

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Іванов Олександр Дмитрович

УДК 631. 544.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування можливості модернізації електротехнологічного
обладнання установок для закритого ґрунту

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О. Д. Іванов.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Прядко Володимир Анатолійович

старший викладач кафедри

електрифікації, автоматизації

виробництва та інженерної екології

Консультант

Соколовський Олег Феліксівич

к. т. н., доцент кафедри

електрифікації,

автоматизації виробництва та

інженерної екології

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Іванов О. Д. Обґрунтування можливості модернізації електротехнологічного обладнання установок для закритого ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В роботі проведено розробку ефективних виробничих технологій, обґрунтовано вибране діюче та нове електротехнологічне обладнання, розроблені автоматизовані схеми, до них специфікації для модернізації електротехнологічного обладнання установок для закритого ґрунту.

Ключові слова: керування, мікроклімат, модернізація, розробка, обігрів, опромінення, теплиця, схема.

ANOTATION

Ivanov O. D. Ground of upgradability electro-technological equipment of settings is for the closed soil. it is Qualifying work on rights for a manuscript. Qualifying work on the receipt of educational degree bachelor after speciality a 141 “Electroenergy, electrical engineering and electromechanics”. it is the Polissia national university, Zhytomyr, 2024.

In this work, the development of effective production technologies was carried out, the existing and new electrical equipment was substantiated, automated circuits were developed, and specifications for the modernisation of electrical equipment for greenhouses were developed.

Keywords: control, microclimate, modernisation, development, heating, irradiation, greenhouse, scheme.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ	
ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В ТЕПЛИЦЯХ.....	7
1.1. Огляд вирощування овочевих культур в теплицях.....	7
1.2. Дослідження можливостей зменшення енергетичних затрат в теплицях.....	8
Висновки до першого розділу.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	
ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ В ТЕПЛИЦЯХ.....	
9	9
2.1. Дослідження ефективності впровадження тригенераційних установок в фермерських господарствах.....	9
2.2. Розробка енергоощадних технологій та електротехнологічного обладнання для обігріву повітря і ґрунту в теплицях.....	12
2.2.1. Розробка технологій та вибір обладнання для обігріву теплиць.....	12
2.2.2. Розробка технологій обігріву теплиць біопаливом без енергетичних затрат.....	13
2.2.3. Облаштування теплої підлоги.....	15
2.2.4. Укладання кабелю, що гріє.....	16
2.2.5. Монтаж ІЧ-випромінювачів.....	16
2.2.6. Розрахунок та вибір водонагрівника для обігріву теплиці.....	18
2.2.7. Розробка пристрою для зменшення енергетичних затрат при експлуатації ТЕНів в водонагрівниках.....	19
2.2.8. Технологія та обладнання для шатрового обігріву теплиці.....	20
2.2.9. Розрахунок та вибір електричного парового котла.....	20
2.2.10. Електричні обігрівачі для маленької теплиці.....	22
Висновки до другого розділу.....	23

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ, ВИБОРУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ТА ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ.....	24
3.1. Дослідження джерел світла для повноцінного освітлення та опромінення в теплицях.....	24
3.2. Дослідження та застосування індукційних ламп.....	25
3.3. Використання індукційних фітоламп для рослин.....	26
3.4. Підсвічування в теплицях і оранжереях.....	27
3.5. Розрахунок та вибір установок для опромінення рослин в теплицях.....	30
Висновки по третьому розділу.....	30
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ	31
4.1. Дослідження вирощування помідор з поєднанням HPS- та LED-освітлення.....	31
4.2. Використання червоного світла покращує смак томатів.....	32
4.3. Дослідження та аналіз доцільності впровадження люмінесцент-.. ної парникової плівки UbiGro, в фермерські господарства.....	33
Висновки по четвертому розділу.....	34
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35
ДОДАТКИ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. Проведені дослідження та аналіз стану технологій вирощування овочевих культур в закритому ґрунті – теплицях та парниках показали, що вирощування розсади, салатів, овочевих культур, квітів являється енергоємним та фінансово затратним виробництвом.

Найбільші енергетичні та фінансові затрати припадають на створення відповідної температури ґрунту та повітря за рахунок спалювання газу та опромінення рослин за рахунок електроенергії, яка використовується з енергосистеми.

Крім того в військовий час коли можливі аварійні тривалі відключення системи енергопостачання потрібно передбачити друге надійне незалежне джерело енергопостачання, що в значній мірі зменшить збитки в виробництві. Особливо це стосується фермерських господарств.

Тому проведення модернізації електротехнологічного обладнання та встановлення нового, яке дасть можливість зменшити енергозатрати при вирощуванні овочів в теплицях фермерських господарств являється актуальною темою, яка буде розглядатися в роботі.

Об'єкт дослідження – технології виробничих процесів в закритому ґрунті.

Предмет дослідження електротехнологічне обладнання для теплиць.

Мета і завдання – розробка ефективних технологій в закритому ґрунті, модернізація електротехнологічного обладнання, що покращить умови вирощування розсади, салатів, овочевих культур, квітів, зменшить затрати електроенергії.

Практичне значення та інженерні рішення – модернізація електротехнологічного обладнання в теплицях, парниках за рахунок встановлення нового енергоощадного обладнання – одна з заповорок зменшення капітальних та енергетичних затрат в фермерських господарствах.

Основні положення досліджень доповідались, обговорювались і одержали позитивну оцінку на студентських наукових конференціях. За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано дві статті.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Іванов О. Д., бакалавр група ЕТ ЕТ – 20-22ск . Дослідження ефективності впровадження тригенераційних установок в фермерських господарствах. Збірник тез науково-практичної конференції СТУДЕНТСЬКІ НАУКОВІ ЧИТАННЯ за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет. 90-92 с.

2. Іванов О. Д., Вільдеман М. А. бакалаври група ЕТ– 20-22ск. Дослідження можливості впровадження магнітогідродинамічних резонаторів для зменшення енергетичних затрат. Збірник тез науково-практичної конференції СТУДЕНТСЬКІ НАУКОВІ ЧИТАННЯ 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет. 85-87 с.

РОЗДІЛ 1.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В ТЕПЛИЦЯХ

1.1. Огляд вирощування овочевих культур в теплицях

На Україні тепличні комбінати в залежності від площ комплексів поділяються на великі, маленькі і середні.

В зв'язку з енергетичними затратами, які потрібні для створення відповідного мікроклімату для вирощування певних сортів овочів тепличники великих комбінатів вирощують томати, маленьких (які мають в середньому площі по 2 га) – огірки, мікрозелень, середні комплекси – огірки, мікрозелень, томати.

Ряд великих тепличних комбінатів вирощує зараз тільки томати, а огірки не вирощують з 2021 року – їх вирощення для них виявляється занадто енергоємним порівняно з томатом – у півтора-два рази більше витратити енергетичних ресурсів. Технологічно доведено що середня температура вирощування огірків на 4-6 градусів вища за вирощування томаїв. А це енергетичні затрати у 2022-2023 роках ціни були на рівні 60-80 тис. грн. за тисячу кубометрів газу, тож недоцільно було навіть вирощувати томати.

Аналіз тепличних комплексів показує, що необхідно зменшити енергетичні витрати за рахунок впровадження нових ефективних енергозберігаючих технологій та модернізації електротехнологічного обладнання при реконструкції діючих та будівництві нових теплиць.

З цим завданням можуть справитися фермерські господарства так як тепличники діючих комбінатів поки що не озвучували таких планів, нові площі ніхто зараз не планує.

1.2. Дослідження можливостей зменшення енергетичних затрат в теплицях.

Розглянувши технологічні процеси та електротехнологічне обладнання в теплицях можна зробити висновки що вони занадто енергоємні.

Для створення мікроклімату для вирощування овочевих культур на кожній фазі їх розвитку необхідно створити в теплиці відповідну температуру, вологість, вентиляцію, освітлення, опромінення, подати відповідні напруги для підключення механізмів та обладнання для обробки ґрунту, рослин, насіння і т. п.

В основному в діючих тепличних комплексах для обігріву використовується газ, для вентиляційної установки, підігріву води, освітлення, опромінення, напруга підключається від енергетичної системи.

В роботі пропоную розробити енергозберігаючі технології провести модернізацію електротехнологічного обладнання та встановити при необхідності нове, яке дасть можливість зменшити енергозатрати при вирощуванні овочів в теплицях фермерських господарств.

Висновки по першому розділу

Проведено дослідження та аналіз стану технологій вирощування овочевих культур в теплицях.

Виявлено, що вирощування овочевих культур в закритому ґрунті – теплицях являється енергоємним та фінансово затратним виробництвом.

Найбільші енергетичні та фінансові затрати припадають на створення відповідної температури за рахунок спалювання газу та опромінення рослин за рахунок електроенергії, яка використовується з енергосистеми.

Тому в роботі пропонується розробити енергозберігаючі технології, провести модернізацію електротехнологічного обладнання та встановити нове, яке дасть можливість зменшити енергозатрати при вирощуванні овочів в теплицях фермерських господарств.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ В ТЕПЛИЦЯХ

2.1. Дослідження ефективності впровадження тригенераційних установок в фермерських господарствах

Для створення органічного виробництва фермерам доцільно використовувати споруди для захищеного ґрунту це парники та теплиці.

Теплиці та парники являються чудовими площами для органічного виробництва в захищеному ґрунті але вони потребують значного споживання енергоресурсів, які використовують для створення необхідних умов для вирощування розсади, овочів, квітів. Енергоресурси забезпечують створення відповідних параметрів мікроклімату в теплицях. До таких технологічних процесів відносяться: опалення, додаткове освітлення і опромінення при вирощуванні розсади, овочів і квітів, підігрів води, приведення в дію різного роду механізмів і автоматичних пристроїв, обеззараження ґрунту, а також для створення і регулювання відповідних температур за допомогою тепла і холоду за допомогою автоматичного керування технологічними процесами [1, 2].

Дослідження показують що тепличне виробництво являється досить таки енергоємків, що в значній мірі негативно впливає на собівартість вирощеної овочевих культур та їх зберіганні.

Одним із основних рішень цього питань являється зменшення енерговитрат за рахунок впровадження енергоефективних технологій та обладнання.

Практика показала, що одним із доступних способів являється впровадження в фермерські господарства тригенераційні установки.

Три генерація це комбіноване виробництво електроенергії, теплоти і додатково, холоду, тобто це поєднання когенераційної установки з абсорбційною охолоджувальною установкою.

Такі установки працюють на газі, біогазі дизельному та біопаливі.

В фермерських господарствах де є багато органічних відходів, альтернативні види палива доцільно використовувати перш за все різноманітні види біогазу та біопалиа виробництво якого можна створити в фермерському господарстві використовуючи власну біосировину.

При цьому в електричну енергію перетворюється 45 % його енергоресурсу і 45 % в теплову, яку можна використовувати за допомогою теплообмінників і котлів-утилізаторів в теплицях і парниках.

Енергетична ефективність компресорної теплової помпи визначається за відношенням:

$$\varepsilon_c = Q_{mn} / P \quad (2.1)$$

де Q_{mn} - теплопродуктивність, Вт;

P - споживана потужність, Вт.

Для приводу теплового насосу необхідна механічна (компресорний тепловий насос) або тепла (абсорбційний тепловий насос) енергія. При цьому використовується біопаливо або біогаз. Чим вищий коефіцієнт трансформації “ ε ” тим доцільніше застосовувати тепловий насос. Це залежить від конкретної системи теплового насосу. Привід теплового насоса газовим двигуном забезпечує значно краще використання первинної енергії, ніж в звичайному опалювальному котлі або електро тепловому насосі. Досягнутий коефіцієнт трансформації дає можливість оцінити максимально можливу величину використання первинної енергії [2].

Холод, який ми одержуємо, може використовуватись для систем кондиціонування парників, теплиць, овочесховищ, охолодження різноманітної сільськогосподарської продукції. Відомо, що одним з

ефективних способів консервації і зберігання сільськогосподарської продукції є її охолодження. Для того, щоб зберегти якість молока, його необхідно терміново охолодити до 4°C (при тривалому зберіганні).

Виходячи з сьогоднішніх умов невеликим фермерським господарствам економічно вигідніше доставляти молоко на прийомний пункт, який обладнано тригенераційною установкою для охолодження молока. А звідти один раз в добу його відвантажують на переробне підприємство.

Основним принципом абсорбційної циркуляції є заміна компресії тепловим процесом, в якому холодоносій при низькому тиску поглинає абсорбер, потім переміщується в другий теплообмінник, який працює при більш високому тиску. В результаті створюється холодоносій з більш високим тиском, який відповідає умовам конденсації. Процеси в конденсаторі і випаровувачі аналогічні процесам при паровій циркуляції.

Абсорбційне охолодження складається з трьох контурів, між якими проходить обмін тепла. Першим є контур опалювальної води, яка використовується в якості носія внутрішнього теплообміну. Цей контур з'єднує джерело тепла з когенераційною установкою. Другий контур – контур холодної води, який підключений прямо в контур охолодження – як центральне опалення, тільки замість гарячої води наповнений холодною водою, яка в теплицях, овочесховищах охолоджує повітря і відводить з них тепло. Третім є контур охолоджувальної води, який відводить теплу воду до установки охолодження. Охолодження здійснюється найчастіше з використанням охолоджувальних градирень [2].

Використовуючи можливості тригенерації, також можна проводити кондиціонування виробничих і побутових приміщень.

На сучасному етапі впровадження і використання тригенераційних установок в фермерських господарствах дасть можливість стабільно, безперебійно отримувати і використовувати електричну, теплову енергію і енергію охолодження.

2.2. Розробка енергоощадних технологій та електротехнологічного обладнання для обігріву повітря і ґрунту в теплицях.

Для вирощування рослин в закритому ґрунті розробляю нові технології та електротехнологічне обладнання для створення відповідного мікроклімату в повітрі та ґрунті.

2.2.1. Розробка технологій та вибір обладнання для обігріву теплиць

Аналіз технології вирощування розсади, овочів показав необхідність створення відповідного мікроклімату в теплицях одним із основних параметрів являється обігрів. Сонячний обігрів парника не вимагає постійного докладання зусиль і вкладення фінансів. Само по собі тепличне спорудження вже засновано на використанні цієї енергії. Промені сонця проникають крізь прозорий покривний матеріал і нагрівають все всередині (рослини, землю, повітря). При цьому на зовні тепло вийти вже не може – не дає матеріал покриття. Це і є природний парниковий ефект [1].

При будівництві теплиць потрібно звернути увагу щоб максимальний потік сонячних променів потрапляв в теплицю але в холодні пори року потрібний додатковий обігрів теплиць.

Це можна зробити за допомогою водяних акумуляторів, в яких сонячна енергія перетворюється в теплову і довгий час обігріває повітря і ґрунт при відсутності сонячних променів.

Кілька пластикових пляшок з водою всередині за день набирають придостатньо тепла, щоб вночі в парнику розсада відчувала себе надійно захищеною від перепадів температури зовні.

Наприклад пластикові пляшки з нагрітою сонцем водою використовуються для обігріву ґрунту і повітря в теплиці (див. рис. 2.1).



Рис. 2.1. Пластикові пляшки для обігріву ґрунту в теплиці

Однак для вирощування свіжих овочів, салатів, зелені, квітів особливо в холодну пору потрібно встановлювати додаткове опалення.

2.2.2. Розробка технологій обігріву теплиць біопаливом без енергетичних затрат.

Розглянемо декілька прикладів створення підігріву ґрунту при використанні біопалива, яке в результаті гниття виділяє тепло.

При створенні грядок в теплиці закладений гній в процесі гниття підігріває гумус (див. рис. 2.2).

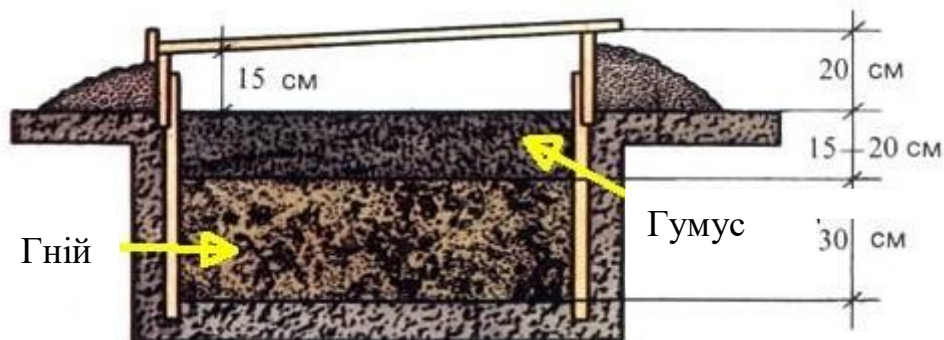


Рис. 2.2. Створення грядок в теплиці

Для обігріву ґрунту і повітря в теплиці гноєм дає можливість при розкладанні гною на даний час підтримувати температуру від 50 до 20 градусів протягом двох місяців (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Обігрів ґрунту в теплиці гноєм

Розробка технології підвищення ефективності нагріву тепличного ґрунту рослинним перегноєм з трави з додаванням азотних добрив (див. рис. 2.4).



Рис. 2.4. Нагрів тепличного ґрунту рослинним перегноєм з трави з додаванням азотних добрив.

Використання агроволокна для підтримки температури на грядках за рахунок обігріву ґрунту в теплиці гноєм.

При поступовому створенні грядок з обігріву ґрунту гноєм в теплиці і висаженням насіння, розсади необхідно довгий час зберігати теплоту ґрунту. Тому слід над такими ділянками створювати шатро, встановивши



дуги і накрити агроволокном, що дає можливість довгий час утримувати температуру ґрунту, пропускати сонячні промені і не потрібно опалювати всю теплицю, що в значній мірі зменшить енергетичні затрати (див. рис. 2.5)

Рис. 2.5. Встановивлені дуги з накритим агроволокном.

2.2.3. Облаштування теплої підлоги

Для водяного способу тепличного обігріву знадобиться водонагрівник або пряме підключення до централізованої системи опалення. Тепла підлога в теплиці це: рівномірно прогрітий не тільки ґрунт, але і повітря; конденсат на трубах у землі, постійно підживлює кореневу систему рослин вологою.

Перед укладанням пластикових труб під них настиляють пінопласт товщиною в 25-30 см. Він дешевий, не боїться води і є чудовим теплоізолятором. Монтаж трубопроводів зажадає певних навичок і часу, але в результаті вийде високоефективна система опалення.

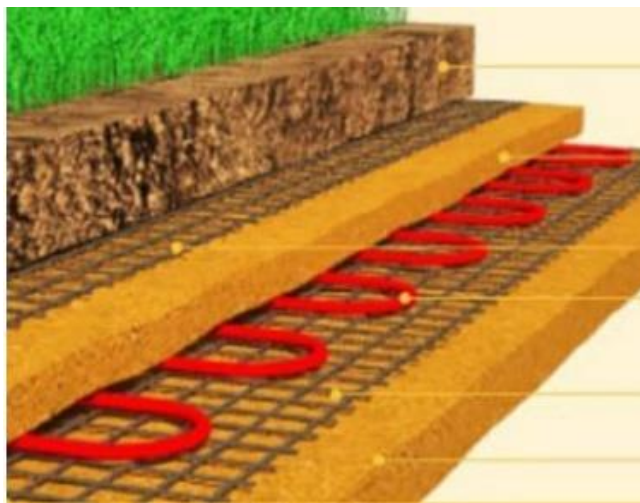


Рис. 2.6. Облаштування теплої підлоги і водяного опалення.

Якщо використовувати теплоту і електроенергію від трикогенераційної установки то енергетичні і фінансові затрати в значній мірі зменшаться [1, 4].

2.2.4. Укладання кабелю, що гріє

Кабельна опалювальна система – більш практична і економічна в експлуатації, ніж водяна. Тепловіддача у нагрівального кабелю управляється терморегулятором, що дає можливість для кожного періоду вегетації.



Родючий ґрунт
(гумус) ≥ 30 см

Піщана
засипка ≥ 5 см

Захисна сітка
Нагрівальний
кабель

Захисна сітка

Піщана засипка

Рис. 2.7. Укладання кабелю, що гріє

2.2.5. Монтаж ІЧ-випромінювачів

Інфрачервоні обігрівачі діють за принципом нагріву предметів і поверхонь в зоні своєї роботи. Після включення вони будуть обігрівати як ґрунт в теплиці, так і рослини в ній. При цьому земля прогрівається до 25-28 градусів на глибину до 10 см, а повітря над нею – всього до 20 градусів.

Інфрачервоні обігрівачі не шумлять, не пересушують повітря, не випалюють кисень. При цьому дозволяють розбити тепличний майданчик на різні температурні зони (створити тепло можна тільки над теплолюбними саджанцями), гранично прості в установці і експлуатації, довговічні, економічні.

Сучасний інфрачервоний обігрівач – це простий електроприлад, який потрібно лише включити в розетку. Але ефект від його використання вразить навіть бувалого городника.



Рис. 2.8. Монтаж ІЧ-випромінювачів

Для приватних, фермерських, тепличних господарств зараз випускаються найрізноманітніші обігрівальні пристрої, монтаж яких в єдину систему обігріву більше нагадує збірку конструктора. Треба лише грамотно підібрати прилади під задані обсяги парника і клімат.

Вибрана тригенераційна установка дасть можливість використовувати в теплицях власно вироблені енергетичні ресурси.

В теплицях можна застосовують водяне опалення або комбіноване тобто в поєднанні підігріву ґрунту при допомозі водяного опалення, і підігрів повітря при допомозі водяного опалення, водяних або електрокалориферів.

Для фермерських теплиць доцільно вибрати водяне опалення з розміщенням труб опалення між проходами і рослинами. Для забезпечення водообігріву буду використовувати додатково електроводонагрівник, що в значній мірі зменшить енергетичні, теплові витрати.

2.2.6. Розрахунок та вибір водонагрівника для обігріву теплиці.

Визначаю загальну потужність водонагрівника враховуючи перепад температури води яку нагрівають $\Delta \tau = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалість нагріву $T = 5 \text{ год}$.

Визначаю загальну розрахункову потужність водонагрівника за формулою:

$$P = \frac{K_3 \cdot M \cdot C \cdot \Delta \cdot \tau}{3600 \cdot \eta \cdot T}, \quad (2.2)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу 1,1... 1,3;

M – маса води, кг (800 кг);

C – теплоємність матеріалу для води $C = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

η – ККД водонагрівника ($\eta = 0,9$).

$$P = \frac{1,2 \cdot 800 \cdot 4,2 \cdot 70}{3600 \cdot 0,9 \cdot 5} = 17,4 \text{ кВт}$$

Попередньо беру ТЕНи потужністю $P_T = 2 \text{ кВт}$, ТЕН-100В 13/2 P220 з даними $l_a = 800 \text{ мм} = 0,8 \text{ м}$, $d = 13 \text{ мм} = 0,013 \text{ м}$, питома потужність $P_{\Pi} = 6,12 \text{ Вт} \cdot \text{см}^2$. Визначаю площу активної поверхні ТЕНа:

$$S_a = \frac{\Pi \cdot d}{l_a} = \Pi \cdot d \cdot l_a = 3,14 \cdot 0,013 \cdot 0,8 = 0,032 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Допустима площа поверхні нагрівників:

$$S_d = \frac{P \cdot 10^3}{P_h} = \frac{17,4 \cdot 10^3}{6,12 \cdot 10^4} = 0,284 \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

Визначаю кількість ТЕН за умовою допустимого нагрівання:

$$n = \frac{S_d}{S_a} = \frac{0,284}{0,032} = 8,87 \quad (2.5)$$

Приймаю 9 ТЕНів. Визначаю встановлену потужність водо нагрівника, що буде становити 18 кВт.

Проаналізувавши технічні характеристики водонагрівника та технологію обігріву (циркуляція води в замкнутій системі водонагріву) вибираю електронагрівник САЗС, який комплектується електронасосом і призначений для замкнутої системи водяного опалення [1, 4, 6].

Таблиця 2.1. Електротехнічні характеристики водонагрівника САЗС [4, 6].

Найменування	Показник
Місткість резервуара, л	800
Номінальна потужність, кВт	18
Кількість нагрівальних елементів, шт.	9
Максимальна температура нагріву $^{\circ}\text{C}$	95
Час нагріву на 90°C , год.	5
Напруга живлення, В	380
Електродвигун електронасосного агрегату, кВт	0,55

2.2.7. Розробка пристрою для зменшення енергетичних затрат при експлуатації ТЕНів в водонагрівниках.

Основною із проблем при експлуатації ТЕНів являється створення накипу, що в значній мірі потребує збільшення витрат енергетичних ресурсів для підтримки відповідної температури.

Накип на поверхні ТЕНів зменшує к. к. д. водонагрівників. Дослідження, аналіз та практичні спостереження показують, щоб не допускати утворення накипу потрібно використовувати магнітогідродинамічні резонатори (МГД резонатори) це дає можливість зменшити енергетичні та фінансові затрати [3]

У таблиці 2.2 приведені дані про підвищення витрат енергії із зростанням товщини шару накипу на теплообмінній поверхні.

Таблиця 2.2. Підвищення енергозатрат [3].

Товщина шару накипу, мм	Підвищення енергозатрат, %
0.8	8.5
1.6	12.4
3.2	25.0
6.4	40.0

У рослинництві особливо в теплицях та парниках для підвищення швидкості пророщування насіння доцільно використовувати магнітогідродинамічні резонатори.

2.2.8. Технологія та обладнання для шатрового обігріву теплиці.

Основною проблемою зимою являється накопичення снігу на даху теплиці, що в значній мірі зменшує потік сонячних променів в теплицю і збільшує навантаження на конструкції теплиці, привести до аварійної ситуації. Тому в роботі буде розроблена і впроваджена технологія для очищення покрівлі від снігу.

Дослідження та аналіз показали, що найбільш ефективно використати системи водяного або парового обігріву в верхній зоні – під покрівлю, яка повинна працювати в форсованому режимі тобто забезпечувати необхідну температуру під дахом, шатрі теплиці. Така система може бути використана при значному зниженні температури в теплиці. Для цього можна використовувати водонагрівники або парові котли. Пропоную використати пар як теплоносій парового котла, який буде швидко розповсюджувати високу температуру по всій системі нагріву і система не буде надто тепло інерційною [1, 4, 6].

2.2.9. Розрахунок та вибір електричного парового котла.

Розрахунок та вибір котла виконую з врахуванням аварійної ситуації відключення водяного опалення надґрунтового обігріву теплиці. Теплиця втрачає тепло через елементи огорожі. Теплопередача, кВт, пропорціональна

площі загорожі, температурному перепаду і теплофізичним якостям матеріалу покриття [4].

Теплопродуктивність системи опалення шатра блочної скляної теплиці площею 1000 м² визначаю за формулою:

$$Q_{\text{оп.ш.}} = \frac{1,2 \cdot K_{\text{огор.}} \cdot K_{\text{т}} \cdot S_{\text{т}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}})}{1000}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{оп.ш.}}$ – необхідна теплопродуктивність системи опалення повітряного шатра, кВт;

$K_{\text{огор.}}$ – коефіцієнт огорожі теплиці ($K_{\text{огор.}} = 1,3$);

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт теплопередачі, який характеризує теплофізичні властивості матеріалу покриття і умов теплообміну, $K_{\text{т}} = 6,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ для скла;

$S_{\text{т}}$ – площа теплиці, м²;

$t_{\text{вн}}$ – найменша допустима температура в теплиці приймається $+15^\circ\text{С}$;

$t_{\text{зов.}}$ – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$, приймаю $t_{\text{зов.}} = -25^\circ\text{С}$.

$$Q_{\text{оп.ш.}} = \frac{1,2 \cdot 1,3 \cdot 6,4 \cdot 1000 \cdot (15 - (-25))}{1000} = 399,36 \text{ кВт}$$

Згідно проведених розрахунків вибираю електродний паровий котел КЭП-400/0,4 який має слідуєчи електротехнічні характеристики:

Таблиця 2.3. Електротехнічні характеристики котла КЭП-400/0,4

Найменування	Показник
номінальна потужність, кВт;	400
максимальну продуктивність, кг/год;	550
питомий опір води, Ом · м;	16... 64
маса котла, кг.	1050

В додатках представлені види і способи електрообігрівання ґрунту і повітря в парниках і в плівкових теплицях, автоматичне регулювання температури, розрахунок електрообігрівання парників і теплиць.

2.2.10. Електричні обігрівачі для маленької теплиці

Зберігати теплий невеликий парник не дорого, а електричний обігрівач з термостатом або автоматичним таймером може знадобитися лише кілька годин протягом холодних ночей. Простота цього типу опалювальної системи полегшує садівників, яким доводиться знаходитись у робочих днях. Ви можете просто встановити терморегулятор на невеликий обігрівач простору і піти геть, знаючи, що він увімкнеться лише тоді, коли це дійсно потрібно. Крім того, сучасні обігрівачі оснащені надійними функціями безпеки, включаючи функції автоматичного відключення, якщо вони перекидаються або нагріваються. Скориставшись новою технологією цифрового обігріву парникових систем, це означає, що ви підходите до проекту садівництва з кмітливістю справжнього фермера.



Рис. 2.9. Кімнатний парник на поличках з електричним обігрівачем

Висновки до другого розділу

Проведено аналіз, розробка енергоощадних технологій та електротехнологічного обладнання для вирощування овочів в теплицях.

Запропоновано впровадження тригенераційних установок в фермерських господарствах. Розроблені енергоощадні технології та електротехнологічне обладнання для обігріву повітря і ґрунту в теплицях.

Запропонована розробка для зменшення енергетичних затрат при експлуатації ТЕНів в водонагрівниках. Розглянуті види і способи електрообігрівання ґрунту і повітря в парниках і в плівкових теплицях, автоматичне регулювання температури.

Виконано розрахунки вибору електрообладнання для закритого ґрунту.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ, ВИБОРУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ТА ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ

3.1. Дослідження джерел світла для повноцінного освітлення та опромінення в теплицях.

Традиційні лампи розжарювання, Що випромінюють помаранчевий, червоний і інфрачервоний тип випромінювання, що при тривалому впливі сприяє деформації і подовження рослин, а також опіків. Заборонені при вирощуванні розсади, огірків і томатів. Допускається використання для вирощування тепличної зелені. Час досвічування становить не більше п'ятнадцяти годин [6].

Ртутні лампи високого тиску, мають велике випромінювання УФ променів в умовах ближнього спектра поширення. Сильно нагріваються і мають дуже обмежене використання.

Економні люмінесцентні лампи, досить часто використовуються в тепличному господарстві. Характеризуються довговічністю і низькою ціною. Основний мінус полягає в недостатніх параметрах тепловіддачі.

Натрієві лампи високого тиску, що володіють високою економістю та якісної світловіддачею. Створення монохроматичного світлового поля, що має жовто-оранжевий світло, благотворно позначається на зростанні і розвитку тепличних рослин.

Потужні металогалогенні лампи, що представляють ідеальний варіант тепличного освітлення. Довговічність доповнюється низькою вартістю, а показники світіння відповідають природному освітлювальному фону [6]

Світлодіодні лампи, що відносяться до категорії дорогих освітлювальних приладів. На сьогоднішній день немає єдиної думки про доцільність використання таких освітлювальних приладів в теплицях [13].

Світлодіодні лампи використовуються в теплицях для освітлення та досвічування рослин. Вони встановлюються в прожектори та світильники.



Рис. 3.1. Використання світлодіодних ламп в теплицях

3.2. Дослідження та застосування індукційних ламп.

Сьогодні споживачі все частіше вибирають енергоефективні побутові та промислові освітлювальні пристрої. Однак крім економії важливу роль відіграє і якість підсвічування. Гідною альтернативою традиційним джерелам освітлення є індукційні лампи.

Вони випромінюють приємний для очей м'яке світло, що не міняє об'єктивне сприйняття предметів.

Варіанти виконання та маркування

В даний час компаніями, які спеціалізуються на висвітленні, налагоджено серійне виробництво індукційних лампочок різних форм. Конструктивні особливості і варіанти виконання простежуються в їх маркуванні.

Перші два азбучних знака в шифрі визначають вигляд пристрою (ІЛ – індукційна лампа), третій вказує на форму. Після літерного позначення зазвичай оголошують потужність.

ИЛК – індукційні лампочки круглої форми. Мають високі показники світловий віддачі і великим діапазоном спектрофотометрических температур. Підходять для установки в круглих і овальних світильниках.

Такі джерела світла активно використовуються для освітлення складів, просторих виробничих і ремонтних цехів, торгових комплексів, спортивних баз.

ІЛШ – лампи у формі кулі. Виконано в традиційній формі звичайних вакуумних освітлювальних пристроїв великої потужності. Створюють м'яке світло і запалюються практично миттєво.



Підходять для заміни лампочок розжарювання на енергоефективні джерела світла без необхідності зміни самого світильника.

ІЛШ встановлюють в прожекторах для освітлення готелів та ресторанів, супермаркетів, а також у вуличних і промислових світильниках

Рис. 3.2. Лампи у формі кулі ІЛШ

мулу – лампочки U-подібної форми. Є прилади з окремим генератором. Випромінюють яскраве біле світло, при роботі не мерехтять.

Їх задіюють для освітлення стадіонів, тунелів, метро та автомагістралей, рекламних стендів, вивісок та інших об'єктів.

ІЛБ, ІЛБК – лампи з кільцеподібної формою колби. У них генератор, котушка і трубка суміщені в єдиному блоці. Генерують м'яке світло, яке не засліплює, швидко і легко запалюються при температурах до -35°C .

Подібні конструкції використовують для підсвічування готелів та торгових майданчиків, паркових зон та скверів, приватних присадибних територій.

3.3. Використання індукційних фітоламп для рослин.

Окремо варто сказати про індукційних фітоламп для рослин. Вони відрізняються формою скляної колби і кольором випромінювання.

Різні моделі індукційних фітоламп підходять для освітлення зелених насаджень в певний період зростання і розвитку. Серії таких виробів позначають Тіл. Наступні дві букви вказують на конкретну модель лампи.

Фітолампи індукційні ДП і ВГ призначені для підсвічування рослин на стадії вегетативного росту. У них переважає синій спектр випромінювання.

Пристрої ФО використовують на початковій фазі утворення плодів, а також для прискорення формування квітів. Вони випромінюють червоне світло.

Лампочки моделі КЛ є універсальними. Такі джерела світла дають можливість управляти зростанням насаджень. Вони генерують насичений червоне світло, необхідний для повноцінного розвитку плодів рослин і рясного цвітіння.

Приклади маркування:

ІЛК-40 – кругла індукційна лампочка потужністю 40 Вт;

ТІЛПВГ-120 – прямокутна фітолампи індукційна з потужністю в 120



Вт, модель ВГ для початкового етапу вегетативного росту рослин.

Випромінювання індукційної лампочки на 97% відповідає сонячному спектру, а тому відмінно підходить для штучного освітлення тепличних комплексів.

Рис. 3.3. Використання індукційних фітолампи для рослин.

Переваги використання ІЛ

Безелектродні лампи генерують м'яке світло, комфортний для сприйняття очима. Відтінки кольорів при цьому не спотворюються.

Яскравість таких ламп можна змінювати в межах 30-100% за допомогою простого диммера для пристроїв з ниткою розжарювання.

3.4. Підсвічування в теплицях і оранжереях

Спектр індукційної лампи на 75% відповідає фотосинтетичний активній радіації, необхідної для активного зростання і тривалого цвітіння рослин.

Саме тому лампочки безелектродного типу задіють в якості додаткових джерел в оранжереях і теплицях, для освітлення стандартних і компактних



Гроу-боксів, прямий, бічний і міжрядної досвітки рослин. Робоча температура індукційних освітлювальних приладів не перевищує 60 градусів за шкалою Цельсія, що дозволяє розташовувати їх близько зелених насаджень.

Рис. 3.4. Підсвічування в теплицях і оранжереях.

Використання таких ламп в Гроу-боксах дає можливість значно скоротити витрати на охолодження резервуарів.

Застосування ІЛ також дозволяє попередньо проектувати і окремо встановлювати освітлення для кожної зони теплиці.

Щоб скорегувати і направити максимум світла в потрібний сектор використовують оптичні поверхні – екрани. Вони фокусують випромінювання на конкретній ділянці.

А за допомогою спеціальних відбивачів рівномірно розподіляють штучне світло по всій висоті зелених насаджень.

Правила вибору ІЛ

Вибираючи індукційні пристрої освітлення, важливо враховувати їх конструктивні особливості, експлуатаційні характеристики, а також ступінь безпеки.

Лише при дотриманні такого підходу ІЛ можна вважати доцільним придбанням.

Сьогодні в спеціалізованих магазинах нескладно знайти індукційні безелектродні лампи потужністю від 15 Вт до 500 Вт. Але існують і більш потужні, призначені для різних виробничих потреб.

Лампи з овальної колбою випускаються для світильників зі стандартними патронами E14, E27 і E40.

Також є спеціальні прямокутні і кільцеві види індукційних освітлювальних пристроїв, які можуть працювати як в мережі змінного струму, так і постійного.

Варто відзначити, що індукційні лампочки у формі кулі за розмірами будуть більшими, ніж звичайні прилади з ниткою розжарювання, оскільки генератор ВЧ струму захований в цоколі. Це важливо враховувати при покупці

Всі індукційні світильники і безелектродні лампи проходять обов'язкову сертифікацію.

Тому можна з упевненістю говорити про їхню безпеку. Амальгама знаходиться в запаяній колбі і при дотриманні базових правил експлуатації її витоку виключені.

Однак потрібно розуміти, як і стандартні люмінесцентні лампи, індукційні вимагають відповідної утилізації через наявність ртутних з'єднань і електронних комплектуючих.

Тверду амальгаму – сплав ртуті з іншими металами – можна використовувати повторно. Скло з лампи також здають на переробку, але окремо від люмінофора.

Світильники з індукційної технологією не належать до екологічно безпечним видам освітлення і в цьому критерії сильно поступаються світлодіодам.

Необхідно додати, що лампочка індукційного типу виходить на свій стабільний світловий потік не відразу. На старті вона видає близько 80% від повного випромінювання.

Щоб цей показник сягнув максимуму, безелектродної лампі потрібно 2-3 хвилини. За цей час досить розігрівається амальгама і випаровується необхідну кількість ртуті.

3.5. Розрахунок вибір установок для опромінення рослин в теплицях.

Розрахунок опромінювальних установок виконують методом використання світлового потоку, галузевих норм питомої потужності, точковим методом, з метою створення необхідної біологічної дії на об'єкт опромінення. Приведені методика розрахунку та розроблена схема, які наводяться в додатках, дають можливість використовувати відповідні джерела світла та опромінювачі для повноцінного освітлення та опромінення в теплицях в залежності від технологій вирощування розсади, салатів та овочів [1, 6, 9, 13].

Висновки по третьому розділу

Виконано розробку технологій вибору освітлювальних та опромінювальних установок для вирощування овочевих культур в закритому ґрунті.

Досліджено джерела світла для повноцінного освітлення та опромінення в теплицях. Запропоновано застосування індукційних фітоламп для рослин та підсвічування в теплицях і оранжереях.

Виконано розрахунок та вибір автоматизованих установок для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту.

РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ

4.1. Дослідження вирощування помідор з поєднанням HPS- та LED-освітлення

На даний час почала вестися науково дослідна робота по гібридному використанню освітлення і опромінення в теплицях, що є ефективним за рахунок таких чинників:

- LED-лампи підвищують рівень освітлення;
- HPS-лампи забезпечують теплове випромінювання.

У цьому проєкті вирощують виноградні помідори Merlice з насіння De Ruiten за допомогою освітлення, що поєднує натрієві лампи високого тиску (HPS) та світлодіодні лампи Philips GreenPower.

Дослідження доводять, що така система є гнучким способом, який може забезпечити виробникам максимально високий урожай в теплицях. Метою проєкту є отримання урожаю томатів понад 55 кг/м² наприкінці 18-го тижня.

У дослідженні відправною точкою стала установка HPS потужністю 180 мк.моль/м²/с, яка використовує 108 Вт/м². Половина установки HPS (54 Вт/м²) замінена світлодіодним освітленням (LED). Для забезпечення оптимального розподілу світла в теплиці було обрано модуль Philips GreenPower LED [9, 13].

Така система забезпечує максимальний вертикальний розподіл світла, що дає найкращі результати врожаю.

Контроль клімату

Після ретельної оцінки клімату прийняли рішення скоротити полив, і культури одразу досягли правильного балансу. Гібридна система освітлення випромінює менше тепла і дає більше можливості контролю кліматом порівняно з повним HPS-освітленням.

Зазвичай виробники з повним HPS-освітленням вимикають лампи ранньою весною, коли сонце нагріває теплицю. Завдяки гібридній установці виробник може набагато довше застосовувати лампи, щоб продовжити сезон:

коли зовнішнє, сонячне, випромінювання перевищує 450 Вт, у гібридних теплицях вимикають освітлення HPS і використовують тільки LED-лампи.

При середньотижневому виробництві, що перевищує 2 кг томатів з площі 1 м², можливо отримати понад 55 кг/м² на 18-му тижні і досягнути кінцевого виробництва близько 107 кг/м² наприкінці серпня [16].

4.2. Використання червоного світла покращує смак томатів.

Експерименти показують, що вирощування рослин в теплицях в значній мірі залежить від опромінення і розвитку рослин. Наприклад червоне світлодіодне світло покращує смак томатів.

Проведено дослідження росту та розвитку томатів при світлодіодному освітленні різних спектрів. Коли досвічування овочів проводилося при червоному випромінювання, було зафіксовано об'єктивне підвищення смаку. Зокрема, зріс рефрактометричний індекс (Brix) і поліпшилося «задоволення від прокусування». При цьому врожайність томатів залишилася на тому ж рівні.

Дослідження показують, що стандартом при вирощуванні гібрида Кампарі (Campari) є верхнє світло натрієвих ламп високого тиску (HPS) з інтенсивністю світла 180 мк.моль/кв.м/з, плюс міжрядне підсвічування червоно-синіми світлодіодними світильниками 60 мкмоль/кв.м/с. В ході досліджень на двох дослідних секціях між рядами світили також світлодіодними світильниками червоно-синього спектру 40 мк..моль/кв. м/з та дальнього червоного світла 20 мк.моль/кв. м/с.

Дослідження в теплицях показали підвищення якості і врожайності томатів при додаванні дальнього червоного як натрієвих, так і світлодіодних світильників. Потрібно звернути увагу, що червоне світло дає ефект не лише при додаванні до наявних джерел світла, але і тоді, коли воно замінює частину спектру.

Крім того схожі дослідження показують відсутність негативного впливу на якість та врожайність томатів при переході від HPS до інфрачервоного

світлодіодного освітлення. Результати експериментів вважаються перспективними для виробників томатів, зацікавлених у скороченні споживання енергії в теплицях [13].

4.3. Дослідження та аналіз доцільності впровадження люмінесцентної парникової плівки UbiGro, в фермерські господарства.

Американська компанія UbiQD створила інноваційний продукт і провела успішні комерційні випробування своєї люмінесцентної парникової плівки UbiGro, яка збільшила врожайність томатів на 21% а канабісу – на 5-7%.

Люмінесцентна плівка монтується над рослинами в теплиці або в парниках поглинає недостатньо використані частини сонячного світла – головним чином ультрафіолетове, синє та зелене світло – і перетворює цю енергію в помаранчеве та червоне світло», що доказують дослідження.

Так наприклад при дослідженні в комерційній гідропонній теплиці плівка UbiGro підвищила врожайність томатів на 21%. На фермах плівки збільшили врожайну масу канабісу від 5% до 8% у дослідях, які включали понад 450 рослин.

Додаткова вартість, у розмірі \$3 на квадратний фут забезпечує окупність менше одного вегетаційного періоду.

Квантові точки є ідеальними кандидатами для оптимізації спектру світла для систем росту рослин, оскільки їх можна легко налаштувати на будь-який колір, поглинаючи енергію та повторно випромінюючи світло іншого кольору, залежно за розміром частинки.

Цей прогрес являє собою величезний прорив, порівняно з традиційними рішеннями освітлення та опромінення, такими як світлодіодні світильники.

При використанні люмінесцентної плівки в значній мірі зменшуються енергетичні затрати, і покращуються можливості використання в парниках поглинаючи недостатньо використані частини сонячного світла і перетворює цю енергію в помаранчеве та червоне світло, що покращує вирощування розсади.

Висновки по четвертому розділу

Досліджено, проаналізовано та обґрунтовано можливості використання інноваційних технологій в закритому ґрунті на прикладах вирощування помідор з поєднанням НPS- та LED-освітлення, використання червоного світла для покращення смаку томатів.

Доцільності впровадження люмінесцентної парникової плівки UbiGro, в фермерські господарства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі представлені дослідження та аналіз стану технологій вирощування овочевих культур в закритому ґрунті.

Виконані: розробки енергоощадних технологій, модернізація електротехнологічного обладнання для вирощування овочів в теплицях; розробка технологій вибору освітлювальних та опромінювальних установок для вирощування овочевих культур в закритому ґрунті; обґрунтування використання інноваційних технологій в закритому ґрунті фермерських господарств, що в значній мірі зменшить собівартість вирощувальної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування: Навч. посібник. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 457 с.
2. Іванов О. Д., бакалавр група ЕТ20 – 22ск.
Дослідження ефективності впровадження тригенераційних установок в фермерських господарствах. Поліський національний університет
3. Іванов О. Д., Вільдеман М. А. бакалаври група ЕТ - 20 – 22ск.
Дослідження можливості впровадження магнітогідродинамічних резонаторів для зменшення енергетичних затрат. Поліський національний університет
4. Гайдук В. М. Електронагрівні сільськогосподарські установки. – К.: Урожай, 1986. – 144 с.
5. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок./ Курсове і дипломне проектування/ – К.: Вища школа, 1985.
6. Гончар В. Ф., Тищенко Л. П. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок : Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1989. –343 с.
7. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995. – 224 с.
8. Довідник сільського електрика / В. С. Олійник, В. М. Гайдук, В. Ф. Гончар: За ред. В. С. Олійника. – К. : Урожай, 1989. – 261 с.
9. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П. В. Волох, М. П. Цоколенко, Л. В. Ревенко, В. А. Прядко та ін.- К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
10. Марченко О.С. Довідник по монтажу і налагодженню електрообладнання в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1994. - 240 с.
11. Мартиненко І.І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995. – 224 с.

12. Прядко В. А. Основи енергозбереження. Проблеми та їх вирішення: навч. посібник / Прядко В. А.. – Житомир. : ЖАТК, 2012. – 216 с.
13. Прядко В. А. Розрахунок електроосвітлювальних та опромінювальних установок. /Курсове і дипломне проектування/. – Ж., 2008.
14. Прядко В. А. Проектування електричних схем. /Довідник-посібник для самостійної роботи над курсовими та дипломними проектами/. – Ж., 2009.
15. Прядко В. А. Довідник посібник. Проектування електричних схем. – Ж., 2013. – 117 с.
16. Сербін В. А. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії в системах ТГВ: навч. посібник / Сербін В. А. – Макіївка : ДонДАБА, 2003. – 153 с.
17. Чернявський Л. С., Шевель С. С. Експлуатація освітлювальних та опромінювальних установок у сільському господарстві. – К., Урожай, 1990.
18. 4_vikoristannya_b_ogazu_tablicya_4_1_k_lk_st_energ.doc
19. **www.niss.gov.ua**
20. Viewsby [admin](#)
21. **[АПК-Інформ: овочі та фрукти.](#)**
22. [Landlord](#)