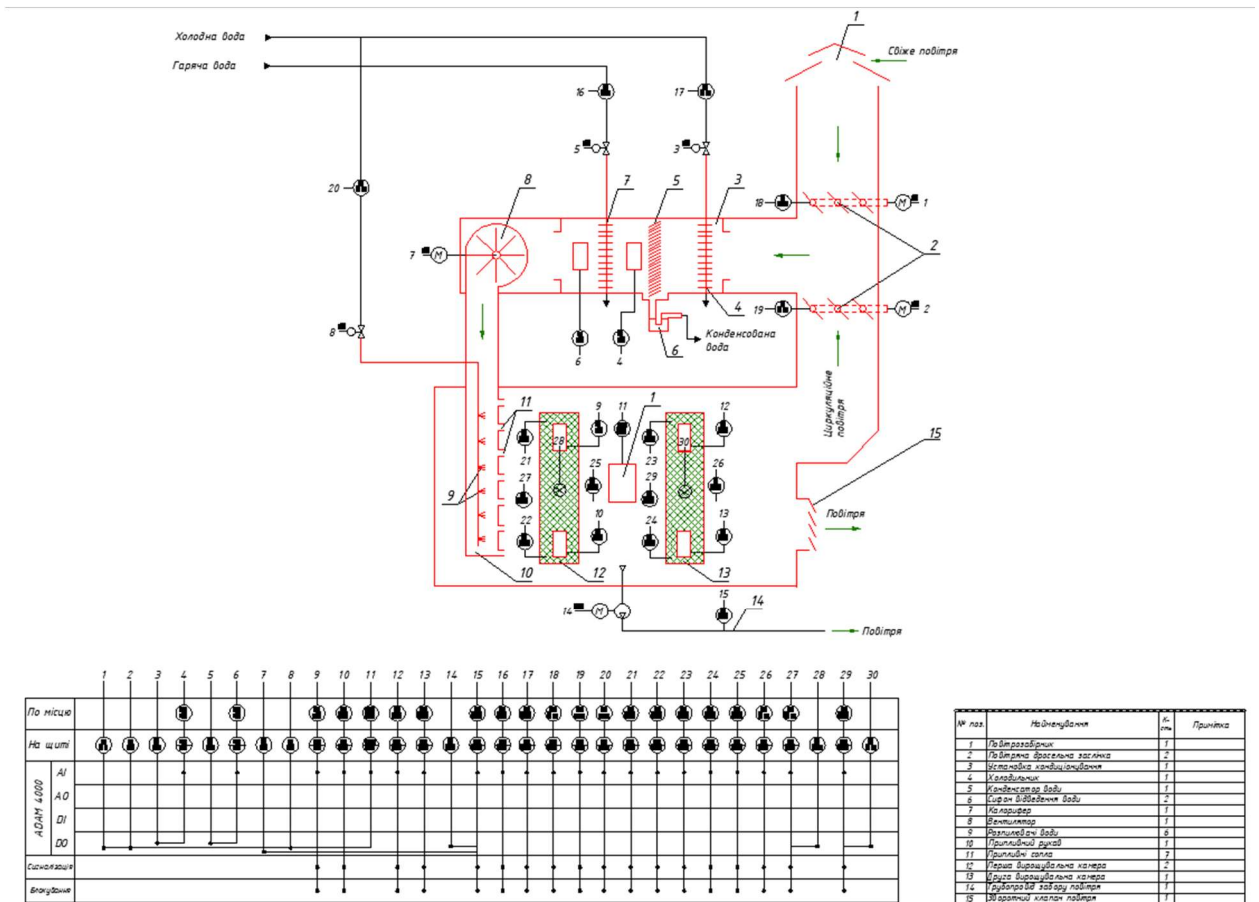


Рисунок 2.1 – Функціональна схема автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів

Забезпечення камер свіжим повітрям здійснюється шляхом регулювання положення повітряної дросельної заслінки, яка приводиться в дію серводвигуном 1-а, який вмикається пускачем 16. Положення заслінки визначається датчиком 18-а, сигнал якого підсилюється та передається за

допомогою пристрою 18-б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристрою 18-в.

Циркуляція повітря здійснюється за допомогою вентилятора 8 і повітряної дросельної заслінки, яка приводиться в дію серводвигуном 2-а, який вмикається пускачем 2-б. Двигун вентилятора 7-а плавно регулюється частотним перетворювачем 7-б. Положення заслінки визначається датчиком 19-а, сигнал якого підсилюється та передається за допомогою пристрою 19-б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристрою 19-в.

Температура повітря в камерах регулюється в установці кондиціонування, в якій змішане циркуляційне і свіже повітря нагрівається або охолоджується в залежності від заданого значення температури. Після опитування датчика температури і вологості повітря в камерах здійснюється порівняння отриманих даних із заданим значенням температури повітря в камері. Далі формуються керуючі сигнали, які надходять на пускачі 3-б або 5-б в залежності від значення розугодження. Пускачі, в свою чергу, приводять в дію відповідні серводвигуни 3-а або 5-а клапанів подачі води, внаслідок чого відбувається нагрівання або охолодження повітря. Датчики температури 4-а і 6-а при досягненні необхідного значення припиняють регулювання відповідно вимикаючи серводвигуни 3-а або 5-а. Сигнали датчиків 4-а і 6-а підсилюється та передається за допомогою пристроїв 4-б і 6-б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристроїв 4-в і 6-в.

Температура субстрату також регулюється повітрям. При максимально допустимих відхиленнях значень температури субстрату здійснюється сигналізація і автоматичне блокування. Температури субстрату в камерах вимірюється датчиками 9-а, 10-а, 12-а і 13-а. Сигнали даних датчиків підсилюється і передається за допомогою пристроїв 9-б, 10-б, 12-б і 13-б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристроїв 9-в, 10-в, 12-в та 13-в.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

Вологість повітря в камерах контролюється за допомогою контуру 11. Датчик температури і вологості 11-а формує сигнал, який підсилюється і передається за допомогою пристрою 11б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристрою 1-1в. Подача води через розпилювачі здійснюється вентилем, привід якого приводиться в дію двигуном 8-а, який вмикається пускачем 8-б.

Концентрація CO₂ контролюється контуром 15 за допомогою подачі свіжого повітря. Датчики концентрації 25-а і 26-а формують сигнал, який підсилюється і передається відповідно за допомогою пристроїв 25-б і 26-б, покази відображаються і реєструються відповідно за допомогою пристроїв 25в та 26-в. Подача повітря в трубопровід забору здійснюється електродвигуном 14--а, який вмикається пускачем 14-б. При максимально допустимих відхиленнях значень концентрації CO₂ в повітрі камер здійснюється сигналізація і автоматичне блокування.

Вологість повітря контролюється контуром 15 за допомогою подачі свіжого повітря. Датчик вологості 15-а формує сигнал, який підсилюється і передається за допомогою пристрою 15-б, покази відображаються і реєструються за допомогою пристрою 15-в. Подача повітря в трубопровід забору здійснюється вентилятором, привід якого приводиться в дію електродвигуном 14-а, який вмикається пускачем 14-б. При максимально допустимих відхиленнях значень вологості повітря в вирощувальних камерах здійснюється сигналізація і автоматичне блокування.

Витрата холодної та гарячої води контролюються відповідно витратомірами 17-а, 20-а і 16-а, які формують сигнали, що підсилюється і передається за допомогою пристроїв 17-б, 20-б і 16-б відповідно, покази відображаються і реєструються за допомогою пристрою 17-в, 20-в і 16-в.

Вологість ґрунту контролюється контуром 9 за допомогою подачі холодної води. Датчики вологості 21-а, 22-а, 23-а і 24-а формують сигнал, який підсилюється і передається відповідно за допомогою пристроїв 21-б, 22-б,

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

23-б і 24-б, покази відображаються і реєструються відповідно за допомогою пристроїв 21-в, 22-в, 23-в і 24-в. Подача холодної води через розпилювачі здійснюється вентилем, привід якого приводиться в дію двигуном 8-а, який вмикається пускачем 8-б. При максимально допустимих відхиленнях значень вологості ґрунту в вирощувальних камерах здійснюється сигналізація і автоматичне блокування.

Освітленість у вирощувальних камерах контролюється за допомогою датчиків 27-а і 29-а, які формують сигнал, що підсилюється і передається відповідно за допомогою пристроїв 27-б та 29-б, покази відображаються і реєструються відповідно за допомогою пристроїв 27-в і 29-в. Освітлення у вирощувальних камерах вмикається за допомогою пускачів 28-а і 30-а відповідно.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- точність вимірювання: абсолютна похибка вимірювання вологості – до $\pm 2,5$ %, температури – до $\pm 0,5$ °C;
- повторюваність результатів вимірювання: $\pm 0,1$ %RH, $\pm 0,1$ °C;
- два незалежні вихідні канали 4-20 mA;
- обмін інформацією за інтерфейсом RS-485 (протокол Modbus RTU), швидкість до 57600 біт/с;
- ступінь захисту IP65.

3.1.3 Датчик вологості субстрату

Для визначення вологості субстрату в ящиках використовується датчик вологості ґрунту Davis 6440 [10], технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики датчика вологості ґрунту Davis 6440

Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
Вологість ґрунту	1	cb
Діапазон	від 1 до 200	cb
Частота оновлення	від 77 до 90	с.

3.1.4 Датчик рівня вуглекислого газу (CO₂)

Для визначення вмісту вуглекислого газу у повітрі використовується датчик рівня CO₂ TGS4160 [11], технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики датчика рівня CO₂ моделі TGS4160

Параметр	Значення
1	2
Діапазон концентрацій	0-2 %
Напруга нагрівального елемента	5,0 \pm 0,2 В

Продовження таблиці 3.2

1	2
Струм через нагрівальний елемент	~ 250 мА.
Опір нагрівального елемента (при температурі 20 °С)	11,5 ± 1,1 Ом.
Споживана потужність нагрівального елемента	~ 1,25 Вт.
Робочі умови	-10 °С - +50 °С, відносна вологість до 95%

3.1.5 Термогігрометр

Для вимірювання температури і вологості повітря в приміщенні використовується термогігрометр моделі LB-710 [12], що складається з термодетектора Pt-100 та ємнісного зонда відносної вологості. Він оснащений цифровим інтерфейсом за струмом з підключенням аналогічним стандарту RS232C, що окрім передачі даних, служить для його живлення.

3.1.6 Датчик освітленості

Для вимірювання освітленості в приміщенні використовується датчик ДР-302 [13], з максимальним струмом навантаження 10 А, порогом спрацювання за рівнем 5-50 лк та ступенем захисту IP44.

3.1.7 Витратомір

Для обліку витрати холодної та гарячої води використовується витратомір DPM [14], з напругою живлення 24 В, що має уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА.

3.1.8 Датчик положення дросельної заслінки

Для визначення положення заслінок використовується датчик положення дросельної заслінки T105093 [15], з напругою живлення 24 В, що має уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів

3.2.1 Електромагнітний клапан

Для керування дощуванням та підтриманням вологості повітря використовується електромагнітний клапан моделі Hunter SRV-100G [16], що обладнаний регулятором тиску. Технічні характеристики електромагнітного клапана Hunter SRV-100G наведені в таблиці 3.3. Наявність можливості активувати клапан вручну шляхом повороту соленоїда на чверть обороту дозволяє користуватися клапаном як звичайним краном, навіть якщо пульт управління знеструмлений або не працює.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики електромагнітного клапана Hunter SRV-100G

Пропускна спроможність	4-113 л/хв.
Діапазон робочого тиску	1,5-10 атм.
Втрати тиску в клапанах	0,17-0,25 атм. при витраті відповідно 20 і 75 л/хв.
Силовий стандартний соленоїд	24В, 50/60 Гц.
Пусковий струм	400 мА (0,400 А, 9,6 ВА);
Струм утримання	270 мА (0,270 А, 6,5 ВА).

3.2.2 Пускач безконтактний реверсивний

Для керування ввімкненням живлення електродвигунів приводів технологічного обладнання використовується пускач безконтактний реверсивний ПМ 0-16-01 В7 [17].

3.2.3 Частотний перетворювач

Для керування електродвигуном приводу вентилятор подачі повітря використовується частотний перетворювач FRECON - FR500A-4T-4.0 G/5.5 PB [18], технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.4.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики частотного перетворювача ER-

55

№ з/п	Назва параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	200-230 В (3 фази), 380-480 В (3 фази)
2	Діапазон зміни частоти, Гц	0-50
3	Потужність електродвигуна, що підключається, кВт	4,0-5,5
4	Дискретні входи	3
5	Аналогові входи	2

3.3 Вибір контролера

Вибір необхідних типів модулів контролера та їх кількість виконувався на основі врахування кількості вхідних і вихідних аналогових та дискретних сигналів. Зокрема для розробленої автоматизованої системи керування:

- кількість вхідних аналогових сигналів – 20;
- кількість вихідних аналогових сигналів – 1;
- кількість вихідних дискретних сигналів – 8.

Для цього було підібрано наступні модулі контролера:

- 1) модуль аналогового вводу ADAM-4017 – 3 шт.;
- 2) модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050 – 1 шт.;
- 3) модуль перетворення інтерфейсів ADAM-4520 – 1 шт.

3.3.1 Модуль аналогового вводу ADAM-4017

Для під'єднання датчиків з аналоговим вихідним сигналом використовується 16-розрядний модуль ADAM-4017 [19], що має 8 каналів аналогового входу та забезпечує програмування вхідних діапазонів і має наступні технічні характеристики [19]:

- канали аналогового входу – 6 диференціальних, 2 однополярних;
- тип аналогового входу – В, мВ і мА;

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

– вхідний діапазон – +/-150 мВ; +/-500 мВ; +/-1В; +/-5В; +/-10В; +/-20 мА;

- напруга ізоляції – 500 В постійного струму;
- дискретність вибірки – 10 відліків/с.;
- робоча смуга частот – 4 Гц;
- точність – +/-0,05% або краще;
- дрейф нуля – +/-0,03 мВ /°С;
- дрейф діапазону – +/-25 ppm /°С;
- CMR @ 50/60 Гц – 92 дБ хв.;
- вимоги до живлення – +10 - +30 В пост. струму;
- енергоспоживання – 1,2 Вт.

3.3.2 Модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050

Для підключення датчиків з дискретним вихідним сигналом та пускачів використовується модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050 [20], що має 7 каналів дискретного входу та 8 каналів дискретного виходу і має наступні технічні характеристики [20]:

- канали дискретного вводу – 7;
- канали дискретного виводу – 8 типу «відкритий колектор»;
- тип дискретного входу – логічний нуль: +1 В max; логічна одиниця: від +3,5 В до +30 В;
- тип дискретного виходу – відкритий колектор до 30 В, 30 mA max;
- живлення – +10 до +30 VDC;
- споживана потужність – 0,4 Вт.

3.3.3 Модуль перетворювача ADAM-4520

Оскільки в даній семі відсутній процесорний модуль, то для під'єднання автоматизованої системи керування до COM порту персонального комп'ютера використовується модуль перетворення інтерфейсу RS-485 в RS-232 ADAM-4520 [21], що має наступні технічні характеристики [21]:

- швидкість передачі даних – до 38,4 кбіт/с;

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- автоматичний контроль за напрямом передачі;
- гальванічна ізоляція – 500 В;
- довжина сегмента лінії – до 1200 м;
- напруга живлення – 10-30 В;
- споживана потужність – 1,4 Вт.

3.4 Розрахунок та вибір блока живлення

Для живлення активних датчиків та мікроконтролера проведемо вибір блока живлення для даної системи.

Модулі ADAM спроектовані для роботи зі стандартним промисловим нерегульованим живленням 24 В постійного струму.

Розрахуємо реальний струм, який обернено-пропорційний навантаженню в лінії.

Всі технічні дані для живлення вказані на роз'ємі кожного модуля. Один модуль ADAM-4017 споживає максимальну потужність в 1,2 Вт, ADAM-4050 – 0,4 Вт та ADAM-4520 – 1,4 Вт.

Отже, загальна споживана потужність, що споживається системою, визначаємо за наступною формулою:

$$P = 1,2 \cdot 3 + 0,4 + 1,4 = 5,4 \text{ Вт.}$$

Тобто, джерело живлення напругою 24 В повинно забезпечити мінімальний струм величиною, значення якого знаходимо за формулою:

$$I = 5,4 / 24 = 0,225 \text{ А.}$$

Тобто струм, що необхідний для роботи частотного перетворювача та електродвигунів приводу вентиляторів, становить 0,19 А.

Так як використовується в технологічному процесі використовується чотири насоса, то загальний струм, що вони споживають, визначаємо за формулою:

$$I = 0,19 \cdot 3 = 0,57 \text{ (А).}$$

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тобто, значення мінімального струму, що необхідний для живлення системи, визначимо за формулою:

$$I = 0,225 + 0,57 = 0,795 \text{ A.}$$

Виходячи з розрахунків, вибираємо блок живлення моделі PWR-242 [22] з вихідною напругою 24 В і силою струму 2 А.

Специфікація засобів керування і контролю автоматизованої системи керування усім технологічним процесом вирощування шампінйонів, що розробляється, наведена в таблиці А.1 додатку А.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

Розробка принципової електричної схеми підключення технічних засобів автоматизації до модулів вводу/виводу контролера ADAM серії 4000

На слайді 7 презентації до проекту та на рисунку 4.1 наведено принципову електричну схему підключення технічних засобів автоматизації до модулів вводу/виводу контролера ADAM серії 4000.

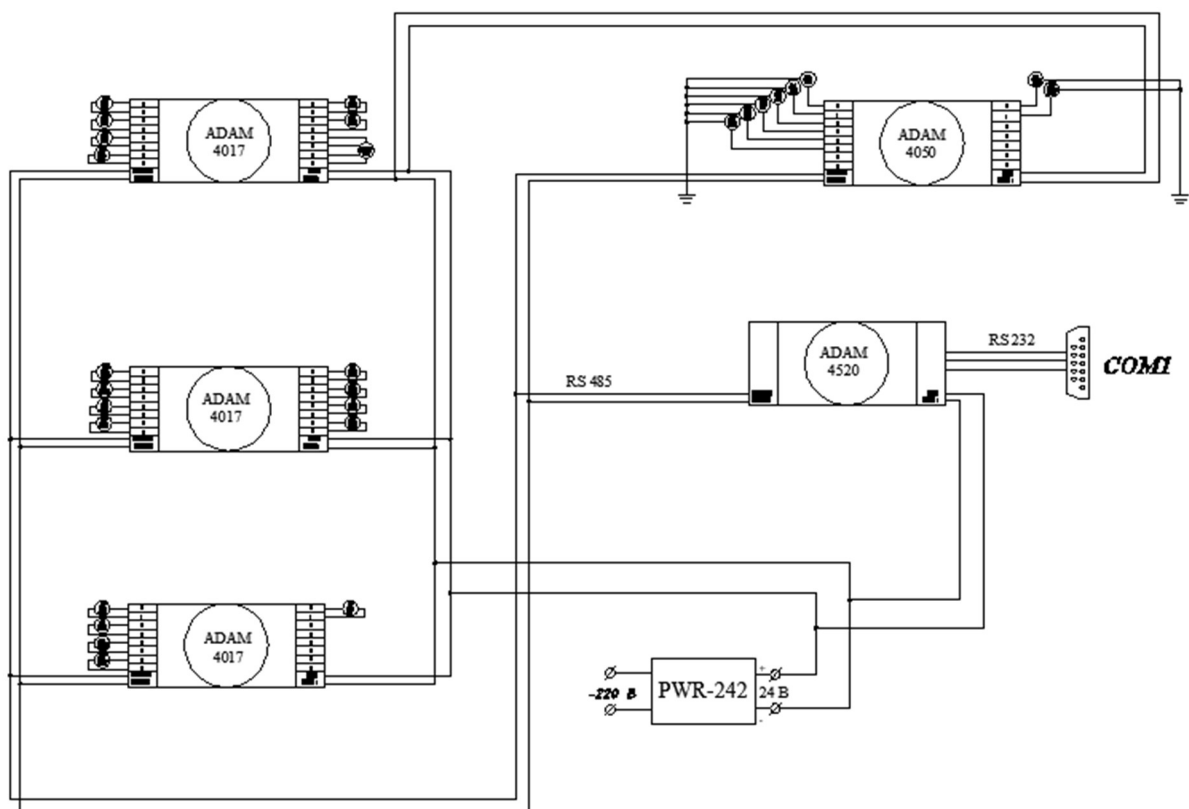


Рисунок 4.1 – Принципова електрична схема підключення технічних засобів автоматизації до модулів вводу/виводу контролера ADAM серії 4000

Модулі контролера ADAM-4000 підключені до шини загального стабілізованого блоку живлення PWR-242 з номінальною вихідною напругою

24 В постійного струму. В свою чергу джерело живлення PWR-242 підключено до мережі напругою 220 В змінного струму.

Роботою автоматизованої системи керування технологічним процесом керує персональний комп'ютер, на якому працює стратегія, що розроблена в SCADA-системі AdamView. Для передачі інформації між модулями контролера та стратегію модуль перетворення інтерфейсу RS-485 в RS-232 ADAM-4520 підключено до COM-порту персонального комп'ютера.

Аналогові датчики, а саме: температури, витрати, вологості, освітленості та концентрації CO₂ підключено за двопровідниковою схемою до відповідних входів модулів аналогового вводу ADAM-4017.

Датчики температури TE 4-а, TE 6-а, TE 9-а, TE 13-а, TE 10-а та температури і вологості TME 11-а підключено відповідно до входів 1-8 першого модуля аналогового вводу ADAM-4017.

Датчики витрати FE 16-а, FE 17-а, FE 20-а, підключено відповідно на входи 4, 7 та 8 другого модуля аналогового вводу ADAM-4017, а до інших входів підключено датчики вологості ґрунту QE 21-а, QE 22-а, QE 23-а, QE 24-а та датчик вмісту CO₂ – QE 15-а.

Інші датчики: датчики положення повітряних заслінок – GI 18-а та GI 19-а, освітленості QS 27-а та QS 29-а підключено до входів третього модуля аналогового вводу ADAM-4017.

Пускові пристрої NS 1-б, NS 2-б, NS 3-б, NS 5-б, NS 8-б, NS 14-б, NS 28-а та NS 30-а підключено відповідно до виходів модуля дискретного вводу-виводу ADAM-4050.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Розробка блок-схеми функціонування автоматизованої системи керування

На слайді 8 презентації до проєкту та на рисунку 5.1 наведена розроблена блок-схема функціонування автоматизованої системи керування.

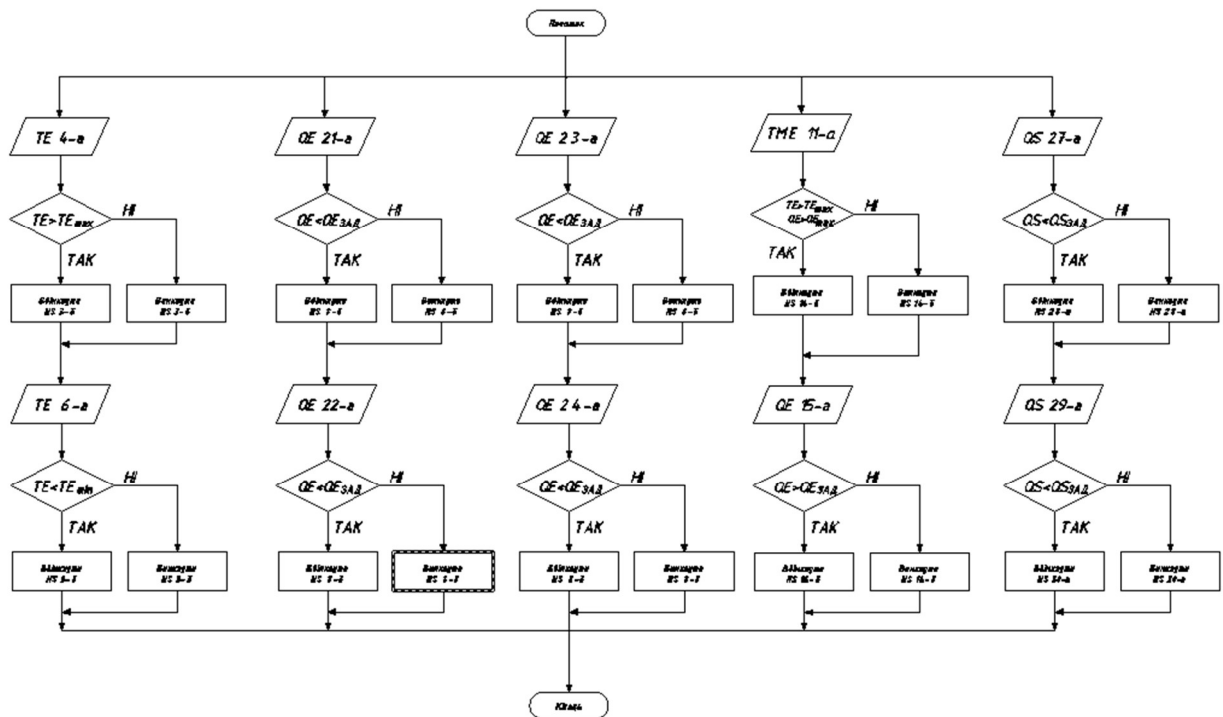


Рисунок 5.1 – Блок-схема функціонування автоматизованої системи керування

5.2 Розробка структурної схеми програми функціонування контролера

На основі розробленої блок-схеми функціонування автоматизованої системи керування, що наведена на слайді 9 презентації до проєкту, розроблено структурну схему програми функціонування контролера.

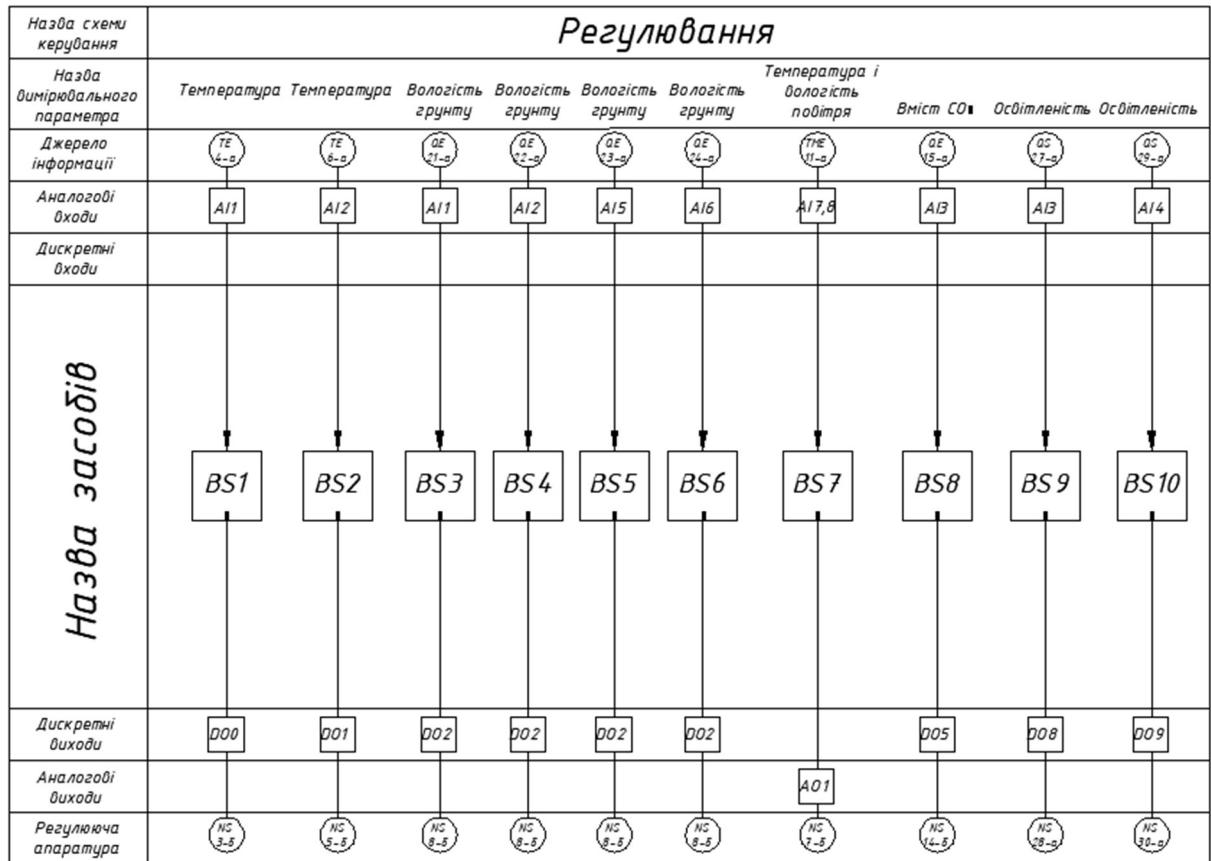


Рисунок 5.2 – Структурна схема програми функціонування контролера

5.3 Розробка стратегії керування технологічним процесом вирощування шампінйонів в SCADA-системі AdamView

На основі розробленої структурної схеми програми функціонування контролера (рис. 5.2) в SCADA-системі ADAMView [20] розроблена стратегія керування технологічним процесом вирощування шампінйонів, яка містить одну задачу та одну віртуальну панель керування, що наведена на слайді 10 презентації до проєкту.

Розроблена мнемосхема (задача стратегії) наведена на рисунку 5.3.

Для зчитування інформації з датчиків з аналоговим вихідним сигналом використовується блок аналогового вводу AI.

У вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI1, до

якого підключаємо до нього датчик температури TE 4-а.

Далі розміщуємо блок дискретного виводу DO0, до якого підключаємо клапан NS 3-б.

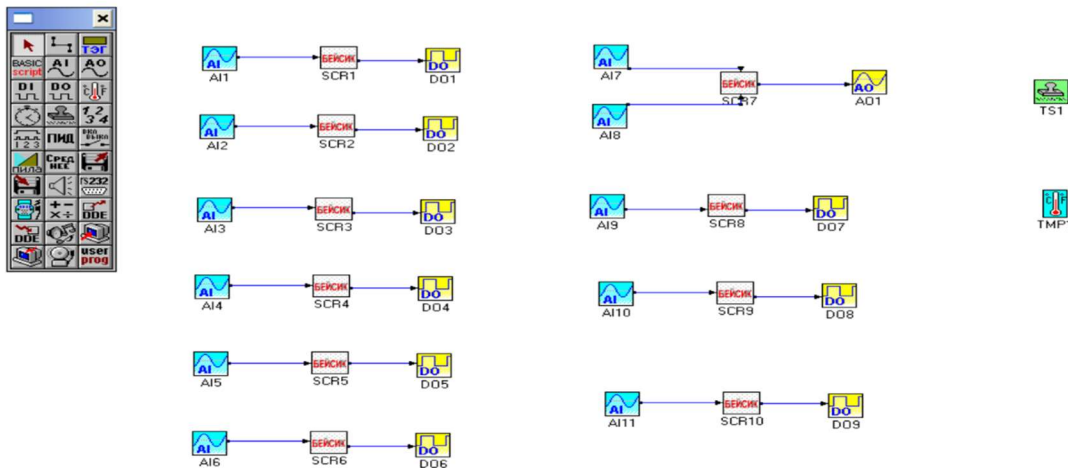


Рисунок 5.3 – Мнемосхема стратегії керування технологічним процесом вирощування шампінйонів в SCADA-системі ADAMView

Розміщуємо блок SCR1 та прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.1 на мові Basic Script.

Лістинг 5.1 – Програма для блоку SCR1

```

Sub SCR1()
  set x = GetTag("TASK1", "AI1")
  if x > xзад then
    outputi 0,0
  else
    outputi 0,1
  end if
End Sub
    
```

кінець лістингу 5.1

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR1, а на нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO1.

Загальний вигляд програми в блоці SCR1 наведено на рисунку 5.4.

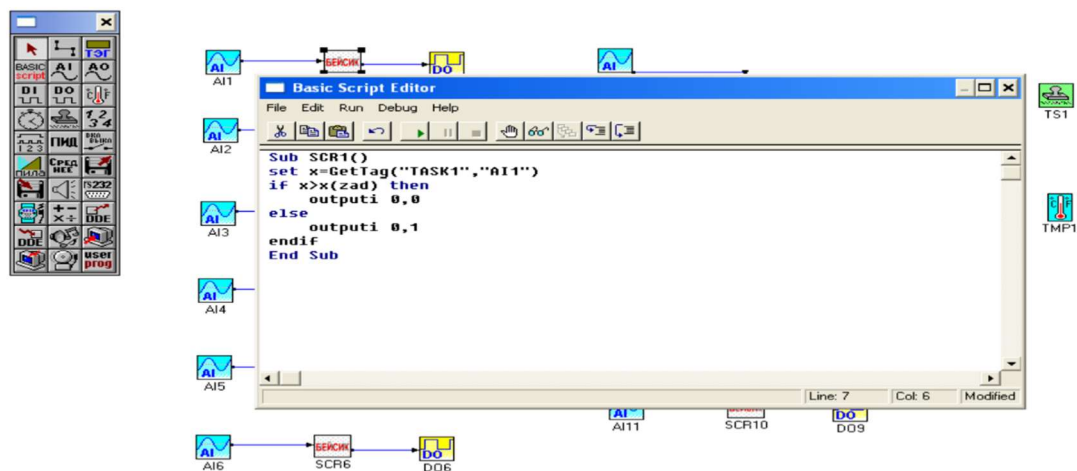


Рисунок 5.4 – Загальний вигляд програми в блоці SCR1

Далі у вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI2, до якого підключаємо датчик температури TE 6-а і блок дискретного виводу DO1, до якого підключаємо клапан NS 5-б.

Розміщуємо блок SCR2 та прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.2 на мові Basic Script.

Лістинг 5.2 – Програма для блоку SCR2

```
Sub SCR2()
set x = GetTag("TASK1", "AI2")
if x<xзад then
outputi 0,0
else
```

```
outputi 0,1
end if
End Sub
```

кінець лістингу 5.2

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з SCR2. На нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO2.

Для функціонування наступного етапу розміщуємо блок аналогового вводу AI3, до якого підключаємо датчик вологості ґрунту QE 21-а.

Далі розміщуємо один блок дискретного виводу DO2, до якого підключаємо клапан NS 8-б.

Тоді розміщуємо блок SCR3 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.3 на мові Basic Script.

Лістинг 5.3 – Програма для блоку SCR3

```
Sub SCR3()
set x = GetTag("TASK1", "AI3")
if x < xзад then
outputi 0,0
else
outputi 0,1
end if
End Sub
```

кінець лістингу 5.3

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR3. На нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO3.

Далі у вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI4, до якого підключаємо датчик вологості ґрунту QE 22-а.

Тоді розміщуємо один блок дискретного виводу DO2, до якого підключаємо клапан NS 8-б.

Далі розміщуємо блок SCR4 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.4 на мові Basic Script.

Лістинг 5.4 – Програма для блоку SCR4

```
Sub SCR4()  
set x = GetTag("TASK1", "AI4")  
if x < xзад then  
    outputi 0,0  
else  
    outputi 0,1  
end if  
End Sub
```

кінець лістингу 5.4

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR4. На нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO4.

У вікні проектування завдання поміщаємо у вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI5, до якого підключаємо датчик вологості ґрунту QE 23-а.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді розміщуємо блок дискретного виводу DO2, до якого підключаємо клапан NS 8-б.

Далі розміщуємо блок SCR5 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.5 на мові Basic Script.

Лістинг 5.5 – Програма для блоку SCR5

```
Sub SCR5()  
set x = GetTag("TASK1", "AI5")  
  if x < xзад then  
    outputi 0,0  
  else  
    outputi 0,1  
  end if  
End Sub
```

кінець лістингу 5.5

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR5. На нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO5.

Далі розміщуємо блок аналогового вводу AI6, до якого підключаємо датчик вологості ґрунту QE 24-а.

Тоді розміщуємо один блок дискретного виводу DO2, до якого підключаємо клапан NS 8-б.

Далі розміщуємо блок SCR6 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.6 на мові Basic Script.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Лістинг 5.6 – Програма для блоку SCR6

```
Sub SCR6()
set x = GetTag("TASK1", "AI6")
  if x < xзад then
    outputi 0,0
    outputi 1,0
  else
    outputi 0,1
    outputi 1,1
  end if
End Sub
```

кінець лістингу 5.6

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR6. На нульовий вихід його під'єднуємо блок дискретного виводу DO6.

У вікні редактора задач розміщуємо блоки аналогового вводу AI7 та AI8, до яких підключаємо відповідно датчик температури та вологості повітря TME 11-а.

Тоді розміщуємо один блок аналогового виводу AO1, до якого підключаємо частотний перетворювач NS 7-б.

Далі розміщуємо блок SCR7 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.7 на мові Basic Script.

Лістинг 5.7 – Програма для блоку SCR7

```
Sub SCR7()
set x = GetTag("TASK1", "AI7")
```

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

```

set y = GetTag("TASK1", "AI8")
if x>xзад then
    outputi 0,0
else
    outputi 0,1
end if
if y>yзад then
    outputi 0,0
else
    outputi 0,1
end if
End Sub

```

кінець лістингу 5.7

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блоки аналогового вводу з блоком SCR7, а на нульовий вихід його під'єднуємо блок аналогового виводу AO1.

На наступному етапі у вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI9, до якого підключаємо датчик вмісту CO₂ – QE 15-а. Тоді розміщуємо блок дискретного виводу DO5, до якого підключаємо пускач керування електродвигуном приводу вентилятора NS 14-б.

Далі розміщуємо блок SCR8 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.8 на мові Basic Script.

Лістинг 5.8 – Програма для блоку SCR8

```

Sub SCR8()
    set x = GetTag("TASK1", "AI9")
    if x>xзад then

```

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						47
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```
    outputi 0,0
  else
    outputi 0,1
end if
End Sub
```

кінець лістингу 5.8

На нульовий вихід його під'єднуємо блоки дискретного виводу DO7.

У вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI10, до якого підключаємо датчик освітленості QS 27-а. Тоді розміщуємо блок дискретного виводу DO8, до якого підключаємо пускач керування освітленням першої вирощувальної камери NS 28-а.

Далі розміщуємо блок SCR9 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.9 на мові Basic Script.

Лістинг 5.9 – Програма для блоку SCR9

```
Sub SCR9()
  set x = GetTag("TASK1", "AI10")
  if x < xзад then
    outputi 0,0
  else
    outputi 0,1
  end if
End Sub
```

кінець лістингу 5.9

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR9. На нульовий вихід його під'єднуємо блоки дискретного виводу DO8.

На завершальному етапі у вікні редактора задач розміщуємо блок аналогового вводу AI11, до якого підключаємо датчик освітленості QS 29-а. Далі розміщуємо блок дискретного виводу DO8, до якого підключаємо пускач керування освітленням першої вирощувальної камери NS 30-а.

Тоді розміщуємо блок SCR10 і прописуємо в ньому наступний текст програми лістинг 5.10 на мові Basic Script.

Лістинг 5.10 – Програма для блоку SCR10

```
Sub SCR10()  
  set x = GetTag("TASK1", "AI11")  
  if x < xзад then  
    outputi 0,0  
  else  
    outputi 0,1  
  end if  
End Sub
```

кінець лістингу 5.10

За допомогою з'єднувального провідника з'єднуємо блок аналогового вводу з блоком SCR10. На нульовий вихід його під'єднуємо блоки дискретного виводу DO9.

Розроблена панель керування оператора ЕОМ наведена на рисунку 5.5.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49



Рисунок 5.5 – Панель керування технологічним процесом вирощування шампінйонів в SCADA-системи ADAMView

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

6.1 Розрахунок капітальних витрат на автоматизацію

Для доцільності впровадження розробленої системи автоматизації необхідно розраховувати капітальні витрати на придбання, транспортування і монтаж технічних засобів автоматизації.

При цьому необхідно врахувати, що при виконанні монтажних робіт необхідні затрати на заробітну плату, матеріали, електроенергію, накладні витрати, що в середньому складають 40%, а транспортні витрати становлять 30% від вартості технічних засобів автоматизації.

На основі цін технічних засобів автоматизації, що приведені в [8-22], проводимо розрахунок вартості технічних засобів автоматизації, та заносимо дані в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок вартості технічних засобів автоматизації

Назва приладу	Тип приладу	Кількість	Вартість одного приладу, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5
Термометр опору	ДТСхх5	6	232,80	1396,8
Давач відносної вологості та температури	ПВТ100	1	3159,60	3159,6
Давач вологості ґрунту	МГ-44	4	2000,00	8000
Термогігрометр	LB-710	1	1200	1200
Витратомір	DPM	2	3600	7200
Датчик положення заслінки	T105093	2	360	720

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
Електромагнітний клапан	Hunter SRV-100G	3	420	1260
Механізм електричний однообертний	МЭО- 16/25-1	2	640	1280
Пускач безконтактний реверсивний	ПМ 0-16-01 В7	8	160	1280
Частотний перетворювач	FRECON - FR500A- 4T-4.0 G/5.5	1	24000	24000
Датчик освітлення	ДР-302	2	50	100
Модуль дискретного вводу-виводу	ADAM-4050	1	2232	2232
Модуль аналогового вводу	ADAM-4017	3	4089	12267
Модуль перетворення інтерфейсу	ADAM-4520	1	1749	1749
Блок живлення	PWR 244	1	250	250
Разом				66094,40

На основі розрахунків, що приведені в таблиці 6.1, приймаємо вартість технічних засобів автоматизації $V_{ТЗА} = 66094,40$ грн.

Транспортно-заготівельні витрати становлять 30% ціни технічних засобів автоматизації і відповідно рівні $V_{ТЗ} = 19828,32$ грн.

Монтажні витрати становлять 10% від вартості технічних засобів автоматизації, тобто $V_{М} = 6609,44$ грн.

Капітальні витрати на автоматизацію технологічного процесу визначаються, як сума вартості витрат на технічні засоби автоматизації, їх монтаж та налагодження з урахуванням транспортно-заготівельних витрат:

$$V_{К} = V_{ТЗА} + V_{ТЗ} + V_{М} = 66094,40 + 19828,32 + 6609,44 = 92532,16 \text{ грн.}$$

6.2 Розрахунок експлуатаційних затрат

Експлуатаційні затрати виникають у зв'язку із функціонуванням нових основних фондів, що вводяться в експлуатацію при автоматизації виробництва.

На утримання обладнання, включають затрати на основну і додаткову заробітну плату черговим слюсарям КВП і А, відрахування на соціальне страхування, затрати на електроенергію, матеріали та амортизацію приладів. Сума цих затрат складає 25% від вартості технічних засобів автоматизації, тобто:

$$\sum Z = BB_n \cdot 0.25;$$

$$\sum Z = 66094,40 \cdot 0,25 = 16523,60 \text{ грн.}$$

В затрати на поточний ремонт, ремонт КВП і А входять основна і додаткова заробітні плати ремонтникам, відрахування на соціальне страхування, вартість запасних частин і матеріалів, затрати на електроенергію, необхідну для ремонту. Ці затрати складають 2,5% від вартості технічних засобів автоматизації, тобто:

$$Z_n = BB_n \cdot 0,025;$$

$$Z_n = 66094,40 \cdot 0,025 = 1652,36 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію визначаються за балансовою вартістю основних фондів КВП і А, які приймають участь в амортизації, та норм амортизації і становлять 24% від вартості технічних засобів автоматизації, тобто:

$$A_e = BB_n \cdot 0,24;$$

$$A_e = 66094,40 \cdot 0,24 = 15862,66 \text{ грн.}$$

Отже експлуатаційні затрати на автоматизацію технологічного процесу вирощування шампінйонів становлять:

$$Z_e = \sum (Z + Z_n + A_e);$$

$$Z_e = 16523,60 + 1652,36 + 15862,66 = 34038,62 \text{ грн.}$$

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Результати розрахунків показують, що для впровадження розробленої автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів необхідно придбати КПВ і А на суму 66094,40 грн. Капітальні затрати на автоматизацію і монтаж автоматизованої системи керування становлять 92532,16 грн., а експлуатаційні затрати на автоматизацію – 34038,62 грн.

					<i>АКТ-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу технологічного процесу вирощування шампінйонів можна зробити наступні висновки:

1. Для отримання максимальної продуктивності технологічного процесу та високої якості продукції (шампінйонів) необхідно розробити автоматизовану систему керування, що забезпечить автоматичне регулювання, дистанційне керування, теплотехнічний контроль, технологічний захист та блокування, а також сигналізацію.

2. Для розробки автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів та визначення доцільності її впровадження необхідно:

1) провести аналіз технологічного процесу як об'єкта керування;
2) розробити функціональну схему автоматизації;
3) здійснити вибір датчиків, виконавчих елементів, регулюючих органів та контролера;

4) розробити принципову електричну схему підключення технічних засобів автоматизації до контролера;

5) розробити блок схему функціонування автоматизованої системи керування, на основі якої – структурну схему програми функціонування контролера та на основі якої – програмне забезпечення вищого рівня (віртуальну панель керування оператора);

6) провести розрахунок економічної доцільності впровадження розробленої автоматизованої системи керування.

3. Розроблено функціональну схему автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів.

4. Для розробленої автоматизованої системи керування було вибрано наступні технічні засоби автоматизації:

– для вимірювання температури на різних стадіях технологічного

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

процесу використовують термометри опору ДТСхх5;

– для вимірювання температури та вологості повітря в камері використовується датчик вологості та температури ПВТ100;

– для вимірювання температури і вологості повітря в приміщенні використовується термогігрометр LB-710;

– для вимірювання освітленості в приміщенні використовується датчик ДР-302;

– для обліку витрати холодної та гарячої води використовується витратомір DPM;

– для визначення положення заслінок використовується датчик положення дросельної заслінки T105093;

– для керування дощуванням та підтриманням вологості повітря використовується електромагнітний клапан моделі Hunter SRV-100G;

– для керування ввімкненням живлення електродвигунів приводів технологічного обладнання використовується пускач безконтактний реверсивний ПМ 0-16-01 В7;

– для керування електродвигуном приводу вентилятор подачі повітря використовується частотний перетворювач FRECON - FR500A-4T-4.0 G/5.5 PВ;

– для під'єднання датчиків з аналоговим вихідним сигналом використовується 16-розрядний модуль ADAM-4017;

– для підключення датчиків з дискретним вихідним сигналом та пускачів використовується модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050;

– оскільки в даній семі відсутній процесорний модуль, то для під'єднання автоматизованої системи керування до COM порту персонального комп'ютера використовується модуль перетворення інтерфейсу RS-485 в RS-232 ADAM-4520;

– проведено розрахунок та для живлення всіх модулів контролера вибрано блок живлення PWR-242.

					AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

6. Було розроблено принципову електричну схему підключення технічних засобів автоматизації до модулів контролера ADAM серії 4000.

7. Розроблено блок схему функціонування автоматизованої системи керування, структурну схему програми функціонування контролера та стратегію керування технологічним процесом, що містить одну віртуальну панель керування оператора, в SCADA-системв ADAMView.

8. Результати проведеного розрахунку показали, що для впровадження розробленої автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування шампінйонів необхідно придбати технічні засоби автоматизації на суму 66095 грн. Капітальні затрати на автоматизацію та монтаж становлять 92532 грн., а експлуатаційні затрати – 34039 грн.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація процесу вирощування грибів.
URL: <http://www.myshared.ru/slide/1293085/> (дата звернення: 15.02.2026).
2. Печериці. Ботанічні та біологічні особливості печериць. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-50/c-75/info/cag-226/> (дата звернення: 15.02.2026).
3. Як побудувати шампінйонницю. URL: <https://propozitsiya.com/ua/yak-pobuduvati-shampinyonnicyu> (дата звернення: 15.02.2026).
4. Печериці. Одержання садивного матеріалу для вирощування печериць. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-50/c-75/info/cag-229/> (дата звернення: 15.02.2026).
5. Печериці. Системи і способи вирощування печериці. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-50/c-75/info/cag-227/> дата звернення: 15.02.2026).
6. Культура ПЕЧЕРИЦЯ ДВОСПОРОВА (особливості вирощування та зберігання). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/pechericya-dvosporova> (дата звернення: 15.02.2026).
7. Печериці. Приготування і нанесення покривного ґрунту, збирання, сортування та упаковка врожаю. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-50/c-75/info/cag-232/> (дата звернення: 15.02.2026).
8. ДТСхх5. Термоопори з комутаційною головою .URL: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5-termoopy-z-komutacijnoju-golovkoju> (дата звернення: 15.02.2026).
9. ПВТ100. Промисловий датчик вологості та температури .URL: <https://owen.ua/ua/datchyky/pvt100-promyslovyi-datchyk-vologosti-ta-temperature> (дата звернення: 15.02.2026).
10. Датчик вологості ґрунту метеостанції (Davis Instruments) Davis

					АКІТ-013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

6440. URL: https://macrolab.all.biz/datchik-vlazhnosti-pochvy-meteostancii-davis-g3813770?gclid=CjwKCAiAwrf-BRA9EiwAUWwKXv-WrjTE8II7lsrJmP4SS0M5SbmOjyDm_ayH-yiEnEfDKLJg6AhAGhoCWFcQAvD_BwE (дата звернення: 15.02.2026).

11. TGS 4161 – for the detection of Carbon Dioxide. URL: https://www.figaro.co.jp/en/topic/docs/20091110154153_51.pdf (дата звернення: 15.02.2026).

12. LB-710A – Промисловий термометр і гігрометр. URL: <https://climatelogger.ru/ru/termometr-higrometr-lb710a.html> (дата звернення: 15.02.2026).

13. Датчик освітленості ДР-302 10 А IP44 АСКО-УКРЕМ (A0220010005) URL: <https://001.com.ua/uk/datchyk-osvitlenosti-dr-302-10-a-ip44-asko-ukrem> (дата звернення: 15.02.2026).

14. Витратомір DPM. URL: <https://technoton-ua.com/ua/g27185636-rashodomery-topliva-dfm> (дата звернення: 15.02.2026).

15. Датчик положення дросельної заслінки T105093. URL: <https://rooler.ua/uk/p/datchyk-polozhennya-droselnoyi-zaslinky-10509300000000352827> (дата звернення: 15.02.2026).

16. Електромагнітний клапан Hunter SRV-100G – 870. URL: <http://www.avtomaticheskiiy-poliv.kiev.ua/elektromagnitnye-klapany-hunter-serii-srv> (дата звернення: 15.02.2026).

17. Магнітний пускач ПМ 0-16-01 В7 24В АскоУкрем. URL: <https://res.ua/magnitniy-puskach-pm-0-16-01-b7-24v-askoukrem.html> (дата звернення: 15.02.2026).

18. Перетворювач частоти на 4.0/5.5 кВт FRECON - FR500A-4T-4.0 G/5.5 PB. URL: <https://saeron.ua/product/peretvoryuvach-chastoti-na-4-0-5-5-kvt-frecon-fr500a-4t-4-0-g-5-5-pb-vhidna-napruga-3-f-380v/> (дата звернення: 15.02.2026).

19. Засоби розподіленого вводу-виводу ADAM-4000 ADAM-4017.

					<i>AKIT-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

URL: <http://www.rts.ua/rus/catshop/561/0/9161/advantech/> (дата звернення: 15.02.2026).

20. Засоби розподіленого вводу-виводу ADAM-4000 ADAM-4050.
URL: <http://www.rts.ua/rus/catshop/561/0/9176/advantech/> (дата звернення: 15.02.2026).

21. Комунікаційні інтерфейсні модулі ADAM-4000 ADAM-4520.
URL: <http://www.rts.ua/rus/catshop/431/0/9207/advantech/> (дата звернення: 15.02.2026).

22. PWR-242. URL: <https://www.sea.com.ua/istochniki-pitaniya/acdc-preobrazovateli-na-din-rejku/mdr-10-24/> (дата звернення: 15.02.2026).

23. ADAMView. URL: <https://sdindustrial.advantech.com/products/ADAMView/mod/328DB466-4B81-4652-B8AF-F5568F24A103> (дата звернення: 15.02.2026).

					<i>АКІТ-013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60