

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКА ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня освіти

на тему: **“Система резервного електропостачання
тепличного комплексу фермерського
господарства”**

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Ю.Р. Король

Виконав: студент VI курсу групи Ен-62

Спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Король Юрій Романович (Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Кригуль Роман Євгенович

(Прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

доцент, к.т.н., С.В. Сиротюк

“_28_”_квітня_2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Королю Юрію Романовичу

1. Тема роботи: “ ***Система резервного електропостачання тепличного комплексу фермерського господарства***”.

Керівник роботи _____ Кригуль Роман Євгенович, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом по університету від 28 квітня 2023 року № 133 / к-с.

2. Термін подання студентом роботи 9.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали літературного патентного пошуку огляду, та аналізу існуючих систем керування та забезпечення мікроклімату теплиці з використанням автоматизованого вмикання резервного живлення, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки, передових методів роботи на виробництві.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)_

Вступ

1. Конструктивне планування споруд закритого ґрунту

2. Аналіз впливу параметрів мікроклімату на продуктивність рослин

3. Система резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Ефективність від впровадження розробленої система резервного електропостачання тепличного комплексу фермерського господарства

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Графічний матеріал подається у вигляді презентації.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>	28.04.23 р.	28.04.23 р.

7. Дата видачі завдання

28 квітня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання розділу: Конструктивне планування споруд закритого ґрунту</i>	<i>28.04.23-31.05.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу Аналіз впливу параметрів мікроклімату на продуктивність рослин</i>	<i>31.05.23-29.06.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу Система резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву</i>	<i>01.09.23-02.10.23</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>28.04.23-31.05.23</i>	
5.	<i>Розрахунок вартості впровадження</i>	<i>02.10.23-01.11.23</i>	
6.	<i>Завершення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу презентації</i>	<i>01.11.23-13.11.23</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>13.11.23-09.01.24</i>	

Студент _____ Король Ю.Р.
(підпис)

Керівник роботи _____ Кригуль Р.Є.
(підпис)

УДК 536.25

Кваліфікаційна робота: 50 стор. текстової частини, 5 таблиць, 8 рисунків, бібліографічних найменувань 17.

“Система резервного електропостачання тепличного комплексу фермерського господарства”. Король Юрій Романович. – Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. – Дубляни., Львівський НУП, 2024.

Проаналізовано конструктивне планування споруд закритого ґрунту, зокрема розглянуто класифікація культиваційних споруд закритого ґрунту, та способи підвищення енергоефективності. Наведено можливі методи теплопостачання. Здійснено аналіз впливу параметрів мікроклімату на продуктивність рослин. Наведено агротехнологічні вимоги виробництва овочів в теплицях. Проаналізовано вплив вологості, температури, швидкості руху повітря, освітленості на продуктивність рослин. Розглянуто класифікацію електрообладнання для підтримання мікроклімату в теплицях. Представлена методика знаходження вартості для опалення різними джерелами енергії. Окреслена математична модель впливу параметрів мікроклімату теплиці. Розраховано тепловий баланс культиваційної споруди. Представлено особливості пристроїв генераторів з автозапуском АВР та описано принцип дії АВР. Розглянуто переваги та недоліки генераторів з автоматикою. Вивчено заходи безпеки при обслуговуванні електрообладнання. Наведена безпека життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій. Розраховано економічну ефективність від впровадження системи резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву.

ЗМІСТ

ВСТУП

1	КОНСТРУКТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ СПОРУД ЗАКРИТОГО ГРУНТУ.....	8
1.1	Класифікація культивуваційних споруд закритого ґрунту	8
1.2	Способи підвищення енергоефективності споруд закритого ґрунту	9
1.3	Можливі методи теплопостачання.....	11
2	АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН.....	15
2.1	Агротехнологічні вимоги виробництва овочів в теплицях	15
2.2	Вплив вологості на продуктивність рослин	16
2.3	Вплив температури на продуктивність рослин	17
2.4	Вплив швидкості руху повітря на продуктивність овочів.....	19
2.5	Вплив освітленості на продуктивність	20
2.6	Класифікація електрообладнання для підтримання мікроклімату в теплицях	22
2.7	Методика знаходження вартості для опалення різними джерелами енергії	24
2.7.1	Розрахунок для газу.....	24
2.7.2	Розрахунок для дров.....	25
2.7.3	Розрахунок для електроенергії.....	26
3	СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОРУДИ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ З ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЧНОГО ВВІМКНЕННЯ РЕЗЕРВУ.....	27
3.1	Математична модель впливу параметрів мікроклімату теплиці...	27

3.2	Тепловий баланс культиваційної споруди	28
3.3	Особливості пристроїв генераторів з автозапуском АВР.....	34
3.4	Принцип дії АВР.....	36
3.5	Переваги та недоліки генераторів з автоматикою.....	38
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	39
4.1.	Заходи безпеки при обслуговуванні електрообладнання	39
4.2	Безпека життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій	42
5.	ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	47
5.1.	Вартість впровадження.....	47
	<i>ВИСНОВКИ</i>	48
	<i>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</i>	49

ВСТУП

Першою задачею сталого розвитку що прийнято на саміті ООН в 2016 році є стратегія 0 енергії (Zero Hanger) досягнути продовольчу та енергетичну безпеку, покращити харчування та іти до розвитку сільського господарства.

На сьогодні аграрний сектор є найбільш значимим в національній економіці України. Існує проблема збалансованого харчування у людей. Це насамперед тому що за умов світової кризи ціна на продукти споживання зростає а доходи у людей – знижуються.

На мою думку вирішити дану задачу можна використовуючи теплиці у малих та середніх фермерських господарствах. Рослини закритого ґрунту при застосуванні органічного землеробства дозволяє забезпечити людей свіжими та екологічно чистими продуктами впродовж усього року.

Споруди закритого ґрунту котрі функціонують круглорічно представляють собою енергоємні технічні споруди з широкою інфраструктурою тепло, електро, водо постачання.

В сьогоднішніх умовах постійного зростання вартості на енергоресурси вагомим фактором у собівартості продукції яка вирощена у спорудах закритого ґрунту є ціна на енергоносії.

Сьогодні конструктивно та енерго забезпечені створені рішення теплиць не обґрунтовані, особливо це стало відчутним в останні роки, роки війни. У будь який момент може перерватись електро постачання та обігрів осель, споруд, будівель котрі живляться від енергоресурсів.

Таким чином система резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву є сьогодні актуальною.

1. КОНСТРУКТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ СПОРУД ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

1.1 Класифікація культивацийних споруд закритого ґрунту

Культивацийні споруди закритого ґрунту – це споруди агропромислового призначення у яких створюються сприятливі умови для виробництва різних видів рослин. Парники – споруди, конструкція яких складається із каркасу і з'ємного накриття. Вони мають невеликі розміри та не обладнані інженерними системами для внутрішнього мікроклімату, розраховані на нетривале весняне вирощування розсади.

Теплиці – призначені, для цілорічного вирощування різних видів продукції. На відміну від парників вони мають значно більші розміри, що дає можливість створення всередині теплиці штучного мікроклімату і встановлення режиму, при якому забезпечуватиметься швидке зростання і висока врожайність овочів незалежно від пори року і погодних умов. Теплиці класифікують за багатьма ознаками, а саме:

- за функціональним призначенням;
- за часом експлуатації;
- за технологіями вирощування рослин;
- за видами світлопрозорого огородження;
- за матеріалами елементів конструкцій;
- за геопросторовим розташуванням;
- за об'ємно-планувальними і конструктивними рішеннями;
- за інженерним оснащенням – видами опалення, вентиляції і водопостачання.

Види світлопрозорих покриттів, які використовують в спорудах закритого ґрунту наведені на рис. 1.1.

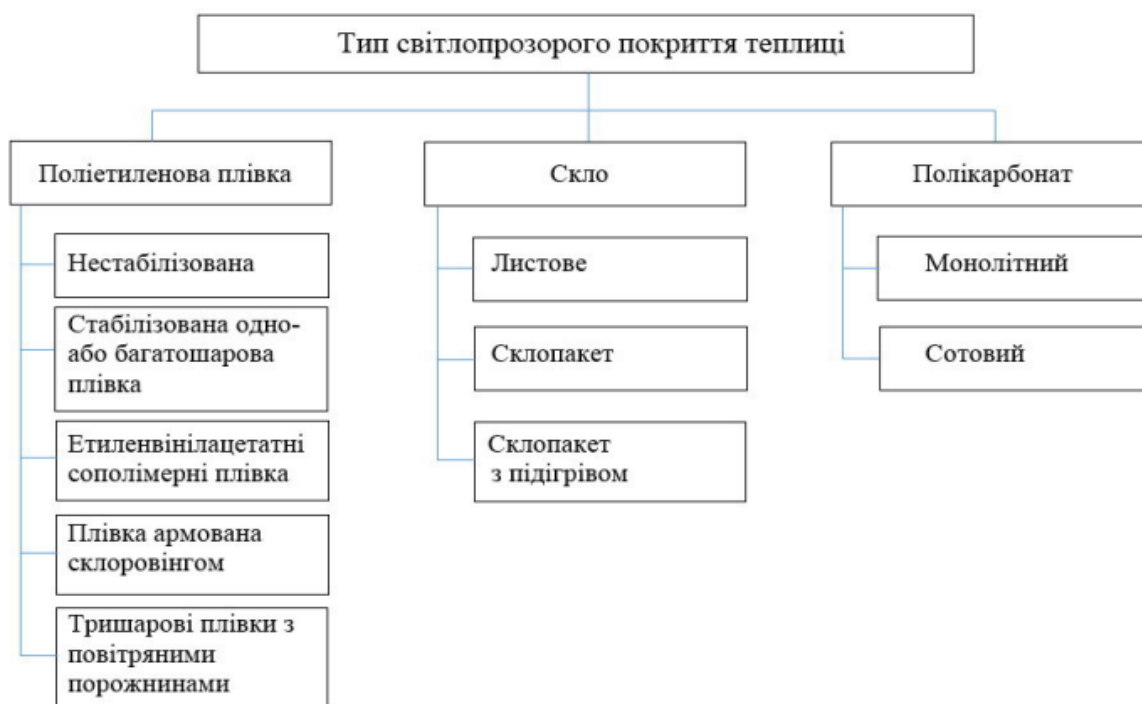


Рисунок 1.1 – Види світлопрозорих покриттів теплиць

На вибір матеріалу для світлопрозорих покриттів споруд закритого ґрунту впливають різні фактори: призначення споруди, фізичні і механічні характеристики матеріалу (міцність, теплозахисні властивості, світлопрозорість, вага, морозостійкість) вартість, довговічність і зручність монтажу. Поліетиленова плівка поширений і дешевий матеріал. Інтенсивний розвиток теплиць під плівку припав на 70 - ті роки ХХ століття, чому сприяла поява полімерної плівки. Для покриття теплиць, зазвичай, застосовується стабілізована поліетиленова плівка 180 - 200 мікрон. Залежно від кліматичних характеристик використовується одинарна або подвійна плівка. Подвійна плівка більш міцна, але і має меншу ступінь світлопропускання.

1.2 Способи підвищення енергоефективності споруд закритого ґрунту

Зазвичай споруди закритого ґрунту використовують для вирощування рослинницької продукції в місцевостях де географічні фактори або сезонні

кліматичні умови не дозволяють вирощувати рослини у відкритому ґрунті. Але навіть наявність самої конструкції не вирішує в повній мірі задачі оптимальних умов для вирощування рослин. У звичайній теплиці спостерігається широкий діапазон коливань температур і вологості повітря. Різниця між денною і нічною температурою всередині споруди сягає 50 °С і більше. Що стосується теплиць, які експлуатуються протягом року, то температурний режим всередині теплиці у холодний період майже не відрізняється від зовнішнього температурного фону, якщо така теплиця не оснащена системою обігріву. Розташування теплиць у просторі показано на рис. 1.2.

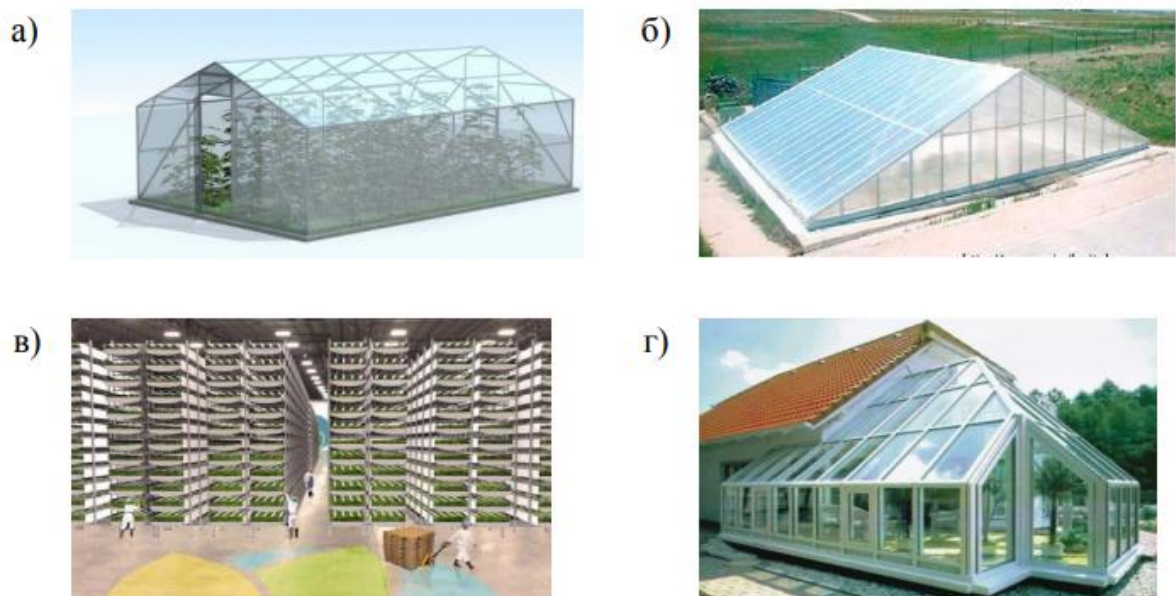


Рисунок 1.2 Геопросторове розташування споруди закритого ґрунту:

- а) на поверхні ґрунту; б) заглиблені в ґрунт;
- в) підземні теплиці; г) комбіновані з будівлями

Для опалення споруд закритого ґрунту рекомендується застосування: – системи прямого обігріву різних типів; – системи непрямого обігріву з використанням акумулятора теплоти та контуру конвективної циркуляції повітря.

Характерні особливості теплиці типу «сонячний вегетарій»: розташування її на південному схилі з кутом від 5° до 40°, однохиле покриття

паралельно поверхні ґрунту з орієнтацією в південному напрямку для максимального постачання сонячного тепла, наявність непрозорої північної стіни для зменшення тепловтрат, оснащення системою акумуляції сонячної енергії для обігріву в холодний період. Експлуатація такої теплиці без додаткового опалення, а тільки за рахунок добової акумуляції сонячного тепла, можлива до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.3 Можливі методи теплопостачання

Основним завданням при спорудженні теплиці є правильний вибір конструкції та системи опалення.

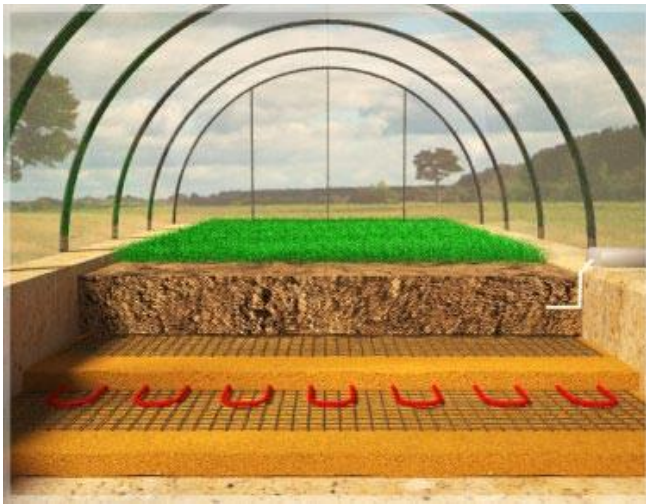
В районах з холодним кліматом теплоізоляційних властивостей полікарбонату не вистарчає, для того щоб підтримувати постійну додатну температуру, тому потрібно оснащувати їх джерелом постійного обігріву, особливо в ночі.

В районах з холодним кліматом, сонячної енергії в зимі недостатньо для прогріву споруд, тому потрібно утеплювати конструкцію теплиці і встановлювати опалювальні пристрої.

Електричне теплопостачання

Підігрів повітря з використанням електроенергії зображено на рис.1.3.

На випадок знижень температури в споруді монтують додатковий обігрів. Для опалення обирають обігрівачі або інфрачервоні лампи: випромінювання зігріває поверхню ґрунту і рослини. При цьому додатна температура в споруді закритого ґрунту може бути невисокою але плюсовою. Або повітря нагрівають з допомогою тепло вентиляторів чи конвекторів.



а)



б)



в)

Рисунок 1.3 Обігрів теплиці з використанням електроенергії

а) із застосуванням електропроводу, який закладений в землі;

б) із застосуванням електрообігрівачів чи конвекторів;

в) інфрачервоними обігрівачами.

Переваги електричного підігріву:

- ✓ простий монтаж і експлуатація обладнання;
- ✓ доступність електроенергії;
- ✓ невелика ціна енергоносія;
- ✓ швидке прогрівання повітря;
- ✓ достатній рівень автоматизації.

Недоліки:

- ✓ не завжди є змога підключити пристрої необхідної потужності.

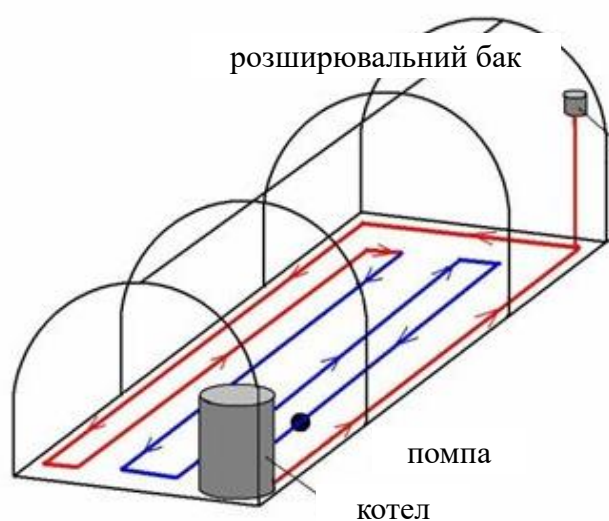
Спеціальний електропровід монтують в середину ґрунту і застосовують для підігріву та захисту його від промерзання. Зображено на рисунку 1.3.а.

Радіатори або конвектори опалення на рисунку 1.3.б. розміщують по периметру вздовж стін – прилади додатково створюють захист від холодних повітряних потоків.

Інфрачервоні електрообігрівачі прогрівають поверхні, на які потрапляють інфрачервоні промені. Тому нагрівається ґрунт, рослини, доріжки, інвентар та системи поливу. Інфрачервоне випромінювання обігрівачів близький до сонячного та корисний для рослин.

Водяне опалення

Ще один спосіб створення мікроклімату представлено на, рис.1.4.



Обладнання:

- ❖ котел;
- ❖ гріючий контур з трубопроводів, з радіаторами опалення;
- ❖ розширювальний бак;
- ❖ циркуляційний насос;
- ❖ група безпеки.

Рисунок 1.4 Схема водяного опалення

Монтаж системи опалення обходиться дорого, тому її монтують переважно в спорудах з великою площею, що використовуються для вирощування овочів або квітів на продаж. Коли теплиця прибудована до будинку що обігрівается, то її можна під'єднати до опалювальної мережі. Але окремо розташовану теплиця зазвичай підключають до окремого котла.

Для водяного обігріву можна застосовувати різні котли: Всі вони мають свої переваги і недоліки, що описані в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Порівняння різних видів котлів.

Котел	Переваги	Недоліки
 <p>Газовий</p>	<p>Високий ккд; мала вартість палива. Безпека. Високий рівень автоматизації.</p>	<p>Необхідне підключення до газової магістралі. Енергозалежність</p>
 <p>Дизельний</p>	<p>Високий ккд. Незалежність від комунікацій. Високий рівень автоматизації.</p>	<p>Висока вартість енергоносія. Потрібно облаштування бака для палива.</p>
 <p>Твердопаливний</p>	<p>Незалежність від комунікацій. Невисока вартість котлів. Енергонезалежність.</p>	<p>Автоматизація за умови використання пелет. ккд залежить від палива.</p>
 <p>Електричний</p>	<p>Безпека. Високий рівень автоматизації. Високий ккд.</p>	<p>Енергозалежність Згодом ККД знижується через накуп.</p>

Підбір того чи іншого котла здійснюють в залежності від ресурсів і особистих переваг. Монтаж системи опалення при цьому мало чим відрізняється.

2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН

2.1 Агротехнологічні вимоги виробництва овочів в теплицях

Забезпечення необхідних для біологічних об'єктів параметрів мікроклімату протягом доби, сезону року, періодів (стадій) їх розвитку призводить до економічного успіху підприємства. Оптимальні параметри мікроклімату дозволяють отримати продукцію високої якості у великому обсязі з найменшими витратами на одиницю продукції.

Провівши аналіз агротехнологічних вимог до виробництва овочів в умовах закритого ґрунту представлений в таблиці 2.1. Для різних культур потрібно забезпечувати різні параметри мікроклімату.

Таблиця 2.1 Агротехнологічні вимоги до виробництва рослин.

Теплична культура	Агротехнологічні вимоги			
	освітленість, клк	CO ₂ , %	температура, °C	відносна вологість, %
Огірок	2...2,4	0,3...0,5	22...25	70...80
Томати	2...20	0,07...0,1	24...28	50...65
Перець	30...40	0,3...0,5	18...25	75...80
Троянда	35...40	0,2...0,4	16...21	75...80

Для вирощування огірка не потрібно забезпечення високого рівня природної освітленості і, навпаки, при культивуванні томатів, чи перцю солодкого і троянд необхідно підтримувати досить високий рівень природної освітленості. [4]

Що стосується температурного режиму, то для виробництва огірка і томатів необхідно забезпечувати для отримання високого врожаю досить рівномірну і енерговитратну технологію підтримки температури.

Вологість також відіграє не останню роль при виробництві продукції захищеного ґрунту. У процесі вегетації біологічних об'єктів її значення повинні перебувати в граничних зонах, представлених в таблиці 2.1. Стає очевидним що: керувати температурою, вологістю і вмістом CO₂ в теплицях вже можливо, а управління рівнем природної освітленості не можна реалізувати [4].

Джерелом вуглецю для процесу фотосинтезу є вуглекислий газ. В основному в процесі фотосинтезу використовують CO₂ атмосфери. Вміст CO₂ в повітрі становить усього 0,03%. Процес фотосинтезу здійснюється при підтриманні CO₂ не менше 0,007%. При підвищенні вмісту CO₂ понад 1,5% фотосинтез продовжує зростати, але вже значно повільніше. При вмісті CO₂ вище 70% настає депресія фотосинтезу. Є рослини, більш чутливі до підвищення концентрації CO₂, у яких сповільнення фотосинтезу починає проявлятися вже при вмісті CO₂, що дорівнює 7%.

У природних умовах вміст CO₂ настільки малий, що може обмежувати зростання процесу фотосинтезу. Треба ще врахувати, що в денні години вміст CO₂ в повітрі навколо рослин знижується. У зв'язку з цим збільшення вмісту CO₂ в повітрі є одним з важливих способів підвищення інтенсивності фотосинтезу і, як наслідок, накопичення сухої речовини рослиною.

2.2 Вплив вологості на продуктивність рослин

Якість продукції поряд з генетичною природою рослини в значній мірі визначаються комплексом зовнішніх умов, тим, в якій мірі вони забезпечують реалізацію генетичного потенціалу. До умов зовнішнього середовища відноситься все що знаходиться за рослинами. Серед складного комплексу зазвичай виділяють три групи факторів життєдіяльності рослин: абіотичні: кліматичні – температура, світло (освітленість, спектральний склад і довжина дня), повітря (склад, рух, вологість), магнітне поле, механічні дії (вітер тощо.);

ґрунтові – фізичні чи хімічні властивості ґрунту, ґрунтове повітря і волога; біотичні – взаємовплив культурних рослин в посіві, бур'яни, корисна і шкідлива мікрофлора (гриби, бактерії), корисні і шкідливі представники тваринного світу; антропогенні (створені людиною) – хірургічні прийоми (пасинкування, прищіпка, щеплення). У даній роботі розглядається абіотична група чинників рослин. Одним з таких важливих параметрів є вологість повітря і ґрунту. Томат – вологолюбна рослина, що пояснюється властивістю розвивати потужну вегетативну масу і утворювати велику кількість соковитих плодів. Нестача вологи в ґрунті зупиняє ріст, викликає опадання бутонів і квіток, знижує врожай. Надлишок вологи в ґрунті так само, як і нестача, шкідливий для рослини. Він викликає зупинку в зростанні, посиніння стебла і листя, опадання бутонів. Тому для томатів необхідно підтримувати параметри вологості: субстрату – повинна становити 70-80% від найменшої вологоємності, відносна вологість повітря 70-80%, найкраща вологість повітря є $80\% \pm 3$, необхідна сильна вентиляція.

2.3 Вплив температури на продуктивність рослин

Температура повітря – це основний фактор, що визначає терміни і можливості обробітку овочевих культур у теплицях і енерговитрати в тепличному овочівництві. Температура повітря впливає на рослину, визначаючи температуру листя і інших органів. Спостерігається значна різниця між температурою листя і повітря. Ця різниця залежить від морфологічних і анатомічних особливостей будови листя, їх орієнтації по відношенню до сонячних променів, густоти стояння та інших умов вирощування.

Листя сильно нагріваються в тепличній культурі, особливо ранньою весною при різкій зміні затяжної похмурої погоди на сонячну, що часто

призводить до їх загибелі. Найбільш високий перегрів спостерігається в умовах світлокультури при використанні штучних джерел освітлення.

Температура повітря в значній мірі визначає продуктивність фотосинтезу, впливає на морфогенез, темпи зростання і розвитку рослин. У міру підвищення температури інтенсивність фотосинтезу зростає, причому чим вище освітленість і вміст діоксиду вуглецю, тим вищий температурний оптимум фотосинтезу.

Оптимальною для фотосинтезу слід вважати температуру, яка забезпечує найбільш високу його чисту продуктивність, різницю між кількістю сухої речовини, накопиченою за одиницю часу і витраченим на дихання.

З підвищенням температури до певної межі при оптимальному значенні інших факторів у рослин прискорюються ріст і утворення генеративних органів. Однак при надмірно високій температурі, особливо в темний час, незважаючи на посилення темпів росту, рослини слабшають. В залежності від діапазону зміни температури змінюється співвідношення між темпами росту, розвитку і плодоутворення [4].

Так як томат є теплолюбною культурою, оптимальна температура для проростання насіння становить +20...+25 °С. При більш низьких температурах схожість різко падає: при +10 °С схожість насіння становить не більше 6-10%. Тому температура до сходження підтримують на рівні 24 °С.

Після появи сходів протягом перших 4-7 днів температуру знижують: вдень +12...15 °С, вночі + 6 ... +10 ° С. У перший тиждень ріст і розвиток 27 саженців сильно залежить від температури, якщо вона буде високою, то розсада витягується і буде слабкою.

Потім температуру знову підвищують: +22 ...+26 °С у сонячний день, +18... + 20 ° С в похмурий, вночі +15 ... +17 °С.

2.4 Вплив швидкості руху повітря на продуктивність овочів

У теплиці часто виникає парниковий ефект. Він викликає швидке збільшення температури всередині теплиці, а це дуже негативно впливає на рослини. До того ж в непровітрюваній теплиці існує велика ймовірність утворення і розмноження різних шкідливих бактерій і шкідників. Знаючи всі ці особливості, рекомендується проводити регулярне провітрювання теплиці.

Провітрювання нормалізує рівень вологості і температурний режим в приміщенні теплиці. Щоб визначити, коли необхідна процедура провітрювання, користуються термометрами і вологометрами. Їх рекомендується встановлювати в кожній теплиці, незалежно від її розміру. Для припливу свіжого повітря, в теплиці, найкраще заздалегідь передбачити вбудовані в стіни і дах кватирки. Можна для цієї мети використовувати і вхідні двері. При влаштуванні провітрювання, необхідно врахувати, що площа ділянки для провітрювання повинна бути не більше 30% від загальної площі.

Для улаштування вентиляції в невеликих теплицях і парниках досить обладнати по одній кватирці в протилежних сторонах даху. В теплицях досить великих розмірів, необхідно улаштувати кватирки через кожні 1,5 метри даху теплиці або можна влаштувати суцільні кватирки в обох сторонах даху. Кватирки, які застосовуються для провітрювання, поділяються на два види:

- звичайна конструкція;
- конструкція жалюзного типу.

Конструкції кватирок жалюзного типу, найчастіше встановлюються в приміщеннях закритого ґрунту для більш теплолюбних рослин і культур.

У деяких випадках в теплицю встановлюють витяжні і циркуляційні електричні вентилятори. Витяжний вентилятор призначений для виведення теплого повітря з теплиці.

Циркуляційний вентилятор, встановлюють безпосередньо в приміщенні теплиці. Він призначений, перш за все, для того, щоб перемішувати повітря в теплиці, це покращує умови рослин, вони краще ростуть. Таким чином, в

теплиці буде однорідне за температурою і вологістю повітря. Для пристрою такого вентилятора, цілком підходить стандартний побутовий вентилятор. Деякі з електричних нагрівачів можуть нагнати повітря в теплицю, але не нагрівати його. Провітрювання проводиться не тільки для надходження свіжого повітря і видалення парникового ефекту, а й з метою загартовування розсади.

Якщо розсада була загартована, тобто в теплиці проводилися постійні провітрювання, вона найкраще реагує на умови відкритого ґрунту, краще приживається при пересадці і так далі. Для більш ефективного загартовування, ближче до терміну висадки розсади у відкритий ґрунт, провітрювання проводять не тільки вдень, але і вночі. Якщо загартовування проводити регулярно і правильно, то рослини краще адаптуються до нових умов, будуть краще протистояти перепадам температур, різних захворювань і шкідників.

2.5 Вплив освітленості на продуктивність

Якість світла (спектральний склад) має великий вплив на ріст, а в подальшому і на розвиток генеративних органів рослин. Так як рослини в основному вирощують методом розсади, коли в зимовий і в ранній весняний періоди сонячної променевої енергії є недостатньо, тому застосовують додаткове штучне освітлення. Встановлено, що під синім світлом томати розвиваються так само інтенсивно, як і при денній освітленості.

Під червоним світлом розвиток дещо затримується, під зеленим рослини сильно відстають у розвитку, а деякі сорти не цвітуть. Відомо, що найбільш важливу роль у фотосинтезі відіграє видима частина сонячної радіації, яка називається фізіологічною радіацією або фотосинтетичним активним випромінюванням. Для того використовують фітолампи котрі мають різний спектральний рівень освітлення, що показано на рис. 2.1.



5 – рівнів яскравості для рослин на різних етапах росту

вимог росту рослин на різних етапах

3 Кольори



Рисунок 2.1 Рівні яскравості для росту рослин

При переважанні в радіації червоних променів в рослинах утворюється більше вуглеводів, а при переважанні синіх і фіолетових – більше білків.

Разом з тим доведено [4], що в залежності від інтенсивності освітлення у рослин значно швидше або повільніше протікають процеси росту і розвитку. При високо інтенсивному і тривалому освітленні процеси прискорюються.

В таких умовах під впливом зеленожовтого світла накопичується більше хлорофілу.

Найважливішим завданням є виведення сортів і гібридів з більш високою активністю фотосинтезу, щоб більш повно використовувати сонячну радіацію.

При нестачі світла рослини сильно витягуються, листя набувають світлого забарвлення аж до жовтувато-зеленого, розвиток сповільнюється і утворені бутони опадають

2.6 Класифікація електрообладнання для підтримання мікроклімату в теплицях

В сучасних теплицях використовується багато складних технологічних процесів, що впливають один на одного. Всі ці процеси мають відношення до електрообладнання, яке підводить живлення, проводить моніторинг і керування тепличними процесами. Надійні ультрасучасні рішення для будь-яких електричних систем і установок, включаючи освітлення, є ключовими для безперебійної роботи теплиці. Для вирощування біологічних об'єктів в захищеному ґрунті і отримання їх продукції в даний час використовують велику кількість енергонасиченого електрообладнання.

Основне електрообладнання в теплицях для систем підтримки мікрокліматом може бути представлено у вигляді структурної схеми що наведена на рисунку 2.2.

В основному для забезпечення необхідних значень параметрів мікроклімату застосовують три основні групи електрообладнання в захищеному ґрунті – це:

- устаткування для створення необхідних параметрів опромінення;

- електропривод великої кількості виконавчих механізмів;

- допоміжне електрообладнання, куди входять світильники чергового освітлення та електрообладнання для власних потреб.

Виробничі процеси в теплиці управляються і відслідковуються комп'ютером або програмованими логічними контролерами, котрі відіграють вагомую роль в сучасних спорудах захищеного ґрунту. Автоматизація роботи електрообладнання для підтримки параметрів мікроклімату в захищеному ґрунті – це основа для максимального контролю і відстеження всіх основних процесів тепличного виробництва.

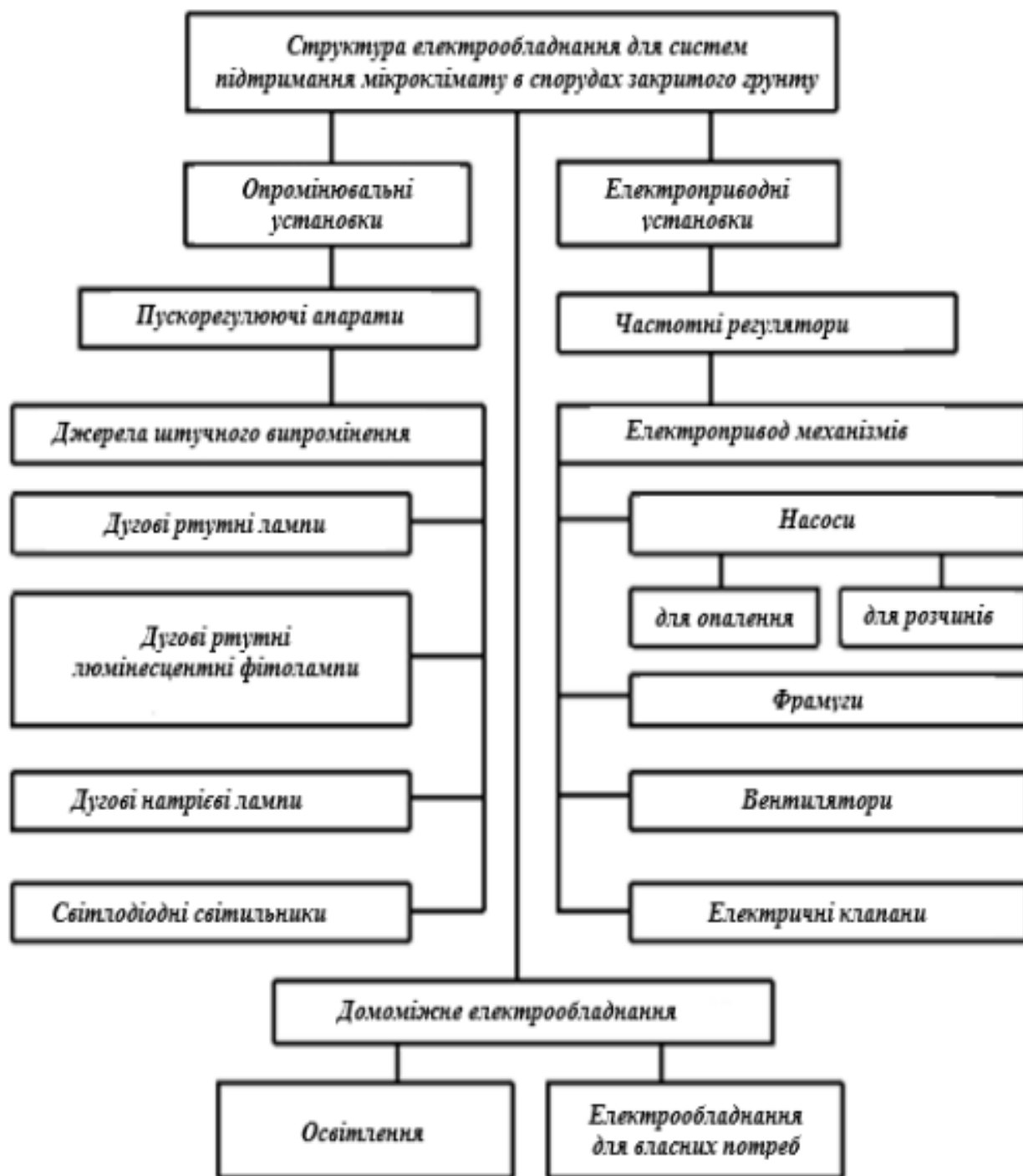


Рисунок 2.2 – Структура електрообладнання для підтримання мікроклімату

Завдяки автоматизації можливе цілодобове дистанційне керування, контроль і моніторинг за всіма процесами в теплиці

2.7 Методика знаходження вартості для опалення різними джерелами енергії

Особливо актуальне питання на теперішній період вторгнення ворога та війни задаються питанням – чим вигідніше опалювати, виходячи з цін на газ, електроенергію, чи дрова у 2023 році.

Розрахуємо, скільки коштує одиниця енергії, яка одержана з того чи іншого виду палива, а потім на прикладі більш наочно зобразимо, які витрати будуть у кожному випадку.

Щоб порівняти енергію в різних одиницях вимірювання, використаємо співвідношення, що вказані у постанові Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) №84 від 26.01.2017, тобто:

$$1 \text{ кВт}\times\text{год} = 0,859\times 10^{-3} \text{ Гкал} (0,86 \text{ Мкал}) \text{ або } 1 \text{ кВт}\times\text{год} = \mathbf{3,6 \text{ МДж}}.$$

2.7.1 Розрахунок для газу

Питома теплота згоряння 1 м^3 природного газу становить 34,3 МДж або 8200 Ккал. Тобто, 1 м^3 газу дасть 34,3 МДж тепла або 9,53 кВт×год електричної енергії.

Якщо вважати що використовується звичайний газовий атмосферний котел, *ККД* якого становить 90%. То, після спалювання 1 м^3 газу одержимо:

$$9,53 \times 0,9 = 8,57 \text{ кВт}\times\text{год} \text{ енергії, або } 30,87 \text{ МДж} \text{ тепла.}$$

Якщо вважати, що 1 м^3 газу для не побутових споживачів становить 50 грн., то $1 \text{ кВт}\times\text{год}$ виробленої з нього електричної енергії або 3,6 МДж теплової енергії коштуватиме:

$$3,6 \text{ МДж} \times 50 / 30,87 \text{ МДж} = 5,95 \text{ грн.}$$

2.7.2 Розрахунок для дров

Для дров здійснити розрахунок не просто тому що асортимент порід дерева, надзвичайно широкий.

Для твердопаливних котлів використовують березу, вільху, дуб, граб, акацію, бук. На початок опалювального періоду 2023-24 рр., ціни на дрова залежать від умов, колоті вони, в колодах або “метрівки”). Ці фактори також впливають на розрахунки. Також потрібно врахувати ціну затраченого часу на рубання, складання, дров, завантаження котла і т.д. Наведемо приблизну вартість дров на одній з баз у Львівській області:

Акація, дуб, граб, бук (за складометр, тобто 1 м³):

- ✓ колоті – 3800 грн.
- ✓ колодами – 3500 грн.
- ✓ “метрівки” – 3100 грн.

Береза, вільха:

- ✓ колоті – 3500 грн.
- ✓ колодами – 3350 грн.
- ✓ “метрівки” – 2900 грн.

Зробимо розрахунок на прикладі такого варіанту (бук, граб). Будемо вважати, що ми використовуємо дрова колодами природного сушіння терміном 1 рік (тобто їх вологість 20-25%), щільністю 0,5 т / складометр. Тобто ціна, 1 кг дров становитиме 7 грн. Теплотворна здатність 1 кг таких дров з твердих порід дерев становить 14 МДж, що еквівалентно 3,9 кВт×год. Якщо вважати, що використовується твердопаливний котел, *ККД* якого приблизно рівна 70%. То при спалюванні 1 кг дров ми одержимо

$$3,9 \text{ кВт} \times \text{год} \times 0,7 = 2,7 \text{ кВт} \times \text{год} \text{ енергії, або } 9,9 \text{ МДж тепла.}$$

Розрахуємо, скільки коштує 1 кВт×год електричної енергії або 3,6 МДж теплової енергії, отриманої з дров:

$$3,6 \text{ МДж} \times 7 \text{ грн./кг} / 9,9 \text{ МДж} = 2,6 \text{ грн.}$$

2.7.3 Розрахунок для електроенергії

Коефіцієнт корисної дії електричного котла приймаємо за 100%, всі тепловтрати залишаються у приміщенні. Для організацій 1 кВт×год електроенергії становить 5,5 грн.

Таким чином ми одержали наступний “рейтинг” ціни отримання

1 кВт×год з різних видів енергоносіїв:

- Для газу – 5,95 грн.;
- Для дров – 2,6 грн.;
- Для електроенергії – 5,5 грн.

Це приблизні розрахунки, так як лише про електроенергію та газ можна стверджувати, що вони однаково вартують та мають однакову якість в Україні. Тоді як теплотворна здатність дров можуть суттєво різнитися, бо залежать від багатьох факторів, вологості, породи деревини тощо.

Проаналізувавши різні способи теплопостачання, оцінивши вартість опалення різними джерелами енергії та враховуючи сьогоденну ситуацію з енергоносіями у час війни нами прийнято рішення і на далі використовувати енергоносіїв електроенергію. А для забезпечення безперебійного електропостачання додатково розробити систему резервного енергозабезпечення за рахунок використання генератора з автоматичним ввімкненням резерву (АВР).

3. СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОРУДИ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ З ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЧНОГО ВВІМКНЕННЯ РЕЗЕРВУ

3.1 Математична модель впливу параметрів мікроклімату теплиці

Відомо, що типові рішення по керування режимами роботи об'єктів різної природи ґрунтуються на використанні досить простих моделей об'єктів, параметри яких абстрактні і не відображають фізичні закономірності процесів.

При використанні математичних моделей такого типу вдається успішно вибрати структуру і закон керування, але не вдається обґрунтовано визначити реальні показники якості керування. Крім того, в зв'язку з стохастичним характером параметрів спрощених моделей не вдається намітити шляхи покращення автоматизованого технологічного процесу не тільки за рахунок налаштування параметрів системи керування, а й за рахунок зміни характеристик самого об'єкта.

У зв'язку з цим представляють інтерес роботи, в яких для синтезу системи керування і для аналізу її якості з вибором напрямків вдосконалення автоматизованого технологічного комплексу використовуються різні моделі: більш прості і універсальні – для задач синтезу і більш складні, що відображають фізичні основи роботи об'єкта – для задач аналізу і вдосконалення об'єкта спільно з системою керування.

Дана модель зображена на рисунку 3.1. розроблена на основі наступних припущень: 1) Модель інтерпретує теплицю як заданий об'єм повітря, обмежений стінами, дахом і основою (землею). Просторовий розподіл змінних, що описують мікроклімат, не враховується. Дане припущення підтверджується при постійній конвекції повітря і примусовій вентиляції. 2) Зміна біомаси рослин в процесі їх розвитку розглядається як зовнішній фактор, не пов'язаний з показниками мікроклімату. Це припущення підтверджується тим, що система керування підтримує показники мікроклімату згідно з

вимогами до технології вирощування культур. 3) Зміни параметрів моделі в часі відбуваються настільки повільно, що при описі циклу динамічних процесів в системі керування їх можна вважати постійними. У відповідності до цих припущень модель мікроклімату отримана як детермінована із зосередженими параметрами виходячи з співвідношень масо-і теплового балансу з наближеним урахуванням стадій біологічного розвитку рослин.

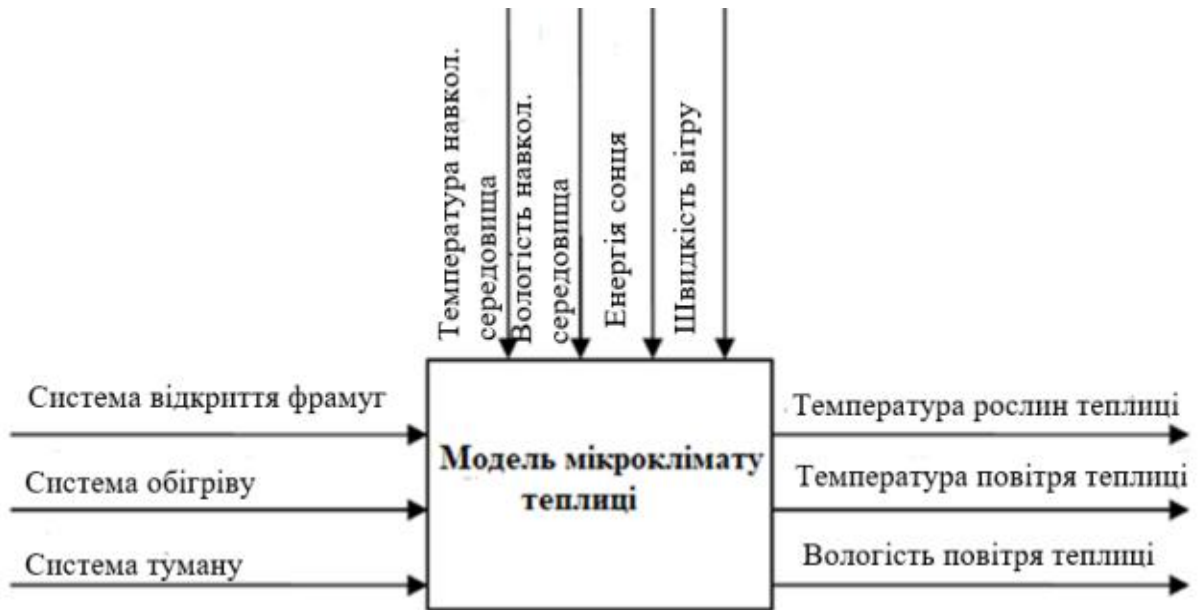


Рисунок 3.1 Математична модель мікроклімату

У моделі виділяються дві підсистеми повітря теплиці і навколо ґрунтовий шар з рослинами і ґрунтом. При описі підсистем використовуються наступні змінні: температура повітря в теплиці, температура рослин теплиці (температури ґрунтового шару), вологість (відносна або абсолютна) повітря теплиці.

3.2. Тепловий баланс культиваци́йної споруди

Дана модель дає можливість визначити величину теплових втрат в цій споруді і необхідну потужність теплоенергетичних установок для

підтримування заданих умов мікроклімату, з врахуванням теплоприпливів від сонячної радіації.

В загальному вигляді *рівняння теплового балансу* культиваційної споруди можна записати в наступному вигляді:

$$Q_{np.} = Q_{випр.} \quad (3.1)$$

де $Q_{np.}$ – прихідна складова (припливи теплоти) рівняння теплового балансу;

$Q_{випр.}$ – витратна складова (втрати теплоти спорудою) рівняння теплового балансу.

Для культиваційних споруд:

$$Q_{np.} = q_p + q_{on.}, \quad (3.2)$$

де q_p – приплив теплоти від сонячної радіації, $Вт/м^2$;

$q_{on.}$ – питома потужність системи опалення, $Вт/м^2$

$$Q_{випр.} = q_{ог.} + q_{в.} + q_{інф.} \pm q_{гр.}, \quad (3.3)$$

де $q_{ог.}$ – втрати теплоти через огорожу культиваційної споруди, $Вт/м^2$;

$q_{в.}$ – втрати теплоти на вентиляцію культиваційної споруди, $Вт/м^2$;

$q_{інф.}$ – втрати теплоти інфільтрацією холодного повітря через нещільності огорожі, $Вт/м^2$;

$q_{гр.}$ – тепловий потік ґрунту (в реальних теплицях нічний потік теплоти із ґрунту до повітря теплиці є значним джерелом теплоти), $Вт/м^2$.

Кількість теплової енергії, яка потрапляє в теплицю за рахунок *сонячної радіації*, приблизно можна визначити за формулою:

$$Q_p = \varphi_{ог.} (1 - r_{накр.}) (1 - r_{гр.}) \cdot q'_p, \quad (3.4)$$

де $\varphi_{ог.}$ – коефіцієнт пропускання сонячної енергії через огорожі теплиці (для конструкції експериментальної теплиці $\varphi_{ог.} = 0,85$);

$r_{накр.}$ – альbedo накриття (для скла $r = 0,07$);

$r_{гр.}$ – альbedo ґрунту ($r_{гр.} = 0,42$).

q'_p – сумарна кількість сонячної енергії, що припадає на горизонтальну поверхню, $Вт/м^2$.

(Альbedo – відношення кількості променистої енергії Сонця, відбитої від поверхні будь-якого тіла, до кількості енергії, що падає на цю поверхню. Альbedo Землі в середньому становить 0,45).

В залежності від хмарності, висоти Сонця і альbedo поверхні ґрунту сумарна кількість сонячної енергії може бути підрахована за формулою:

$$q'_p = q''_p [1 - (1 - c') \mu], \quad (3.5)$$

де q''_p - сумарна кількість сонячної радіації при безхмарному небі, $Вт/м^2$ ($q''_p = 328 \text{ Вт/м}^2$ для 50° північної географічної широти);

c' - коефіцієнт, що враховує хмарність, альbedo ґрунту і висоту Сонця (середнє значення $c' = 0,039$ для умов західного регіону України);

μ – хмарність в частках від повної.

Втрати теплоти через огорожі культиваци́йної споруди визначається за формулою:

$$q_{ог} = k_{ог} \cdot \eta_{ог} \cdot (T_{вн} - T_з), \quad (3.6)$$

де $k_{ог}$ – коефіцієнт теплопередачі огорожі, який залежить від швидкості руху повітря, $Вт/м^2 \cdot ^\circ K$ (див. табл. 3.1).

$\eta_{ог}$ – коефіцієнт огорожі (для ангарних теплиць $\eta_{ог} = 1,3 \dots 1,4$);

$T_{вн}$ - розрахункова температура повітря в культиваци́йній споруді, $^\circ K$, (для теплиць $12 \dots 15^\circ C$, для парників - $15^\circ C$)

$T_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^\circ K$.

Витрата теплоти на вентиляцію культиваци́йної споруди визначається за формулою:

$$C_{\epsilon} = 0,278 C_n \cdot \rho_n \cdot \alpha \cdot \eta_{об} (T_{вн} - T_з), \quad (3.7)$$

де C_n – питома масова ізобарна теплоємність повітря, $кДж/(кг \cdot ^\circ K)$, ($C_n = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ K$);

ρ_n – густина зовнішнього повітря при $T_з$, $кг/м^3$, (див. табл. 3.2);

α – кратність вентиляції, (обмінів/год);

$\eta_{об}$ - коефіцієнт об'єму культиваци́йної споруди, м. (для ангарних і блочних теплиць $\eta_{об} = 2,75 \dots 3,0$).

Таблиця 3.1. Залежність коефіцієнта теплопередачі скляних огорожень від швидкості вітру

Культиваційна споруда	Значення коефіцієнта теплопередачі k ($Вт/(м^2 \cdot ^\circ K)$) в залежності від швидкості вітру v ($м/с$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теплиці	3,6	4,9	6,0	6,95	7,75	8,5	9,2	10,0	10,7	11,2	12,1
Парники	4,5	4,6	4,7	5,1	5,7	6,4	7,3	8,3	9,5	10,8	12,0

Таблиця 3.2 Залежність густини повітря від його температури

Температура $^\circ C$	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Густина, $кг/м^3$	1,453	1,395	1,342	1,293	1,247	1,205	1,165	1,128

При виникненні труднощів в оцінці кратності вентиляції можна скористатись наступними співвідношеннями:

– для теплиць:

$$q_v = 0,15 q_{ог};$$

– для парників:

$$q_v = 0,2 q_{ог}.$$

Витрату теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря можна визначити за формулою:

$$q_{инф.} = 0,278 M_n \cdot C_n (T_{вн} - T_з), \quad (3.8)$$

де M_n – кількість інфільтраційного повітря, $кг/год$:

$$M_n = a_{oz} \cdot M_1 \cdot \ell, \quad (3.9)$$

де a_{oz} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції каркасу огорожі (дерев'яний одинарний – $a_{oz} = 0,65$) ;

M_1 – кількість повітря, що надходить через 1м щілини, $кг/год$, (див табл. 3.3) ;

ℓ – довжина щілини, м.

Таблиця 3.3. Кількість повітря що інфільтрується через 1м щілини

Матеріал каркасу	Кількість повітря M_1 $кг/год$				
	До 1	2	3	4	5
Металевий каркас	3,780	5,976	7,416	8,388	11,700
Дерев'яний каркас	6,048	9,360	11,160	12,960	17,280

Тепловий потік від ґрунту можна визначити за формулою:

$$q_{zp} = (\alpha_n + n \cdot \sigma) T_{zp} - \alpha_n \cdot T_{вн} - n \cdot \sigma \cdot T_{oz}, \quad (3.10)$$

де α_n коефіцієнт тепловіддачі на межі між ґрунтом і приґрунтовим повітрям, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ K)$, для умов нашого дослідження коефіцієнт тепловіддачі можна з достатньою точністю прийняти рівним $\alpha_n = 6,2$ $Вт/(м^2 \cdot ^\circ K)$;

n – поправочний температурний коефіцієнт (в межах температур $268...308^\circ K$ $n = 0,96$);

σ – абсолютний коефіцієнт випромінювання, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ K^4)$;

T_{zp} – температура ґрунту, $^\circ K$;

$T_{вн}$ – температура повітря в споруді захищеного ґрунту $^\circ K$;

T_{oz} – температура огорожі, $^\circ K$.

Абсолютний коефіцієнт випромінювання визначиться за формулою:

$$\sigma = \varepsilon \sigma_0,$$

де $\varepsilon = 0,85$ – відносна випромінювальна здатність, або ступінь чорноти тіла;

σ_o – постійна Стефана- Больцмана, $\sigma_o = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K}^4)$.

Температура огорожі визначиться з виразу:

$$T_{ог} = \beta \cdot T_{вн} + (1 - \beta) \cdot T_з, \quad (3.11)$$

де β – коефіцієнт, що залежить від швидкості зовнішнього повітря ($\beta = 0,1$ при $V_{нов} = 0 \text{ м/с}$; $\beta = 0,4$ при $V_{нов} = 10 \text{ м/с}$).

Питома потужність системи опалення культивацийної споруди визначається за формулою:

$$q_{он} = (q_{ог} + q_{в} + q_{инф} \pm q_{зр}) - q_p \quad (3.12)$$

Повна потужність системи опалення буде рівна:

$$Q_{он} = (q_{ог} \cdot F + q_{в} \cdot F + q_{инф} \cdot F_{щ} \pm q_{зр} \cdot F) - q_p \cdot F_{ог}, \quad (3.13)$$

де F – площа ґрунту культивацийної споруди, м^2 ;

$F_{щ}$ – площа щілини з'єднань конструкцій споруди захищеного ґрунту, м^2 ;

$F_{ог}$ – площа огорожі культивацийної споруди, м^2 .

Так як в якості об'єкта випробувань вибрано ангарну теплицю з електро обігрівом, то у відповідності із способом обігріву виберемо модель (рис. 1.2 а) для розрахунку теплових опорів і температур в різних зонах теплиці, починаючи із джерела тепловиділення. Від поверхні ґрунту теплота передається повітрю теплиці.

Величина обернена до теплових (термічних) опорів називається *коефіцієнтом теплопередачі*.

Значення *коефіцієнта теплопередачі* можна визначити з рівняння:

$$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_m} + \frac{\delta_l}{\lambda_l} + \frac{\delta_{зр}}{\lambda_{зр}} + \frac{1}{\alpha_n}}; \quad (3.14)$$

де: α_m – коефіцієнт тепловіддачі від повітря повітряної камери нагрівного елемента до поверхні металевого листа, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K})$;

δ_l і $\delta_{зр}$ – відповідно товщина металевого листа і шару ґрунту, м ;

$\lambda_{л}$ і $\lambda_{зр}$ – відповідно коефіцієнти теплопровідності металевого листа і ґрунту, $Вт/(м \cdot ^\circ K)$;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі на межі між ґрунтом і приґрунтовим повітрям, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ K)$.

Отже, тепловий потік від нагрітого повітря в повітряній камері до повітря теплиці можна визначити за формулою:

$$Q = k F (T_k - T_{вн}), \quad (3.15)$$

де F – площа поверхні, через яку передається теплота, $м^2$;

T_k – температура нагрітого повітря в повітряній камері, $^\circ K$;

$T_{вн}$ – температура повітря в культивацийній споруді, $^\circ K$.

Температура поверхні ґрунту $T_{н.зр.}$ на межі з приґрунтовим повітрям розраховується для умов усталеного теплового потоку.

Так, кількість теплоти, що віддається від поверхні ґрунту до повітря теплиці, можна визначити за формулою:

$$Q_{н.зр.} = F \cdot \alpha_n (T_{н.зр.} - T_{вн}), \quad (3.16)$$

де: $T_{н.зр.}$ – температура поверхні ґрунту, $^\circ K$.

Отже знаючи розміри нашої споруди закритого ґрунту ми отримали значення тепловтрат котрі нам потрібно перекрити з допомогою електрообігріву.

$$Q = 10,9 \times 50 \times (1 - - 4) = 2234 \text{ Вт}$$

А це є вихідним параметром для вибору потужності дизельного чи бензинового генератора з автоматичним ввімкненням резерву.

3.3 Особливості пристроїв генераторів з автозапуском АВР

Генератор з автозапуском здатний запустити двигун автоматично, коли це потрібно. Він дає команду запуску у разі втрати електроенергії у зовнішній мережі чи сильного падіння напруги.

Автоматична система ділиться на керуючу частину, яка керує процесором, і виконавчу частину – АВР (автоматичне вмикання резервного живлення). Блок автоматизації забезпечує:

- ✓ контроль параметрів зовнішньої мережі;
- ✓ напрям енергії від зовнішньої мережі до приладів, що споживають електроенергію, коли генератор не працює;
- ✓ запуск двигуна та перемикання домашніх приладів на генератор, коли припиняється подача електроенергії від основного джерела;
- ✓ вимикає двигун пристрою, коли живлення доступне в основній мережі.

Більшість сучасних генераторів оснащені регульованою заслінкою, яка дозволяє контролювати холодний старт.

Завдання резервного джерела живлення полягає в тому, щоб забезпечити електроенергією підключені до мережі прилади, коли основна електрична мережа без напруги. Як правило для цього потрібно вимкнути автомат основної мережі, потім запуснути електрогенератор, після чого підключити електричний струм, що виробляється генератором у домашню мережу.

А, коли в центральній мережі з'явиться електроенергія, необхідно відключити навантаження від станції, потім перейти на зовнішню електромережу і вимкнути двигун генератора.

Все це зробити досить просто, але це вимагає часу, особливо коли це потрібно зробити в ночі. Набагато швидше, та безпечніше буде, виконати це завдання автоматично за допомогою генератора із системою автозапуску.

Автоматичні пускові системи можуть бути встановлені на дизельних електростанціях, бензинових та газових генераторах. Блок автоматизації зазвичай встановлюється на генератори з електричним стартером.

Пристрій автозапуску складається з програмного забезпечення, мікропроцесора, здатного контролювати всю систему. Автоматика також здійснює відключення резервного джерела живлення з появою напруги в основній електричній мережі.

Електроніка системи автозапуску АВР, як правило, розташовані в спеціальному щитку прикріпленому до корпусу генератора, або встановлюється недалеко від нього.

3.4 Принцип дії АВР

Принцип автоматизації практично однаковий у всіх генераторів. Є лише невелика різниця для бензинових електростанцій: для запуску карбюраторного двигуна встановлюється механізм керуючий дроселем, який відкриває його при запуску генератора, схематично можна побачити на рис 3.2.

Як відбувається сам автозапуск:

1. Контролер визначає відсутність напруги, і через 5 – 7 секунд, здійснюється команда на перемикання входу в домашню мережу. Спрацьовує реле, відключаючи навантаження від джерела живлення.
2. Запускається стартер і заводиться двигун генератора.
3. Прогрівается двигун після чого відбувається автоматичне підключення генератора до домашньої мережі.

У системі автоматики також запрограмоване повторення запусків двигуна, у разі невдалої першої спроби. Інтервал запуску двигуна між спробами складає 15 секунд. Для того, щоб відновити заряд акумулятора.

Автоматика генератора здійснює близько 5...7 таких повторень. Якщо після сьомого разу електростанція не запустилася, необхідно перевірити чи заправлений паливний бак і в якому стані свічка запалювання у бензиновому двигуні.

Вимкнення станції:

Коли автоматика визначає, що з'явилася напруга струму в основній мережі, спрацьовує реле, яке відключає. Після цього перемикаються контакти лінії електропередач. Потім запускається команда відключення двигуна.

Необхідно звернути увагу, що зупинка двигуна під навантаженням не рекомендується. Завжди двигун має відключатися після навантаження попрацювавши кілька секунд у холосту, після чого потрібно відключати двигун.

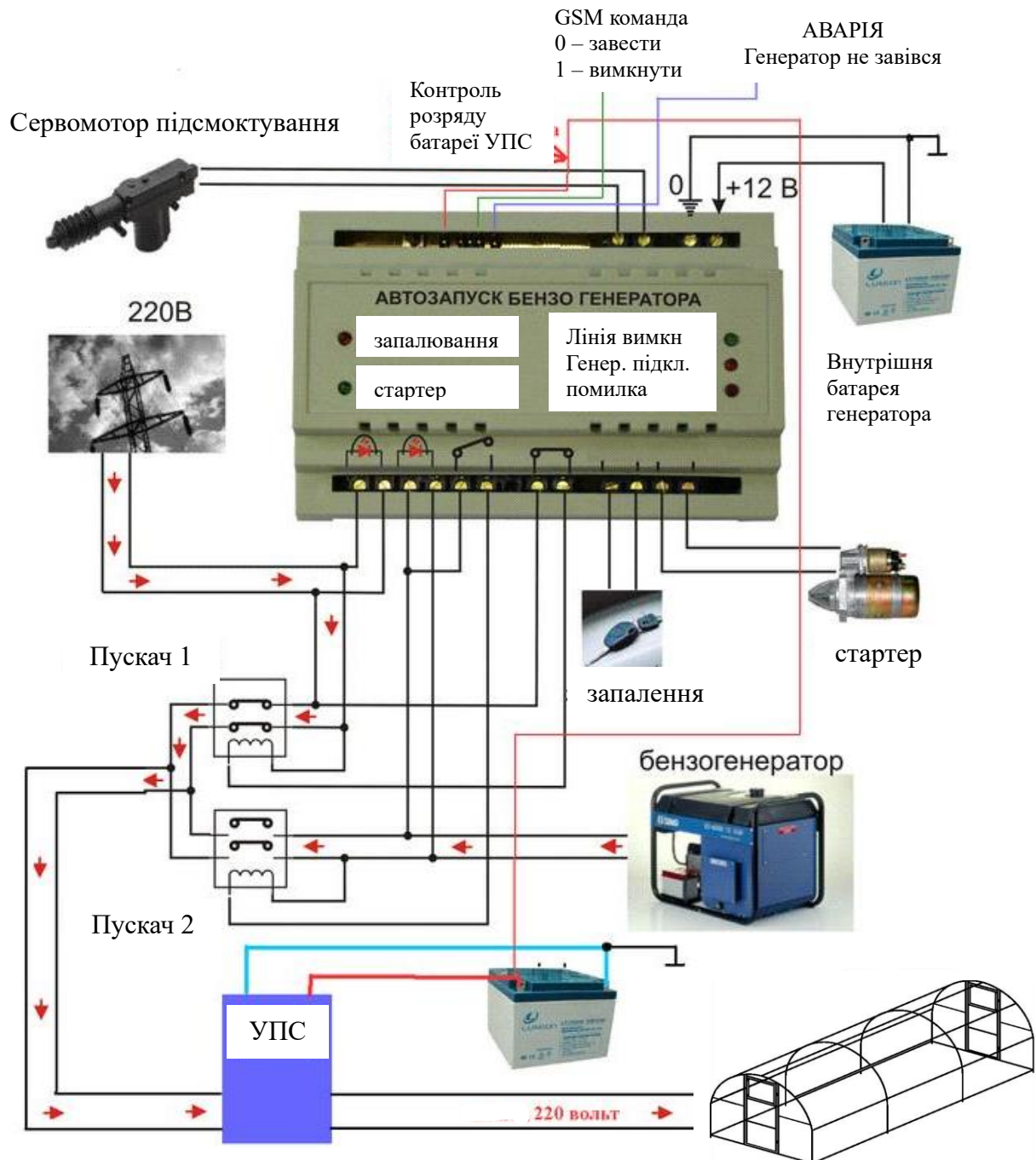


Рисунок 3.2 Схема автоматичного вмикання резервного живлення для тепличного комплексу

3.5 Переваги та недоліки генераторів з автоматикою

Вигідна перевага генераторів з автозапуском полягає в тому, що запуск та зупинка електростанції автоматична, без нашої з вами участі у цьому процесі.

До недоліків АВР можна віднести те, що генератори з автозапуском вимагають підвищеного контролю за акумулятором і своєчасною подачею палива під час роботи. У випадках, коли генератор довго не діяв, необхідно тестувати його запуск.

При купівлі генератора, дуже важливо звернути увагу на розрахунок потужності необхідного генератора. Завжди необхідно враховувати той факт, що електродвигуни ваших домашніх приладів споживають на 10-20% більше енергії під час запуску, ніж при роботі в штатному режимі. Необхідно вибирати потужність електростанцій із запасом.

Вартує звернути увагу що літнє дизельне паливо в холодну пору стає дуже в'язким. Отже, якщо використовувати генератор буде на вулиці, краще вибрати бензиновий генератор. Якщо обрано дизельний генератор для роботи в зимовий період рекомендуємо замінити паливо на зимове.

Також важливо звернути увагу на ємність акумуляторів. Може бути так, що батарея не встигатиме заряджатися при коротких проміжках використання генератора. Тому бажано завжди мати автономну зарядку для акумулятора.

Якщо планується використовувати електростанцію на вулиці, краще брати генератор закритого типу. А при розміщенні агрегату у приміщенні можна брати агрегат без корпусу. Таким чином він краще охолоджується.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи безпеки при обслуговуванні електрообладнання

До основних шкідливих виробничих факторів в захищеному ґрунті слід віднести підвищену вологість повітря і насиченість його вуглекислим газом та забруднення пилом. До небезпечних факторів належать:

електрична напруга,
транспортні засоби,
пестициди,
гаряча вода,
водяна пара тощо.

Теплиці і парники з електро підігрівом належать до особливо небезпечних приміщень і поділяються на дві категорії:

А - ґрунт і повітря обігрівають за допомогою електричних нагрівників напругою більше 65 В;

Б - ґрунт обігрівають за допомогою електродів, розміщених у землі, або не ізольованих нагрівних елементів напругою до 65 В, а також прокладених в азбоцементних трубах напругою понад 65В.

До самостійної роботи теплицях допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, а також:

- вступний інструктаж;
- інструктаж з пожежної безпеки;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- навчання безпечним методам і прийомам праці не менше ніж за 10 годинною програмою;
- інструктаж з електробезпеки на робочому місці і перевірку засвоєння його змісту.

Працівники теплиці повинен проходити:

- повторний інструктаж з безпеки праці на робочому місці не рідше, ніж через кожні три місяці;
- позаплановий і цільовий інструктажі: при зміні технологічного процесу або правил по охороні праці, заміні або модернізації виробничого обладнання, пристроїв та інструменту, зміни умов і організації праці, при порушеннях інструкцій з охорони праці, перервах в роботі більш ніж на 60 календарних днів 79 (для робіт, до яких пред'являються підвищені вимоги безпеки - 30 календарних днів);
- стажування.

Особи, які експлуатують електрообладнання повинні мати групу з електробезпеки не нижче II. [7].

До ремонту електроустаткування допускається тільки електротехнічний персонал. При експлуатації і ремонті електрообладнання необхідно керуватися «Міжгалузевими правилами з охорони праці при експлуатації електроустановок», «Правилами улаштування електроустановок» і «Правилами експлуатації електроустановок споживачів», а також санітарними нормами. При експлуатації вентиляторів забороняється торкатися при роботі вентиляційної системи.

Допуск до профілактичних і ремонтних робіт з електрообладнанням теплиці проводиться оперативним електротехнічним персоналом в установленому «Міжгалузевими правилами з охорони праці при експлуатації електроустановок» порядку за розпорядженням адміністративно-технічного працівника.

До обслуговування електричних приладів та електрообладнання в теплицях і парниках допускають спеціально навчених і атестованих робітників. Перед виконанням будь-яких робіт в теплицях і парниках категорії А необхідно відключити напругу і вивісити на рубильнику плакат «Не включати. Працюють люди!». Після закінчення робіт і перед вмиканням електрообігрівання в теплицях і парниках категорії А необхідно впевнитись,

що на робочих місцях і в приміщенні не залишилось людей, закрити вхід і вивісити плакат: «Стій, висока напруга!», «Під напругою!», «Небезпечно для життя!»).

У теплицях і парниках категорії Б при ввімкненому електрообігріванні ґрунту в особливих випадках дозволяється розпушувати ґрунт на глибину до 20 см інструментом із сухими дерев'яними ручками. Заглиблювати руки в ґрунт і торкатись його руками не дозволяється. Після ввімкнення електроосвітлювальних установок для до освічування рослин в теплицях і парниках забороняється виконувати будь-які роботи.

Постійно слід перевіряти справність всього електрообладнання, електро підігрівників, захисного нульового провідника. В якості основних енергетичних засобів при роботах в теплицях використовують малогабаритні трактори і самохідні шасі. При експлуатації техніки в захищеному ґрунті враховують, що її використовують на обмеженій території і є труднощі в маневруванні машин і знарядь і завжди багать людей.

Низько розміщені деталі і конструкції теплиць створюють травмонебезпечні ситуації. Загальний недолік застосування тракторів з двигунами внутрішнього згорання – загазованість робочих приміщень. Тому при роботі в закритій теплиці машин з двигунами внутрішнього згорання необхідно систематично провітрювати приміщення. При використанні електрофікованих машин і механізмів необхідно дотримуватись вимог електробезпеки.

До роботи на машинах, які застосовуються в овочівництві захищеного ґрунту, допускаються особи, які мають першу кваліфікаційну групу, вивчили правила експлуатації машин, пройшли інструктаж з охорони праці і навчені правилам практичного користування машинами. При підготовці ґрунту до посіву, роботу потрібно проводити тільки на першій передачі. Швидкість руху трактора в теплиці не повинна перевищувати 4 км/год, а заднім ходом – 2 км/год. Забороняється перевозити людей в кузовах самохідних шасі і в тракторних причепах.

При рихленні ґрунту фрезою дотримуватись особливої обережності, оскільки відлітаючі куски ґрунту і тверді предмети можуть спричинити травму мотористу і проходом людям.

Водії транспортних засобів при роботі в теплицях повинні працювати в захисних касках і спецодязу, а при роботі з пестицидами користуватися відповідними засобами захисту органів дихання. При короткочасній зупинці не можна залишати транспортні засоби з працюючим двигуном. Перед початком роботи з машинами на електричному приводі необхідно перевіряти справність заземлюючого проводу.

Монтажні і ремонтні роботи повинен виконувати слюсар III розряду, а підключення машини до електромережі – електротехнічний персонал.

Забороняється приступати до роботи і продовжувати її при виявленні неполадок електрообладнання, заземлення; проводити огляд, регулювання, очищення, змащування, технічне обслуговування, ремонт механізмів і вузлів машини без відключення її від електромережі; працювати без захисних кожухів; залишати машину включеною після раптового зникнення напруги.

При роботі необхідно стежити, щоб електрокабель, по якому подається живлення на машину, не був натягнутим і були виключені наїзди на нього транспортних заходів.

4.2 Безпека життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій

Щодня у світі фіксується тисяча подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людини і які можуть призвести, або призводять до загибелі людей та до значних матеріальних втрат. Такі події називаються надзвичайними ситуаціями.

Загальні ознаки надзвичайних ситуацій:

- наявність, або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності;

- заподіяння економічних збитків;
- істотне погіршення стану довкілля.

До надзвичайних ситуацій, як правило призводять аварії, катастрофи, стихійні лиха та інші події, такі як *епідемія, терористичні акти, збройні конфлікти*. Аварії діляться на дві категорії:

I- категорія належать аварії в яких:

- загинуло 5 чи травмовано 10 і більше осіб;
- стався викид отруйних, радіоактивних речовин;
- збільшилась концентрація забруднюючих речовин у навколишньому середовищі більш, як у 10 разів;
- зруйновано будівлі споруди, що утворювали загрозу для життя і здоров'я великої кількості людей, працівників.

II- категорії належать аварії в яких:

- загинуло до 5, чи травмовано від 4 до 10 осіб;
- зруйновано будівлі, що створювали загрозу для життя і здоров'я працівників цеху, дільниці (100 осіб і більше).

Події природного походження, або результати діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вразити людей, об'єкти економіки, та довкілля – називаються небезпечними природними явищами.

Руйнівне небезпечне природне явище – це стихійне лихо.

Залежно від територіального поширення розрізняють чотири рівні надзвичайних ситуацій:

- загальнодержавні, що виникли на території двох і більше областей;
- регіональні, що виникли на території двох і більше адміністративних районів;
- місцеві, що виходять за межі небезпечного об'єкта, поширюється на довкілля, сусідні населенні пункти;
- об'єктові, що виникли на території одного об'єкта і не виходить за його межі.

В Україні розрізняють чотири класи надзвичайних ситуацій:

- надзвичайні ситуації техногенного характеру – це транспортні аварії, пожежі, аварії з викидом, раптове руйнування споруд.
- надзвичайні ситуації природного характеру – це небезпечні геологічні, метеорологічні природні пожежі та інші явища.
- надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру;
- надзвичайні ситуації воєнного характеру – це ситуації пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження.

Організація життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій – це комплекс заходів спрямованих на створення і підтримання нормальних умов життя, здоров'я і працездатності людей.

Цей комплекс включає:

- управління діяльністю населення при загрозі та виникненню надзвичайної ситуації;
- захист населення та територій від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха;
- захист продуктів харчування та води від радіаційного, хімічного та біологічного забруднення;
- житлове забезпечення і працевлаштування;
- комунально-побутове обслуговування;
- медичне обслуговування;
- навчання населення способам захисту і діям в умовах надзвичайної ситуації;
- забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпек;
- заходи спрямовані на попередження, запобігання екологічних наслідків надзвичайної ситуації.

З метою недопущення загибелі людей, забезпечення нормальної життєдіяльності у надзвичайній ситуації повинно бути проведено сповіщення населення, а якщо необхідно, організовано евакуацію.

Евакуація – це організоване виведення чи вивезення населення з небезпечних зон.

Пожежа – це стихійне лихо розповсюдження вогню, який вийшов з під контролю людей і призводить до матеріальної шкоди іноді до загибелі людей.

Причини виникнення пожеж:

- необережне поводження з вогнем, газом, бензином, несправність електрообладнання;

- аварії, катастрофи на підприємствах (недотримання правил пожежної безпеки); - природні явища (удар блискавки, самозагоряння торфу).

Пожежна безпека – стан об'єкта при якому виключається можливість виникнення пожежі і впливу на людей небезпечних факторів, а також забезпечення факторів захисту матеріальних цінностей.

Загальні вимоги пожежної безпеки:

- кожен працівник (студент) повинен знати місце розташування первинних засобів пожежегасіння і вміти ними користуватись, працівники повинні знати правила поведінки при пожежі, шляхи евакуації;

- легкозаймисті та горючі речовини дозволяється зберігати у спеціально відведених місцях, у межах їх потреби відповідно до норм;

- забороняється розкидати пожеже небезпечні матеріали.

Після використання їх треба віднести з приміщення; - у разі виникнення пожежі працівник негайно має повідомити про це пожежну охорону та керівництво і розпочати ліквідацію пожежі всіма наявними засобами. Пожежні засоби поділяються на: - пожежні автомобілі, пожежні машини; - первинні засоби пожежегасіння (пожежний немеханізований інвентар, інструмент, вогнегасники); - пожежна сигналізація. *Первинні засоби пожежегасіння:* - внутрішні крани з пожежними рукавами і стволами; - вогнегасники пінні, вуглекислотні, порошкові; - ящики з піском, бочки з водою; - простирадла азбестові, брезентові; - ручний пожежний інструмент. При виникненні пожежі, або загоранні на будь-якій ділянці підприємства, негайно оголошується пожежна тривога та сповіщається пожежна охорона. Одночасно з

повідомленням про пожежу працівник вживає заходів щодо ліквідації пожежі та евакуації людей з приміщення, а також посилення охорони об'єкта. Для гасіння пожежі використовують первинні засоби пожежегасіння, що є на підприємстві. При виникненні аварійної ситуації електромонтер зобов'язаний повідомити про це вищестоящому оперативному працівнику і прийняти заходи до локалізації надзвичайної ситуації. У разі нещасних випадках необхідно: для звільнення потерпілого від дії електричного струму напруга повинна бути знята негайно без попереднього дозволу; винести потерпілого в безпечне місце та надати першу (долікарняну) допомогу, визвати швидку допомогу і повідомити керівництво та диспетчера; зберегти на робочому місці ті обставини, під час яких виник нещасний випадок, якщо це не загрожує життю людей. Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони, тобто евакуація. Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС.

Планомірна й екстрена евакуації розрізняються тимчасовими рамками. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними процесами накопичення негативних факторів у зоні НС або спочатку високими рівнями цих факторів. В числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, зазначаються дії по евакуації працюючої зміни, як у випадку загрози, так і при виникненні НС. Виходячи з прогнозованої можливості виникнення аварій, катастрофи або стихійного лиха які можуть спричинити за собою людські жертви, завдати шкоди здоров'ю людей, порушити умови їх життєдіяльності, намічаються наступні заходи і тимчасові параметри з евакуації: - визначається вид евакуації (планомірна або екстрена); - проводиться розрахунок робітників і службовців, необхідних для проведення евакуації; - встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва; - намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення та ін. Із врахуванням аналізу та оцінки ситуації керівник об'єктової комісії з НС може прийняти одне з рішень: - провести евакуацію всередині об'єкта; - вивести персонал за межі об'єкта; - застосувати комбінований метод.

5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

5.1 Вартість впровадження

Загальновідомо що в Україні та не тільки а і за межами держави використовується велика кількість споруд закритого ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур. На превеликий жаль, у них переважно використовується застарілі системи або взагалі не використовується управління технологічними процесами для створення мікроклімату, а це призводить до неякісної виробленої продукції а також перевитрат енергоносіїв. Як зазначалось вище сьогодні енергетичне забезпечення теплиць не обґрунтовані, особливо це стало відчутним в останні роки, роки війни. У будь який момент може перерватись електро постачання та обігрів осель, споруд, будівель котрі живляться від енергоресурсів. Таким чином система резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву є сьогодні актуальною. У моїй кваліфікаційній роботі для безперебійного опалення теплиці було використано систему резервного електропостачання тепличного комплексу фермерського господарства рис 5.1



Рисунок 5.1 Генератор інверторного типу із системою АВР

На купівлю нового обладнання а саме бензинового генератор інверторного типу *KS 5500iES ATSR* німецької торгової марки Könnor&Söhnen затрачено 60000 грн:

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі проаналізовано конструктивне планування споруд закритого ґрунту, зокрема розглянуто класифікація культиваційних споруд закритого ґрунту, та способи підвищення енергоефективності. Наведено можливі методи теплопостачання.

Здійснено аналіз впливу параметрів мікроклімату на продуктивність рослин. Наведено агротехнологічні вимоги виробництва овочів в теплицях. Проаналізовано вплив вологості, температури, швидкості руху повітря, освітленості на продуктивність рослин.

Розглянуто класифікацію електрообладнання для підтримання мікроклімату в теплицях. Представлена методика знаходження вартості для опалення різними джерелами енергії.

Окреслена математична модель впливу параметрів мікроклімату теплиці. Розраховано тепловий баланс культиваційної споруди. Представлено особливості пристроїв генераторів з автозапуском АВР та описано принцип дії АВР. Розглянуто переваги та недоліки генераторів з автоматикою.

Вивчено заходи безпеки при обслуговуванні електрообладнання. Наведена безпека життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій. Розраховано затрати на впровадження системи резервного електропостачання споруди закритого ґрунту з допомогою автоматичного ввімкнення резерву, котрі становлять 60000 грн

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Воробкевич В. Ю. Характеристики вітроустановки для енергопостачання тваринницької ферми. // В. Ю. Воробкевич, В. М. Сиротюк. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. статей. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – Вип.4. – С.15-20.
2. Гальчак В. П. Визначення енергетичних, економічних та екологічних еквівалентів паливно-енергетичних ресурсів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Енергозбереження і використання поновлюваних джерел енергії". // В. П. Гальчак, С. В. Сиротюк. – Львів, 2012. – 14 с.
3. Гальчак В. П. Дослідження енергетичного потенціалу вітрового потоку. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Нетрадиційні поновлювані джерела енергії". // В. П. Гальчак, С. В. Сиротюк. – Львів, 2015. – 14 с.
4. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. // Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
5. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч. / С.О. Кудря. – К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 492 с.
6. Сиротюк В. Особливості розробки електротехнічних систем вітроелектричних установок сільськогосподарського призначення. // В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Боярчук, В. Воробкевич. Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. – №14, 2010. – С. 423–428.
7. Схеми організації вітряних електростанцій. Режим доступу: <http://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostantsii/sxemi-organizacii vitryanix-elektrostantsij/>.
8. Іваненко В. Ф. Особливості формування енерговитрат на виробництво продукції овочівництва закритого ґрунту. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького*. 2011. № 2(48). С. 71–78.

9. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 224 с.
10. Статистичні нотатки. Аграрний сектор. *Державна служба статистики України*. 2018. URL: www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 25.09.2022).
11. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник / Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. Вінниця: Нова Книга. 2008. – 368 с.
12. П.П. Іваненко, О.В. Присіпка. Закритий ґрунт. навч. посібник для вищ. агр. зал. освіти II-IV рівнів акрид. К., Урожай, 2001.-360 с.
13. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: Навч. пос. / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, В.В. Морозов та ін. Житомир: Видавництво “Державний агроекологічний університет”, 2007. 420 с.
14. Пістун І. П. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. Суми : Унів. кн., 1999. 301 с.
15. Архівні дані “Українського гідрометеорологічного центру” <https://meteo.gov.ua/ua/33393/services/> (дата звернення: 30.04.2021).
16. Боярчук В. Обґрунтування методики розрахунку економічної ефективності застосування засобів відновлюваної енергетики. // В. Боярчук, В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Гальчак, Г. Сиротюк. Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 2-3 квітня 2009): 3б. наук. статей. – Львів, ЛВДЦНП. – С. 283–286.
17. Боярчук В.М. Узгодження параметрів акумуляторної батареї з параметрами електричного генератора ВЕУ в умовах мінливості вітрового потоку. // В. М. Боярчук, В. М. Сиротюк, В. Ю. Воробкевич, С. В. Сиротюк, В. П. Гальчак, М. А. Михалюк. Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Volume 13 D. – Lublin, 2011. – С. 217–222.