

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики  
та електротехнічних систем

---

доцент Чепіжний А. В.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція електрифікації цеху з вирощування грибів на базі ТОВ «Хлібодар», с.м.т. Степанівка Сумського району Сумської області із розробкою автоматизованої системи управління мікрокліматом»

Виконав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Підлужний О. О.

(прізвище, ініціали)

Група

ЗЕТЕ 2001

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Козін В. М.

(прізвище, ініціали)

**завдання** на дипломну (бакалаврську) роботу



## АНОТАЦІЯ

**Підлужний О. О. Реконструкція електрифікації цеху з вирощування грибів на базі ТОВ «Хлібодар», с.м.т. Степанівка Сумського району Сумської області із розробкою автоматизованої системи управління мікрокліматом: кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Олександр Олексійович Підлужний; керівник Віктор Миколайович Козін. – Суми : СНАУ, 2025. – 85 с.**

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти здобувача групи ЗЕТЕ 2001 інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету Підлужного Олександра Олексійовича на тему: «Реконструкція електрифікації цеху з вирощування грибів на базі ТОВ «Хлібодар», с.м.т. Степанівка Сумського району Сумської області із розробкою автоматизованої системи управління мікрокліматом».

**Зміст розрахунково-пояснювальної записки:** аналіз потенціалу промислового вирощування грибів (загальні відомості; корисні властивості грибів; основи технології вирощування глив; опис промислових штамів; обладнання для вирощування гливи; світовий досвід промислового вирощування грибів; промислове вирощування грибів в Україні; промислові виробники грибів України; промислові виробники грибів Сумщини; аналіз діяльності ТОВ «Хлібодар» с.м.т. Степанівка Сумської області); проектування цеху з промислового вирощування грибів (конструктивні розрахунки цеху; вибір технологічного обладнання цеху для вирощування грибів, розрахунок системи освітлення); розробка системи автоматичного керування мікрокліматом (розрахунок і вибір електрообладнання, розроблення схеми автоматичного керування, вибір засобів автоматичного керування; розробка електричної схеми

живлення цеху; вибір пуско-захисної апаратури та апаратів захисту; вибір елементів електрощитової зони; аналіз структурної схеми автоматизації); охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях (обґрунтування вибору пристроїв захисного вимкнення; основні вимоги до пристроїв захисного вимкнення; вибір пристроїв захисного вимкнення; місце встановлення ПЗВ та особливості їх експлуатації; загальні санітарно-гігієнічні заходи; система вентиляції цеху для вирощування грибів); висновки.

У роботі виконано ґрунтовний аналіз потреби та наявного потенціалу підприємств, що займаються промисловим вирощуванням грибів, виконано розрахунок цеху та підібрано необхідне технологічне обладнання для вирощування грибів, здійснено проєктування систем освітлення, підтримання мікроклімату та здійснено підбір апаратів для захисту працівників цеху від ураження електричним струмом, розроблено систему автоматичного керування мікрокліматом цеху.

**Ключові слова:** електротехнологія, електроосвітлення, пуско-захисна апаратура, автоматизація, електропривід.

Кваліфікаційна робота включає 7 ілюстрацій, 13 таблиць, 46 літературних джерела, 2 додатки.

## ABSTRACT

**Pidluzhny O. O. Reconstruction of the electrification system of the mushroom growing workshop at LLC 'Khlibodar', Stepanivka, Sumy district, Sumy region, with the development of an automated microclimate control system: bachelor's thesis in the specialty '141 Electric Power Engineering, Electrical Engineering'. Stepanivka, Sumy District, Sumy Region with the development of an automated microclimate control system: bachelor's thesis in the speciality '141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics' / Oleksandr Oleksiyovych Pidluzhny; supervisor Viktor Mykolayovych Kozin. – Sumy: SNAU, 2025. – 85 p.**

Qualification work in specialty 141 'Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics', educational and professional programme 'Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics' at the first (bachelor's) level of higher education of the applicant of group ZETE 2001 of the Faculty of Engineering and Technology of Sumy National Agrarian University, Pidluzhny Oleksandr, on the topic: 'Reconstruction of the electrification system of the mushroom growing workshop at the base of LLC 'Khlibodar", s.m.t. Stepanivka, Sumy District, Sumy Region with the development of an automated microclimate control system."

**Contents of the explanatory note:** analysis of the potential for industrial mushroom cultivation (general information; useful properties of mushrooms; basics of oyster mushroom cultivation technology; description of industrial strains; equipment for oyster mushroom cultivation; global experience in industrial mushroom cultivation; industrial mushroom cultivation in Ukraine; industrial mushroom producers in Ukraine; industrial mushroom producers in Sumy region; analysis of the activities of LLC 'Khlibodar' in the village of Stepanivka, Sumy region); design of a workshop for industrial mushroom cultivation (structural calculations for the workshop; selection of technological equipment for the mushroom cultivation workshop, calculation of the lighting system); development of an automatic microclimate control system

(calculation and selection of electrical equipment, development of an automatic control scheme, selection of automatic control means; development of an electrical power supply diagram for the workshop; selection of starting and protection equipment and protection devices; selection of electrical panel zone elements; analysis of the automation block diagram); occupational health and safety in emergency situations (justification of the choice of protective shutdown devices; basic requirements for protective shutdown devices; selection of protective shutdown devices; location of RCD installation and features of their operation; general sanitary and hygienic measures; ventilation system of the mushroom growing workshop); conclusions.

The work provides a thorough analysis of the needs and existing potential of enterprises engaged in industrial mushroom cultivation, calculations for the workshop were performed and the necessary technological equipment for mushroom cultivation was selected, lighting systems and microclimate maintenance systems were designed, devices for protecting workshop employees from electric shock were selected, and an automatic microclimate control system for the workshop was developed.

**Keywords:** electrical technology, electric lighting, starting and protection equipment, automation, electric drive.

The thesis includes 7 Figures, 13 Tables, 46 references, and 2 appendices.

## ЗМІСТ

	С.
ЗАВДАННЯ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ.....	12
1.1 Загальні відомості.....	12
1.2 Корисні властивості грибів.....	14
1.3 Основи технології вирощування глив. Опис промислових штамів.....	15
1.4 Обладнання для вирощування гливи.....	17
1.5 Світовий досвід промислового вирощування грибів.....	24
1.6 Промислове вирощування грибів в Україні.....	25
1.7 Промислові виробники грибів України.....	26
1.8 Промислові виробники грибів Сумщини.....	26
1.9 Аналіз діяльності ТОВ «Хлібодар» с.м.т. Степанівка Сумської області.....	27
1.10 Висновки з розділу 1.....	28
2 ПРОЄКТУВАННЯ ЦЕХУ З ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ.....	29
2.1 Конструктивні розрахунки цеху.....	29
2.2 Вибір технологічного обладнання цеху для вирощування грибів.....	30
2.3 Розрахунок системи освітлення.....	33
2.4 Висновки з розділу 2.....	36
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ.....	37
3.1 Розрахунок і вибір електрообладнання.....	38
3.2 Розроблення схеми автоматичного керування.....	43
3.3 Вибір засобів автоматичного керування.....	44
3.4 Розробка електричної схеми живлення цеху.....	45
3.5 Вибір пуско-захисної апаратури та апаратів захисту.....	46
3.6 Вибір елементів електрощитової зони.....	49
3.7 Аналіз структурної схеми автоматизації.....	50

3.8 Висновки з розділу 3.....	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
4.1 Обґрунтування вибору пристроїв захисного вимкнення.....	55
4.2 Основні вимоги до пристроїв захисного вимкнення.....	56
4.3 Вибір пристроїв захисного вимкнення.....	57
4.4 Місце встановлення ПЗВ та особливості їх експлуатації.....	58
4.5 Загальні санітарно-гігієнічні заходи.....	59
4.6 Система вентиляції цеху для вирощування грибів.....	60
4.7 Висновки з розділу 4.....	66
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	68
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	80

## ВСТУП

Гриби є цінним делікатесним продуктом харчування з високою поживною та біологічною цінністю. В Україні існують значні природні ресурси дикорослих їстівних грибів, які традиційно забезпечували потреби населення. Однак постійне зростання споживання грибів населенням та одночасне зменшення території, де гриби можна безпечно збирати у зв'язку з військовими діями та екогенними забрудненнями, у першу чергу, радіоактивними, спричиняє зростання попиту та, як наслідок, підвищує запит на розвиток бізнесу з промислового їх вирощування.

Міжнародний досвід свідчить, що організація промислового культивування екологічно безпечних грибів у спеціалізованих культиваційних спорудах дозволяє не лише збільшити виробництво грибної продукції, але і забезпечити харчову безпеку, запобігаючи отруєнням, викликаним споживанням дикорослих грибів.

Їстівні гриби характеризуються значним потенціалом у контексті агроінновацій. За останнє десятиліття, завдяки інтеграції сучасного технологічного обладнання, удосконалення методів вирощування та інтенсивному селекційному вдосконаленню, середня врожайність грибів зростає з 4–6 до 30–40 кг/м<sup>2</sup> за один цикл виробництва.

Інтенсифікація грибноництва передбачає насамперед розробку нових штамів грибів та оптимізацію всіх технологічних процесів. Особлива увага приділяється модернізації вентиляційних систем, механізації та автоматизації етапів вирощування, збору і комерційної обробки продукції. У багатьох країнах світу великі сучасні грибні комплекси оснащені інноваційним обладнанням з програмним управлінням, що виводить галузь на новий рівень ефективності. Отже, грибноництво стає суттєвим сегментом у структурі сучасного овочівництва. [1–3]

В Україні культивуванням печериць займаються близько 300 спеціалізованих грибних господарств. Позитивна динаміка розвитку галузі переважно зумовлена зростаючим попитом на цю продукцію у країнах ЄС.

Українські виробники щорічно постачають на зовнішній ринок близько 500000 т грибів і 18000 т компосту. Водночас імпорт аналогічної продукції до України повністю відсутній, що додатково підтверджує конкурентоспроможність вітчизняної грибної галузі.

Однією з ключових переваг грибного бізнесу є можливість безперервного збору врожаю протягом року, що дозволяє отримувати до 10 врожаїв із однієї площі. Вирощування грибів базується на використанні доступної вторинної сировини сільського господарства, а виробничий процес не залежить від зовнішніх кліматичних умов.

Станом на сьогодні в Україні діють п'ять підприємств з виробництва компосту, а культивуванням печериць займаються понад 300 ферм. Сукупний річний обсяг виробництва печериць становить 51300 т, тоді як обсяги вирощування гливи та інших екзотичних видів грибів досягають лише 4900 т [4, 5].

# 1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ

## 1.1 Загальні відомості

Гриби є безхлорофільними сапротрофними або біотрофними організмами, які можуть бути одноклітинними або багатоклітинними. Їхні плодові тіла позбавлені коренів, стебел і листків. Сучасна біологічна класифікація відносить гриби до окремого царства – Fungi, рівноцінного рослинам і тваринам. На сьогодні відомо близько 100 тисяч видів грибів, із яких лише близько двох тисяч є їстівними. Утім, у штучному середовищі культивується всього 15 видів.

Більшість грибів, що культивуються, належать до класу Базидіоміцети (Basidiomycetes). За типом живлення вони поділяються на три основні групи: гумусові сапротрофи, ксилотрофи та мікоризні гриби.

Вирощувати гриби можна протягом усього року, оскільки цей процес не залежить ні від ґрунтових, ні від кліматичних умов. Гриби прекрасно ростуть на субстратах, які виготовляють із сільськогосподарських і промислових відходів, а також побутових залишків. У процесі росту вони здійснюють біодеструкцію лігнін-целюлозних сполук, присутніх у матеріалах, що використовуються для приготування поживного субстрату. Отже, культивування їстівних грибів забезпечує ефективну утилізацію різновидів промислових і сільськогосподарських відходів. Крім того, відпрацьовані грибні компости після завершення технологічного процесу можна застосовувати як органічне добриво або білкову добавку в корми для сільськогосподарських тварин.

Серед найпоширеніших видів для промислового вирощування виділяють печериці та гливи. Для вибору виду гриба, який найкраще підходить для промислового культивування, необхідно оцінити ключові особливості вирощування цих двох видів.

Отже, вирощування глив і печериць має свої особливості, оскільки ці гриби ростуть у різних умовах і потребують різних технологій культивування.

## 1. Субстрат

Гливи вирощують на соломі, тирсі, соняшниковому лушпинні або кукурудзяних стеблах. Гливи можуть рости на різних органічних матеріалах, що робить їх вирощування дешевшим.

Печериці потребують спеціального компосту на основі кінського або курячого гною з додаванням соломи, що робить процес дорожчим і складнішим.

## 2. Умови вирощування

Гливи добре ростуть при температурі +12–(+24) °С і високій вологості (85–95 %). Вони невибагливі та можуть рости навіть у приміщеннях без ретельного контролю клімату.

Печериці вимагають більш контрольованих умов: температура +14–(+18) °С, вологість 85–90 %, а також вентиляції для контролю рівня CO<sub>2</sub>.

## 3. Технологія посадки

Гливи висаджують у спеціальні мішки або блоки з субстратом, роблячи в них отвори для проростання грибів.

Печериці висаджують у підготовлений компост, засипають покривним ґрунтом і залишають у темряві для проростання.

## 4. Час вирощування

Гливи швидше дозрівають – перший урожай можна зібрати вже через 3–4 тижні після посіву.

Печериці потребують більше часу – приблизно 1,5–2 місяці від початку вирощування до першого врожаю.

## 5. Урожайність

Гливи можуть плодоносити хвилями, а загальний врожай за кілька місяців може перевищувати вагу самого субстрату.

Печериці дають стабільний урожай, але з меншим виходом порівняно з гливами.

Якщо потрібне просте та дешеве вирощування – краще обрати гливи. Якщо ж є можливість створити спеціальні умови та отримати більш ринковий гриб – варто розглянути печериці.

З урахуванням того, що вирощування глив не вимагає використання високоточного (а значить дороговартісного) обладнання та дозволяє отримати більший врожай, а також з урахуванням меншої конкуренції на ринку вирощування глив, доцільно саме їх розглянути до впровадження. [6–8]

## **1.2 Корисні властивості грибів**

У сучасних ринкових умовах інтерес до культивування грибів значно зумовлений їхнім унікальним хімічним складом і широким спектром корисних властивостей. Гриби характеризуються високими смаковими якостями та значним вмістом білків (3–6 % у сирій масі), вуглеводів, усіх незамінних амінокислот, ліпідів, а також цілого комплексу вітамінів і різноманітних органічних сполук. Їх важливість посилюється завдяки наявності біологічно активних речовин, які мають значний терапевтичний та профілактичний потенціал. Зокрема, до складу грибів входять компоненти, здатні проявляти протипухлинну, кровотворну, антиалергічну та антивірусну дію. Окрім того, вони відіграють роль у посиленні імунної системи, зниженні рівня холестерину в крові, уповільненні прогресування атеросклерозу та виконанні радіопротекторних функцій.

Гриби, зокрема печериці та гливи, мають багато корисних властивостей, але також є певні моменти, на які варто звертати увагу.

Користь від вживання грибів:

1) містять значну частку корисних речовин: вітаміни групи В і D, а також макро- мікроелементи, наприклад, калій, залізо і фосфор. Вони можуть допомогти підтримувати здоров'я серця, нервової системи, покращувати імунітет;

2) гриби є низькокалорійним продуктом, що дозволяє їх застосовувати для дієтичного харчування;

3) містять антиоксиданти: гриби мають антиоксидантні властивості, що допомагає знижувати ризик розвитку хронічних захворювань;

4) сприяють покращенню травлення: завдяки високому вмісту клітковини, гриби допомагають підтримувати нормальну роботу травної системи.

Шкода від вживання грибів:

1) перевищення норми споживання може призвести до проблем з травленням: Надмірне споживання грибів, зокрема сирих, може викликати розлади травлення, здуття чи газу;

2) можливість наявності токсинів у деяких видах грибів: якщо гриби не були правильно зібрані, вчасно перероблені, або їх зберіганні було не правильним, вони можуть стати отруйними. Тому перед вживанням важливо переконатися в їх безпеці;

3) можливе виникнення алергічних реакцій: у деяких людей може бути алергія на гриби, що проявляється в вигляді висипу або проблем з диханням.

У цілому, якщо гриби вживати в поміркованих кількостях і бути впевненим у їх безпеці, вони можуть бути корисною частиною раціону. [9]

### **1.3 Основи технології вирощування глив. Опис промислових штамів**

Глива (плеврот, дуплянка їстівна, вешенка) належить до класу базидіоміцетів *Basidiomycetes*, родини *Pleurotaceae*, роду *Pleurotus*. У сучасному виробництві найбільш поширені такі види: *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus columbinus*, *Pleurotus cornucopiae*, *Pleurotus eryngii* та *Pleurotus sajor-caju*.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд гриба глива

Глива (*Pleurotus ostreatus*) належить до сапрофітних грибів, які спеціалізуються на розкладанні деревини та інших видів рослинних залишків, таких як солома, стрижні кукурудзяних качанів, тирса та подрібнена кора листяних порід дерев. У природних умовах цей гриб росте на пнях, колодах та пошкоджених стовбурах дерев. Плодові тіла з'являються у вересні-жовтні, коли середньодобова температура знижується до +12–+14 °С.

Розмноження гливи здійснюється як генеративним (спорами), так і вегетативним (міцелієм) способом. Спори одноклітинні, мають округлу, овальну або ниркоподібну форму і зазвичай білий чи рожевий відтінок. Міцелій білого кольору, характеризується швидким ростом і високою стійкістю до захворювань.

Основним органом гриба є плодове тіло. Шапинка плавно переходить у коротку ніжку завдовжки до 4 см і товщиною до 2 см, хоча в окремих випадках ніжка може бути відсутньою. Поверхня шапинки гладка, напівокругла або схожа на вушко, має діаметр від 5 до 20 см. Її забарвлення варіюється від темно-коричневого до сірувато-жовтого. Гриби ростуть групами, утворюючи своєрідну дахову структуру з плодових тіл. У молодих грибів пластинки гіменофору світлі або світло-рожеві, які згодом сіріють; вони тонкі й збігаються по ніжці вниз. М'якуш білий, соковитий, з ніжним грибним ароматом. Смакові властивості та запах гливи можуть змінюватися залежно від типу субстрату, на якому вона вирощувалася.

### **Штами гливи звичайної**

Сучасна селекція гливи пропонує такі штамми: НК-35, Р-20, Р-77, 107 та 420. Серед них особливо виділяється НК-35 (Duna НК-35), який є одним із найпопулярніших та високоврожайних гібридів у наші державі. Плодове тіло цього штаму має щільну сірого кольору шапинку округлої форми. Діаметр верхньої частини 6–12 см. Ніжка білого кольору, її довжина становить 2–4 см. Гриби зазвичай утворюють групи, проте можливе і поодиноке зростання.

Міцелій цього штаму найкраще розвивається за температури 24–26 °С, повністю освоюючи субстрат протягом 12–15 діб після висіву. Процес

плодоношення відбувається в діапазоні температур від +5 до +20 °С за вологості повітря 80–90 %. Плодові тіла з'являються на 20–22 добу після висіву міцелію. На якість грибів значно впливає освітлення: із зростанням інтенсивності світла колір шапинки стає темнішим.

#### **Матеріали та способи приготування субстрату для вирощування гливи.**

Субстрат для вирощування грибів може готуватися з різноманітних матеріалів: свіжої соломи зернових і бобових культур, тирси або кори листяних дерев, стержнів качанів і кукурудзяних стебел, а також подрібненої лози після обрізки виноградників. Найекономічнішим варіантом є використання соломи зернових і бобових культур. При цьому солома повинна бути свіжою, золотистого кольору, без ознак затхлості чи плісняви. Перед використанням суху солому подрібнюють на шматочки довжиною не більше 5 см за допомогою спеціальних подрібнювачів. Далі солому змочують водою до досягнення вологості 70–80 %. Враховуючи, що початкова вологість соломи складає близько 15 %, для додаткового зволоження однієї тонни матеріалу потрібно 3–4 тисячі літрів води. Завершальний і обов'язковий етап підготовки субстрату – це його знезараження, яке виконується за допомогою обробки високою температурою.

#### **1.4 Обладнання для вирощування гливи**

Розглядають інтенсивний і екстенсивний методи вирощування гливи звичайної. Для промислового вирощування гливи створюють спеціалізовані комплекси споруд, які включають приміщення для підготовки субстрату, кілька цехів для вирощування, а також інші допоміжні приміщення. Такий метод називають інтенсивним. Розмір корисної площі комплексу визначається відповідно до обсягу виробництва, обраної системи й методу вирощування, після чого проводиться оцінка потреби субстрату.

Процес промислового вирощування грибів розбивається на основні та допоміжні етапи (див. рис. 1.2).

На виробництвах сучасного типу зерновий міцелій змішують із субстратом у момент вивантаження останнього з термокамер. Цю суміш у вигляді готового

компосту доставляють до камер вирощування, де її фасують у пакети. У період інкубації міцелію свіже повітря до приміщення не подається, забезпечується лише рециркуляція повітря. Якісно підготовлений субстрат протягом 14–20 днів повністю пронизується білими гіфами гриба (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Параметри доквілля під час вирощування гриба

Фази розвитку гриба	Тривалість, дів	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %	Вміст CO <sub>2</sub> в повітрі	Режим повітрообміну	Норми подачі свіжого повітря, м <sup>3</sup> /год на 1 т субстрату
		субстрату	повітря				
<b>Вегетативний ріст</b>							
в субстраті	12–14	25–27	22–25	90–95	До 2,5	циркуляція	–
в субстраті і покривній землі	7–8	25–27	22–25	90–95	До 2,5		–
<b>Період плодоношення</b>							
перехід від вегетативного росту до плодоношення	1–2	Від 25–27 до 18–19	Від 23–25 до 15–16	85–90	3 2,5 до 0,08–0,1	вентиляція циркуляція	20–40
плодоношення	35–50	16–19	15–16	80–95	0,03–0,07	вентиляція циркуляція	1 м <sup>3</sup> /год на 1 кг/м <sup>2</sup> грибів

Підготовка міцелію гливи відбувається за принципами, аналогічними до вирощування печериць. Посів міцелію проводиться після досягнення температури субстрату значення +25 °С. Визначену кількість зернового міцелію ретельно змішують із субстратом, після чого суміш компактно розміщують у підготовлених контейнерах. Рекомендована норма внесення міцелію становить 3–5 % від загальної маси субстрату. Для забезпечення процесів газообміну в плівковому покритті виконують перфорування, що здійснюється одразу після

встановлення мішків для вирощування чи через чотири доби. Ілюстрацію цього етапу зображено на рис. 1.3.

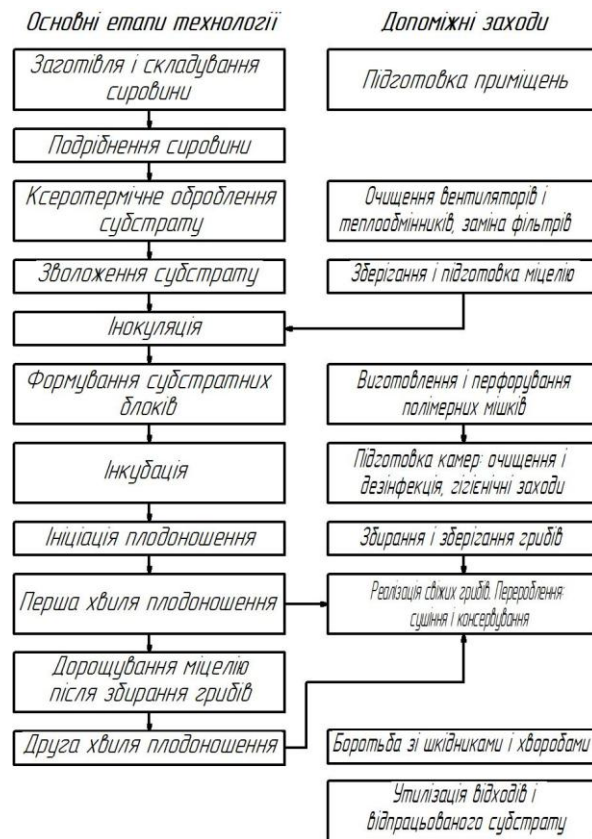


Рисунок 1.2 – Технологічна схема вирощування грибів

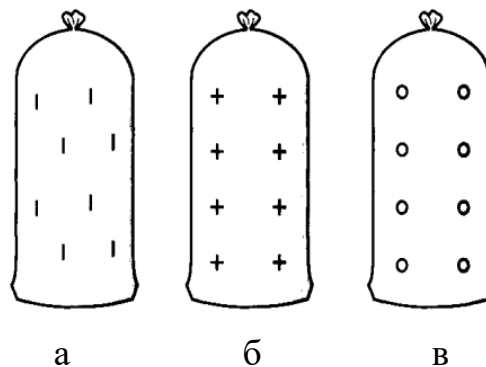


Рисунок 1.3 – Форми отворів у мішках для вирощування гливи: штрихами (а), хрестиками (б) і круглими отворами (в)

При надлишковому зволоженні субстрату, зайва волога накопичується у нижній частині контейнера. Для запобігання цьому контейнер як правило

надрізають у кутах. У приміщенні мішки з субстратом розміщують рядами, дотримуючись відстані 30–40 см, а між контейнерами в одному рядку – 10–15 см. Встановлення контейнерів занадто близько одне до одного може спричинити локальне перегрівання та відмирання грибниці в точках контакту. Ризик перегрівання субстрату суттєво зменшується після проходження інкубаційного періоду, після чого мішки можна розміщувати ярусами.

Активний процес заростання субстрату міцелієм відбувається за умов оптимальної температури субстрату. Для вирощування міцелію гливи найкращою є температура в межах  $+24$ – $+25$  °С. Відхилення температури в бік збільшення або зниження зменшує швидкість розвитку міцелію, а тривалість обростання мішків з субстратом зростає. При температурі субстрату  $+30$  °С ріст міцелію повністю зупиняється, а за  $+35$  °С – міцелій гине. Низькі температури також негативно впливають на процес колонізації субстрату, уповільнюючи його і створюючи умови для розвитку шкідливих грибів. Процес інкубації міцелію за оптимальних температур триває 10–15 діб, тоді як при понижених температур він може тривати до трьох тижнів.

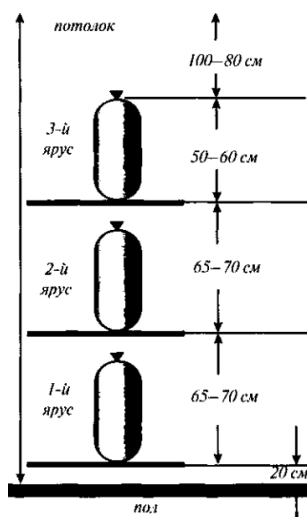


Рисунок 1.4 – Технологічна схема встановлення мішків з субстратом

Орієнтовно через два-три тижні після висівання міцелію поверхня субстрату білішає з утворенням на ній початкових структур гриба. Сучасна практика грибівництва дозволяє використовувати спеціальні штами гливи: шоківі штами,

які утворюють зародки грибів за понижених температур довкілля (+5–+14 °С), тоді як безшокові штами утворюють плодові тіла при температурі +16–+17 °С.

Для стимулювання процесу утворення грибної маси у приміщенні грибного цеху подають свіже повітря. Це досягається шляхом організації вентиляції приміщення із обміном повітря на рівні 300–500 м<sup>3</sup>/год. Для шоківих штамів грибів початок процесу розвитку грибниці визначається впливом так званого «низькотемпературного шоку». Цей метод передбачає зменшення температури довкілля до +4–+5 °С протягом 2–4 діб, після чого температуру поступово підвищують до +14 °С. Для безшокових штамів для ефективного плодоношення достатньо +16–+17 °С.

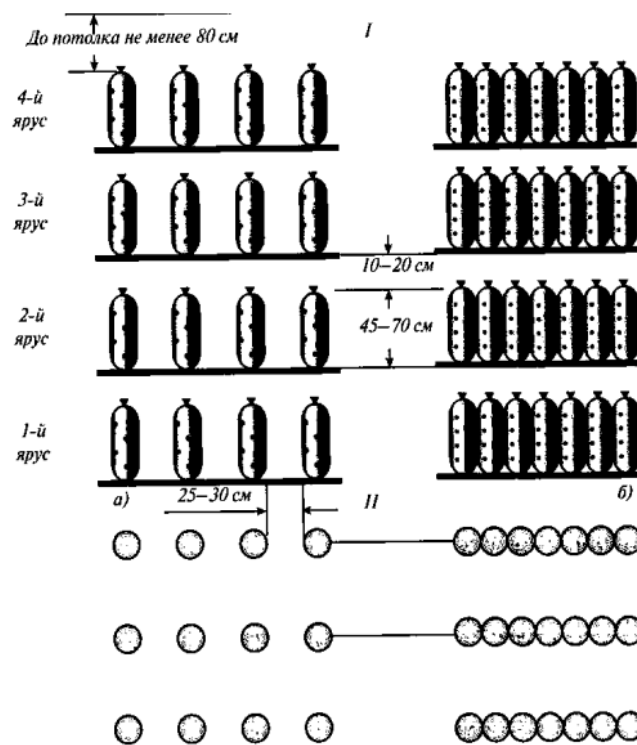


Рисунок 1.5 – Схема встановлення мішків ярусами: I – фасад; II – вид згори:  
а) відстань 25–30 см; б) суцільним ланцюгом

Розвиток міцелію супроводжується інтенсивним виділенням тепла, спричиненим мікробіологічними процесами всередині субстрату. Температурна різниця між субстратом, розташованим у поліетиленовому контейнері, та навколишнім повітрям може досягати +7–+8 °С, а у поодиноких випадках – навіть +10–+15 °С. Найбільш інтенсивне підвищення температури у субстраті

виникає у перший тиждень інкубаційного періоду, між 4-ю та 7-ю добою розвитку міцелію. У подальшому періоді ця різниця зменшується і, як правило, не перевищує +2–+4 °С. При цьому освітленість міцелію на цьому етапі розвитку не є необхідною умовою.

У цей період вентиляцію не здійснюють, оскільки невелике накопичення CO<sub>2</sub> створює сприятливі умови для активного розвитку міцелію. Концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі може досягати 0,6–0,7%, а відносна вологість підтримується на рівні 90–95 %. Міцелій гливи здатний витримувати значно вищу концентрацію CO<sub>2</sub>, ніж інші види грибів. Проте при досягненні критичних меж концентрації необхідно проводити активне провітрювання, використовуючи перфорацію.

Зволікання з виконанням перфорації може стати причиною зупинки розвитку міцелію чи його загибелі. Перфорацію поліетиленової плівки можна здійснювати ще до заповнення мішків ґрунтово-міцельною сумішшю. Діаметр отворів визначає їх кількість: при діаметрі 2–4 мм отвори розташовують у ряд зі встановленим кроком через кожні 15–20 см по всій поверхні контейнера. Альтернативно, можна зробити від 6–10 отворів із діаметром 15–25 мм на бічних стінках контейнера, застосовуючи для цього спеціалізоване обладнання.

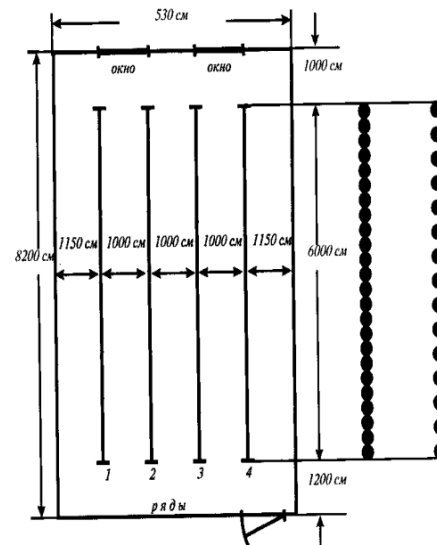


Рисунок 1.6 – Розташування мішків з субстратом у цеху

На етапі формування зародків грибів на поверхні ґрунтово-міцельної суміші, у цеху для вирощування забезпечують підвищену вологість, а плівку з

мішка (контейнера) знімають частково або повністю. Якщо рівень вологості повітря падає нижче 90 %, у плівці виконують розрізи, дозволяючи зародкам грибів розвиватися за межами мішка. У перший тиждень після відкриття субстрату слід ретельно контролювати, потрапляння води на поверхню гриба, що призводитиме до ушкодження міцелію. Врожайність може значно зменшитися, якщо вологість у камері досягне 70 % або менше. Оптимальною для періоду плодоношення є вологість 90–95 %, зволожуючи стіни, стелю і підлогу приміщення. Щоб створити оптимальні умови для розвитку грибів, концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі не повинна перевищувати 0,08 %. Коли цей показник зростає, ніжка гриба стає довшою, діаметр шапинки зменшується, а зав'язі можуть розвиватися неправильно. Для зниження концентрації CO<sub>2</sub> проводять провітрювання. Ефективним способом є встановлення на нижній частині однієї зі стін приміщення витяжних вентиляторів, а припливні вентилятори розміщують на верхній частині протилежної стіни. Такий спосіб вентиляції забезпечує помірний рух повітря зі швидкістю 0,1–0,2 м/с, без значних потоків. Освітлення – життєво необхідний фактор для розвитку гливи. Оптимальними умовами вважається освітленість на рівні 100–250 люкс упродовж 10 год/добу. Це досягають встановленням, наприклад, однієї люмінесцентної лампи близько 40 Вт на площу 4 м<sup>2</sup>. Для підвищення рівня освітлення використовують тепличні лампи типу ДРЛФ-400, ДНаТ-400 тощо. Такі лампи рекомендується розміщувати на відстані не менше 80–100 см від поверхні мішків (блоків).

Формування плодівих тіл гливи відбувається у місцях перфорацій або у місцях нещільного прилягання плівки до поверхні суміші. Для досягнення стандартних розмірів плодіві тіла зростають упродовж 7–9 днів, причому тривалість цього періоду визначається температурою. Більші температури повітря сприяють швидшому дозріванню. Перші поливи зав'язків проводять, коли їх діаметр сягає 5–10 мм. Упродовж періоду плодоношення гриби поливають 2–6 разів на добу, що дозволяє підтримувати необхідну вологість. Полив здійснюють за рахунок дрібнодисперсного розпилення води. Гливи формують плодіві тіла поодинокі або групами (сім'ями) до декількох десятків

грибів різного розміру. Збір відбувається всією групою, оскільки залишені після збору дрібні гриби не зростатимуть і згодом загинуть. Відділення грибів від субстрату слід проводити максимально обережно, аби уникнути пошкодження великих частин субстрату. Зібрану продукцію упаковують безпосередньо в тару, призначену для транспортування, і обгортають поліетиленовою плівкою, щоб уникнути втрати маси до моменту реалізації. Плідність гливи характеризується кількома хвилями. Після першої хвилі завершується основний етап плодоношення з короткою паузою тривалістю кілька днів. Близько 70 % загального врожаю отримують з першої хвилі, решту – із другої (20–25 %) та третьої (5–10 %). По завершенні циклу вирощування субстрат стає цінним органічним добривом для рослинництва або кормовою добавкою для тварин. Приміщення після використання піддають дезінфекції, обробляючи його формаліновим розчином (250 г 40 % формаліну на 10 л води). Для площі 1000 м<sup>2</sup> потрібно близько 200 л розчину. Урожайність гливи варіюється в межах 600–800 г на 1 кг сухого субстрату. [10–18]

### **1.5 Світовий досвід промислового вирощування грибів**

Світовий ринок промислового вирощування грибів демонструє стійке зростання протягом останніх десятиліть, що обумовлено зростанням попиту на веганські та натуральні продукти, а також підвищенням обізнаності споживачів про користь грибів для здоров'я.

Основні тенденції та динаміка ринку:

- 1) зростання попиту: споживання грибів на душу населення зростає, що стимулює розширення ринку;
- 2) регіональні особливості: азіатсько-тихоокеанський регіон, зокрема Китай, є найбільшим виробником і споживачем грибів у світі.
- 3) автоматизація виробництва: у країнах із високою вартістю робочої сили спостерігається тенденція до впровадження автоматизованих технологій у вирощуванні та зборі грибів;

4) розширення виробництва в Європі: у Західній Європі планується будівництво нових сучасних грибних ферм, що сприятиме збільшенню місцевого виробництва грибів.

Загалом, світовий ринок промислового вирощування грибів продовжує розвиватися, адаптуючись до змін у споживчих вподобаннях та технологічних можливостях.

Щорічно у всіх країнах світу вирощується близько 5 млн. т культивованих грибів, у тому числі шиї-таке 18,8 %, печериці складають 37,6 %, гливи 16,2 %. Одна людина у середньому щороку вживає близько 2–4 кг на рік. [21–26]

### **1.6 Промислове вирощування грибів в Україні**

Промислове вирощування грибів в Україні зазнало значних змін з 1991 року. На початку незалежності виробництво грибів було обмеженим, переважно в приватних господарствах, із загальним обсягом менше 500 т/рік, що не задовольняло внутрішній попит.

Унаслідок збільшення інвестицій у галузь та розвитку технологій вирощування у 2009 році обсяг виробництва культивованих грибів досяг 40000 т, що у 26 разів більше порівняно з 2000 роком. [19]

З 2017 по 2021 роки виробництво грибів в Україні збільшилося ще на 20 %. Однак, за цей же період ціни на продукцію, з урахуванням інфляції, знизилися на 20 %, що свідчить про перенасичення ринку. Це призвело до закриття близько 40 грибних ферм за останні 4 роки. [20]

Щорічне виробництво грибів в Україні – близько 50 тис. т грибів за потреби не менше 100 тис. т. Також необхідно зазначити, що поточна ситуація у промисловому грибництві не є однозначною: після значного зростання виробництва з початку 2000-х років, наразі у зв'язку зі значним збіднінням населення, зменшенням його кількості за рахунок значної міграції за кордон та підвищеною потенційною можливістю втрати виробництва внаслідок бойових дій спостерігається деяка стагнація виробництва.

## **1.7 Промислові виробники грибів України**

В Україні вирощування грибів досить популярне, особливо серед фермерів. Для цього підходять різні види грибів, зокрема печериці, гливи, лісові гриби тощо. Основні етапи включають підготовку субстрату, посів міцелію, контроль умов вологості та температури. Вирощування грибів може бути як на невеликих приватних ділянках, так і на великих фермах.

В Україні кілька компаній займаються виробництвом грибів. Серед них є як великі підприємства, так і менші ферми. Деякі з відомих виробників включають компанії, які спеціалізуються на вирощуванні печериць, глив та інших видів грибів. Як правило такі виробники постачають свою продукцію як на внутрішній ринок, так і на експорт.

В Україні є кілька основних виробників грибів. Наприклад, ТОВ «Ріо Шампінйон» у Львівській області [27] спеціалізується на вирощуванні печериць, ТОВ «Волноваський кукурудзяний завод» у Донецькій області [28] наразі не працює через військові дії, однак до війни він також займався виробництвом шампінйонів. Крім того, ТОВ «Наш Гриб» у Волинській області вирощує печериці. Ці компанії є одними з основних гравців на ринку промислового вирощування грибів в Україні. [29]

## **1.8 Промислові виробники грибів Сумщини**

Наразі підприємств, що офіційно займаються промисловим вирощуванням грибів не зареєстровано. Однак у торгівлю Сумського регіону надходять гриби, вирощені виробниками з сусідніх регіонів, а саме:

- а) ПП «Яблунівський виробничий комплекс», Київська обл., Макарівський р-н, с. Яблунівка;
- б) ТОВ «А.П.С.», Харківська обл., Харківський р-н, с.м.т. Васищеве;
- в) ТОВ «ДІНБО», Київська обл., Бучанський р-н, с. Шпитьки.

Вказані підприємства розміщені поза межами Сумщини, тому значною часткою вартості гриба є витрати на логістику. Також це може впливати на свіжість та якість продукції.

Водночас варто зазначити, що у Сумській області деякі дрібні фермери займаються вирощуванням грибів, тому проведений аналіз свідчить, що наразі існує економічний потенціал промислового вирощування грибів.

### **1.9 Аналіз діяльності ТОВ «Хлібодар» с.м.т. Степанівка Сумської області**

ТОВ «Хлібодар» зареєстроване за адресою: Сумська обл., Сумський район, с. м. т. Степанівка, вул. Центральна.

Основний вид діяльності підприємства полягає у вирощуванні зернових культур (крім рису), а також бобових і насіння олійних культур. Також серед додаткових видів діяльності для вирощування грибів підходить «вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів».

Вказані види діяльності свідчать про диверсифікований підхід підприємства до сільськогосподарського виробництва, що включає як рослинництво, так і тваринництво.

Загальна площа земельного банку «Хлібодар» становить 2970 га, що дозволяє підприємству забезпечувати значні обсяги виробництва та підтримувати стабільну присутність на аграрному ринку регіону.

Основна діяльність ТОВ «Хлібодар» полягає у виробництвом пшениці, кукурудзи, сої та соняшнику.

ТОВ «Хлібодар» володіє та використовує кілька об'єктів нерухомості для здійснення своєї господарської діяльності. Згідно з судовими матеріалами, підприємству належать нежитлові будівлі за адресою: Сумська область, Сумський район, с.м.т. Степанівка, вул. Заводська, а саме:

- адміністративна будівля загальною площею 415,4 м<sup>2</sup>;
- станція площею 382,9 м<sup>2</sup>;
- склад площею 1385,7 м<sup>2</sup>;
- склад площею 2064,1 м<sup>2</sup>;
- вагова площею 232,0 м<sup>2</sup>;
- резервуар.

Ці об'єкти використовуються для адміністративних, виробничих та складських потреб підприємства. [29]

### **1.10 Висновки з розділу 1**

Промислове вирощування грибів є перспективним бізнесом, адже гриби як продукт харчування мають високу біологічну цінність та гарні смакові якості. Серед всіх видів грибів для промислового вирощування переважно використовують печериці та гливи. Вони мають схожі технології вирощування, однак гливи мають більші діапазони температури, вологовмісту і вмісту CO<sub>2</sub> для забезпечення ефективного вирощування. Разом з тим для їх вирощування не потрібно використовувати спеціальні стелажі. З урахуванням всіх цих факторів та низької конкуренції на ринку вирощування глив саме цей вид взято до вирощування.

Проведений аналіз потенційного споживання та наявних виробників грибів Україні та світі показав, що у Сумському регіоні відсутні великі виробники, а попит постійно зростає. Це свідчить про значний потенціал технології у регіоні.

Однак необхідно зазначити, що промислове вирощування грибів вимагає використання технологій підтриманні мікроклімату та використання високоефективної системи освітлення.

Виробниче підприємство ТОВ «Хлібодар» має відкритий відповідний вид економічної діяльності для промислового вирощування грибів, а також необхідні будівлі, які можуть бути перепрофільовані під цех для вирощування грибів. Ще однією перевагою є територіальне розміщення підприємства, де відсутні виробники грибів, тому це зменшить логістичні витрати підприємства.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ

### 2.1 Конструктивні розрахунки цеху

Розраховуємо необхідну кількість грядок.

Об'єм однієї грядки

$$V_z = 3 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \quad (2.1)$$

де  $d$  – діаметр мішка для вирощування, м;

$3$  – встановлена кількість мішків для вирощування, що доводиться на один ланцюг;

$h$  – висота мішка, м

$$V_z = 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,7 = 0,41 \text{ м}^2.$$

Маса субстрату у одному мішку

$$m = \rho \cdot V, \quad (2.2)$$

де  $\rho$  – насипна густина субстрату,  $\text{кг/м}^3$ , задаємося  $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$

$$m = 500 \cdot 0,41 = 205 \text{ кг}.$$

Розрахункова кількість грядок

$$N_p = \frac{M_p}{m}, \quad (2.3)$$

де  $M_p$  – розрахункова маса ґрунтово-міцельної суміші для отримання бажаної маси грибів,  $\text{кг}$ ; задаємося  $M_p = 22m = 22000 \text{ кг}$ , тоді

$$N_p = \frac{22000}{205} = 108.$$

Задаємося загальною кількістю грядок  $N = 108$  шт.

Розподіляємо її на  $m = 9$  рядів по  $n = 12$  тросів на ряд.

Виходячи з отриманих величин  $m$  і  $n$  визначаємося з габаритними розмірами цеху для вирощування.

Довжина одного ряду складе, м

$$L = 1,3 \cdot n, \quad (2.4)$$

$$L = 1,3 \cdot 12 = 15,6 \text{ м.}$$

Задаємося довжиною приміщення  $L = 15 \text{ м.}$

Відповідно до технологічних вимог задаємося шириною робочої зони  $B = 10 \text{ м.}$

Необхідна площа приміщення,  $\text{м}^2$

$$S = L \cdot B, \quad (2.5)$$

$$S = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^2.$$

З метою перевірки правильності виконаних розрахунків, розраховуємо питомих використання площі цеху,  $\text{кг}/\text{м}^2$

$$ВП = \frac{M}{S}, \quad (2.6)$$

$$ВП = \frac{22000}{165} = 133 \text{ кг} / \text{м}^2.$$

При вирощуванні глив у мішках він знаходиться у межах  $100\text{--}200 \text{ кг}/\text{м}^2$ .

Отже, отримане значення ВП знаходиться у допустимому діапазоні. [6–8]

## 2.2 Вибір технологічного обладнання цеху

Розподільчий пристрій, в якому розміщені групові щити та шафа управління обладнане робочими засобами згідно з характеристиками довкілля та рівнем безпеки впливу струму є особливо небезпечним.

Інкубаційна камера та камера плодоношення за властивостями середовища також належать до категорії особливо небезпечних і характеризуються високим рівнем вологості (від 75 % до 95 %) під час виробничого процесу. Такий показник вологості сприяє утворенню парів конденсату навіть за незначного зниження температури, а також присутності хімічно активних речовин, які виникають у ході вирощування грибів. З огляду на вплив електричного струму дані приміщення відносяться до дуже небезпечних внаслідок наявності таких ризикових факторів, як вологі бетонні підлоги та відповідне оточення.

Розподільчий пристрій теж належить до категорії приміщень підвищеної безпеки через визначальні параметри середовища: високу вологість,



VI – санвузол; VII – приміщення для відпочинку; VIII – коридор; 1 – бак для запарювання субстрату; 2 – соломорізка; 3 – парогенератор; 4 – аерозольний генератор; 5 – субстратна машина; 6 – автоматична система поливу; 7 – формувочний прес для формування грибних блоків.

Розрахунок параметрів і вибір електросилового устаткування, необхідного для підтримання оптимальних умов мікроклімату, виконано у наступному розділі роботи. Електрична розподільча схема та план компоновки вибраного обладнання представлені у графічній частині дослідження та зображені на рис. 2.1. [8]

Таблиця 2.2 – Характеристики виробничого обладнання

Процес	Марка	Витрати	Потужність, кВт
Накопичення та подача компонентів суміші	ПЗМ-15	від 2,6 до 14 т/год	9,5
Подрібнення рослинних решток (подрібнювач соломи)	Tomahawk	2,5 т/год	30
Ферментування компонентів ґрунтової суміші	АПС	4 т/год	15
Підмішування міцелію	ДТК	9–180 кг/год	0,27
Подавання подрібненої соломи (транспортер стрічковий)	ЛТ-4-500	3 т/год	0,75

### 2.3 Розрахунок системи освітлення

Вибір обладнання для світлотехнічних систем здійснюється з урахуванням специфіки довкілля, необхідних рівнів освітленості та економічної доцільності. При цьому необхідно забезпечити ступінь захисту технологічного обладнання умовам експлуатації у приміщенні.

Підбір джерел світла базується на оцінці параметрів економічної ефективності та продуктивності, а також повинен відповідати вимогам чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.5-28:2018 та інших нормативних документів [41, 42].

У роботі спроектовано систему загального освітлення цеху для вирощування грибів. Розрахунок параметрів освітленості було виконано методом побудови лінійних ізолюкс. [31, 32]

Відповідно до технології вирощування грибів, плодове тіла повинні отримувати необхідне освітлення. За наявності можливості рекомендується використовувати природне освітлення. У разі його відсутності, альтернатива – застосування штучних джерел світла, зокрема ламп холодного блакитного спектра типу Г-7 (з розрахунку одна лампа на кожні 15–20 м<sup>2</sup>), будь-яких ДРЛ або спеціалізованих світлодіодних ламп. Для забезпечення оптимальних умов росту слід підтримувати рівень освітленості в межах 3–5 Вт/м<sup>2</sup> упродовж 10 годин на добу, починаючи з моменту формування плодових тіл.

З урахуванням специфіки розташування мобільних грядок, світлодіодна лампа функціонує як точкове джерело світла. Це обумовлює необхідність застосування точкового методу розрахунку освітленості, який передбачає використання методу лінійних ізолюкс. Враховуючи симетричність рядів мобільних грядок, для здійснення розрахунків достатньо аналізувати лише один ряд.

Початкові дані:

- загальна рівномірна система освітлення;
- нормована освітленість у цеху  $E_0 = 150 \text{лк}$ ;
- LED лампа;

- світильник ЛСП-18;
- ступінь захисту світильника IP65;
- крива світла світильника Д-1.
- висота розміщення світильника на субстратом  $h_p = 0,5\text{ м}$ .

Сумарний світловий потік  $\Sigma e$  визначається за допомогою лінійних ізолюкс, які враховують тип кривої сили світла для світильника, відстань між контрольною точкою (у цьому випадку точкою А) і додатковими освітлювальними установками. Отримані результати розрахунків загальної умовної освітленості  $\Sigma e$  представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок умовної освітленості цеху

Номер ряду лампи	$r, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$p^*$	$L^*$	Умовна освітленість $\Sigma e, \text{ лк}$
1	0,5	11,6	0,5	1,0	23,2	60
2	1,0	11,6	0,5	2,0	23,2	13
Разом						73

Світловий потік  $\Phi_p$

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot E_H \cdot K_3}{\eta \cdot \mu \cdot \Sigma e}, \quad (2.7)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу, для LED ламп, встановлених у приміщеннях із невеликим виділенням диму і кіптяви він складає  $K_3 = 1,5$ ;

$\eta$  – ефективність світильника, обираємо  $\eta = 1$ ;

$\mu$  – коефіцієнт додаткової освітленості,  $\mu = 1,1$

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,5}{1 \cdot 1,1 \cdot 73} = 2801 \text{ лм}.$$

Для обраного розрахункового потоку підбирається найбільш відповідна стандартна лампа із запропонованих варіантів. Результати проведеного аналізу

фіксуються у таблиці 2.4. Подальша перевірка правильності вибору лампи здійснюється на основі умови:

$$0,9 \cdot \Phi_P \leq \Phi_{CT} \leq 1,2 \cdot \Phi_P; \quad (2.8)$$

$$0,9 \cdot 2801 = 2521 \text{ лм} \leq 3300 \text{ лм} \leq 1,2 \cdot 2801 = 3361 \text{ лм}.$$

Таблиця 2.4 – Параметри LED лампи

Тип	Потужність $P_{\lambda}$ , Вт	Напруга, В	Струм, А	Розміри, мм		Світловий потік $\Phi_{ct}$ , лм
				довжина	діаметр	
HT- T14AC30W15FE	30	230	0,13	1500	36	3300

Умова виконується, отже, лампа обрана вірно.

Встановлена потужність

$$P_{BCT} = 1,25 \cdot P_L \cdot N \cdot (m_{\phi} + 1), \quad (2.9)$$

де 1,25 – поправковий коефіцієнт;

$m_{\phi}$  – кількість рядів із розрахунку на одну фазу,  $m_{\phi} = 11$ ;

$N$  – число світильників із розрахунку на один ряд,  $N = 3$

$$P_{BCT} = 1,25 \cdot 30 \cdot 11 \cdot 3 = 1237 \text{ Вт}.$$

Струм освітлювальної мережі

$$I_{OCB} = \frac{P_P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.10)$$

де  $\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності, для світлодіодних ламп задаємося  $\cos \varphi = 0,94$

$$I_{OCB} = \frac{1237}{230 \cdot 0,94} = 5,72 \text{ А}.$$

Для забезпечення санації зовнішнього повітря, яке подається з метою зменшення концентрації вуглекислого газу, передбачено використання бактерицидної лампи моделі HNS 55W. Основні технічні характеристики цього приладу представлені у табл. 2.5. Додатково подано технічні параметри вибраного технологічного обладнання, які узагальнено у табл. 2.6.

Таблиця 2.5 – Характеристики лампи HNS 55W

Потужність, Вт	Напруга, В	Струм, А	Потік світла, лм	Бактерицид на дія, мбк	Строк служби, тис. год	Габарити, мм	
						довжина	діаметр
55	230	0,7	180	8000	9	895	30

Таблиця 2.6 – Технічні дані електроприводів технологічного обладнання

Назва технологічного процесу	Тип	Встановлена потужність, кВт	Тип двигуна	Паспортні дані двигуна									
				Частота обертів, об/хв	Потужність, кВт	Струм, А	ККД, %	cosφ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	
Накопичення	ПЗМ-15	8,6	AIP132M4Y3	1450	11	22	87,5	0,87	7,5	2,0	2,2	1,6	
Подрібнення	Тома-hawk	30	AIP180M4Y3	1470	30	57	92	0,87	7,0	1,7	2,7	1,5	
Запарювання	АПС-6	15	AIP160M6Y3	920	15	30	87,5	0,87	6,0	1,2	2,0	1,1	
Дозування	ДТК	0,27	AIP63B4Y3	1320	0,37	1,2	68	0,7	5,0	2,1	2,2	1,8	
Подача готової соломи	ЛТ-4-500	0,75	AIP80A6Y3	920	0,75	2,3	70	0,7	4,5	2,0	2,2	1,6	

Світлотехнічна відомість подана у графічній частині роботи. [30–32]

## 2.4 Висновки з розділу 2

Після вивчення технології вирощування грибів та аналізу приміщення було здійснено підбір і оптимальне розташування технологічного обладнання та освітлювальних приладів. Виконано розрахунок системи освітлення, на основі якого обрано лампу НТ-Т14АС30W15FE у світильнику ЛСП-18 із потужністю 30 Вт, а також бактерицидну лампу моделі HNS 55W. Сформовано відповідну світлотехнічну відомість, яку подано у графічній частині роботи.

### **3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ**

Оскільки камери інкубації та плодоношення класифікуються як приміщення з особливими умовами високої вологості та хімічно активним середовищем, технологічне обладнання, що використовується у таких середовищах, повинно забезпечувати рівень захисту не нижче IP 54. Проектування і підбір відповідного устаткування здійснюються з урахуванням конструктивно-габаритних характеристик культивацийного приміщення для вирощування грибів, а також маси субстрату, завантаженого у процесі вирощування. При цьому існують суттєві відмінності від вибору технічного оснащення для тваринницьких комплексів. Це зумовлено тим, що субстрат грибів, на відміну від живих організмів, не здатний підтримувати сталий температурний режим при зміні температури внутрішнього повітря. Хоча мікроклімат частково регулюється біологічним тепловиділенням, спричиненим метаболічною активністю міцелію, цього недостатньо для компенсації зовнішніх впливів.

Особливістю приміщень для культивування грибів є те, що правильний підбір обладнання для опалення та вентиляції забезпечує лише потенційну можливість досягнення заданих температурних параметрів субстрату та внутрішнього повітря. Однак ключову роль відіграє підтримання стабільної різниці температур, необхідної для нормативного рівня випаровування води як субстратом, так і грибами. Керування температурою субстрату за умови сталої швидкості потоку повітря над його поверхнею здійснюється виключно через регулювання температури повітря у приміщенні. Отже, врахування динаміки змін температури субстрату та повітря є критично важливим аспектом під час організації технологічного процесу.

Вологісний баланс у приміщенні також є одним із ключових факторів успішного культивування грибів. Зниження вологості повітря нижче критичних значень призводить до інтенсивного випаровування зв'язаної вологи, що спричиняє висихання поверхні грибів. В умовах надвисокої вологості, близької

до стану насичення водяної пари, процес випаровування припиняється. У іншому випадку волога починає випаровуватися з поверхні гриба і спричиняє втрату його маси. Тому важливо підтримувати баланс пружність/еластичність під час вирощування.

Розрахунки показують, що для отримання 1 кг врожаю необхідно витратити близько 2 л води. З цієї кількості близько 45 % або 0,9 л води поглинається грибами для розвитку. Наприклад, при урожайності 100 кг/т субстрату за один цикл вирощування тривалістю 8 днів, кількість води, що повинна випаровуватися, становить 570 г на тонну субстрату за годину.

Процеси нагрівання повітря взимку та охолодження влітку відбуваються зі зниженням парціального тиску пари у повітрі. Це призводить до інтенсифікації випаровування вологи із субстрату та грибів понад нормативні межі. Для компенсації таких втрат у холодну пору року до приміщення подають додаткову порцію водяної пари, причому її кількість зменшується зі збільшенням температури довкілля. Надходження пари припиняється разом із зупинкою функціонування нагрівальних пристроїв. Влітку вологість повітря підтримують за рахунок розпилення води або збільшенням частоти поливу субстрату.

### 3.1 Розрахунок і вибір електрообладнання

Під час організації вирощування грибів у спеціально призначених та пристосованих приміщеннях для культивації, вибір систем опалення та вентиляції здійснюється на етапі проектних розробок. У рамках цього процесу визначають баланс тепла у цеху для вирощування грибів для умов стаціонарного режиму:

$$Q_C - Q_{BV} - Q_{ВП} + Q_{ПП} - Q_{ОГ} + Q_P = 0, \quad (3.1)$$

де  $Q_P$  – тепловий потік за рахунок регуляції у системі вентиляції, кВт;

$Q_{ВП}$  – тепловтрати витяжного повітря, кВт;

$Q_{ОГ}$  – тепловтрати елементами будівельних конструкції, кВт;

$Q_{ПП}$  – теплонадходження припливного повітря, кВт;

$Q_{BB}$  – сумарні тепловтрати від грибів та ґрунтової суміші, спричинені випаровуванням вологи, кВт;

$Q_C$  – сумарне власне теплонадходження від грибів та ґрунтової суміші, кВт.

На базі рівняння теплового балансу можна розробити модель системи регулювання параметрів мікроклімату у культиваційному приміщенні. Вираз (3.1) дозволяє обчислювати ключові енергетичні показники обладнання залежно від змін температури довкілля. Процеси повітрообміну, спрямовані на підтримання заданих показників температури та концентрації діоксиду вуглецю, поділяються на три характерні зони:

1) за умови встановлення заданої концентрації діоксиду вуглецю і температурного режиму, тоді тепловий баланс підтримують за допомогою роботи системи опалення (холодний період року);

2) якщо система опалення не функціонує (теплий період року), підтримання температурного режиму та теплового балансу досягається регулюванням концентрації діоксиду вуглецю як зниженням, так і підвищенням рівнів  $CO_2$  у межах допустимих рівнів за рахунок роботи системи вентиляції;

3) якщо досягається встановлений рівень концентрації вуглекислого газу, регулювання температури та підтримання теплового балансу здійснюється за рахунок як зменшення, так і підвищення концентрації цього газу в межах допустимих значень.

Виходячи з існуючих рекомендацій з вирощування з урахуванням розрахованих вище конструктивних параметрів цеху беремо необхідну потужність систем підігріву повітря  $P_{наг} = 15кВт$  та охолодження  $P_{охол} = 15кВт$ . Необхідна витрата водяної пари складає  $m = 16кг / год$ . [8]

Здійснюємо підбір вентилятора, електродвигуна приводу та нагрівальних елементів. Виходячи з відомої питомої вентиляційної норми, розрахуємо продуктивність вентилятора:

$$L_{ВЕНТ} = M \cdot L_{РОЗР}, \quad (3.2)$$

де  $M$  – маса субстрату, т

$$L_{ВЕНТ} = 20 \cdot 200 = 4000 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Для системи вентиляції як правило обирають вентилятор радіального типу. Обираємо вентилятор В – Ц4 – 75 – 5 з такими параметрами:

а) продуктивність за умовами всмоктування:

- номінальна 3780 м<sup>3</sup>/год;
- у робочій зоні 2650–5600 м<sup>3</sup>/год.

б) тиск нагнітання:

- номінальний 0,389 кПа;
- у робочій зоні 0,231–0,422 кПа;

в) максимальний ККД 0,84;

г) номінальна частота обертання валу компресора 930 об/хв;

д) маса вентилятора без електродвигуна 76,8 кг;

е) потужність приводу на номінальному режимі роботи 750 Вт.

Відповідно до визначеної потужності здійснюємо вибір електричного двигуна, орієнтуючись на частоту та вказану потужність електродвигуна. Отримані результати вибору систематизуються у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри електроприводу [33]

Маркування	Частота, об/хв	Номінальна потужність, Вт	Напруга живлення, В	Струм живлення, А	ККД, %	Коефіцієнт потужності cosφ
AIP71B4U3	1350	750	400	2,14	73	0,73

Для забезпечення нагрівання повітря обрано трубчастий електронагрівач, технічні характеристики якого наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – До вибору електронагрівача [44]

Маркування	Напруга живлення, В	Потужність $P_H$ , Вт	Діаметр трубки, мм	Довжина трубки, мм
ТЕН 60-А6/0,6-Т-220-І	230	600	6	600

Визначаємо необхідне число ТЕНів

$$N = \frac{P_{НАГ}}{P_H}, \quad (3.3)$$

$$N = \frac{15}{0,6} = 25.$$

За умови підключення ТЕНів зіркою на кожен фазу число ТЕНів, що приходить на фазу:

$$N_{\phi} = \frac{N}{m}, \quad (3.4)$$

де  $m$  – число фаз,  $m = 3$

тоді

$$N_{\phi} = \frac{25}{3} \approx 9.$$

Фазний струм

$$I_H = \frac{N_{\phi} \cdot P_H \cdot 10^3}{U_m}, \quad (3.5)$$

де  $U_m$  – мережна напруга, В;  $U_m = 230\text{В}$ .

Отже,

$$I_H = \frac{9 \cdot 0,6 \cdot 10^3}{230} = 22,9 \text{ А}.$$

Для забезпечення оптимального рівня відносної вологості повітря обираємо зволожувальний пристрій з такими параметрами:

- робочий тиск –  $(3 - 6)\text{бар}$ ;
- дисперсність крапель води –  $70\text{мкм}$ ;

– клапан антикрапельний на тиск (0,8–1,5)бар.

Для підтримання робочого процесу обираємо компресор з такими характеристиками:

- марка 2BU0,35–0,5/7,3M4
- робоче тіло повітря;
- тип поршневий
- продуктивність, м<sup>3</sup>/хв 0,5;
- тиск, Па 6,3;
- ресивер, л 60;
- напруга, В 400;
- встановлена потужність, кВт 4.

Привод компресора відбувається асинхронним електродвигуном із короткозамкненим ротором, технічні характеристики якого подано у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри електродвигуна для компресора [33]

Маркування	Частота, об/хв	Номінальна потужність, Вт	Напруга живлення, В	Струм живлення, А	ККД, %	Коефіцієнт потужності
AP10014УЗ	1410	4000	400	8,5	85	0,84

Для здійснення охолодження повітря обрана система охолодження за допомогою кондиціонера каналного типу моделі GREE GFH60K3FI/GUHD60NM3FO, технічні характеристики якого подано у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Пристрій підтримання мікроклімату [35]

Внутрішній/зовнішній блоки	Холодопродуктивність, кВт	Приєднана потужність, кВт
GREE GFH60K3FI/ GUHD60NM3FO	15	3,8

### 3.2 Розроблення схеми автоматичного керування

Елементи керування кліматичними параметрами мають складну динаміку та нестабільність параметрів, що зумовлюється технологічними особливостями виробництва закритого ґрунту (див. табл. 2.1). Водночас агротехнічні вимоги передбачають високу точність підтримання температури (похибка до 1 °С), її зміну залежно від фази вегетації і поточного часу. Ці фактори ставлять перед системами автоматизації складні завдання щодо вдосконалення їх функціональності та технологічних можливостей.

Таблиця 3.6 – Взаємозалежність фізичних характеристик мікроклімату камери плодоношення та їх вплив на процеси культивування грибів

Назва параметра	Од. вим.	Пояснення
Концентрація CO <sub>2</sub> у повітрі (об.)	%	У повітрі довкілля знаходиться близько 0,34 % CO <sub>2</sub> . Підтримується системою вентиляції, кратністю повітрообміну
Температура довкілля	°С	Впливає на температуру ґрунтово-міцелярної суміші та випаровування з її поверхні та поверхні грибів
Температура ґрунтової суміші	°С	Впливає на швидкість випаровування вологи з поверхонь грибів та субстрату
Відносна вологість довкілля	%	
Освітленість у приміщенні	лк / м <sup>2</sup>	Визначає формування зародку гриба

Виконання агротехнічних вимог сприятиме отриманню врожаю високої якості, здатного конкурувати на ринку. Для досягнення цього необхідно впроваджувати сучасні автоматизовані рішення та забезпечувати правильну

експлуатацію електротехнічного обладнання, що дозволить уникнути аварій і забезпечить стабільність роботи систем.

На основі описаного вище технологічного процесу, була складена схема автоматичного керування, що подана у графічній частині. Ця схема дозволяє здійснювати контроль ключових фізичних параметрів клімату у камері плодоношення, детально описаних у табл. 3.5.

У той самий час, у табл. 3.5 наведено лише частину параметрів, за якими здійснюється контроль мікроклімату. Проте саме ці показники є найбільш придатними для автоматизації порівняно з іншими параметрами, що зазначені нижче.

Відповідно до табл. 3.6 розроблено функціональну схему автоматичного керування, яку наведено у графічній частині.

### **3.3 Вибір засобів автоматичного керування**

При виборі засобів автоматичного керування важливо дотримуватись стандартів Державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП), що дозволяє формувати відповідну структуру системи та забезпечувати можливість автономної заміни окремих компонентів.

Для проєктованої системи автоматичного керування пріоритет необхідно надавати тим технічним засобам автоматичного керування, що входять до системи ДСП. На основі зазначених критеріїв здійснюється вибір відповідних засобів автоматизації відповідно до специфіки технологічного процесу, що відображено у табл. А.1.

Запропоновані засоби автоматичного керування забезпечують необхідний рівень надійності та якісне регулювання процесів. Зокрема, пристрої типу ПКУ-4В, а також програмовані контролери марки IDEC, надають можливість оперативного перепрограмування, що полегшує адаптацію до виробництва інших різновидів грибів.

Функція автоматичного налаштування пристрою регулятора дозволяє підтримувати перепад температур між оточуючим повітрям і ґрунтово-

міцелярною сумішшю. Це дозволяє оптимізувати процес випаровування вологи з поверхні субстрату та грибів, забезпечуючи стабільні умови для їх розвитку.

Основні параметри елементів системи наведено у табл. А.2–А.6.

### **3.4 Розробка електричної схеми живлення цеху [43]**

Схема керування технологічним процесом повинна відповідати таким технічним та функціональним вимогам:

1) реалізація системи захисту електродвигуна, який є приводом вентилятора, що забезпечить надійність та довговічність його роботи;

2) наявність світлової індикації (сигналізації) для відображення стану роботи машин, а також поточного режиму функціонування технологічної лінії;

3) функція блокування увімкнення бактерицидної лампи при відкритому кожусі фільтра повітропроводу, що забезпечує безпечну експлуатацію;

4) забезпечення дії як у ручному, так і в автоматичному режимах, що дозволяє адаптивно керувати залежно від умов;

5) постійний контроль мінімального і максимального рівнів води у ємності, яка подається на систему підтримання вологості у приміщенні;

6) забезпечення захисту засобів вимірювання та контролю, призначених для моніторингу параметрів мікроклімату приміщення;

7) контрольований запуск робочих машин із врахуванням специфіки технологічного процесу, що передбачає чіткий порядок виконання операцій:

7.1) забезпечення підтримання вологості: увімкнення вентилятора – перевірка наявності тиску у ресивері – підтвердження наявності води у резервуарі;

7.2) підтримання рівня температури: пуск вентилятора супроводжується увімкненням ТЕНів або кондиціонеру;

7.3) мікробіологічна обробка повітря приміщення: через деякий інтервал часу після активації бактерицидної лампи здійснюється відкривання засувки, що забезпечує процес провітрювання у приміщенні;

8) захист компресорного обладнання з метою запобігання аварійним ситуаціям і підвищення стабільності його роботи;

9) можливість перевірки працездатності датчиків рівня та інших елементів пульта керування, що сприяє оперативному технічному обслуговуванню.

Дотримання зазначених вимог є ключовим для ефективної роботи управлінської системи машинами та забезпечення надійності експлуатації обладнання у заданих технологічних умовах.

Електрична принципова схема електроустановки подана у графічній частині роботи.

### **3.5 Вибір пуско-захисної апаратури та апаратів захисту**

У створеній схемі реалізуються автоматичні вимикачі як захисні пристрої та використовуються проміжні реле і магнітні пускачі із вбудованим тепловим реле для виконання комутаційних функцій в електричних двигунах.

Нижче подано алгоритм вибору пуско-захисного пристрою – автоматичного вимикача (АВ) QF1 та магнітного пускача КМ1 для управління вентилятором, що має асинхронний двигун із короткозамкненим ротором. [43]

#### **Підбір пускового пристрою**

Автоматичний пуско-захисний пристрій обираємо за поданою нижче послідовністю:

1) обираємо модель – ВА51 для QF1;

2) перевіряємо напругу  $U_{AB}$

$$U_{AB} \geq U_M, \quad (3.6)$$

де  $U_{AB}$  – напруга, на яку розрахований АВ (довідкові дані), В;

$U_M$  – мережева напруга, В;  $U_M = 400$  В.

Задаємося  $U_{ав} = U_M = 400$  В.

3) перевіряємо умову забезпечення робочого струму

$$I_{н.ав.} \geq I_p, \quad (3.7)$$

де  $I_{н.ав.}$  – струм, на який розраховано АВ (довідкові дані), А;

$I_p$  – робочий струм у ланцюзі, де встановлюємо АВ, А.

Машина М1  $I_p = 2,14$  А. Задаємося  $I_{н.ав.} = 25$  А.

4) Обраємо комбінований вид розчеплювача.

5) перевіряємо умову забезпечення спрацювання АВ за струмом відсічення розчеплювача:

$$I_{від.ем.ст} \geq I_{від.ем.p}, \quad (3.8)$$

де  $I_{від.ем.ст}$  – струм відсічення вимикача (довідкові дані), А;

$I_{від.ем.p}$  – робочий струм відсічення розчеплювача, А;

Струм відключення електромагнітного розчеплювача електродвигуна

$$I_{від.ем.p} = (1,5-1,8) I_{н.дв}, \quad (3.9)$$

де  $I_{н.дв}$  – максимальний струм електродвигуна під час пуску, А;

$$I_{н.дв} = I_{н.дв} \cdot k_i, \quad (3.10)$$

де  $I_{н.дв}$  – розрахунковий струм у електродвигуні, А;  $I_{н.дв} = 2,14$  А;

$k_i$  – коефіцієнт збільшення струму під час пуску,  $k_i = 5$

$$I_{н.дв} = 2,14 \cdot 5 = 10,7 \text{ А};$$

$$I_{від.ем.p} = 1,8 \cdot 10,7 = 19,3 \text{ А}.$$

Струм теплового розчеплювача  $I_{тр}$ :

$$I_{т.p.} \geq I_n, \quad (3.11)$$

$$I_{тр} = 2,5 \text{ А} > I_n = 2,14 \text{ А};$$

$$I_{відк.ем.ст} = I_{тр} \cdot k, \quad (3.12)$$

де  $k$  – кратність струму відключення теплового розчеплювача,  $k = 10$ ;

$$I_{від.ст} = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ А};$$

$$I_{від.ем.p} = 19,3 \text{ А} > I_{від.ем.ст} = 25 \text{ А};$$

6) кількість полюсів – три (трифазна мережа);

7) ступінь захисту – IP 54.

8) кліматичне виконання, категорія розміщення – У3.

Обираємо автоматичний вимикач для QF1 BA51Г25 – 34.

Вибір інших автоматичних вимикачів здійснюємо аналогічно, а отримані результати заносимо до табл. Б.1, а також відображаються на аркуші графічної частини.

### Підбір пристроїв пуску

Пристрої пуску (магнітний пускач) обираємо за таким алгоритмом:

1) тип – ПМЛ (увімкнення КМ2);

2) напруга  $U_{н.пп}$

$$U_{н.пп} \geq U_m, \quad (3.13)$$

де  $U_m$  – клас напруги мережі, В;  $U_m = 400В$

$$U_{н.пп} = U_m = 400В;$$

3) номінальний струм  $I_{н.пп}$

$$I_{н.пп} \geq I_{н.дв}, \quad (3.14)$$

$$I_{н.дв} = 2,14А \text{ (електропривід М1)}$$

$$I_{н.пп} = 10А > I_{н.дв} = 2,14А;$$

4) номінальна напруга котушки  $U_{н.к}$

$$U_{н.к} \geq U_{м.ф}, \quad (3.15)$$

$$U_{н.к} = U_{м.ф} = 230В;$$

5) присутність теплового реле

так, РТЛ-1.

Умова вибору теплового реле

$$I_{н.т.р} \geq I_n, \quad (3.16)$$

де  $I_{н.т.р} = 25А$  (довідкові дані);

$$I_n = 2,14А;$$

$$I_{н.т.р} = 25А \geq I_n = 2,14А.$$

Умова (3.16) виконується, отже, реле підібрали вірно.

6) кліматичне виконання, категорія розміщення – У3;

7) ступінь захисту IP54;

Остаточно для КМ2 беремо пристрій пуску магнітний пускач *ПМЛ-1201002А*, що має такі номінальні параметри:  $U_{н.нп} = 400В$ ;  $I_{н.нп} = 10А$ ;  $U_{н.к} = 230В$ .

Пристрої пуску електрообладнання вибираємо за аналогічним алгоритмом. Результати вибору заносимо до табл. Б.2.

### 3.6 Вибір елементів електрощитової зони

Існуючі технологічні вимоги до проектування, електрифікації та діючі норми безпеки визначають, що шафа управління і силова шафа мають бути розташовані в електрощитовій зоні з обов'язковим обладнанням огорожі. [45]

Маркування елементів електрощитової зони:

- електросилова шафа – *Ш8926-367404*.
- шафа керування – *Ш8526-367404*.
- щит системи освітлення – *ЯРН8501-3812*.

Силова схема електромережі подана у графічній частині роботи.

Пульт керування системою автоматизації виконує функції контролю, управління та сигналізації для автоматизованого об'єкта. На фронтальних панелях пульта передбачено інформаційні написи, що роз'яснюють призначення окремих секцій пульта.

Електричні з'єднання подані як схема у графічній частині роботи.

Дверцята шафи мають різноманітні елементи, що забезпечують контроль, сигналізацію, панель регулятора та можливість перемикання без її відкриття. У шафі на її задній стінці встановлено підібрані вище пристрої керування та пуску електрообладнанням (реле часу, магнітні пускачі і теплові реле).

Наведена у графічній частині роботи схема показує послідовність приєднань обладнання (система освітлення, пристрої живлення елементами керування запірною арматурою та датчиками рівня у ресивері, електроприводи, ТЕНи тощо) до клемної коробки шафи, розташованими поза її межами. Схема живильної мережі також представлена у графічній частині.

### 3.7 Аналіз структурної схеми автоматизації [46]

Будь-яка система автоматичного керування повинна бути стійкою під час здійснення процесу регулювання, тому її необхідно аналізувати, скласти структурно-функціональні та алгоритмічні схеми.

Систему підтримання параметрів мікроклімату можна охарактеризувати так:

- а) алгоритм функціонування – програмний;
- б) зв'язок регулятора з об'єктом управління – розімкнутий;
- в) принцип керування – за відхиленням параметру;
- г) закон регулювання – пропорційно-інтегрально-диференціальний;
- д) характер керування – дискретний.

Схема керування цієї системи подана у графічній частині роботи.

Систему регулювання режиму роботи класифікуємо так:

- а) алгоритм функціонування – програмний;
- б) зв'язок регулятора з об'єктом управління – розімкнутий;
- в) принципом керування – за збуренням;
- г) закон регулювання – пропорційний;
- д) характер керування – дискретний.

Систему підтримання концентрації CO<sub>2</sub> у повітрі камери класифікуємо так:

- а) алгоритм функціонування – слідкуюча;
- б) зв'язок регулятора з об'єктом управління – замкнений;
- в) принцип керування – за відхиленням;
- г) закон регулювання – пропорційно-інтегрально-диференціальний;
- д) характер регулювання – дискретний.

Система підтримання параметрів мікроклімату є однією з ключових у досліджуваному об'єкті, тому перевіримо її стійкість. Інші системи керування (керування освітленням і вмістом CO<sub>2</sub>) як правило є стійкими, оскільки вони розроблені та перевірені виробниками відповідних систем керування.

Підтримання необхідних вимог щодо точності, чутливості та інерційності засобів автоматизації потрібно правильно обрати закон регулювання.

Візьмемо об'єкт із передавальним коефіцієнтом діючого органу  $0,2 \text{ } ^\circ\text{C}/\%$ , тривалістю чистого запізнення  $600 \text{ с}$ , сталою часу регулювання  $600 \text{ с}$  і такими характеристиками перехідного процесу: максимальне динамічне відхилення  $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ , статистична похибка  $0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , час регулювання  $720 \text{ с}$ , перерегулювання при збуренні  $0,3$ , а також максимальне динамічне збурення при зміні навантаження –  $30 \%$ .

Послідовність виконання розрахунків:

1) динамічний коефіцієнт ( $R_\delta$ ) для статичних об'єктів

$$R_\delta = \frac{y_1}{k_{об} \cdot y_e}, \quad (3.17)$$

$$R_\delta = \frac{3}{0,2 \cdot 30} = 0,5.$$

Обираємо два стандартних типи перехідних процесів: аперіодичний та той, що забезпечує мінімальний інтегральний критерій. Для реалізації процесу регулювання використовуємо ПІД-регулятор, при якому статистична похибка зведена до нуля.

2) відносний час регулювання

Відносний час налаштування для аперіодичного перехідного процесу: час, необхідний аперіодичному регулятору для стабілізації системи  $\psi_{під} = 4,5$ .

3) Розрахунковий час регулювання

$$t_{p.під} = \psi_{під} \cdot \tau_{об}, \quad (3.18)$$

$$t_{p.під} = 4,5 \cdot 600 = 2700 \text{ с};$$

$$t_{p.під} < t_p. \quad (3.19)$$

Для досліджуваного об'єкта ПІД-регулятор забезпечує заданий час регулювання, що є ключовою вимогою для досягнення ефективної роботи системи. Зважаючи на це, доцільно запропонувати використання ПІД-режиму у програмному регуляторі IDEC FL1F-H12RCC для забезпечення належної динамічної поведінки системи.

Отже, передавальні функції структурно-алгоритмічної моделі для системи керування параметрами мікроклімату можна описати таким виразом:

$$W(p) = k_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_{iz} \cdot p} + T_n \cdot p \right), \quad (3.20)$$

де  $T_{iz}$  – час регулювання ізодромної ланки, с;

$k_p$  – коефіцієнт передачі сигналу регулятора;

$T_n$  – час, що визначає вплив диференціальної ланки, с

$$k_p = \frac{T_1 + T_2}{k \cdot T_{im}}, \quad (3.21)$$

$$T_{iz} = T_1 + T_2, \quad (3.22)$$

$$T_n = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2}, \quad (3.23)$$

де  $T_1, T_2$  – сталі часу зворотного зв'язку регулятора, с;

$k$  – передавальний коефіцієнт зворотного зв'язку пристрою автоматичного керування;

$$W_{oc}(p) = \frac{1}{W_1(p)}. \quad (3.24)$$

Програмний регулятор серії IDEC FL1F-H12RCC [35] дозволяє значно підвищити ефективність процесу керування шляхом усунення необхідності проведення ручних розрахунків завдяки функції автоматичного тарування, заснованого на методі «одиничного стрибка», а також дозволяє здійснювати керування усіма процесами віддалено через систему Інтернет. Регулятор дозволяє довільно налаштовувати алгоритм керування залежно від типу датчиків, їх кількості та взаємозв'язку між ними. Все це відображається на панелі дисплею та у відповідному додатку на персональному комп'ютері. Також вказаний регулятор дозволяє керувати іншими автоматичними регуляторами. У процесі налаштування після підключення і первинного тестування пристрою необхідно обрати (або задати) номер програми автоматичного налаштування. Для прикладу, під час регулювання температури у камері, вмикається нагрівальний елемент, що провокує поступове збільшення температури. Зі зростанням температурного показника спостерігається також підвищення швидкості її зміни. Однак після досягнення певного тимчасового інтервалу, темп зростання починає

зменшуватися. На цьому етапі нагрівальний елемент автоматично вимикається, а пристрій здійснює обчислення оптимальних параметрів для налаштування ПД-регулятора.

Окрім цього, визначення передавальної функції контрольованої системи, зокрема у режимі обігріву, передбачає врахування таких важливих характеристик об'єкта керування, як час запізнення. Розташування температурних датчиків є ключовим чинником: їх монтують у центральній частині камери між повітропроводами, які постачають повітря, і стіною, розміщеною навпроти джерела тепла. Це спричиняє затримку у сприйнятті зміни температури, яка дорівнює чверті часу, потрібного для оновлення об'єму повітря. Отже, час запізнення визначається за співвідношенням параметрів системи та фізичних умов

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot \frac{V}{G}, \quad (3.25)$$

де  $G$  – подача вентилятора,  $\text{м}^3/\text{год}$ ,  $G = 3780 \text{ м}^3 / \text{год}$ ,

$V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ,  $V = S \cdot h = 150 \cdot 3 = 450 \text{ м}^3$ ;

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot \frac{450}{3780} = 0,029 \text{ год} = 1,8 \text{ с}.$$

Оскільки температура повітря у системі опалення змінюється практично миттєво, виникає потреба виділення елемента чистого запізнення як складової частини передавальної функції досліджуваного об'єкта

$$W_1(p) = e^{-\tau \cdot p}; \quad (3.26)$$

$$W_1(p) = e^{-1,8 \cdot p}.$$

Для формулювання рівняння, яке описує об'єкт керування, було обрано нічний режим функціонування грибниці, за якого температура залишається сталою, а гриби в інкубаційній камері або відсутні, або знаходяться на початковому етапі свого розвитку. [36]

### **3.8 Висновок з розділу 3**

У цьому розділі здійснено детальний аналіз параметрів температури і вологості повітря у приміщенні грибного цеху. На основі отриманих даних проведено розрахунок і здійснено вибір електромеханічного обладнання для забезпечення функціонування системи мікроклімату. Розроблено функціональну схему автоматизації, у межах якої виконано підбір відповідних технічних засобів автоматики. Додатково створено електричну принципову схему електричної установки. Проведено оптимізацію через вибір пуско-захисної апаратури, а також досягнуто узгодження її роботи з обраними видами провідників. Було виконано корекцію конструкції шафи керування, а також проведено синтез і аналіз структурних схем автоматизації для забезпечення їх належної функціональної взаємодії.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Обґрунтування вибору пристроїв захисного вимкнення

Аналіз випадків електротравматизму серед працівників сільськогосподарського сектору та мешканців сільської місцевості свідчить про підвищену небезпеку ураження струмом під час експлуатації електроустановок з напругою до 1 кВ. Більшість таких інцидентів могла б бути попереджена за умов використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ). Особливу загрозу становить випадковий контакт людини зі струмопровідними частинами електроустановок, особливо у приміщеннях із підвищеною вологістю, у тому числі приміщеннях з хімічно активним середовищем. У таких випадках, при аварійному контакті з фазною напругою, струм може дійти до значень, що перевищують безпечний рівень (5,5–24 мА). Потенційно небезпечний дотик до струмопровідних частин нерідко трапляється під час виконання робіт безпосередньо на обладнанні, яке перебуває під напругою.

Приміщення, де розташоване електросилове обладнання для підтримання необхідних параметрів мікроклімату, а також приміщення для культивування грибів належать до категорій із надзвичайно високою вологістю та хімічно активним середовищем. У цих умовах постійна наявність водяних парів і парів субстрату створює конденсат і суміші, які можуть пошкоджувати ізоляцію та струмопровідні частини технічного обладнання.

До зон із високим ризиком належать приміщення з електросиловим устаткуванням, які мають струмопровідну бетонну підлогу та підвищену вологість як повітря, так і поверхонь. Особливо небезпечним є контакт людини з металевими конструкціями будівель, апаратів чи механізмів, які мають заземлення, одночасно з дотиком до корпусів електрообладнання.

Враховуючи ці фактори, доцільно використовувати ПЗВ як ефективний захисний засіб. Ці пристрої забезпечують швидке автоматичне вимкнення живлення електроустановки у випадку виникнення ризику ураження електричним струмом, значно зменшуючи ймовірність нещасних випадків.

## 4.2 Основні вимоги до пристроїв захисного вимкнення

Основні вимоги до ПЗВ:

- 1) миттєва реакція: час вимкнення не повинен перевищувати 15 мс;
- 2) висока ефективність: ПЗВ має точно спрацьовувати при втраті струму у межах 0,9–1,2 від номінального значення;
- 3) стабільність параметрів: їх збереження повинно бути гарантованим протягом часу та за різних умов довкілля;
- 4) надійність: пристрій має витримувати не менше 10000 циклів спрацювання, а термін його експлуатації – більше 10 років. Варто також передбачити функцію самодіагностики для виявлення можливих несправностей;
- 5) селективність відключень: досягається встановленням декількох ступенів ПЗВ на різних частинах мережі із різними налаштуваннями струмів та часу реакції. При цьому пристрої встановлюють безпосередньо поруч зі споживачем;
- 6) універсальність: бажане використання ПЗВ, які поєднують декілька видів захисту, зокрема від ураження струмом, коротких замикань і перевантажень.

Додаткові вимоги до функціональних характеристик ПЗВ:

- 1) пристрій, призначений для відключення обладнання у випадку контакту людини з обладнанням, що заходиться під напругою, повинен обмежувати силу струму через тіло та час його впливу до значень, що відповідають нормам правил улаштування електроустановок (ПУЕ), у межах до 1 с;
- 2) налаштування порогових струмів необхідно забезпечити у діапазоні від 0,002 до 1,0 А для мережі із глухозаземленою нейтраллю;
- 3) ПЗВ має гарантувати відповідність вимогам незалежно від того, перебуває система під робочою напругою чи її подачу щойно увімкнено;
- 4) максимально допустимі відхилення порогових струмів і часу відключення в умовах дестабілізуючих факторів мають бути вказані у технічних умовах (ТУ) на конкретний тип ПЗВ;
- 5) паспортна стійкість ПЗВ повинна відповідати впливу умов довкілля, зазначених у документації.

### 4.3 Вибір пристроїв захисного вимкнення

Відповідно до вимог щодо функціональних характеристик ПЗВ та їх стійкості до зовнішніх впливів, усі захисні пристрої, призначені для використання у зонах класу В-П-а за показниками пожежо- та вибухонебезпечності, повинні відповідати деяким іншим вимогам. Зокрема, зони, де встановлюються пристрої ПЗВ, не повинні містити значної кількості пилу, а також хімічно активних парів і газів у концентраціях, що здатні пошкодити металеві елементи та ізоляцію ПЗВ. Крім того, ці пристрої мають бути захищеними від впливу опадів, бризок води, мастил, емульсій і прямого впливу сонячного випромінювання.

Відповідно до зазначених умов, пропонується використовувати такі пристрої: для індивідуального захисту – АЗВ-2 2Р С25А/0,03, для групового захисту – LRE-A 110-230-380V, а також для забезпечення загального захисту мережі. Технічні характеристики відповідних пристроїв наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні технічні дані ПЗВ [37, 38]

Параметр	АЗВ-2 2Р С25А/0,03	LRE-A 110-230- 380V
Номинальна напруга живлення, В	230/400	230/400
Номинальний струм, А	16; 25; 32; 40; 63; 80; 100	25 (трансформатор струму)
Кількість полюсів	2; 4	4
Вставка струму спрацювання, мА	10; 30; 100; 300	300; 500
Час спрацювання, мс	30	30

Уставки для ПЗВ мають бути надійними у використанні, забезпечувати високу чутливість і оперативність дії. Їх селективність значно визначається як конструкцією самого пристрою, так і схемою включення у мережу, яку вони захищають. Чутливість і швидкодія, у свою чергу, залежать від допустимих

значень струму, безпечних для людського організму. Рекомендується використовувати уставки для ПЗВ, враховуючи величину струму та характеристику навантаження.

Вибір сили струму вставок  $I_{\epsilon}$  здійснюється з огляду на максимальний рівень струму, який може бути небезпечним для людини, а також значення  $I_{м.ф}$  під час оцінювання тривалості впливу та параметрів максимальних струмів втрати  $I_{м.вт}$

$$I_{м.вт} < I_{\epsilon} \ll I_{м.ф}, \quad (4.1)$$

Величину диференційного струму спрацювання,  $I_{\epsilon}$ , обирають керуючись максимальними пусковими струмами, що становлять  $I_{пуск} = 10-12$  мА. Отже, для індивідуального захисту струмоприймачів із врахуванням їх номінального споживаного струму задаємо  $I_{\epsilon} = 10$  мА. Для групового захисту, забезпечення якого передбачає дотримання селективності, визначено  $I_{\epsilon} = 30$  мА. При загальному захисті, орієнтованому на номінальний струм навантаження, обираємо значення  $I_{\epsilon} = 0,5$  А. За необхідності захисту цеху для вирощування грибів в цілому та мережі живлення зокрема застосовуємо уставку  $I_{\epsilon} = 1$  А. Відповідний пристрій захисного вимикання (ПЗВ) розміщуємо на фідері підстанції.

#### 4.4 Місце встановлення ПЗВ та особливості їх експлуатації

З урахуванням особливостей технологічного процесу вирощування грибів, а також вимог до захисту електрообладнання і пристроїв ПЗВ, обираємо змішаний підхід до забезпечення безпеки. Цей підхід передбачає комплексний захист, що складається з трьох рівнів: загального, групового та індивідуального захисту. Загальний захист реалізується встановленням ПЗВ біля розподільного щита. Груповий захист забезпечується встановленням ПЗВ на кожній фазі, де розташовані виконавчі механізми. Індивідуальний захист організовується застосуванням ПЗВ на окремих струмопровідних частинах струмоприймачів. Усі пристрої ПЗВ розміщені в електрощитовій.

**Особливості експлуатації пристроїв ПЗВ.** Регулярно, щонайменше раз на тиждень, необхідно проводити перевірку працездатності схеми за допомогою імітації струму втрат через контрольну кнопку. Рекомендується здійснювати перевірку справності за відсутності навантаження. Якщо під час перевірки за допомогою контрольної кнопки ПЗВ не спрацьовує, подальше його використання забороняється до усунення несправності. Здійснювати будь-які підключення до клем ПЗВ під час його роботи заборонено. У випадку спрацювання захисту через несправність мережі необхідно повторно ввімкнути захист. Якщо після повторного ввімкнення ПЗВ знову спрацьовує, необхідно виявити та ліквідувати несправність у мережі.

#### **4.5 Загальні санітарно-гігієнічні заходи**

У грибному цеху рекомендовано впроваджувати такі заходи для забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану та запобіганню поширенню інфекцій:

- 1) організувати ефективну систему очищення повітря із періодичною заміною фільтрів;
- 2) підтримувати стабільний надлишковий тиск повітря у камерах вирощування, щоб уникнути проникнення інфекцій з довкілля;
- 3) використовувати спеціальний одяг і взуття для роботи у приміщеннях культивуації. Під час інокуляції субстрату застосовувати лише чистий спецодяг; його повторне використання у цих зонах не допускається;
- 4) щоденно очищувати та дезінфікувати спецодяг і взуття;
- 5) проводити періодичне миття та дезінфекцію камер, обладнання та інвентар після завершення технологічних операцій;
- 6) ретельно видаляти органічні залишки із камер вирощування, забезпечуючи їх своєчасне вивезення за межі підприємства;
- 7) для збирання врожаю використовувати чисту та продезінфіковану тару. Всі відходи збирати у герметичні ємності та утилізувати за межами цеху після наповнення;

8) відбракувати субстратні блоки з будь-якими ознаками інфекційного ураження;

9) утримувати всю територію грибного цеху чистою, озеленювати доступні ділянки;

10) після завершення кожного циклу виробництва очищувати камери від субстрату, ретельно мити, дезінфікувати і готувати до нового обороту культури.

#### **4.6 Система вентиляції цеху для вирощування грибів**

Вентиляційна система має забезпечувати оптимальні умови, які відповідають технічним вимогам, зокрема підтримання необхідного температурно-вологісного режиму та хімічного складу повітря у приміщеннях цеху для вирощування грибів. Серед компонентів мікроклімату найважливіше значення для таких приміщень мають температурні показники повітря, підлоги та огорожувальних конструкцій, оскільки вони безпосередньо впливають на теплову регуляцію, теплообмін, а отже, і на метаболічні процеси в організмі гриба та інші аспекти його розвитку.

З практичної точки зору мікроклімат приміщень трактується як контрольований повітрообмін, що передбачає організоване видалення забрудненого повітря та подачу свіжого через систему вентиляції. Ця система дозволяє підтримувати належні температурно-вологісні параметри та хімічний склад повітря, забезпечувати рівномірну циркуляцію атмосфери всередині приміщення з метою запобігання утворенню застійних зон, а також уникати конденсації водяної пари на внутрішніх поверхнях огорожень, таких як стіни й стелі.

Дослідження показали, що впродовж року у приміщеннях цеху для вирощування грибів діють різномірні негативні фактори, серед яких надлишкові чи недостатні теплонадходження, підвищений рівень вологості або вуглекислого газу. Домінуючий вплив тієї чи іншої проблеми залежить від зовнішніх умов, передусім температури навколишнього середовища. Для типових грибниць у регіонах із зовнішніми температурами від  $-10$  до  $-20$  °C найбільшу шкоду завдає

надмірна вологість; при температурах нижче  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  – надлишкова концентрація вуглекислого газу, а за умов температур вище  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  зростає ризик від надлишкових теплонадходжень. У зв'язку з цим, при розрахунках повітрообміну для холодного (опалювального) сезону враховують необхідність видалення надлишкової кількості вуглекислого газу та водяної пари. У перехідний і теплий періоди року основну увагу приділяють усуненню надмірного тепла й вологи.

Параметри для визначення необхідного повітрообміну, включаючи гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у приміщенні, оптимальні показники якості повітря, а також обсяги тепловиділень, вологості та газових утворень, обираються на основі відповідних довідково-нормативних документів.

Повітрообмін, необхідний для підтримання допустимого рівня концентрації вуглекислого газу, визначається за відповідною формулою:

$$L_{CO_2} = \frac{m_{\bar{o}} \cdot c_{\bar{o}}}{c_1 - c_2}; \quad (4.3)$$

$$L_{CO_2} = \frac{400 \cdot 180}{1,5 - 0,3} = 60000 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де  $c_1$  – ГДК  $CO_2$  у об'ємі приміщення,  $л/м^3$  ( $c_1 = 1,5 \text{ л} / \text{м}^3$ );

$c_{\bar{o}}$  – об'єм  $CO_2$ , що виділяється одним мішком,  $л/год$  ( $c_{\bar{o}} = 180 \text{ л} / \text{год}$ );

$c_2$  – початкова концентрація  $CO_2$  у доквіллі,  $л/м^3$  ( $c_2 = 0,3 \text{ л} / \text{м}^3$ );

$m_{\bar{o}}$  – кількість мішків, шт. ( $m_{\bar{o}} = 400 \text{ шт}$ ).

Витрата повітря для забезпечення ГДК  $CO_2$

$$L_w = \frac{W}{\rho_n (d_n - d_3)}, \quad (4.4)$$

де  $\rho_n$  – густина повітря,  $кг/м^3$  ( $\rho_n = 1,24 \text{ кг} / \text{м}^3$ );

$d_n$  – вологовміст повітря у приміщенні цеху,  $г/кг$  сух. пов.;

$d_3$  – вологовміст зовнішнього повітря,  $г/кг$  сух. пов.;

$W$  – витрата вологи, що випаровується у приміщенні цеху,  $г/год$ .

Вологовиділення у приміщенні цеху для вирощування грибів аналізується з урахуванням випаровуваної вологи з мішка (блоку), а також втрат води, що виникають через випаровування з відкритих і мокрих поверхонь

$$W = W_n + W_{\text{вун}}, \quad (4.5)$$

де  $W_n$  – кількість вологи, що випаровується за годну під час поливу мішка, г/год;

$W_{\text{вун}}$  – кількість вологи, що випаровується за годну з відкритих поверхонь, г/год.

Кількість вологи, що випаровується за годну під час поливу мішка

$$W_n = \omega_{\delta} \cdot m_{\delta}; \quad (4.6)$$

$$W_n = 487 \cdot 400 = 194800 \text{ г / год},$$

де  $\omega_{\delta}$  – питома витрата водяної пари від одного блоку (мішка) на годину, г/год ( $\omega_{\delta} = 487$  г/год).

Для оцінки витрати води, що випаровується поверхнею приміщення, необхідно розглянути процес випаровування з відкритої вологої поверхні, яка є аналогом вільного джерела вологості  $W_{\text{см}}^{\text{вун}}$  та зі зволоженої поверхні  $W_{\text{мп}}^{\text{вун}}$

$$W_{\text{вун}} = W_{\text{зм}}^{\text{вун}} + W_{\text{мп}}^{\text{вун}}. \quad (4.7)$$

Масова витрата води  $W_{\text{см}}^{\text{вун}}$  зі зволоженої поверхні

$$W_{\text{зм}}^{\text{вун}} = \omega_{\text{зн}} \cdot S_n; \quad (4.8)$$

$$W_{\text{зм}}^{\text{вун}} = 50 \cdot 2053,8 = 102690 \text{ г / год},$$

де  $\omega_{\text{зн}}$  – коефіцієнт масовіддачі, г/(м<sup>2</sup>·год) ( $\omega_{\text{зн}} = 50$  г/(м<sup>2</sup>·год));

$S_n$  – поверхня випаровування, м<sup>2</sup> ( $S_n = 2053,8$  м<sup>2</sup>).

Вологовиділення зі зволоженої поверхні

$$W_{\text{мп}}^{\text{вун}} = \omega_{\text{мп}} \cdot S_{\text{мп}}; \quad (4.9)$$

$$W_{\text{мп}}^{\text{вун}} = 11 \cdot 60,5 = 665,5 \text{ г / год},$$

де  $\omega_{mn}$  – коефіцієнт масовіддачі зі зволоженої поверхні, г/(м<sup>2</sup>·год)  
( $\omega_{mn} = 11$  г/(м<sup>2</sup>·год));

$S_{mn}$  – площа поверхні, м<sup>2</sup> ( $S_{mn} = 60,5$  м<sup>2</sup>).

У результаті з виразу (4.7) отримаємо

$$W_{вир} = 102690 + 665,5 = 103355,5 \text{ г / год}.$$

Отже, відповідно до виразу (4.5) вологовиділення у цеху

$$W = 194800 + 103355,5 = 298155,5 \text{ г / год},$$

а необхідний повітрообмін за надлишком вологи у приміщенні цеху

$$L_w = \frac{298155,5}{1,24(12 - 2)} = 24044,8 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Порівнюючи отримані значення необхідних повітрообмінів (за надлишком CO<sub>2</sub>  $L_{CO_2}$  та випаровуванням води  $L_w$ ) обираємо найбільше значення, тобто  $L_{CO_2} = 30000$  м<sup>3</sup> / год.

Щоб визначитися з типом системи вентиляції для приміщення цеху, необхідно розрахувати необхідну кратність повітрообміну. Цей показник відображає, скільки разів протягом години повітря у деякому об'ємі повністю оновлюється:

$$K = \frac{L}{V}; \tag{4.10}$$

$$K = \frac{30000}{6879,6} = 4,36,$$

де  $L$  – витрата повітря у системі вентиляції, м<sup>3</sup>/год ( $L_{CO_2} = 30000$  м<sup>3</sup> / год));

$V$  – об'єм приміщення за внутрішніми обмірами, м<sup>3</sup> ( $V = 6879,6$  м<sup>3</sup>).

Кратність повітрообміну не повинна перевищувати трьох разів. Якщо кратність повітрообміну становить  $n < 3$ , використовують природну вентиляцію. Для показників  $n = 3-5$  застосовується примусова вентиляція без застосування нагрівання свіжого повітря, а за умови, що  $n > 5$  – з обов'язковим підігрівом.

Отже, вентиляцію виробничого приміщення для 400 мішків з ґрунтово-міцелярною сумішшю задаємося системою примусової вентиляції без додаткового підігріву повітря. У такій системі подача свіжого повітря здійснюється за допомогою припливних вентиляторних установок.

При розрахунку подібних систем враховують періодичний режим роботи установок, тому продуктивність вентиляційної системи  $L_{вс}$  має перевищувати розрахункове значення повітрообміну у 2–3 рази:

$$L_{вс} = (2 - 3)L; \quad (4.11)$$

$$L_{вс} = 2,5 \cdot 30000 = 75000 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

З метою рівномірного розподілу свіжого повітря по об'єму цеху встановлюють повітропроводи. Їх кількість визначають, враховуючи розміри приміщення, тип вирощуваних грибів, особливості технологічного процесу та інші фактори. Переважно вентилятором оснащують кожен повітропровід, і в такому разі продуктивність вентилятора  $Q_{нов}$  складе

$$Q_{нов} = \frac{L_{вс}}{r_k}; \quad (4.12)$$

$$Q_{нов} = \frac{75000}{2} = 37500 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де  $r_k$  – число повітропроводів, шт. (задаємося  $r_k = 2$ ).

Через те, що продуктивність вентилятора понад  $8000 \text{ м}^3 / \text{год}$ , кількість вентиляторів і повітропроводів, які до них підключаються, визначається виразом:

$$n_g = \frac{L_{вс}}{8000}; \quad (4.13)$$

$$n_g = \frac{75000}{8000} = 9,375.$$

Округляємо кількість вентиляторів до більшого цілого ( $n_g = 10$ ), та уточнюємо необхідну продуктивність вентилятора

$$Q_{BV} = \frac{L_{bc}}{n_6}; \quad (4.14)$$

$$Q_{BV} = \frac{75000}{10} = 7500 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Розраховуємо діаметр повітропроводу

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{Q_{BV}}{\pi w_{нов}}}; \quad (4.15)$$

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{7500}{3,14 \cdot 13}} = 0,45 \text{ м},$$

де  $w_{нов}$  – середня швидкість руху повітря у повітропроводі, м/с ( $w_{нов} = 12 - 15 \text{ м} / \text{с}$ ).

Для забезпечення руху повітря повітропроводами важливо щоб його тиск перевищував атмосферний на деяку величину, яку називають напором. Напір розвиває вентилятор (або компресор), а витрачається він на рух повітря каналами і проходження ним місцевих опорів (коліна, вхідні та вихідні решітки, забірні пристрої, засувки, калорифери тощо).

Величину напору розраховують через складові суму втрат тиску за рахунок гідравлічного тертя  $H_{тер}$  та втрат на місцевих опорах  $h_{мо}$

$$H = H_{тер} + h_{мо} = \frac{\rho_{нов} w_{нов}^2}{2} \left( \lambda \frac{L}{2d} + \sum \xi \right), \quad (4.16)$$

де  $\rho_{нов}$  – густина, кг / м<sup>3</sup> ( $\rho_{нов} = 1,24 \text{ кг} / \text{м}^3$ );

$w_{нов}$  – швидкість, м/с ( $w_{нов} = 12 - 15 \text{ м} / \text{с}$ );

$\lambda$  – коефіцієнт тертя ( $\lambda = 0,02 - 0,03$ );

$L$  – довжина каналів, якими рухається повітря, м ( $L = 140 \text{ м}$ );

$\sum \xi$  – сумарний коефіцієнт місцевих опорів.

Його розраховують за виразом

$$\begin{aligned}\sum \xi &= \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 + \xi_7 = \\ &= 1,1 + 0,55 + 0,2 + 0,18 + 0,25 + 0,05 + 0,5 = 2,23,\end{aligned}\tag{4.17}$$

де  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_6, \xi_7$  – відповідно коефіцієнти місцевого опору у коліні  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ , у відводі, за рахунок раптового розширення каналу, у заслінці, у жалюзі.

Отже, за виразом (4.16) отримаємо

$$H = \frac{1,24 \cdot 13^2}{2} \left( 0,025 \cdot \frac{140}{2 \cdot 0,45} + 2,23 \right) = 641,14 \text{ Па}.$$

Вентилятори підбирають за необхідною об'ємною продуктивністю та напором. Для цього користуються аеродинамічними характеристиками та номограмами.

Частота обертання вентилятора

$$\begin{aligned}n_{вен} &= \frac{A}{N_{вент.}}, \\ n_{вен} &= \frac{4250}{6} = 708,3 \text{ об/хв.}\end{aligned}\tag{4.18}$$

Необхідна потужність приводу

$$\begin{aligned}N &= \frac{Q \cdot H}{3600 \cdot \eta_e \cdot \eta_{пер}}; \\ N &= \frac{7500 \cdot 641,14}{3600 \cdot 0,6 \cdot 0,95} = 2343,3 \text{ Вт},\end{aligned}\tag{4.19}$$

де  $\eta_e$  – ефективність вентилятора (задаємося  $\eta_v = 0,6$ );

$\eta_{пер}$  – ефективність передачі вентилятора (для ремінної передачі  $\eta_{пер} = 0,95$ ).

Система вентиляції цеху подана у графічній частині роботи. [39, 40]

#### 4.7 Висновки з розділу 4

У цьому розділі здійснено аналіз і обґрунтовано вибір пристроїв технічної безпеки з використанням ПЗВ. Враховуючи функціональні вимоги до стійкості та впливу зовнішніх факторів, було обрано такі пристрої: пристрій захисного

відключення АЗВ-2 2Р С25А/0,03 для індивідуального захисту, реле витоку струму LRE-A 110-230-380V для групового захисту, а також загального захисту електричної мережі.

Враховуючи вимоги до безпеки та санітарних норм, у виробничому приміщенні цеху рекомендовано впровадження відповідних санітарно-гігієнічних заходів.

Для підтримання оптимального температурно-вологісного режиму та необхідного хімічного складу повітря у приміщенні цеху була розроблена і розрахована примусова система вентиляції, яка працює без підігріву припливного повітря.

## 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Економічна доцільність впровадження автоматизації технологічних процесів у різних аспектах діяльності, у тому числі під час реставрації об'єкта, його проектування або в умовах поточного виробничого процесу, може бути оцінена виконанням техніко-економічних розрахунків. Важливим етапом для обґрунтування ефективності інвестицій є визначення і максимальне зменшення капітальних і експлуатаційних витрат.

Для обчислення капітальних витрат здійснюється оцінка загальної вартості комплексної системи автоматизації технологічного процесу. Цей процес включає складання кошторису електротехнічного обладнання, розрахунок якого базується на аналізі прайс-листів компаній і постачальників, що спеціалізуються на реалізації електротехнічної продукції, що входить до складу системи. Узагальнена інформація щодо витрат на електрообладнання, а також обладнання системи забезпечення параметрів мікроклімату подана у табл. 5.1.

Розрахуємо річні зведені витрати

$$B_{зв} = E_n \cdot (K + B_p) \quad (5.1)$$

де  $E_n$  – це нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, який застосовується при механізації і автоматизації окремих процесів, модернізації або частковій заміні обладнання; у даному випадку  $E_n = 0,4$ ;

$K$  – капітальні витрати відповідно до кошторису (табл. 5.1);  $K = 262610$  грн;

$B_p$  – річні витрати виробництва, що обчислюються за формулою, грн

$$B_p = ЗП + B_a + B_{н.р} + B_{ел} + B_{експл}, \quad (5.2)$$

де  $ЗП$  – заробітна плата разом із нарахуваннями, грн;

$B_a$  – амортизаційні відрахування на капітальний ремонт і оновлення обладнання, які складають 10 % від капітальних витрат;  $B_a = 0,1K$ , грн;

$B_{n.p}$  – витрати на поточний ремонт, що становлять 4 % від капітальних витрат;

$B_{n.p} = 0,04K$ , грн;

$B_{ел}$  – витрати, пов'язані зі споживанням електроенергії, грн;

$B_{експл}$  – експлуатаційні витрати (наприклад, інвентар або спецодяг), що становлять приблизно 1 % від загальної суми річних витрат.

У результаті формула (5.2) набуває вигляду:

$$B_p = 1,01(3П + B_a + B_{n.p} + B_{ел}). \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1 – Кошторис електрообладнання системи підтримання мікроклімату

Тип	Кіл-ть, шт	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
ПКУ-4В	1	13100	13100
IDEC FL1F-H12RCC	1	12000	12000
Система охолодження	1	140000	140000
ВІ-О MINI 3 кВт	1	7400	7400
РТ-2/ПО1	1	2000	2000
ДПУ-1М	1	25	25
ВП-15К21Б221	2	220	440
УЗО-01	3	1700	5100
DS Electronics	2	350	700
ВА51Г-2534-0010P54У3	3	300	900
ВА51Г-3134-0010P54У3	1	300	300
ВА51-2514-0010P54У3	5	300	1500
ПМЛ-1210О2А	1	1300	1300
ПМЛ-2110О2А	1	350	350
ПМЛ-1110О2А	2	95	190
РП-12	6	800	4800
АІР71В4У3	1	3350	3350
АІР100L4У3	1	6750	6750
АІР112М4У3	1	8750	8750
ТЕН 60-А6/0,6-Т-220-І	27	75	2025
ЛСП-18	18	250	4500
НТ-Т14АС30W15FE	18	1000	18000
HNS 55W	1	530	530

Продовження табл. 5.1

Тип	Кіл-ть, шт	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
АПВ4 (1x2,5)	20	20	400
АПВ4 (1x5)	5	140	700
АПВ2x2,5	130	5	650
АПВ1x2,5	10	3	30
ПКУ3-11	4	400	1600
ПКЕ-112-2 У3	10	160	1600
НL+R	19	30	570
НА	1	50	50
РВ-4-2	2	500	1000
Ш8526-367404	1	2000	2000
Монтажні роботи	–	–	20000
РАЗОМ	–	–	262610

Визначимо річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу

$$ЗП = (n \cdot z \cdot ЗП_{зм} + H) \cdot T_p, \quad (5.4)$$

де  $n$  – чисельність працівників у зміні,  $n = 2$ ;

$z$  – кількість змін на добу,  $z = 2$ ;

$ЗП_{зм}$  – заробітна плата одного працівника, що доводиться на одну зміну,

$$ЗП_{зм} = 950 \text{ грн};$$

$T_p$  – кількість робочих днів на рік,  $T_p = 251 \text{ день}$ ;

$H$  – нарахування до основного фонду заробітної плати, беремо 22 % від основного фонду заробітної плати, який приймається 26 грн/год.

Отже, річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу

$$ЗП = (2 \cdot 2 \cdot 950 + 0,22 \cdot 950) \cdot 251 = 1006259 \text{ грн}.$$

Річні витрати на електроенергію

$$B_{ел} = K_o \cdot \sum P_{ном} \cdot T_{ел} \cdot T_p \cdot 21, \quad (5.5)$$

де 21 – відносна тривалість роботи системи регулювання параметрів мікроклімату щодо загальної тривалості технології вирощування гливи;

$K_o$  – коефіцієнт одночасності роботи, задаємося  $K_o = 0,6$ ;

$\Sigma P_{ном}$  – сумарна номінальна потужність електрообладнання для підтримання параметрів мікроклімату ( $\Sigma P_{ном} = 26,86 \text{ кВт}$ );

$T_{ел}$  – тариф на електричну енергію II класу для промислових споживачів з ПДВ з урахуванням вартості на розподіл та передачу у Сумській області,  
 $T_{ел} = 6,9 \text{ грн} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$ .

Отже, річні витрати на електроенергію

$$B_{ел} = 0,6 \cdot 26,86 \cdot 6,9 \cdot 251 \cdot 21 = 586137 \text{ грн}.$$

За формулою (5.3) визначимо річні витрати на виробництво

$$B_p = 1,01 \cdot (1006259 + 0,1 \cdot 262610 + 0,04 \cdot 262610 + 586137) = 1645453 \text{ грн}.$$

За формулою (5.1) визначимо річні зведені витрати

$$B_{зв} = 0,4 \cdot (262610 + 1645453) = 763225 \text{ грн}.$$

Річні витрати праці на виробничий процес (люд.-год.):

$$Z_{II} = n \cdot z \cdot t \cdot T_p, \quad (5.6)$$

де  $t$  – тривалість зміни, год.

$$Z_{II} = 2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 251 = 8032 \text{ люд} \cdot \text{год}.$$

Питомі витрати праці ( $\text{люд} \cdot \text{год} / \text{т}$ ):

$$Z_{II,II} = \frac{Z_{II}}{G_p}, \quad (5.7)$$

де  $G_p$  – річний обсяг продукції,  $G_p = 22 \text{ т}$ ;

$$Z_{II,II} = \frac{8032}{22} = 365,1 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{т}.$$

Простий термін окупності капіталовкладень

$$T = \frac{K}{E_p}, \quad (5.8)$$

де  $E_p$  – річний економічний ефект,  $\text{грн} / \text{рік}$ ;

$$E_p = 0,3 \cdot (G_p \cdot C_{зр} - B_{зв}), \quad (5.9)$$

де  $C_{зр}$  – оптова вартість грибів; задаємося  $C_{зр} = 75 \text{ грн} / \text{кг}$ .

0,3 – коефіцієнт, який враховує витрати на отримання субстрату.

$$E_p = 0,3 \cdot (22000 \cdot 60 - 763225) = 556775 \text{ грн.}$$

З формули (5.8) знаходимо простий термін окупності

$$T = \frac{262610}{556775} = 0,47 \text{ року} = 5,6 \text{ міс.}$$

## ВИСНОВКИ

Підвищена зацікавленість у культивуванні грибів має довготривалий історичний контекст і зумовлена їхнім унікальним хімічним складом. Їстівні гриби є джерелом високоякісних білків, комплексу вітамінів, активних ферментів, екстрактивних і мінеральних речовин.

Вирощування їстівних грибів в Україні впливає на вирішення екологічно важливої проблеми утилізації органічних відходів, одночасно забезпечуючи високий вихід харчової продукції. Окрім того, субстрати, що залишаються після вирощування таких грибів, як печериці та гливи звичайної, знаходять застосування як цінне натуральне добриво.

У роботі виконано аналіз потенціалу з промислового вирощування грибів у Сумській області і він показав, що підприємство ТОВ «Хлібодар» має високі шанси на ефективну реалізацію такого бізнес плану, адже у регіоні практично відсутні значимі конкуренти, підприємство має всі необхідні дозвільні документи та місце для розміщення виробництва, а попит на гриби (особливо гливи) постійно зростає.

Далі у роботі було підібрано технологічне обладнання та освітлювальні прилади. Системи освітлення побудована на основі енергозберігаючої LED лампи NT-T14AC30W15FE та бактерицидної лампи HNS 55W для забезпечення захисту грибів від розмноження патогенних мікроорганізмів.

Важливим аспектом, що визначає ефективність вирощування грибів є підтримання параметрів мікроклімату. У роботі виконано підбір основного обладнання системи: вентилятори, нагрівальних елементів, системи кондиціонування, а також електроприводи до них.

Досягнення високої врожайності не можливе без запровадження сучасних автоматизованих рішень та забезпечення правильної експлуатації електротехнічного обладнання. З цією метою у роботі було розроблено функціональну схему автоматизації, що дозволяє підтримувати всі основні

параметри мікроклімату та освітленість. Також здійснено вибір пуско-захисної апаратури та узгодження апаратів захисту, проводи, щити і шафи керування.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано обґрунтування вибору та призначення пристрів технічної безпеки, захисного вимкнення, захисного відключення. Також виконано розрахунок та спроектовано систему вентиляції цеху.

У економічному розділі розроблено кошторис електрообладнання системи підтримання мікроклімату відповідно до підбраного енергетичного обладнання. Річний економічний ефект склав 556,8 тис. грн, простий термін окупності склав 5,6 міс.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Баранова С. В., Кольцова И. Ф. Выращивание съедобных грибов. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2001. – 176 с.
- 2 Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т. Культивирование съедобных грибов. – К.: Урожай, 1992. – 160 с.
- 3 Гребенюк В. П. Вирощування їстівних грибів / Урожай, 2005. – 45 с.
- 4 Вирощування грибів як бізнес в Україні: технології та особливості. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://weagro.com.ua/blog/vyroshhuvannya-grybiv-yak-biznes-v-ukrayini-tehnologiyi-ta-osoblyvosti>.
- 5 В Україні розвивається промислове вирощування грибів [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://isgkr.com.ua/index.php/features/novyny/aktualni-novyny/460-v-ukraini-rozvyvaietsia-promyslove-vyroshchuvannya-hrybiv>. В Україні розвивається промислове вирощування грибів.
- 6 Грибы и грибоводство / Авт.-сост. П. А. Сычѳв, Н. П. Ткаченко / Под общ. ред. П. А. Сычѳва. – Д.: Издательство Сталкер, 2003. – 512 с.
- 7 Морозов А. И. Грибы: Руководство по разведению. – Донецьк : Издательство Сталкер, 2002. – 304 с.
- 8 Латюк Г. І. Грибівництво : практикум для студентів вищих закладів освіти І–ІV рівнів акредитації, які навчаються за освітньо-професійними програмами бакалавр і магістр спеціальностей «Агрономія» та «Садівництво і виноградарство» / Г. І. Латюк, Л. М. Попова. – Одеса : Астропринт, 2021. – 140 с.
- 9 Вдовенко С. А. Вирощування їстівних грибів: Навч. посібн. Вінниця. – 2011. – 135 с.
- 10 Агарков А. Н. Інтенсивна технологія вирощування плеврота звичайного. Вісник аграрної науки. 2006. – № 5. – С. 18–21.
- 11 Болотських О.С., Вдовенко С.А. Виробництво гливи звичайної та її економічна ефективність // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. – Випуск 4(63). – С.104 – 114.

12 Вдовенко С. А. Особливості культивування гливи звичайної на солом'яних субстратах / С. А. Вдовенко // Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» 23-26 березня 2011 р. Збірник наукових праць ВНАУ. – Вінниця, 2011. – Випуск 8(48). – С. 75–79.

13 Вдовенко С.А. Урожайність *Pleurotus ostreatus* в умовах захищеного ґрунту / С. А. Вдовенко // Проблеми сталого розвитку агросфери: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 195-річчю від дня заснування ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 4–6 жовтня 2011 року. – Харків: Харківський Нац. аграр. ун-т, 2011. – С. 106–108.

14 Вдовенко С.А. Використання споруд захищеного ґрунту для культивування *Pleurotus ostreatus*. / С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2011. – Випуск 9(49). – С. 113 – 120.

15 Вдовенко С.А. Урожайність *Pleurotus ostreatus* в умовах захищеного ґрунту / С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Харківського національного аграрного університету. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. – Харків, 2011. – Випуск 10(11). – С. 249–253.

16 Вдовенко С.А. Формування врожаю гливи звичайної залежно від інтенсивності освітлення. / С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. – Випуск 1(57). – С. 11–18.

17 Вдовенко С.А. Виробництво гливи звичайної в захищеному ґрунті / С. А. Вдовенко // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Овочівництво і баштанництво». – Харків, 2012. – № 58. – С.62–70.

18 Вдовенко С.А. Глива звичайна на ринку сільськогосподарської продукції / С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (Економічні науки). – Мелітополь, 2013. – №1 (21). Том 3. – С.70 – 76.

19 Гриби [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://www.rbc.ua/rus/tag/gribi-08092021/2>.

20 За 4 роки виробництво грибів збільшилося на 20 %. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://dzi.gov.ua/press-centre/news/za-4-roky-vyrobnytstvo-grybiv-zbilshylosya-na-20/>

21 Siwulski M., Sas-Golak I. Nowoczesna uprawa pieczarki. – Warszawa: PWRiL, 2004. – 232 s.

22 Ziombra M. Uprawa grzybow. – Poznan: PWRiL, 2007. – 153 s.

23 Mushrooms. National Agricultural Statistics Service (NASS). U.S. Department of Agriculture [Електронний ресурс] / Режим доступу : [http // www.usda.gov/nass](http://www.usda.gov/nass).

24 Dawidowicz L. Wpływ rodzaju dodatku do podłoża z trocin na wzrost grzybni i plon bocznika mikołajkowego *Pleurotus eryngii* (DC.) Quéf. Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce. Agronomia i ochrona roślin: monografia / L.Dawidowicz, S.Wdowienko – Poznań, 2017. – S. 48–53.

25 Dawidowicz L. Wpływ rodzaju słomy i suplementacji podłoża na plon bocznika różowego *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedjin. W: J. Nowakowska-Grunt, J. Kabus (red.). / L. Dawidowicz, S.Wdowienko, M. Siwulski // Czynniki produkcji a uwarunkowania gospodarcze. Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice. – 2017. – S. 51–58.

26 Mushroom statistics. FAOSTAT [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.faostat.fao.org/site/613/DesktopDefault.aspx? PageID=613#ancor>.

27 RIO. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://rio-champignon.com.ua>.

28 Як виглядає виробництво шампінйонів у Волновасі. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://volnovakha.city/articles/178352/yak-viglyadaye-virobnictvo-shampinjoniv-u-volnovasi-foto>.

29 Як у селі неподалік Луцька вирощують шампінйони. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://konkurent.ua/publication/152918/yak-u-seli-nepodalik-lutska-viroschuut-shampinyoni-video>.

29 ТОВ «Хлібодар» [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://kurkul.com/karta-kurkuliv/9352-tov-hlibodar>.

30 Терешкевич, Л. Б. Освітлення промислових споруд та житлових будинків : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Л. Б. Терешкевич, О. В. Бабенко. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 123 с.

31 Червінський Л. С. Електротехнології та електроосвітлення : навч. посібник [Текст] / Л. С. Червінський, А. І. Чміль, Л. О. Сторожук, Г. М. Борщ, С. М. Усенко, Т. С. Книжка – Київ : ЦП «Компрінт», 2017. – 684 с.

32 Яковлєв В. Ф. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення [Текст] / за заг. ред. проф. В.Ф. Яковлєва. // В. Ф. Яковлєв, Р. В. Кушлик, О. С. Квітка, Ю. М. Куценко. – Мелітополь : ТОВ «Люкс», 2010. – 106 с.

33 Каталог електродвигунів AIR. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://xn--80aqy.com.ua/uk/katalog\\_elektrodvuguniv\\_air/](https://xn--80aqy.com.ua/uk/katalog_elektrodvuguniv_air/)

34 Спліт-система GREE GFH60K3FI/GUHD60NM3FO [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://surl.li/xtqmul>.

35 Програмний регулятор серії IDEC FL1F-H12RCC. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://mktg.idec.com/en-us/smart-relay-fl1f>.

36 Бондарь Е. С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич, под общ. ред. Е. С. Бондаря. – К. : ИВИК, издательство ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – 560 с.

37 Автоматичний вимикач захисного відключення ПРОМФАКТОР АЗВ-2 С25А. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://surl.li/gkfxek>.

38 Реле витікання на землю LRE-A 110-230-380V. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://surl.li/bbppky>.

39 Липа А. И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. – Одесса : ОГАХ, издательство ОГЦНТЭИ, 2002. – 225 с., ил.

40 Нимич Г. В. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха / Г. В. Нимич, В. А. Михайлов, Е. С. Бондарь. – К. : ИВИК, издательство ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2003. – 626 с.

41 ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Текст]; Мінрегіон України. – Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2018. – 133 с.

42 Правила улаштування електроустановок [Текст]; Міненерговугілля України. – Київ : Індустрія, 2022. – 800 с.

43 Основи електропостачання : Методичні вказівки щодо виконання практичних завдань для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної і заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [Електронне видання] / укл.: В. М. Козін, О. Ю. Савойський, С. В. Шашков, О. В. Рясна. – Суми, 2025 – 82 с.

44 ТЕН Ø 6мм / 0,6 кВт / 60см / прямий, гнучкий (нержавіючої) Туреччина [Електронний ресурс] / Режим доступу : <https://atn.org.ua/teny-dlya-vozduhokalorifery/teny-gibkie/ten-o-6mm-06kvt-60sm-pryamoYGibkiy-nerzhaveyushchiy>

45 Основи електропостачання : Конспект лекцій для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної і заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [Електронне видання] / укл.: В. М. Козін, О. Ю. Савойський, С. В. Шашков, О. В. Рясна. – Суми, 2025 – 308 с.

46 Проектування систем автоматизації. Практикум. Ч. 1. – Навчальний посібник / Укл.: Ю. А. Запорожець, С. В. Плашихін, Д. М. Складанний. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 74 с.

# ДОДАТКИ