

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н. _____ **КАПЛУН В.В.**
(підпис)

« _____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

доц., к.т.н. _____ **ОКУШКО О.В.**
(підпис)

« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ
РОСЛИН НА МАЛООБ'ЄМНІЙ ГІДРОПОНІЦІ У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ»**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

_____ **К.Т.Н., ДОЦЕНТ**
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ **К.Т.Н., ДОЦЕНТ**
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Синявський О.Ю.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Кіт В.М.
(ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

К.Т.Н., доц. _____ **Окушко О.В.**
(підпис)
« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Коту Віталію Миколайовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розроблення та дослідження електротехнологічного обладнання для вирощування рослин на малооб'ємній гідропоніці у весняних теплицях»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 18.11.2024 № 2061”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14. 11 . 2025

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»; матеріали практики

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз гідропонних технологій вирощування рослин .
2. Аналіз технологічного та електротехнологічного обладнання у весняних теплицях.
3. Магнітна обробка живильного розчину в теплицях.
4. Енергозбереження у весняній теплиці.
5. Охорона праці.
6. Техніко-економічна оцінка інженерних рішень.

Дата видачі завдання 19.11.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Синявський О. Ю.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Кіт В.М.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 95 с., 26 рис., 29 табл., 36 джерел.

Об'єкт дослідження – процес мінерального живлення рослин у весняних теплицях.

Мета досліджень – обґрунтування параметрів електротехнологічного обладнання для вирощування рослин у весняних теплицях на мінеральній ваті, що дозволить на 10-15 % знизити витрати енергії, води та мінеральних добрив, підвищити урожайність овочевих культур та якість продукції.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики, теорії планування експерименту та ін.; рН-метр рН –150МА, іонімір И-160М, тесламетри, амперметри, вольтметри.

Проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для вирощування рослин у весняних теплицях на мінеральній ваті.

Обґрунтована система електрообладнання для автоматичного приготування і подачі живильного розчину у теплицях.

Досліджений процес магнітної обробки живильного розчину у теплиці. Визначені оптимальні режими обробки та обґрунтовані параметри відповідного обладнання.

Розроблені заходи з енергозбереження і охорони праці у весняній теплиці. Наведений розрахунок економічної ефективності прийнятих інженерних рішень.

Галузь застосування – тепличне овочівництво.

Ключові слова: весняна теплиця, живильний розчин, приготування живильного розчину, магнітна обробка, магнітна індукція

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ГІДРОПОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ.....	10
1.1. Існуючі технології гідропонного вирощування рослин.....	10
1.2. Вплив кислотності та концентрації живильного розчину на врожайність овочевих культур і якість продукції.....	16
1.3. Технологічне обладнання для приготування і подачі живильного розчину в гідропонних теплицях.....	23
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ.....	27
2.1 Обґрунтування технологічного обладнання	27
2.2 Електрообігрівання теплиць.....	28
2.3. Водопостачання весняних теплиць	30
2.4. Зовнішнє і внутрішнє освітлення весняних теплиць.....	33
2.5. Опромінення рослин у теплиці	36
2.6. Електропроводки в теплиці.....	40
2.7. Електропостачання тепличного господарства	40
РОЗДІЛ 3 <u>АВТОМАТИЗОВАНЕ</u> ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ	42
3.1. Приготування живильного розчину у весняних теплицях.....	42
3.2. Силове електрообладнання весняної теплиці	44
РОЗДІЛ 4 МАГНІТНА ОБРОБКА ПОЛИВНОЇ ВОДИ В ТЕПЛИЦІ.....	54
4.1 Аналіз літературних джерел з магнітної обробки живильних розчинів	54
4.2 Методика оцінки впливу магнітної обробки поливної води	54
4.3 Теоретичні дослідження зміни параметрів поливної води при магнітній обробці.....	55
4.4 Експериментальні дослідження зміни параметрів поливної води при магнітній обробці	59

4.5 Дослідження впливу магнітної обробки поливної води на ріст і розвиток рослин	64
4.6 Розробка апарата для магнітної обробки живильного розчину в теплицях	66
РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВЕСНЯНИХ ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЯХ	69
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	71
6.1 Аналіз стану охорони праці в тепличному господарстві	71
6.2 Безпечність об'єкту проектування	72
6.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу	76
6.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів	77
6.5 Розрахунок заземлюючих пристроїв	77
6.6 Блискавкозахист будівель і споруд	82
6.7 Протипожежні заходи	83
РОЗДІЛ 7 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ	85
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
Додатки	95

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

<p>A – коефіцієнт;</p> <p>a_{H^+} – активність іонів водню;</p> <p>B – магнітна індукція;</p> <p>C – концентрація речовини;</p> <p>d – діаметр;</p> <p>δ – повітряний зазор;</p> <p>E – потенціал;</p> <p>E_0 – стандартний потенціал;</p> <p>E_a – енергія активації;</p> <p>e – енергія взаємодії;</p> <p>F – число Фарадея;</p> <p>f – коефіцієнт активності;</p> <p>G – критерій Кохрена;</p> <p>I – електричний струм;</p> <p>K – коефіцієнт швидкості;</p> <p>m – маса іона;</p> <p>μ – магнітна проникність;</p> <p>ОВП – окислювально – відновний потенціал;</p> <p>P – потужність;</p> <p>R – універсальна газова стала;</p> <p>R_{Π} – магнітний опір повітряного зазору;</p> <p>R_c – магнітний опір феромагнітної ділянки;</p> <p>r – радіус;</p> <p>ρ – питомий електричний опір;</p> <p>q – заряд іона;</p>	<p>S – площа;</p> <p>S_a – ентропія активації;</p> <p>S_o – стандартна ентропія активації;</p> <p>S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;</p> <p>S_u^2 – дисперсія досліду;</p> <p>T – температура;</p> <p>t – час;</p> <p>U – напруга;</p> <p>v – швидкість руху;</p> <p>W – кількість витків;</p> <p>ω – швидкість хімічної реакції;</p> <p>Z – заряд іона.</p>
---	--

ВСТУП

В свіжих овочах є велика кількість вітамінів, які необхідні людині для нормального розвитку та підтримки здоров'я. Через свої поживні якості та відносно невеликої ціни, вони займають більшу кількість раціону населення, але враховуючи кліматичну зону України вирощувати цілий рік овочі у відкритому ґрунті неможливо, тому, у несезонні періоди овочі вирощують у теплицях.

Використання теплиць дає змогу продовжити час вирощування овочів, це суттєво впливає на збільшення врожайності. Середній рівень урожайності тепличних культур в Україні рівний більше 125 т/га.

Українські тепличні комплекси спеціалізуються на вирощування овочів – 79 % від загальної кількості овочів на ринку, вирощуванні квітів - 19 %, вирощуванні грибів та фруктів – 2 %.

У теплицях переважно вирощують огірки та помідори, оскільки для них потрібно підтримувати певний мікроклімат, на відкритому ґрунті це зробити досить важко, а в умовах закритого ґрунту є можливість підтримки та створення потрібного мікроклімату. Вирощування огірків становить – 49 % від усього ринку України, помідорів – 45%, на інші культури припадає всього – 6 %.

Якщо говорити про типи теплиць, то в Україні найбільше застосовують плівкові теплиці (весняні) – 55,6 %, полікарбонатні теплиці – 41,7 %, а найменше, через велику вартість монтажних робіт та крихкість поверхонь, скляні теплиці – 2,8 %.

Ринок тепличних культур достатньо швидко розвивається та збільшується кількість тепличних господарств та якість овочів, які там вирощуються. Але собівартість вирощених у теплицях культур порівняно висока. Її можна знизити, а також підвищити якість та кількість врожаю з 1 м², шляхом застосування нового обладнання та автоматизації виробничих процесів, пошуком нових технологій вирощування, регулювання мікроклімату у теплицях за допомогою мікропроцесорних пристроїв з найменшою похибкою в регульованих параметрах.

Також не потрібно забувати про економію ресурсів, використання енергозберігаючих технологій, що зменшує собівартість вирощування овочів.

Електрифікація та автоматизація технологічних процесів може своєчасно виявляти відхилення у технологічних процесах вирощування овочів та усувати їх або ж сигналізувати про вихід з ладу обладнання або певних параметрів за межі допустимих. Це вигідно використовувати, оскільки в таких системах втрати врожаю зводяться до мінімальних показників, що призводить до економічної вигоди від застосування електрифікації та автоматизації технологічних процесів у весняних теплицях.

Мета досліджень – обґрунтування параметрів електротехнологічного обладнання для вирощування рослин у весняних теплицях на мінеральній ваті, що дозволить на 10-15 % знизити витрати енергії, води та мінеральних добрив, підвищити урожайність овочевих культур та якість продукції.

Об'єкт дослідження – процес мінерального живлення рослин у весняних теплицях.

Предмет дослідження – структура електротехнологічного обладнання для мінерального живлення рослин у весняних теплицях та параметри відповідного електрообладнання.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики, теорії планування експерименту та ін.; рН-метр рН –150МА, іономір И-160М, тесламетри, амперметри, вольтметри.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури та параметрів системи електротехнологічного обладнання мінеральним живленням рослин у весняних теплицях на мінеральній ваті.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці автоматизованого електрообладнання для мінерального живлення рослин у весняних теплицях, визначенні режимів магнітної обробки живильного розчину та розробці апаратів для магнітної обробки з електромагнітами.

На захист магістерської кваліфікаційної роботи виносяться:

1. Параметри системи електротехнологічного обладнання для мінерального живлення рослин у весняних теплицях.
2. Аналітичні залежності зміни параметрів водних розчинів при магнітній обробці.

3. Режими обробки живильного розчину у весняних теплицях при магнітній обробці.
4. Параметри електрообладнання для магнітної обробки живильного розчину.

У цій магістерській кваліфікаційній роботі проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для вирощування рослин у весняних теплицях, проведені теоретичні і експериментальні дослідження зміни параметрів живильного розчину при магнітній обробці і визначенні оптимальні параметри обробки, обґрунтовані параметри пристроїв для магнітної обробки розчинів з електромагнітами, розроблені заходи з енергозбереження та охорони праці у блоці весняних теплиць, наведені техніко-економічні показники застосування електротехнологічного обладнання для мінерального живлення рослин у весняних теплицях.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ГІДРОПОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ

1.1. Існуючі технології гідропонного вирощування рослин

Гідропоніка – одна з найдавніших технологій вирощування рослин. Про це свідчать висячі сади Вавилона, плавучі городи в Мексиці і Китаї, в староегипетських літописах описується вирощування рослин у воді. Однак перше наукове повідомлення про цей спосіб з'явилося в 1660 р, коли Ян ван Хельмонт на прикладі класичного досвіду з пагонами верби показав, що рослини засвоюють поживні речовини з води. У 1859 р Сак і Кноп поставили чистий гідропонний експеримент. Великі російські вчені К.А.Тімірязев і Д.М. Прянишников розвинули і удосконалили способи вирощування рослин без ґрунту в вегетаційних судинах. Довгий час гідропонний метод використовувався в основному тільки в наукових цілях. Вперше на практиці його застосували в 1921 р на сільськогосподарській дослідній станції Род-Айленд (США). У промислових масштабах вирощування рослин на живильних розчинах вперше почав у 1929 р в Каліфорнії (США) професор Дж.Геріке, який дав цього способу назву «гідропоніка», що в перекладі з грецької означає робота з водою.

Перші промислові гідропонні установки в нашій країні були розроблені в кінці 50-х років. Нині основне промислове значення має агрегатопоніка з використанням твердих мінеральних сипких матеріалів та малооб'ємна гідропоніка, яка передбачає вирощування рослин на мінераловатних субстратах з використанням краплинного зрошення. Найбільші гідропонні установки використовуються в господарствах «Київська овочева фабрика», «Тепличний», (Київська обл.), «Уманський тепличний комбінат» (Черкаська обл.).

В останні роки широке поширення набувала малооб'ємна гідропоніка. Поштовхом до її розвитку стало відкриття полімерів, які замінили дорогі бетонні піддони і резервуари, а також створення нового технологічного обладнання на основі сучасного приладобудування, електроніки і автоматики.

У нашій країні овочі вирощують методом малооб'ємної гідропоніки в господарствах «Київська овочева фабрика», «Тепличний» та ін.

За кордоном найбільшого поширення набуло вирощування рослин на мінеральній ваті з використанням крапельного поливання і технологія тонкошарової проточної культури. У скандинавських країнах за цією технологією овочеві культури вирощують більш ніж на 80 % площі теплиць, в Нідерландах – 50 % (із 4000 га площі, яку займають овочеві культури, більше 2000 га переведено на малооб'ємні технології, переважно на мінеральну вату). В Англії 80 % тепличних огірків і 50 % томатів вирощують на гідропоніці [1]. В Японії її застосовують при вирощуванні овочів на площі понад 1500 га [2], Бельгії - близько 700 га [3]. У плівкових теплицях тропічних і субтропічних зон земної кулі малооб'ємна технологія також витісняє старі способи. Гідропоніка застосовується в Австралії, Новій Зеландії, на Багамських островах, Кубі, Малайзії, Кувейті, Бразилії, в країнах Північної, Центральної та Східної Африки.

Ця технологія набуває все більшого поширення завдяки перевагам перед вирощуванням овочів в теплицях з ґрунтом. При гідропонній технології поліпшується використання площі закритого ґрунту, оскільки коротшає вегетаційний період рослин і прискорюється їх плодоношення, вище урожайність і краща якість продукції за рахунок регулювання складу живильного розчину і режимів підкорики рослин, скорочуються витрати води, добрив і теплової енергії, немає бур'янів, багатьох шкідників і хвороб, знижуються собівартість продукції і затрати праці; відкриваються широкі можливості для комплексної механізації і автоматизації основних технологічних процесів.

Гідропонні установки застосовуються для вирощування розсади, овочів, квітів, лікарських рослин, суниці, для виробництва зеленої вітамінної підгодівлі для тварин, а також при культивуванні нижчих рослин.

Рослини вирощуються методом гідропоніки як в теплицях (теплична гідропоніка), так і у відкритих спорудах або під тимчасовими легкими

плівковими укриттями (відкрита гідропоніка). Знаходять застосування багаторусні установки для виробництва зеленого вітамінного корму для тварин, розсади і вигонки цибулі [4]. Розроблено і випускаються баштові конвеєрні теплиці [4].

Застосовувані нині методи гідропоніки можна розділити на три групи: субстратна культура, водна культура і аеропоніка.

При субстратній культурі коренева система рослин розміщується в твердому середовищі органічного (тирса, торф, сфагновий мох, кора, рисова лушпиння), неорганічного (пісок, гравій, перліт, вермикуліт, цеоліт, керамзит, мінеральна вата) або синтетичного (спінений полістирол, пінополіуретан, мочевино-формальдегідні пінопласти, поліефір, іонообмінні смоли) походження.

Живильний розчин подається періодично краплинною системою або іншими способами зрошення (поверхнєве зволоження, спосіб підтоплення).

Необхідність великої кількості субстрату, періодичної його стерилізації, промивання, регенерації, заміни і застосування досконалої системи крапельного поливання вважаються основними недоліками способу.

Технологія вирощування овочів методом агрегатопоніки передбачає висаджування рослин у водонепроникні стелажі або піддони, наповнені субстратом (гравій, гранітний щебінь, керамзит, вермикуліт) з розміром фракції 3-12 мм. Шар субстрату становить не менше 20 см. Розчин подають субірригаційний методом за командами реле часу 2-5 разів на день з обов'язковим не затопленням верхнього шару субстрату. Температура розчину становить 23-25 °С. Один раз на тиждень проводять хімічний аналіз живильного розчину і проводять коригування його складу. Розчин використовується 1-1,5 місяця, після чого його замінюють свіжим. У кінці вегетації кожної культури ретельно видаляють кореневі залишки з субстрату і здійснюють його дезінфекцію 5 %-ним розчином формаліну протягом трьох діб з наступним 4-5-кратним промиванням теплою водою [5].

Ця технологія не вимагає пристосувань для підтримки рослин, додаткової аерації кореневого шару, частих подач живильного розчину, один і той же

розчинопровід використовується як для подачі живильного розчину до рослин, так і для зворотного його стоку в резервуар. Недоліком є необхідність будівництва дорогих піддонів і стелажів.

В останні роки широко впроваджується виробництво овочів на малооб'ємній гідропоніці, коли на одну рослину приходиться 5-15 л субстрату. Як субстрат використовують верховий сфагновий торф (зі ступенем розкладання до 10 %) і мінераловатні плити. Торфо або мінераловатні плити укладають на поліетиленову плівку, яку попередньо розстеляють на піщану основу. Між ними укладають поліетиленові труби для підігріву субстрату. Кубики з розсадою встановлюють на плити і покривають зверху чорно-білою плівкою [6].

Живильний розчин готується з концентрованих розчинів мінеральних добрив А і Б, один з яких не містить сульфатів і фосфатів, інший – кальцію, а також з 30-37 % -ної азотної або ортофосфорної кислоти і води. Концентровані розчини додають до води у співвідношенні 1:100. Питому електропровідність розчину в ваті підтримують в межах 0,2-0,25 См/м при 25 °С для огірків і 0,25-0,3 См/м для томатів, кислотність – 5,0-6,0. Питому електропровідність і рН живильного розчину в ваті визначають 1-2 рази в тиждень портативними приладами. Повний хімічний аналіз проводять 1-2 рази на місяць [6].

Поливання живильним розчином проводять через автоматичну краплинну систему зрошення. При цьому подача води або живильного розчину виконується безпосередньо до кореневої зони в заданій кількості, що, оптимізуючи водно-повітряний та поживний режим ґрунту, скорочує на 20-30 % витрати води і добрив, зменшує захворюваність рослин і підвищує урожайність на 8-17 %.

Система краплинного зрошення складається із джерела зрошення, фільтра, магістральних та розподільчих поліетиленових трубопроводів, дозатора добрив та крапельниць. У кожному прольоті теплиці шириною 6,4 м вздовж рядків рослин кладуть 4 зрошувача на відстані між ними 1,6 м. Для рівномірного розподілу розчину тиск в крапельницях створюється рівним 20-25 кПа. До

кожного розвідного трубопроводу приєднується від 28 до 32 зрошувачів. Вздовж зрошувача з кроком 0,3 м встановлені крапельниці. При тиску на вході в крапельницю 20 кПа витрата через неї становить біля 0,8 л/год. На кожную плиту з мінеральної вати (ширина 30 см, довжина – 1 м, товщина – біля 7,5 см) приходиться 3-4 крапельниці.

Приготовлений живильний розчин підігрівається до температури 24-26 °С і насосом під тиском 1,7-2,0 м водяного стовпа подається до крапельниць. При цьому температура крапель, які подаються до кореневої системи рослин, складає 22-25 °С.

Регулювання вологості субстрату відповідно до біологічних особливостей рослин, температури і освітлення є важливими ланками агротехніки. Для огірків від посадки до початку плодоношення вологість субстрату повинна бути 65-75 % НВ (найменшої вологості), в період плодоношення – 85-90 %, для томатів – відповідно 65-70 та 75-80 %.

Для розсади овочевих культур в період від посіву до появи сходів вологість субстрату повинна бути 70-75 % НВ, від появи сходів до загартовування – 55-65 % НВ.

Частоту поливань регулюють залежно від інтенсивності сонячної радіації або за вологістю субстрату [7, 8]. При програмному керуванні тривалість поливання становить від 3 до 15 хв, всього циклу – 30 хв, паузи між циклами – 3 хв. Система поливання включається від 5 до 20 разів на день. На початку розвитку рослин частота поливання становить 5 разів по 2 хв. Для дорослих рослин і в літній період витрата розчину на одну рослину збільшується до 5-6 л. Краще необхідне дозу розчину подавати малими дозами, але при високій частоті. Це дозволяє не перезволожувати субстрат, запобігати витоку живильного розчину через нього, підтримувати оптимальний режим для рослин.

При застосуванні малооб'ємної гідропоніки із системою краплинного поливання скорочуються витрати на будівництво дорогих піддонів. Однак втрати мінеральних добрив і води складають не менше 25 %. Впровадження

цих технологій в нашій країні стримується через відсутність обладнання для приготування живильного розчину, наявності розчинних добрив, автоматики на базі ЕОМ, а також низької якості вітчизняних мінераловатних плит [9].

При водній культурі коренева система рослини занурена в живильний розчин, що знаходиться в безперервному русі. Цей метод створює оптимальні умови для росту кореневої системи, що сприяє отриманню високого врожаю вирощуваних культур. При цьому знижується витрата мінеральних добрив, води та енергії 109 /. Крім того, застосування цих екологічно чистих технологій стає особливо актуальним у зв'язку з проблемою забруднення навколишнього середовища. Основні недоліки цього способу – швидке погіршення аерації і можливість зараження розчину патогенними мікроорганізмами. При цьому необхідно строго контролювати концентрацію і реакцію живильного розчину і підтримувати їх в оптимальних межах [10]. Найбільшого поширення набула технологія тонкошарової проточною культури (NFT) [11], система Ейн-Геді [12] і Хайпоніка [7].

У ряді господарств рослини вирощують за методом водної культури в трубах з отворами. Живильний розчин подається в них насосами зі збірної ємності протягом 4-5 хв, після чого видаляється і рослини витримуються без розчину протягом 30-40 хв.

Технологія водної культури застосовується в теплицях Болгарії, Чехії, Словаччини, Німеччини, Великої Британії та інших країн.

При аеропонному методі коренева система розвивається у відкритому просторі при постійному обприскуванні розчином через форсунки. Порівняно з водною культурою коріння рослин повніше забезпечується киснем, однак при цьому потрібна висока надійність роботи обладнання.

Незважаючи на різноманіття гідропонних установок їх принциповою і характерною особливістю є те, що рослини вирощуються без ґрунту на живильних розчинах, до яких ставляться певні вимоги.

1.2. Вплив кислотності та концентрації живильного розчину на врожайність овочевих культур і якість продукції

При вирощуванні рослин гідропонних способом створюються умови для оптимізації забезпечення рослин необхідною кількістю поживних речовин і автоматизації процесу мінерального живлення, що значно підвищує врожайність вирощуваних культур, якість і безпеку продукції.

Найважливішими факторами при гідропонному вирощуванні рослин є кислотність (рН) живильного розчину, а також його концентрація, співвідношення поживних іонів (найпродуктивні хімічні властивості живильного розчину).

Концентрація живильного розчину має важливе фізіологічне значення, оскільки вона дуже сильно впливає на інтенсивність поглинання корінням поживних речовин, води, на режим транспірації, зміни співвідношення іонів, що поглинаються, а також на випаровування води з вільної поверхні субстрату.

Від концентрації розчину залежить його осмотичний тиск. Він повинен бути значно нижчим осмотичного тиску клітинного соку, оскільки в противному випадку може припинитися поглинання води і мінеральних елементів або відбуватися навіть їх зворотна віддача корінням у зовнішнє середовище.

Між ростом рослин і концентрацією існує висока негативна кореляція (рис. 1.2) [13]. Висока концентрація солей у розчині з одного боку призводить до порушення фізіологічної врівноваженості живильного розчину і живлення, а з іншого - до підвищення його осмотичного тиску і порушення водообміну рослин. При цьому знижується активність кореневої системи, сповільнюється ріст рослин, зменшуються розміри листя. Концентрація розчину відбивається також на пересуванні і розподілі кальцію в рослині, що викликає вершинну гніль плодів.

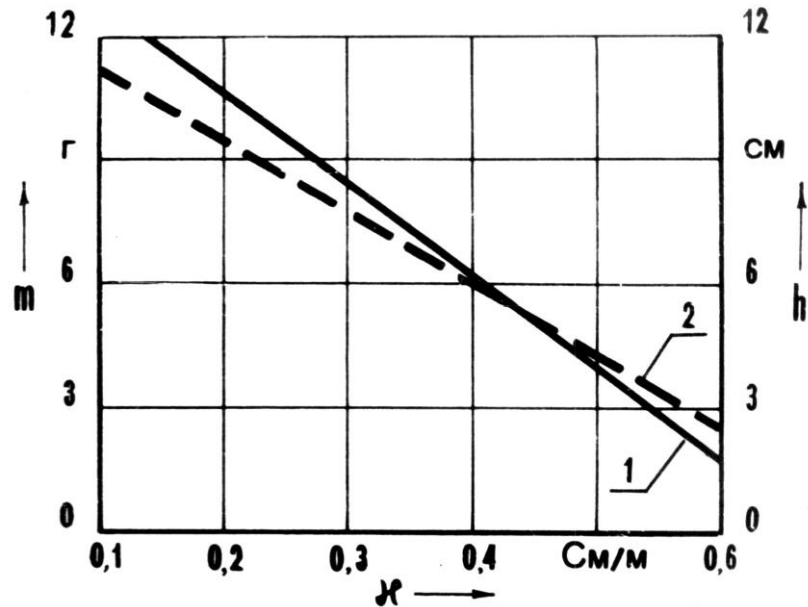


Рис.1.1. Вплив концентрації солей у живильному розчині на загальну сирину масу (1) та висоту розсади (2) огірка [13]

Внаслідок залежності, яка існує між концентрацією розчину і швидкістю надходження солей у коріння рослин, сильно розбавлені розчини не забезпечують інтенсивного постачання рослин поживними речовинами. Тому необхідно підтримувати оптимальну концентрацію розчину (табл.1.1) [6].

Таблиця 1.1

Концентрація живильного розчину (СМ/М)

Рівень	Межі
Низький	0,08
Середній	0,08-0,15
Нормальний	0,15-0,25
Високий	0,25-0,35
Дуже високий	0,35

При вирощуванні рослин без ґрунту застосовують живильні розчини з концентрацією солей від 1 до 3 г/л. Однак зустрічаються розчини з концентрацією, нижчою 1 г (до 0,6 г), а також вищою 3 г (до 5-6 г) на 1 л.

Рядом дослідників [7, 10] встановлена залежність продуктивності рослин огірків і томатів від концентрації живильного розчину. Дослідження показали,

що огірок краще росте і плодоносить при вирощуванні на гравії при концентрації живильного розчину 1,6, а томат - 2,2 г/л (рис. 1.2) [10].

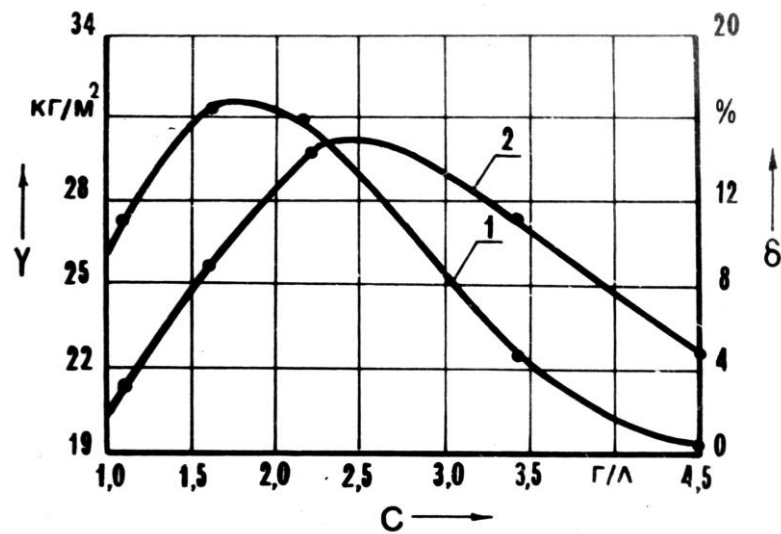


Рис.1.2. Вплив концентрації живильного розчину на врожайність огірків (1) та томатів (2) при їх вирощуванні на гравійному субстраті [10]

Залежність врожайності огірків і вмісту в них сухої речовини від питомої електропровідності живильного розчину при вирощуванні огірків на мінеральній ваті представлено на рис. 1.3. Проведені дослідження показали, що при зростанні питомої електропровідності розчину з 0,15 до 0,7 См/м урожайність огірків знижувалася з 42,5 кг/м² до 32,6 кг/м², при цьому вміст сухої речовини в плодах зростала з 2,8 % до 3,37 %, поліпшувався товарний вигляд і якість плодів. Для отримання високого врожаю і збереження якості огірків необхідно використовувати розчин з питомою електропровідністю 0,25 См/м [14].

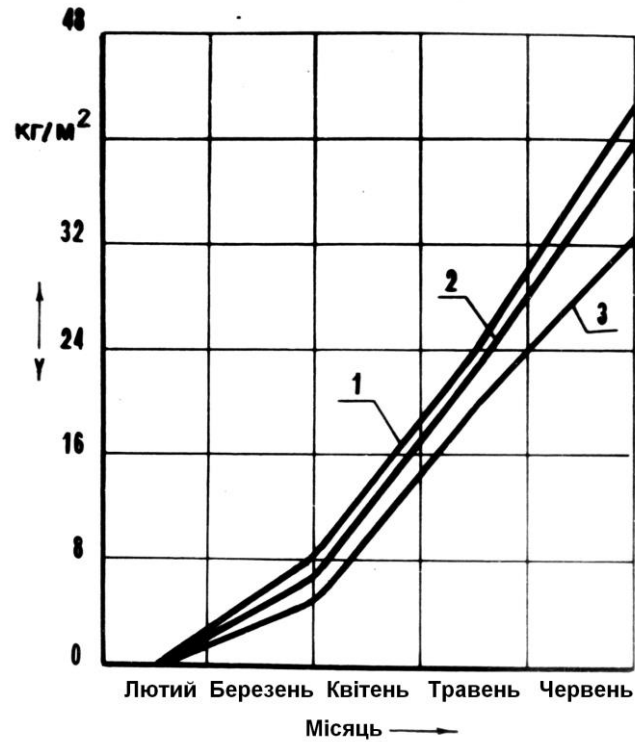


Рис.1.3. Урожайність огірків при концентрації живильного розчину:

1 – 0,15 См/м; 2 – 0,35 См/м; 3 – 0,7 См/м [14]

При вирощуванні томатів на мінеральній ваті плоди, вирощені при питомій електропровідності 0,2 См/м, зберігалися протягом 8-9 днів, а при 0,3 - 0,4 См/м – до 12 днів. Слабкий колір плодів спостерігався при питомій електропровідності розчину 0,2 См/м. Тому для поліпшення якості плодів при отриманні високого врожаю томатів необхідно використовувати живильний розчин з питомою електропровідністю 0,3 См/м [15].

Солестійкість розчину залежить від умов зовнішнього середовища. У похмурі дні вона зростає, в сонячні – зменшується. Восени і взимку концентрація поживного розчину повинна бути вищою, а навесні і влітку – нижчою. Це пов'язано зі збільшенням сонячної радіації в весняно-літні місяці, внаслідок чого рослини випаровують багато води. У міру старіння рослин їх солестійкість зменшується, тому до кінця вегетації концентрацію розчину поступово знижують.

Підтримка реакції (рН) живильного розчину в певних межах – одна з найважливіших умов гідропоніки. Реакція живильного розчину впливає на надходження катіонів та аніонів у корені рослин двома способами – прямо і

непрямо. У дуже кислому середовищі ($\text{pH} < 4$) іони водню діють на рослини токсично. Вони витісняють зі стану адсорбції всі інші катіони, і замість поглинання можна спостерігати їх виділення з кореня. Висока концентрація іонів водню може пошкодити клітинну оболонку, погіршити фізіологічний стан колоїдів клітини, змінити реакцію клітинного соку, що безпосередньо відбивається на поглинальній здатності коренів. У лужному середовищі (при $\text{pH} > 8$) порушується поглинання рослинами аніонів.

Крім прямої дії на рослини, реакція середовища здійснює непрямий вплив на розчинність солей (рис.1.4) [13].

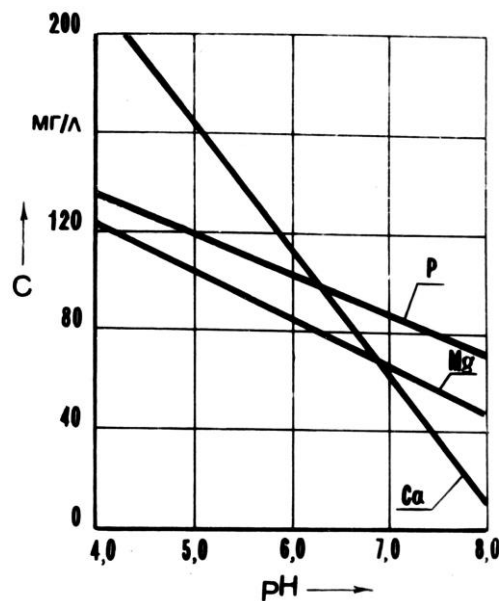


Рис. 1.4. Залежність між pH живильного розчину та вмісту водорозчинних форм фосфору, кальцію та магнію [13]

У лужному середовищі кальцій, марганець і залізо осідають у вигляді солей фосфорної та вугільної кислоти, малодоступних для рослин. При $\text{pH} > 6,5$ погіршується фосфорний режим через утворення нерозчинного $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, засвоювана (двовалентна) форма марганцю окислюється і стає незасвоюємою (чотиривалентною). При $\text{pH} > 8$ залізо переходить в нерозчинні гідроксиди, і рослини хворіють хлорозом.

Оптимальний pH для більшості культур – 5,5-6,5. При гравійній культурі оптимальною реакцією живильного розчину для томатів є pH 5,6-5,8, для огірків – pH 5,8-6, розсади – pH 5,6-6 (рис. 1.5) [10]. При вирощуванні рослин

на мінеральній ваті рН живильного розчину підтримують в межах 5,5-6,2 [6].

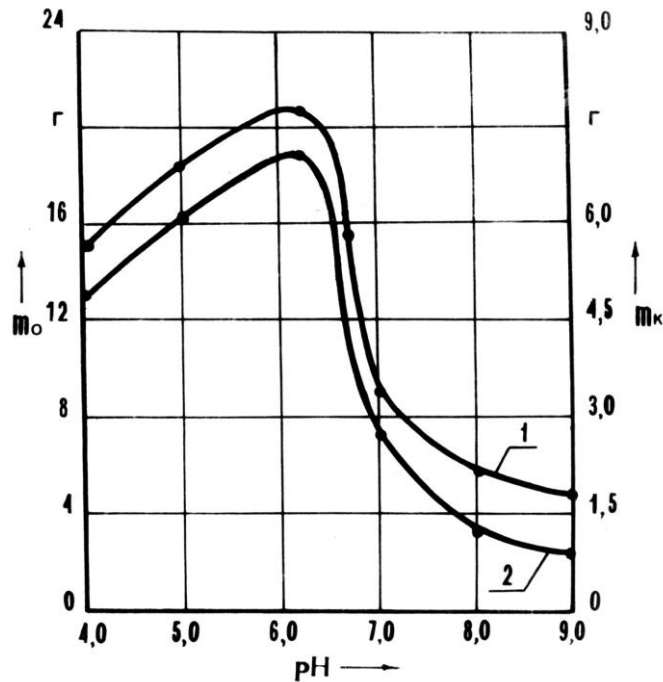


Рис.1.5. Вплив реакції середовища на ріст розсади огірка:

1 – сира маса загальна; 2 – сира маса коренів [10]

У процесі живлення рослини впливають на реакцію живильного розчину, з одного боку, за рахунок виділених коріннями з'єднань (вугільна кислота, нижчі карбонові кислоти) і продуктів життєдіяльності мікроорганізмів, і з іншого боку - за рахунок різної швидкості, з якою вони засвоюють катіони і аніони розчинних солей. Це призводить до підкислення або підлуження середовища.

Тому необхідно регулярно стежити за величиною рН. У разі підлуження розчину (головна небезпека в гідропонних системах) його слід підкислювати ортофосфорною або азотною кислотою.

Поряд з концентрацією живильного розчину важливо забезпечити в ньому правильне співвідношення основних іонів, оскільки вони в процесі мінерального живлення знаходяться в тісному взаємозв'язку. Тому живильні розчини повинні містити необхідні елементи в таких кількостях і в таких співвідношеннях, які забезпечували б нормальний ріст, розвиток і високу продуктивність рослин.

Нині створено близько 600 рецептів живильних розчинів. Всі вони діляться

на дві групи: зі стабільним складом і диференційованим за фазами росту і розвитку рослин.

Зі стабільних розчинів найбільш широко використовується розчин В. А. Чеснокова і О.М. Базиріної, Зонневельда [16], диференційованих – розчини господарства «Київська овочева фабрика», Е. А. Алієва, М. П. Роднікова [10]. Живильний розчин може бути готовим до використання (робочим) і концентрованим. Зручніший концентрований розчин. У цьому випадку, щоб уникнути випадання солей в осад, компоненти розподіляють в два розчини А і Б.

При приготуванні розчину резервуари заповнюють на 75-80 % водою, потім додають кислоту, далі вносять добрива в певній послідовності, кожен раз перемішуючи розчин до повного їх розчинення. Не рекомендується попередньо змішувати добрива та потім розчиняти їх у воді.

Для контролю режиму мінерального живлення рослин у всіх гідропонних технологіях передбачено проведення періодичного аналізу складу живильного розчину і його коригування.

При вирощуванні рослин на мінеральній ваті кілька разів на тиждень визначають рН і концентрацію солей в поливному живильному розчині і субстраті. Якщо відхилення рН не перевищує $\pm 0,2$ одиниці, а концентрації $\pm 0,02$ См/м, їх коригування не проводять. Через два тижні живильний розчин аналізують на вміст основних поживних елементів (NH_4 , NO_3 , К, Са, Mg, Р, Cl, Na), через місяць визначають також вміст в ньому мікроелементів [6].

При гравійній культурі живильний розчин використовується порівняно тривалий період, в зв'язку з чим змінюється його склад, концентрація і кислотність, порушується співвідношення елементів живлення за рахунок неоднакового поглинання з нього аніонів та катіонів, різного ступеня адсорбції окремих солей субстратом, нерівномірності транспірації рослин і випаровування вологи з вільної поверхні субстрату. Загальний вміст поживних речовин за шість днів використання зменшується на 60-70 % [10], хоча рослини відносно безболісно реагують на зміну концентрації окремих компонентів в

межах 20-30 % .

У зв'язку з цим при експлуатації гідропонних установок кислотність живильного розчину перевіряють через кожні 2-3 дні, 1-2 рази на тиждень проводять хімічний аналіз розчину на вміст основних елементів живлення і його коригування шляхом додавання кислоти і добрив.

1.3. Технологічне обладнання для приготування і подачі живильного розчину в гідропонних теплицях

Незважаючи на конструктивну відмінність, все гідропонні установки включають розчинний вузол і обладнання для подачі живильного розчину до рослин. Розчинні вузли призначені для приготування живильного розчину, а також зберігання і коригування його складу. Конструктивно розчинні вузли подібні у всіх гідропонних установках, в той час як обладнання для подачі живильного розчину залежить головним чином від застосовуваної технології вирощування рослин.

Основними елементами установок при вирощуванні рослин на мінеральній ваті є [17]: пристрої для приготування і зберігання концентрованих розчинів мінеральних добрив А і Б і кислоти, змішувальна ємність (або пристрій для змішування розчинів зі змішувальними насосами), насоси-дозатори (або ежекційні змішувачі), фільтри, насоси для подачі робочого розчину, первинні вимірювальні перетворювачі концентрації і кислотності розчину, головний і розподільний трубопроводи, електромагнітні вентилі для розподілу живильного розчину за секціями, поливні зрошувачі з крапельницями.

Всі розчинні вузли можна розділити на дві групи: вузли, де живильний розчин готується шляхом об'ємного дозування концентрованих розчинів добрив і кислоти пропорційно витраті води, що надійшла в теплицю для поливу рослин; вузли, де живильний розчин готують в змішувальному резервуарі, в якому він зберігається тривалий час.

Вузли першої групи застосовуються в ґрунтових теплицях при підкормці

рослин мінеральними добривами, а також при вирощуванні рослин методом малооб'ємної гідропоніки з використанням системи краплинного поливання без рециркуляції живильного розчину. У цих вузлах розчин готується шляхом змішування концентрованих розчинів добрив і кислоти з потоком води. Як дозуючі пристрої використовують насоси-дозатори, регулювальні клапани або інше обладнання, що забезпечує об'ємне дозування компонентів живильного розчину.

Розчинні вузли для приготування живильного розчину при вирощуванні рослин на мінеральній ваті (змішувач LKB 79 фірми "Вольматік", вузли живлення фірми "АГРОТЕРМ Б.В." тощо) містять баки з концентрованими розчинами добрив А і Б та кислотою, звідки компоненти живильного розчину подаються насосами-дозаторами в змішувальну ємність, куди також надходить і підігріта вода. Приготований живильний розчин подається насосом в систему крапельного поливання [17].

У деяких розчинних вузлах (вузол конструкції НИИОХ, фірми "Агротерм' Б.В." тощо) використовується ежекційний принцип приготування живильного розчину, де насоси-дозатори замінені ежекційними змішувачами. За допомогою вакуумної потужності, яка утворюється від різниці потоків в трубках Вентурі, концентровані розчини подаються в змішувальну ємність, де змішуються з водою. Недоліком розчинних вузлів з ежекційними змішувачами є труднощі підтримки параметрів живильного розчину на заданому рівні при зміні в системі співвідношення витрат води, кислоти і концентрованих розчинів добрив.

Установки для вирощування рослин на мінеральних субстратах, розроблені в останні роки, обладнуються рН-метрами і кондуктометрами для контролю параметрів живильного розчину.

У Західній Європі та США випускається обладнання для автоматизації технологічних процесів у теплицях на базі мікро-ЕОМ, яке передбачає автоматичний контроль питомої електропровідності, а також рН живильного розчину і водопровідної води [18].

Характерним пристроєм є змішувач добрив LKB 79 фірми Вольматік. Подібні принципи контролю та регулювання складу живильного розчину закладені і в інших пристроях, наприклад, в автоматичній для теплиць GWA 5000 фірми "АГРОТЕРМ" (Голландія), установці Уманського тепличного комбінату [19].

Змішувач LKB 79 може змішувати три різних види добрив. Віддозовані концентровані розчини і кислота надходять в змішувальну ємність, звідки готовий розчин за допомогою насоса постійно подається в поливну систему.

Величина питомої електропровідності вимірюється в змішувальній ємності електродом 1 (рис.1.6) і відображається на контрольному приладі 2. За величиною питомої електропровідності за допомогою рукояток 4,5 проводиться налагодження подачі насосів-дозаторів. Рукоятки налагодження відкалібровані в процентах, щоб можна було у відповідному співвідношенні дозувати добрива.

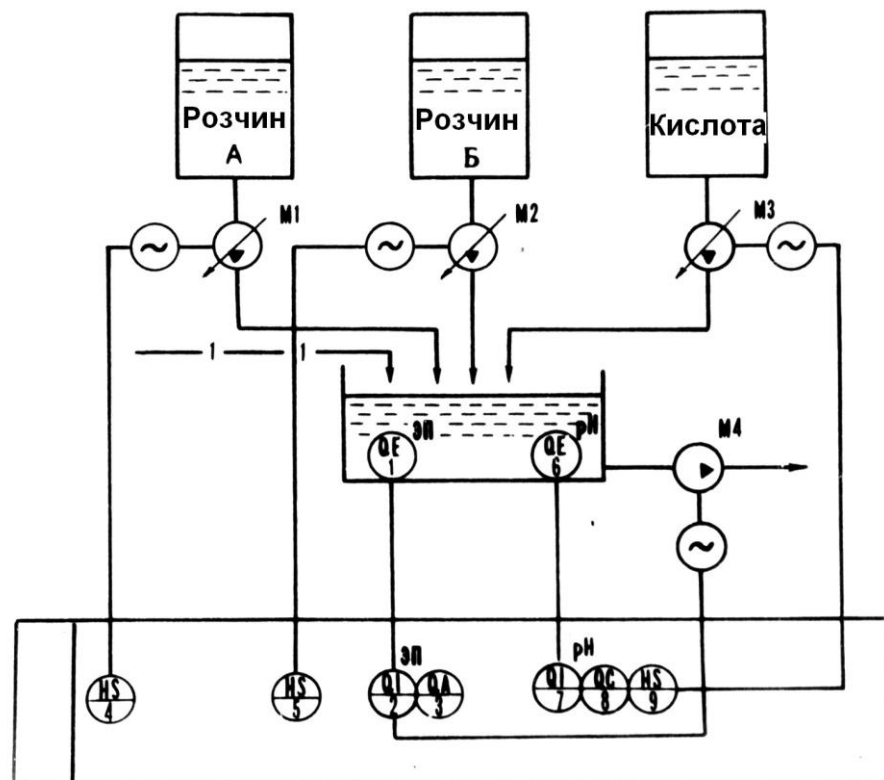


Рис. 1.6. Функціонально-технологічна схема контролю та регулювання кислотності і концентрації живильного розчину змішувача LKB 79

Два задатчика на шкалі (максимум-мінімум) налаштовуються на

необхідну величину провідності. Якщо параметри налаштування цих кнопок не витримуються, відразу ж спрацьовує сигнальна лампа 3. Реле призупиняє процес подачі розчину.

LKB 79 може постачатися разом із пристроєм для контролю і регулювання величини рН. Кислотність розчину вимірюється електродами в змішувальній ємності і відображається на контрольному приладі 7. Регулятор 8 управляє роботою насоса-дозатора кислоти.

Нині при використанні в овочівництві і квітництві нових, прогресивних методів вирощування рослин точне дозування добрив має вкрай важливе значення. Досвід експлуатації установок, де регулювання питомої електропровідності і рН розчину здійснюється в потоці, показав, що внаслідок інерційності системи і наявності запізнень в ній не можна здійснити якісне регулювання зазначених параметрів. Тому для приготування живильного розчину доцільно використовувати змішувальні ємності, що дозволяє підвищити точність регулювання його параметрів [17].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ

2.1 Обґрунтування технологічного обладнання

Для передпосівної обробки насіння, очищення його від насіння бур'янів можна використовувати електростатичні, барабанні, коронні та інші конструкції електросепараторів, наприклад, типу ЭФС-0,1, які мають продуктивність 0,5-0,7 т/год під час очищення і 1,0 т/год під час передпосівної обробки (установлена потужність машини 0,8 кВт), установки ПС-1 (барабаний сепаратор із продуктивністю 30-40 кг/год).

У теплицях при вирощуванні рослин на мінераловатних субстратах застосовується краплинна система поливання. Живильний розчин готують у розчинному вузлі, який подається насосом через електромагнітні вентилі в краплинну систему поливання рослин у теплиці.

При загальному оприскуванні рослин пестицидами використовують електричний оприскувач ОЗГ-120А продуктивність якого 300...600 м² за зміну. При місцевому ураженні рослин використовують ранцевий оприскувач Sambo ОГ-112А, об'єм бака 12 л, вага оприскувача 2,5 кг або оприскувач ОГ-115П, об'єм бака 15 л, вага оприскувача 2,9 кг.

Два рази на тиждень суцвіття помідорів обробляють опилувачем ОЦП-65, ОЦП-65А. Маса опилувача 1,3 кг, продуктивність 2200 квіток за годину. Доцільно це робити в хмарну погоду коли пилок погано відокремлюється від квітки.

Овочі збираються вручну, використовуючи візки для овочів марки ТУТ-100, маса вантажу 100 кілограм. залишки рослин прибирають також вручну. Після збирання врожаю виконують дезинфекцію теплиць за допомогою оприскувача ОЗГ-120А. Це виконують для запобігання розповсюдження збудників хвороб і шкідників під час видалення залишків рослин та після їх повного збирання. Для видалення залишків шпагату та вусиків рослин зі

шпагатної сітки застосовують газові пальники. Для знезараження та дезінфекції також використовують створенням газациї спалюванням сірчаних шашок.

2.2 Електрообігрівання теплиць

Теплиці можуть обігріватися за рахунок сонячної радіації, палива, вугілля.

Технічне обігрівання найбільш ефективний та розповсюджений спосіб підтримки температури в теплиці. Він буває водяним, повітряним, електричним та комбінованим.

При вирощуванні овочів у теплицях для кожної культури необхідно забезпечувати параметри мікроклімату які повинні відповідати нормам технологічного проектування теплиць ОНТП-СХ 10-81 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Параметри мікроклімату для огірків та томатів

Параметр	Огірки	Томати
Температура ґрунту до сходів, °С	27	24
Температура ґрунту після сходів, °С	22	18
Температура повітря в похмурий день, °С	19...20	18...19
Температура повітря в сонячний день, °С	20...23	19...22
Температура повітря вночі, °С	18...20	15...17
Вологість повітря, %	70...75	60...70
Концентрація CO ₂ , %	0,15...0,2	0,15...0,2

Для багатьох овочевих культур температура вдень повинна бути 20..25 градусів, а вночі на 5 градусів нижча, це виконують для того щоб рослини не перегрівалися та не пересихали.

При виборі нагрівних елементів потрібно враховувати щоб їх сумарна потужність забезпечувала на належному рівні підтримку мікроклімату в середині та мала достатньо потужності для компенсування втрат теплоти в навколишнє середовище.

Потужність системи електрообігрівання теплиці загальною площею 510 м² становить 94 кВт.

Для обігрівання весняної теплиці застосовують електрокалорифер електрокалорифер серії СФОЦ 60/0,5Т [31], технічна характеристика якого наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики електрокалорифера СФОЦ 60/0,5Т

Параметр	Величина
Встановлена потужність, кВт	69,7
Потужність калорифера, кВт	67,5
Кількість нагрівальних секцій, шт	3
Потужність однієї секції, кВт	22,5
Подача повітря, м ³ /с	0,9 – 1,6
Перепад температури повітря, не більше, °С	50
Аеродинамічний опір електрокалорифера, не більше Па	250
Максимально допустима температура повітря на виході, °С	50
Схема з'єднань секцій	«Зірка»
Напруга живлення, В	380



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд електрокалорифера СФОЦ 60/0,5Т

Для зручності рівномірного розподілення теплого повітря, електрокалориферну установку встановлюють у центрі теплиці. Повітря по

теплиці передається по двом пластмасовим перфорованим трубам, діаметром $d=0,25$ м, які кріпляться на підвісах.

Калорифер може працювати, як в автоматичному, так і в ручному режимі. У схемі керування передбачена світлова сигналізація про включення секцій калорифера та електродвигуна, аварійне відключення установки при досягненні температури ребер $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, при відключенні установки спочатку вимикаються тени, а за ними двигун, це робиться для того, щоб швидше охолодити тени. Регулювання температури в приміщенні здійснюється за допомогою терморегуляторів ТЭ-3-ПЗ, ТЭ-4-ПЗ.

2.3. Водопостачання весняних теплиць

Важливою умовою вирощування рослин у захищеному ґрунті є: підтримання вологості повітря та мінеральної вати на заданому рівні.

Система зволоження субстрату повинна забезпечувати рівномірне ефективне зволоження при економічній витраті води. Тривалість зрошування встановлюється агрономами в залежності від того, яку культуру вирощують та які значення вологості потрібні для нормального розвитку данної культури, нерівномірність зволоження допускає відхилення $\pm 5\%$ від заданої. Також враховують кліматичні умови навколишнього середовища та місяць вирощування рослини.

Поливання рослин здійснюється за допомогою краплинної системи поливу.

Водопостачання тепличного господарства здійснюється з артезіанської свердловини. Використовується баштова система водопостачання (башта Рожновського). Водонапірні башти є більш економічними, за рахунок рівномірної роботи насосних станцій, підвищення надійності системи водопостачання та її безперебійної роботи. Вони дозволяють зменшити діаметр водопроводів та магістральних мереж, що призводить до економії вартості водопровідних мереж.

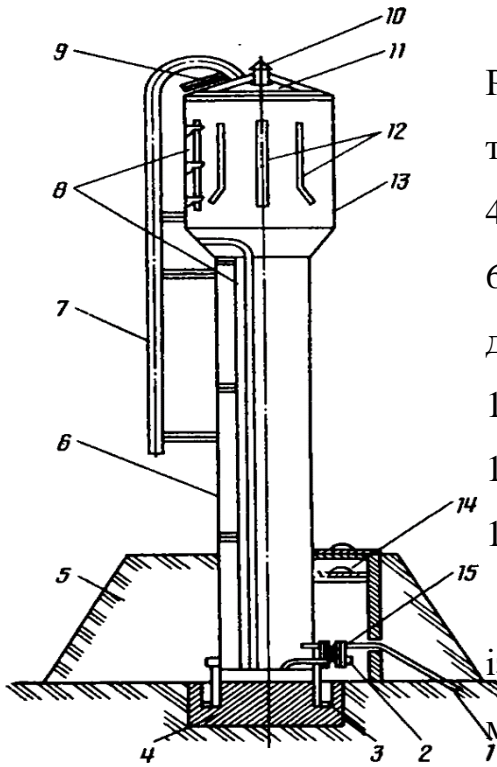


Рис. 2.2. Водонапірна башта А. А. Рожновського: 1 – напірно-розподільча труба; 2 – зливна труба; 3 – анкерні гвинти; 4 – фундамент; 5 – ґрунтова насип; 6 – колона; 7, 8 – зовнішня та внутрішня драбини; 9 – люк; 10 – вентиляційна труба; 11 – кришка бака; 12 – утримувачі криги; 13 – бак; 14 – оглядовий колодязь; 15 – засувка.

Ввід водопроводу у теплицю виконано із чавунних труб діаметром $d = 80$ мм, внутрішня частина водопроводу виконана чавунними трубами діаметром $d = 50$ мм.

Заглибні насоси вибирають за номінальною подачею та напором.

Щоб визначити номінальну подачу насоса, визначають середньодобове споживання води на поливання теплиці за формулою:

$$Q_{\text{сер.д}} = Q_{\text{нор.д}} \cdot S \quad (2.1)$$

де, $Q_{\text{нор.д}}$ – добова норма поливання одного м^2 , м^3 ; $Q_{\text{нор.д}} = 15 \text{ л} = 0,015 \text{ м}^3$;

S – площа теплиці, м^2 ; $S = 510 \text{ м}^2$.

$$Q_{\text{сер.д}} = 0,015 \cdot 510 = 7,65 \text{ м}^3$$

Визначають максимальне значення годинного водопостачання теплиці за формулою:

$$Q_{\text{макс.г.}} = \frac{Q_{\text{сер.д}} \cdot \alpha_{\text{д}} \cdot \alpha_{\text{г}}}{24} \quad (2.2)$$

де, $\alpha_{\text{д}}$, $\alpha_{\text{г}}$ – коефіцієнти добової та годинної нерівномірності використання води ($\alpha_{\text{д}} = 1,3$; $\alpha_{\text{г}} = 2,5$) [15].

$$Q_{\text{макс.г.}} = \frac{7,65 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{24} = 1,1 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Повний напір насоса становить 116,21 м.

Цій вимозі відповідає заглибний насос типу 1ЭЦВ6-4-130 з напором 130 м і подачею 4 м³/год, ККД насоса – 57 %.

Електродвигун для заглибного насоса типу 7ПЭДВ-2,8-140, номінальна потужність двигуна 2,8 кВт.

Захист та керування насосним агрегатом здійснюється мікропроцесорним пристроєм захисту і контролю «МПЗК-50». Цей пристрій призначений для комплексного захисту трьохфазних заглибних електродвигунів, а також для автоматичного управління цими двигунами. Силкові провідники навантаження пропускаються через отвори у приладі, в самому приладі розташовані тороїдальні трансформатори струму, що дозволяє контролювати споживаний двигуном струм з мережі.

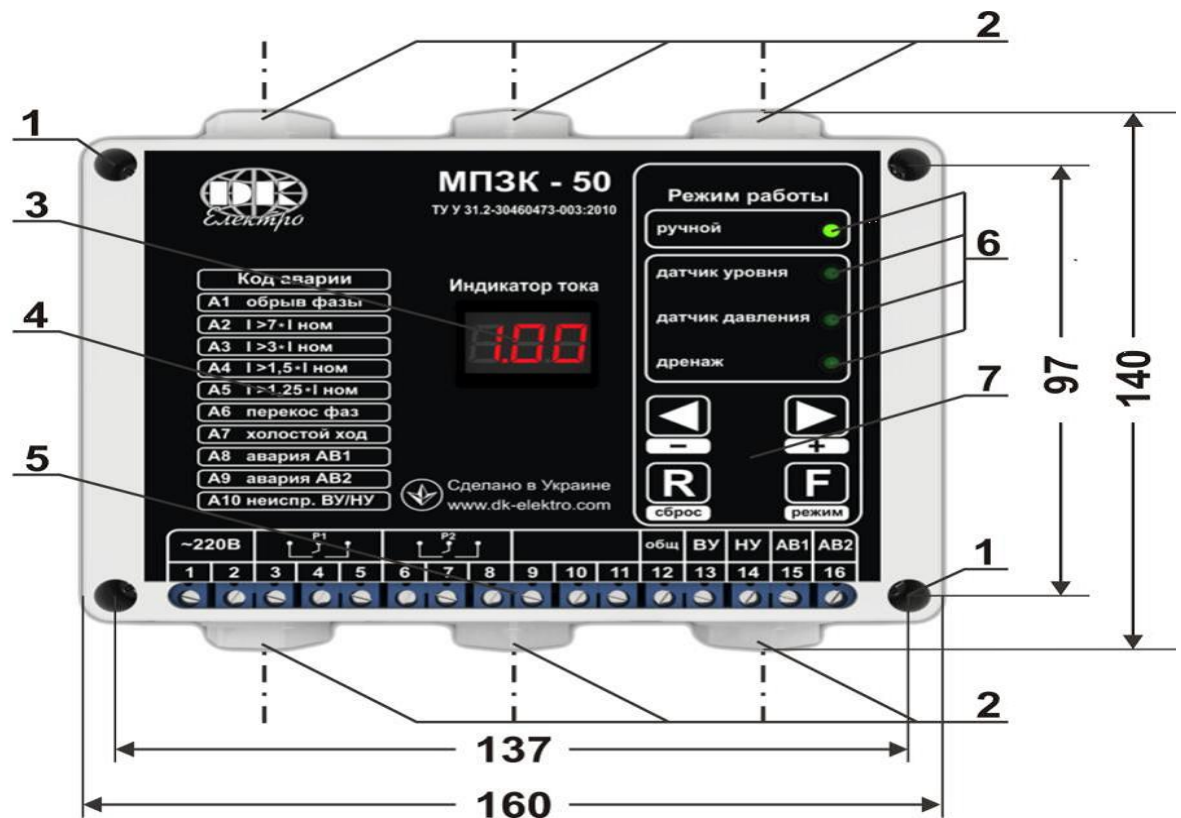


Рис. 2.3. Зовнішній вигляд, габаритні та монтажні розміри: 1 – монтажні отвори; 2 – прохідні отвори для силових провідників навантаження; 3 – світлодіодний цифровий індикатор; 4 – інформаційне табло кодів аварій; 5 – клемна колодка; 6 – світлодіод режимів роботи; 7 – кнопки керування.

Подачу води від водонагрівача до місця поливання здійснює насос К8/18, технічні характеристики якого наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики насоса К8/18

Марка насоса	Подача, Q		Напір, Н, м	ККД насоса, %	Частота обертання, об/хв	Момент інерції, кг м ²
	м ³ /год	л/с				
К8/18	8	0,002	18	53	2800	$5 \cdot 10^{-3}$

Застосовується водопідігрівач для нагрівання живильного розчину типу ЭПЗ-100И2 [31], технічна характеристика якого наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Технічні характеристики електродного водонагрівача типу ЭПЗ-100И2

Параметр	Значення
Номінальна потужність, кВт	100
Номінальна напруга живлення, В	380
Номінальний струм, А	148
Коефіцієнт корисної дії, %	95
Робочий тиск, МПа	0,4
Діапазон регулювання потужності, %	25 – 100
Максимальна температура нагрівання, °С	85
Кліматичне виконання по ГОСТ 15150-69	УХЛ4

Для керування електроводонагрівачем застосовується щит керування ЩУВ-1М, максимальний робочий струм 150 А, напруга живлення 380 В, 50 Гц, діапазон робочих температур від -5 до +40 °С. В комплект щита керування входить 2 термометра ТКП-100, перший термометр виконує роль робочого, він контролює температуру нагріву води у заданих параметрах, а другий виконує роль аварійного термометра, його температура встановлюється на 5 – 10 °С більше, ніж температура робочого термометра.

2.4. Зовнішнє і внутрішнє освітлення весняних теплиць

За умовами навколишнього середовища теплиці є особливо вологими приміщеннями.

У теплиці застосовують освітлення коридору, яке здійснюється світильниками НСП-01 з енергозберігаючими лампами.

Загальна кількість світильників складає 6 шт.

Застосовується енергозберігаюча лампа фірми «АСКО» T2.AS04.E27.11W, світловий потік $\Phi_{л} = 540$ лм, потужність лампи – 11 Вт [18].

Загальна потужність світильників у теплиці:

$$P_{заг} = P_{л} \cdot N_{заг} \quad (2.3)$$

де, $P_{л}$ – потужність однієї лампи, Вт;

$N_{заг}$ – кількість світильників, шт.

$$P_{заг} = 11 \cdot 6 = 66 \text{ Вт}$$

Потужність світильників чергового освітлення становить 10% від загальної кількості світильників в приміщенні.

Отже, кількість світильників чергового освітлення становить 1 шт.

Для визначення потужності та кількості світильників для зовнішнього освітлення необхідно знати потужність одного погонного метра зовнішнього освітлення, яка складає 3,0 Вт/м.

Загальну потужність зовнішнього освітлення визначають за формулою:

$$P = P_{поз.м} \cdot l \quad (2.4)$$

де $P_{поз.м}$ – потужність на один погонний метр довжини;

l – довжина території, м.

$$P = 0,003 \cdot 770 = 2,31 \text{ кВт}$$

Для зовнішнього освітлення застосовують світильники типу СПО-200, які монтуються на опорах. Кількість світильників – дванадцять.

Таблиця 2.5

Світлотехнічна відомість

Назва приміщення	Площа, м ²	Висота підвісу, м	Коефіцієнти відбивання, %			Норма освітлення лк	Коефіцієнт запасу	Світильник		Потужність лампи, Вт	Встановлена потужність, кВт	Питома потужність, Вт/м ²
			Стелі	Стін	Підлоги			Тип	Кі-сть			
Коридор	100	3	50	30	10	10	1,15	НСП-01x11	6	11	0,066	0,7
Душова	30	3	50	30	10	10	1,15	НСП-01x20	2	20	0,04	1,3
Санвузол	3	3	50	30	10	10	1,15	НСП-01x11	1	11	0,011	3,6
Службове приміщення	60	3	50	30	10	50	1,15	НСП-01x100	6	100	0,6	10
Побутове приміщення	65	3	50	30	10	50	1,15	НСП-01x100	6	100	0,6	9,2
Підсобне приміщення	20	3	50	30	10	50	1,15	НСП-01x20	3	20	0,06	3

2.5. Опромінення рослин у теплиці

Нині для кращого розвитку рослин в теплицях застосовують тепличні опромінювачі, що дозволяє збільшити урожай огірків на 20-40 %, на 15-20 % томати та на 50-70 % зелений салат та цибулю.

В тепличних опромінювачах використовують лампи високого тиску, тому що вони мають кращі характеристики, ніж лампи низького тиску.

Вимоги до тепличних опромінювальних установок:

1. Мати спектральний склад енергії випромінювання, сприятливий для проходження процесу фотосинтезу та не викликати появу опромінення, яке негативно вплине на подальший розвиток рослин;

2. Рослини не повинні перегріватися під час опромінення;

3. Опромінювальна установка повина забезпечити рівномірний розподіл опромінюючих променів на поверхню рослин, яка буде достатньою для нормального розвитку рослин та плодів, а також їх зав'язі.

4. Опромінювальна установка повинна відповідати вимогам безпеки та вимогам, які ставляться до електропристроїв, що працюють в особливо вологих приміщеннях.

5. З економічної точки зору, опромінювальна установка повинна бути економічною в плані обслуговування та використання електроенергії.

Для опромінення рослин в теплиці застосовується стаціонарна опромінювальна установка ЖСП-400-001-УХЛ5..

У цих опромінювачах використовуються спеціальні газорозрядні лампи високого тиску, типу SON-T AGRO (PHILIPS) або LUCALOX (GE), потужністю 250 – 600 Вт.

Відбивач опромінювача виконаний з алюмінію, коефіцієнт відбивання становить 95 %.

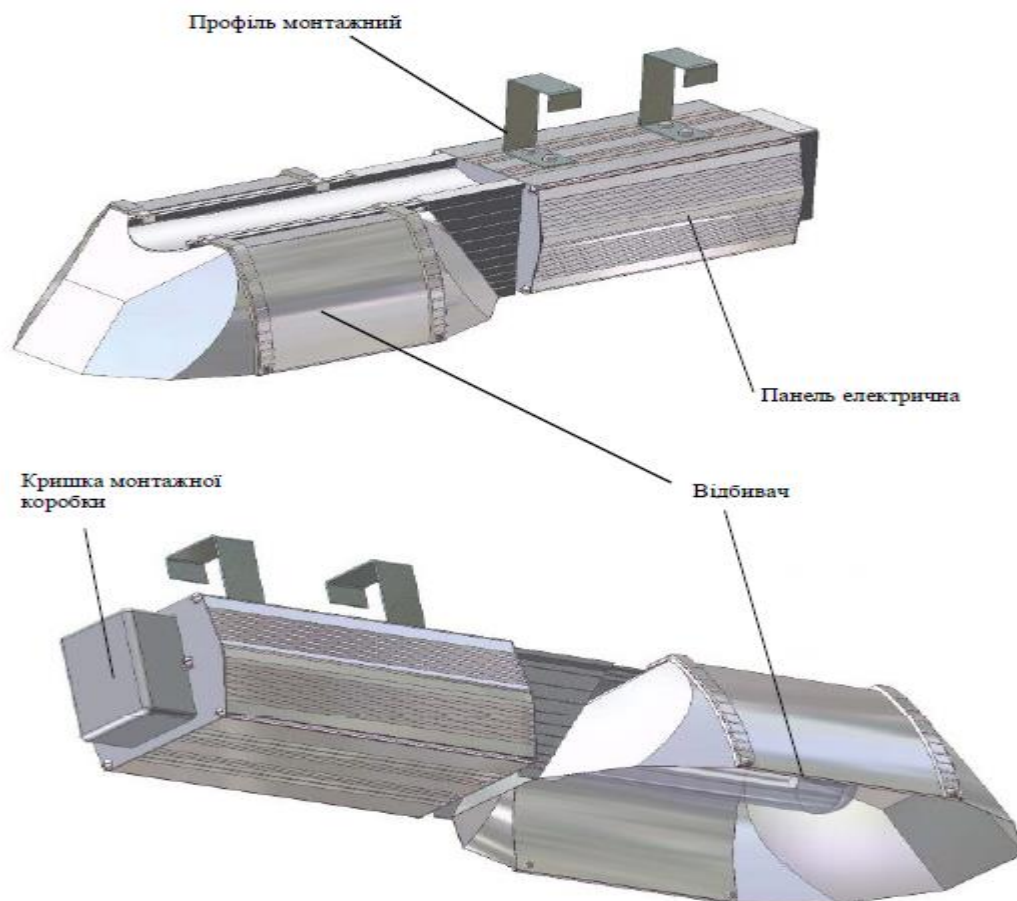


Рис. 2.4. Будова опромінювача ЖСП

Опромінювач встановлюється на стальку, трос, горизонтальну трубу або профіль. Рекомендована висота встановлення 0,8 – 5 м.

Таблиця 2.6

Технічні характеристики опромінювача

Параметр	Значення
Тип ламп	ДНаТ
Потужність ламп, Вт	400
Напруга живлення, В	Змінний струм, 220 В
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Коефіцієнт потужності	0,85
Ступінь захисту	IP21
Кліматичне виконання та категорія розміщення	УХЛ5

Опромінювач обов'язково заземлюють, це здійснюється за допомогою заземлюючого провідника.

Параметри опромінення тепличних овочевих культур:

1. Для огірків і помідорів – 120 Вт/м².
2. Параметри підвіски опромінювачів наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Параметри підвіски опромінювачів

Параметри	Томати, огірки	Розсада перед посадкою	Розсада після посадки
Відстань між рядками, м	1,0	1,5...1,7	1,5...1,7
Відстань в рядку, м	1,0	0,91...1,0	0,82...2,0
Висота підвіски, м	0,6	0,9	1,3

3. Тривалість періодів і досвічування при опроміненні огірків та томатів наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Тривалість досвічування при опроміненні розсади

Назва	Сходи	Перед посадкою	Після посадки
Огірки			
Період, дні	2...3	10...12	10...12
Тривалість дня, години	24	16	14
Томати			
Період, дні	2...3	10...12	12...15
Тривалість дня, години	24	16	14

Для лампи ДНаТ – 400 фітопотік становить $\Phi_l = 62$ Фт [41].

Нормована фітоопроміненість для огірків та томатів дорівнює 8 Фт/м²

$$S_{опр.л} = \frac{62}{8} = 7,75 \text{ м}^2$$

Кількість опромінювачів які необхідні для опромінення однієї теплиці 510 м², визначаємо за формулою:

$$N = \frac{S}{S_{\text{опр.л}}} \quad (2.5)$$

$$N = \frac{510}{7,75} = 65,8 \text{ шт}$$

У теплиці встановлено 68 опромінювачів. Опромінювачі розміщені в кожному ряді по 17 опромінювачі. Опромінювач встановлюється на висоті 0,8 м, відстань між рядами 1,5 м, відстань між опромінювачами 1,5 м.

Чотири групи опромінювальних установок живляться від щита керування РУ-1. У свою чергу, кожна група поділяється на 4 підгрупи, з 4 паралельно підключеними опромінювачами. Навантаження опромінювальних установок рівномірно розподіляють по фазах.

Для захисту групи опромінювальних установок застосовуються автоматичні вимикачі типу ВА-2002 3P+N В 25А, які розміщені в щиті керування.

Загальна потужність опромінювальних установок в теплиці:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{гр}} \cdot n \quad (2.6)$$

де, $P_{\text{гр}}$ – потужність однієї групи опромінювачів, кВт;

n – кількість груп; $n = 4$ шт.

$$P_{\text{заг}} = 7,31 \cdot 4 = 29,3 \text{ кВт}$$

Розрахунковий струм щита керування розраховують за формулою:

$$I_{\text{розр.ц.}} = \frac{P_{\text{заг}} \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}} \quad (2.7)$$

$$I_{\text{розр.ц.}} = \frac{29,3 \cdot 1000}{380 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{3}} = 52,4 \text{ А}$$

Для живлення щита керування вибираємо кабель марки ВВГ-1 (4х16).

$$I_{\text{тр.дон}} = 75 \text{ А} > I_{\text{розр.ц.}} = 52,4 \text{ А.}$$

Умова виконується, кабель вибрано правильно.

2.6. Електропроводки в теплиці

Марку проводів і кабелів та спосіб їх прокладання, вибирають з урахуванням умов навколишнього середовища та умов експлуатації [36].

Проводи і кабелі вибирають за умовою:

$$I_{доп} \geq I_{мр} \quad (2.8)$$

де $I_{доп}$ – тривало допустимий струм, А;

Для приєднання електропроводопідігрівача до мережі застосовується кабель АВВГ-1 (3х50+1х50);

Для живлення опромінювальних установок застосовується кабель ВВГ-1(4х6);

Для освітлювальних мереж приміщень тепличного комплексу застосовується провід ППВ-1 (3х2,5);

Для підключення живлення електрокалориферної установки застосовується кабель АВВГ-1 (3х95+1х70).

2.7. Електропостачання тепличного господарства

Важливе значення має правильне визначення навантажень, оскільки його завищення призводить до перевитрат провідникового матеріалу, подорожчання будівництва, а заниження може призвести до зменшення прохідної можливості мережі, або неможливості забезпечити нормальну роботу електроприймачів.

Максимальне навантаження тепличного господарства визначають як суму навантажень теплиць, зовнішнього освітлення, освітлення побутових приміщень, опромінення.

Сумарне навантаження тепличного господарства дорівнює сумі навантажень теплиць, зовнішнього та внутрішнього освітлення побутових та допоміжних приміщень, опромінювальних установок та систем електрообігріву.

Потужність трансформаторів споживчих ТП-10/0,4 кВ, вибирають за розрахунковою потужністю, з врахуванням коефіцієнта потужності для трансформаторних підстанцій [23].

У таблиці 2.9 наведені споживачі електричної енергії тепличного господарства.

Таблиця 2.9

Споживачі електроенергії тепличного господарства

Назва споживачів електроенергії	Потужність, кВт
Електричне освітлення побутових і допоміжних приміщень	1,4
Зовнішнє освітлення	2,4
Опромінювальна установка	175,8
Електроподогрев воды	100
Електрообігрівання повітря теплиці	418,2
Силові обладнання теплиці	3,9
Всього	701,7

Розрахункові навантаження ділянок лінії 0,38 кВ визначалися додаванням максимальних навантажень на вводах споживачів з урахуванням коефіцієнта одночасності.

Розрахункове навантаження споживачів:

$$S_p = \frac{P_{заг}}{\cos \varphi}, \quad (2.8)$$

де $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності, для виробничих споживачів $\cos \varphi = 0,9$ [28].

$$S_p = \frac{701,7}{0,9} = 779,7 \text{ кВА}$$

Для електропостачання тепличного господарства вибрані дві трансформаторні підстанції зовнішньої установки КТП – 400/10 з силовими трансформаторами ТМЗ – 400/10.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗОВАНЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ

3.1. Приготування живильного розчину у весняних теплицях

Мінеральне живлення рослин при їх вирощуванні на мінеральній ваті здійснюється через систему краплинного поливання.

Розчини мінеральних добрив готують у розчинних вузлах, змішування мінеральних добрив та інших компонентів живильного розчину. Для блоку весняних теплиць вибираємо розчинний вузол FertiMix E-series (рис. 3.1).

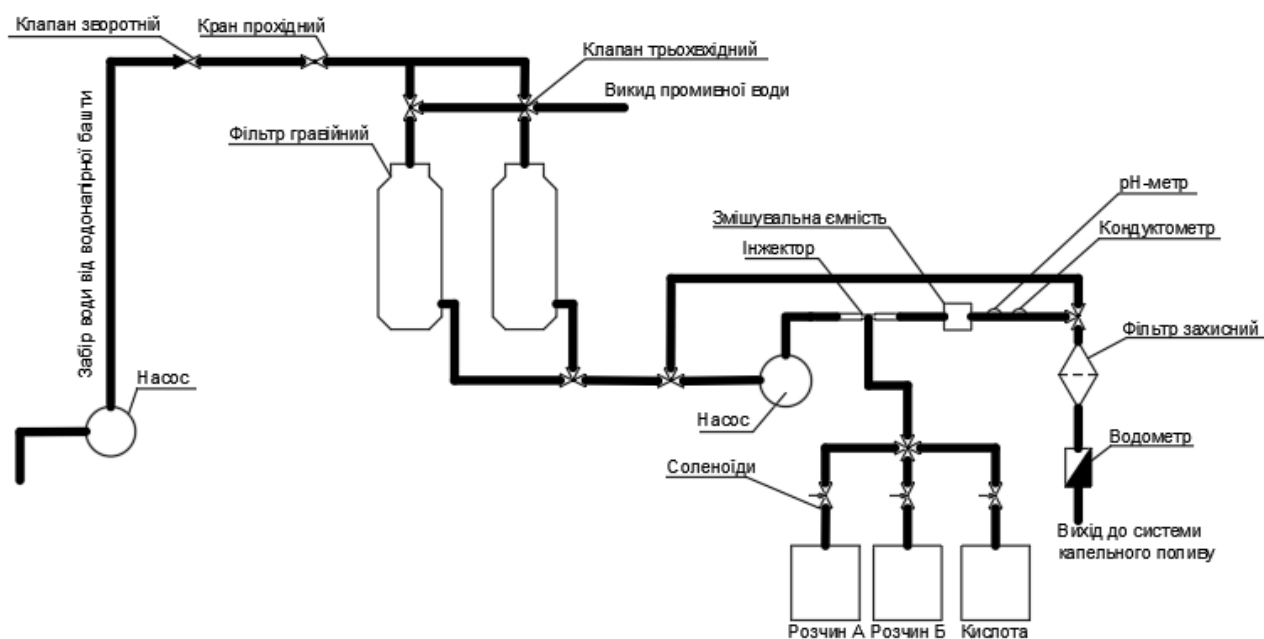


Рис. 3.1. Технологічна схема розчинного вузла

Насос підтримує необхідний тиск в системі. Проходження води у системі супроводжується збагаченням її концентрованими добривами і кислотою, всмоктування яких в систему відбувається інжекторами, які працюють на принципі Вентурі. Рідини, які потрапили в систему, в подальшому змішуються в спеціальній ємності.

Для контролю кислотності встановлений рН-метр, який подає сигнал на соленоїд ємності з кислотою. Контроль концентрації мінеральних добрив здійснює кондуктометр, який подає сигнал на соленоїди ємкостей концентрованих розчинів добрив А і Б. Схема має захисний фільтр для запобігання засмічення поливної системи і пристрій контролю витрати води (водомер).

Принципіальна електрична схема вузла приготування живильних розчинів розчинів показана на рис. 3.2. При підживленні рослин мінеральними добривами вмикають перемикач SA3. Приготуванням живильного розчину керують рН-метр A1 і кондуктометр A2. Якщо значення рН перевищує задане, то контакт рН-метра A1 замкнений, спрацьовує проміжне реле KV1, яке вмикає електромагнітний вентиль подачі кислоти YA1. Якщо концентрація розчину нижче заданого значення, контакт кондуктометра A2 замкнений, спрацьовують проміжні реле KV2 і KV3, які вмикають електромагнітні вентиля подачі концентрованих розчинів мінеральних (YA2 та YA3). Якщо значення рН стане менше заданого, то контакт рН-метра A1 розмикається і відповідно вимикається вентиль подачі кислоти YA1. Якщо концентрація поливального розчину перевищить задане значення, то розмикається контакт кондуктометра A2 і вимикаються вентиля YA2 та YA3 подачі концентрованих розчинів мінеральних добрив.

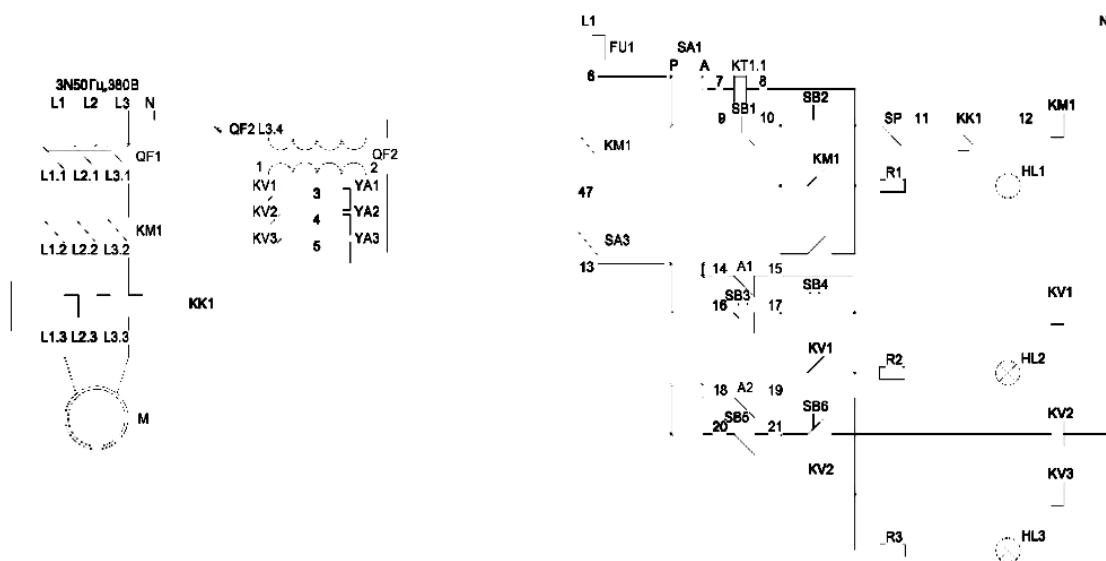


Рис. 3.2. Принципіальна електрична схема вузла приготування живильних розчинів

У ручному режимі насос, а також електромагнітні вентиля подачі кислоти, концентрованих розчинів мінеральних добрив вмикаються і вимикаються відповідними кнопками SB1...SB6.

3.2. Силове електрообладнання весняної теплиці

Для подачі живильного розчину в теплицю застосовується насос К 8/18.

Потужність насосу розраховується за формулою:

$$P_{нас} = \frac{Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot 10^{-3}}{\eta_{нас}} \quad (3.1)$$

де, Q – подача насоса, м³/с; H – розрахунковий напір, м; g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²; $\eta_{нас}$ – ККД насоса; ρ – густина рідини, що подається насосом, кг/м³.

$$P_{нас} = \frac{0,002 \cdot 18 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}}{0,53} = 0,7 \text{ кВт}$$

Вибір електродвигуна виконую за умовою:

$$P_{дв.ном} \geq P_{дв.розр} \quad (3.2)$$

Розрахункову потужність двигуна розраховую за формулою:

$$P_{дв.розр} = \frac{k_3 \cdot P_{нас}}{\eta_{пер}} \quad (3.3)$$

де, k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3 = 1,5$ [36];

$\eta_{пер}$ – ккд механічного передавального пристрою, ккд муфти = 1.

$$P_{дв.розр} = \frac{1,5 \cdot 0,7}{1} = 1,05 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.1

Технічна характеристика електродвигуна привода насоса

Параметр	Значення
Марка двигуна	АИР71В2
Потужність двигуна, кВт	1,1

Частота обертання ротора, об/хв	2800
Номінальний струм, А	2,55
Коефіцієнт корисної дії, %	79
$\cos\varphi$	0,83
Кратність пускового моменту	2,1
Кратність мінімального моменту	1,6
Кратність максимального моменту	2,2
Кратність пускового струму	6,0
Момент інерції ротора, кг·м ²	$1,1 \cdot 10^{-3}$

Механічну характеристику електродвигуна при номінальній напрузі живлення розраховують за координатами п'яти характерних точок:

- 1) Ідеальний холостий хід $\omega = \omega_0$, $s = 0$, $M = 0$

$$\omega_0 = \frac{n_0 \cdot \pi}{30} \quad (3.4)$$

де n_0 – синхронна частота обертання, об/хв;

$$\omega_0 = \frac{3000 \cdot 3,14}{30} = 314 \text{ рад/с}$$

- 2) Номінальний режим роботи $\omega = \omega_n$, $s = s_n$, $M = M_n$

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} \quad (3.5)$$

де n_n – номінальна частота обертання, об/хв;

s_n – номінальне ковзання.

$$s_n = \frac{3000 - 2800}{3000} = 0,06$$

Номінальну кутову швидкість знаходять за формулою:

$$\omega_n = \frac{n_n \cdot \pi}{30} \quad (3.6)$$

$$\omega_n = \frac{2800 \cdot 3,14}{30} = 293,6 \text{ рад/с}$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_n} \quad (3.7)$$

де P_n – номінальна потужність двигуна, кВт.

$$M_n = 9550 \cdot \frac{1,1}{2800} = 3,45 \text{ Нм}$$

3) Точка максимального моменту $\omega = \omega_n$, $s = s_k$, $M = M_k$

Розрахункове значення критичного ковзання знаходять за формулою:

$$s_k = \frac{s_n + \sqrt{s_n \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}} \quad (3.8)$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_k}{\mu_n} \quad (3.9)$$

де μ_k – кратність максимального моменту двигуна; μ_n – кратність пускового моменту двигуна.

$$\mu_1 = \frac{2,2}{2,1} = 1,05$$

$$s_k = \frac{0,06 + \sqrt{0,06 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}}{1 + \sqrt{0,06 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,05 - 1}}} = 0,57$$

Кутову швидкість знаходять за формулою:

$$\omega_k = \omega_0 \cdot (1 - s_k) \quad (3.10)$$

$$\omega_k = 314 \cdot (1 - 0,57) = 135 \text{ рад/с}$$

Значення критичного моменту двигуна знаходжу за формулою:

$$M_k = \mu_k \cdot M_n \quad (3.11)$$

$$M_k = 2,2 \cdot 3,45 = 7,6 \text{ Нм}$$

4) Точка мінімального моменту $\omega = \omega_m$, $S_m = 0,8$, $M = M_m$

Кутова швидкість двигуна при мінімальному ковзанні:

$$\omega_k = 314 \cdot (1 - 0,8) = 63 \text{ рад/с}$$

Мінімальний момент електродвигуна:

$$M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_n \quad (3.12)$$

$$M_{\min} = 1,6 \cdot 3,45 = 5,5 \text{ Нм}$$

5) Пуск двигуна $\omega = 0$, $S=1$, $M=M_{\text{п}}$

Пусковий момент двигуна:

$$M_n = \mu_n \cdot M_n \quad (3.13)$$

$$M_n = 2,1 \cdot 3,45 = 7,3 \text{ Нм}$$

Виконуємо побудову механічної характеристики двигуна урахуванням допустимого відхилення моментів.

$$M' = 0 \text{ Нм}$$

$$M'_n = 3,45 \text{ Нм}$$

$$M'_k = 0,9 \cdot M_k = 0,9 \cdot 7,6 = 6,84 \text{ Нм}$$

$$M'_{\min} = 0,8 \cdot M_{\min} = 0,8 \cdot 5,5 = 4,4 \text{ Нм}$$

$$M'_n = 0,85 \cdot M_n = 0,85 \cdot 7,3 = 6,2 \text{ Нм}$$

Механічна характеристика електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги $\Delta U = -5\%$:

$$M'' = 0 \text{ Нм}$$

$$M''_n = 0,9 \cdot M'_n = 0,9 \cdot 3,45 = 3 \text{ Нм}$$

$$M''_k = 0,9 \cdot M'_k = 0,9 \cdot 6,84 = 6,2 \text{ Нм}$$

$$M''_{\min} = 0,9 \cdot M'_{\min} = 0,9 \cdot 4,4 = 3,96 \text{ Нм}$$

$$M''_n = 0,9 \cdot M'_n = 0,9 \cdot 6,2 = 5,6 \text{ Нм}$$

Розраховуємо механічну характеристику відцентрового насоса.

Механічна характеристика відцентрового насоса описується рівнянням

[36]:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 \quad (3.14)$$

де M_c – момент статичних опорів;

M_0 – початковий момент, $M_0 = 0,05 \cdot M_{сн}$;

$M_{сн}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості;

ω , ω_n – задане і номінальне значення кутової швидкості.

Момент статичних опорів насоса визначаємо за формулою:

$$M_{сн} = 9550 \cdot \frac{P_{нас}}{n_n} \quad (3.15)$$

$$M_{сн} = 9550 \cdot \frac{0,84}{2800} = 3 \text{ Нм}$$

Номінальна кутова швидкість насоса:

$$\omega_n = \frac{n_n \cdot \pi}{30} \quad (3.16)$$

$$\omega_n = \frac{2800 \cdot 3,14}{30} = 293,6 \text{ рад/с}$$

Початковий момент насоса:

$$M_0 = 0,05 \cdot M_{сн} \quad (3.17)$$

$$M_0 = 0,05 \cdot 3 = 0,15 \text{ Нм}$$

Тоді, момент статичних опорів

$$M_c = 0,15 + (3 - 0,15) \cdot \left(\frac{\omega}{293,6}\right)^2$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 3.2.

За даними розрахунків будуємо механічні характеристики двигуна і насоса (рис.3.3).

Таблиця 3.2

Дані для побудови механічної характеристики насоса

ω , рад/с	0	40	80	120	160	200	240	280	293,6	314
M_c , Н·м	0,15	0,2	0,35	0,61	0,98	1,47	2,03	2,72	3	3,29

Час пуску двигуна визначають графоаналітичним методом [36]. Для цього знаходять динамічний момент двигуна:

$$M_j = M_\partial'' - M_c \quad (3.18)$$

Інтервал швидкостей розділяють на ділянки $\Delta\omega_i$, для кожної з яких визначають середнє значення динамічного моменту M_{jcp_i} і розраховують приріст часу:

$$\Delta t_i = \frac{j_{зв} \cdot \Delta\omega_i}{M_{jcp}} \quad (3.19)$$

де, $j_{зв}$ – зведений момент інерції привода;

Зведений момент інерції привода:

$$j_{зв} = j_{рот} + j_{нас} \quad (3.20)$$

де, $j_{рот}$ – момент інерції ротора двигуна, $j_{рот} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

$j_{нас}$ – момент інерції насоса, $j_{нас} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

$$j_{зв} = 1,1 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Дані розрахунків занесені в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахунок часу пуску електродвигуна

$\Delta\omega_i$, рад/с	40	40	40	40	40	40	40	13,6
M_{jcp} , Нм	4,725	4,1	4,9	5,2	4,15	2,75	1,25	0,25
Δt_i , с	0,052	0,059	0,044	0,047	0,059	0,089	0,19	0,33

Час пуску привода визначаємо за формулою:

$$t_{пуску} = \sum \Delta t_i \quad (3.21)$$

$$t_{пуску} = 0,052 + 0,059 + 0,044 + 0,047 + 0,059 + 0,089 + 0,19 + 0,33 = 0,87 \text{ с}$$

Вибраний електродвигун перевіряємо за тепловим режимом під час пуску.

Визначаємо перевищення температури двигуна під час пуску за формулою [42]:

$$\tau_{пуск} = v_t \cdot t_{пуску} \quad (3.22)$$

де v_t – швидкість нагрівання двигуна, $v_t = 7,9 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$.

$$\tau_{\text{пуск}} = 7,9 \cdot 0,87 = 6,873 \text{ } ^\circ\text{C}$$

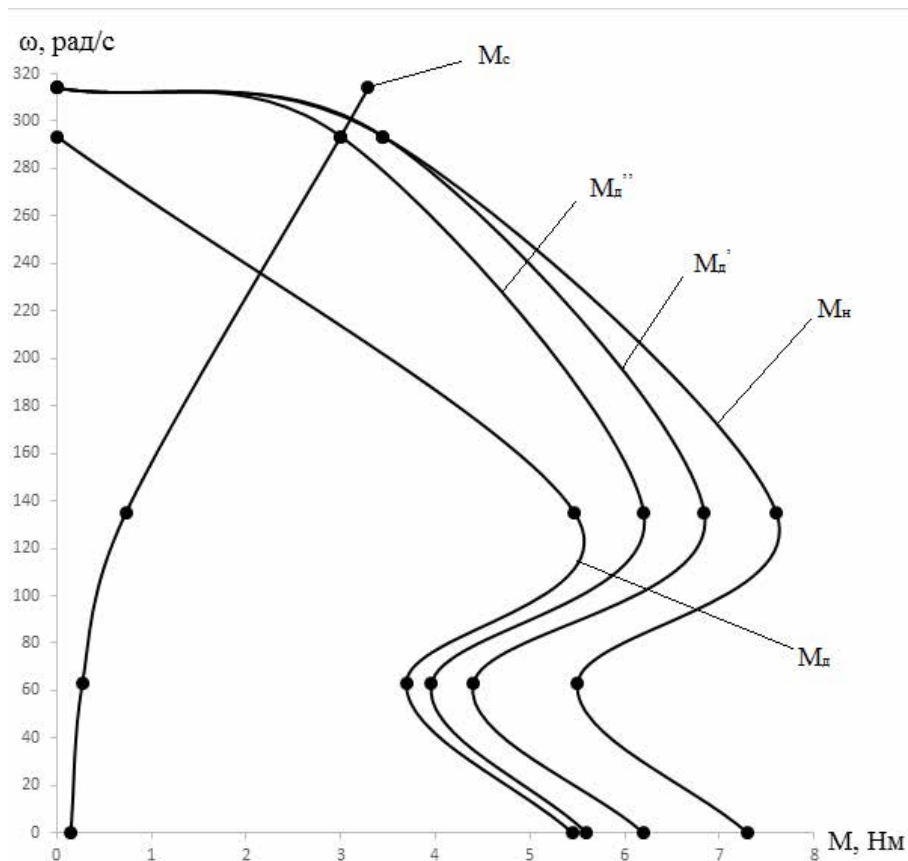


Рис. 3.3. Механічні характеристики електродвигуна та насоса

Допустиме перевищення температури над температурою навколишнього середовища для двигунів АИР $\tau_{\text{дон}}$ складає $80 \text{ } ^\circ\text{C}$ [36].

Умова перевірки $\tau_{\text{пуск}} < \tau_{\text{дон}}$ виконується, двигун вибраний правильно.

Для захисту електродвигуна від коротких замикань та струмів перевантаження, застосовують автоматичні вимикачі, які вибираються за умовами [30]:

- 1) за номінальною напругою автоматичного вимикача:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{мережі}}; \quad 380 \text{ В} \geq 380 \text{ В} \quad (3.21)$$

- 2) за номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{\text{н.ав.}} \geq I_{\text{н.дв.}}; \quad 6 \text{ А} \geq 2,55 \text{ А} \quad (3.22)$$

- 3) за номінальним струмом розчіплювачів максимального струму:

$$I_{\text{н.розч}} \geq I_{\text{н.дв.}}; \quad 4 \text{ А} \geq 2,55 \text{ А} \quad (3.23)$$

- 4) кратність відсічки $K_{відс} = 10$
- 5) кількість полюсів – 3

Перевірку вибраного вимикача здійснюють за умовою:

$$I_{відс} = K_{відс} \cdot I_{н.розч} \geq K_з \cdot K_{пу} \cdot K_{прс} \cdot K_I \cdot I_{н.дв} \quad (3.24)$$

де $I_{відс}$ – струм відсічки електромагнітного розчіплювача, А;

$K_з$ – коефіцієнт запасу, $K_з = 1,1$;

$K_{пу}$ – коефіцієнт, що враховує розкид уставки теплового розчіплювача, $K_{пу}=1,25$;

$K_{прс}$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення пускового струму від його каталогового значення, $K_{прс}=1,2$;

K_I – кратність пускового струму;

$I_{н.дв.}$ – номінальний струм двигуна.

$$I_{відс} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ А} \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 2,55 = 25,2 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА-2002 3P+N C 6А [18].

Електромагнітні пускачі вибирають за такими умовами [30]:

- 1) за номінальною напругою магнітного пускача:

$$U_{пуск} \geq U_{мережі}; \quad 380\text{В} \geq 380\text{В} \quad (3.25)$$

- 2) за номінальним робочим струмом:

$$I_{н.пуск.} \geq I_{н.дв.}; \quad 25\text{А} \geq 2,55\text{А} \quad (3.26)$$

- 3) за родом струму і напругою втягувальної котушки. $U_{кот} = U_{кола}$

керування.

Вибираємо електромагнітний пускач серії ПМЛ 2100-О4Б [34].

Електротеплові реле вибираються за умовами:

- 1) Тип реле, теплове реле вибираю типу РТЛ.
- 2) За номінальним струмом реле

$$I_{ном \text{ т.р.}} \geq I_{н.дв.} \quad 25 \text{ А} > 2,55 \text{ А} \quad (3.27)$$

де $I_{ном \text{ т.р.}}$ – номінальний струм електротеплового реле, А;

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

Вибираємо теплове реле серії РТЛ 1008-О4 [34].

Кнопки керування вибирають за умовами [34]:

- 1) Номінальна напруга – 220В;
- 2) Номінальний струм – 10А;
- 3) Ступінь захисту – IP40;
- 4) Кліматичне виконання – У;
- 5) Категорія розміщення – 4.

Для керування електродвигуном вибрані кнопки КЕ 011У4 [34].

Апарати керування та захисту мають бути розміщені в ящику керування.

Для розміщення обладнання вибраний ящик типу Я5123-2674-51УХЛ2.

3.3. Подача живильного розчину

У якості пристрою для автоматичного керування подачею живильного розчину був вибраний мікропроцесорний регулятор вологості та температури (МРВТ–2М).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд регулятора «МРВТ–2М».

МРВТ–2М призначений для вимірювання вологості та температури і автоматичної підтримки наперед заданих параметрів у теплиці. Позитивним є те, що даний регулятор може працювати із соленоїдними вентилями будь-якого типу.

Мікропроцесорний регулятор постійно вимірює поточні параметри вологості субстрату та температури живильного розчину, у разі зменшення вологості за допомогою соленоїдних вентилів вмикає полив.

При подачі живлення блок автоматично переходить у робочий режим – підтримки заданих параметрів вологості. Кожні 1,5 хвилини на цифровий індикатор виводяться поточні параметри вологості у відсотках та температури у градусах Цельсія, а також стан вихідних реле, температури та вологості.

Мікропроцесорний пристрій виконаний на базі мікроконтролера PIC16F874A, в корпусі PDIP і призначений для видачі керуючих сигналів на обмотки реле в задані моменти часу. Для виводу інформації встановлений рідкокристалічний модуль MT-08S2A. Навантаження до мікропроцесора підключається за допомогою електромеханічного реле G2RL2412DC через біполярний транзистор та обмежуючі резистори. Реле комутують струм до 10 А і напругу до 250 В. Керуюча напруга реле 12 В постійного струму.

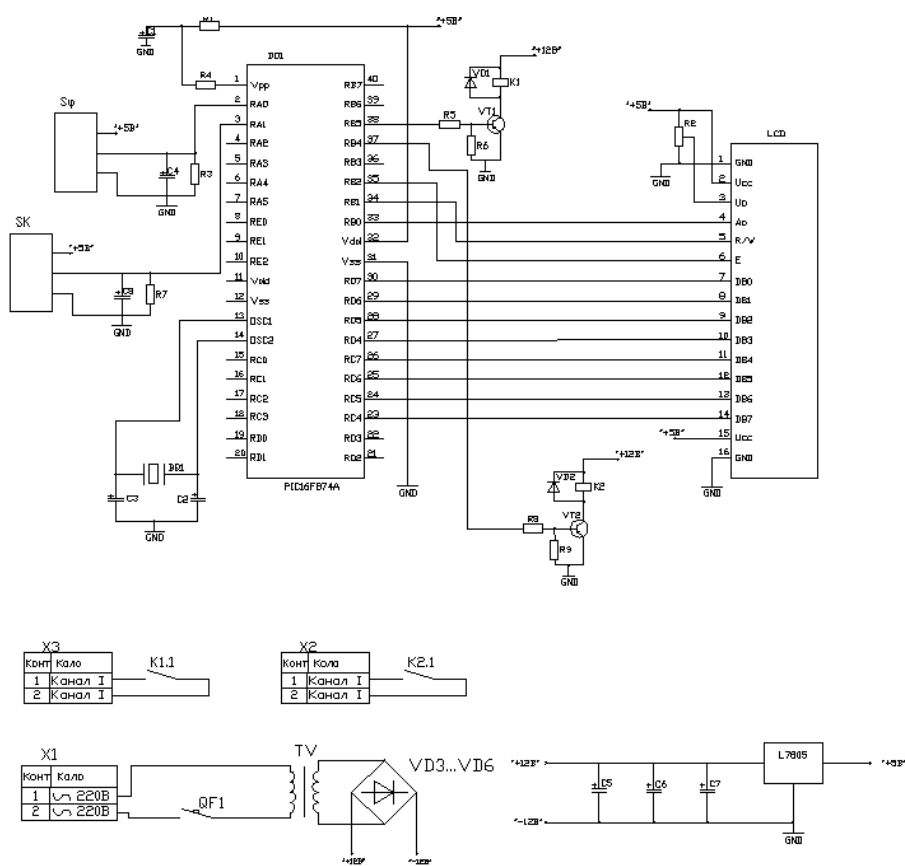


Рис. 3.5. Принципіальна електрична схема регулятора температури і вологості субстрату

РОЗДІЛ 4

МАГНІТНА ОБРОБКА ПОЛИВНОЇ ВОДИ В ТЕПЛИЦІ

4.1 Аналіз літературних джерел з магнітної обробки живильних розчинів

Магнітна обробка води і розчинів мінеральних добрив є одним із напрямків інтенсифікації тепличного овочівництва.

Встановлено, що при магнітній обробці на зміну властивостей води впливають магнітна індукція, яка повинна бути в межах 0,07-0,2Тл, швидкість руху розчину (0,5-2,5 м/с), число перемагнічувань (від 3 до 8), склад водної системи та градієнт напруженості поля.

Нині отримані експериментальні підтвердження позитивного впливу магнітної обробки води на ріст і розвиток рослин. Так, за даними ВІЕСГ врожайність томатів підвищується на 10-22%. Болгарські дослідники встановили, що при цьому в плодах збільшується на 10% кількість мінеральних солей, а також вміст вітаміну С, цукру та сухої речовини.

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур при магнітній обробці можна пов'язати з такими факторами: підвищення розчинності і покращенням використання рослинами мінеральних добрив, дегазацією поливної води і насиченням її киснем, підвищенням проникливості біологічних мембран (що призводить до покращення споживання поживних речовин).

Нині відсутні рекомендації щодо оптимальних режимів магнітної обробки поливної води, хоча вона успішно застосовується при вирощуванні сільськогосподарських культур. Тому були проведені експериментальні дослідження зміни фізико-хімічних параметрів води при її магнітній обробці.

4.2 Методика оцінки впливу магнітної обробки поливної води

Вивчення зміни фізико-хімічних властивостей води при магнітній обробці показало, що для індикації ефекту магнітної обробки можна застосувати оптичні, кристалохімічні, коагуляційні, електрохімічні, хімічні, магнітометричні методи досліджень.

Проведені дослідження показали, що для цього найдоцільніше використовувати потенціометричні методи вимірювання. Первинні вимірювальні перетворювачі мають електричний вихідний сигнал, який дає можливість вести безперервні вимірювання, а проба не підлягає впливу електричних або магнітних полів, які можуть викликати зміну властивостей розчину. При магнітній обробці водних розчинів зміна рН та окислювально-відновного потенціалу (ОВП) набагато перевищує похибку їх вимірювання. Зміна рН становить 0,1 - 0,3 одиниці. При цьому перевагу мають рН-метри, бо рН – інтегральна величина, що характеризує розчин в цілому, а електроди для вимірювання ОВП мають значний дрейф потенціалу і час його встановлення, який може досягти 15-20 хв.

Величину окислювально-відновного потенціалу або рН вимірюють до апарата магнітної обробки та після нього, за різницею яких роблять висновок про ефективність обробки. Оптимальним є режим, при якому окислювально-відновний потенціал або рН порівняно з необробленою пробєю рідини є найбільшими.

4.3 Теоретичні дослідження зміни параметрів поливної води при магнітній обробці

Магнітна обробка водних розчинів впливає на кінетику хімічних реакцій, тобто на її швидкість.

Для будь-якої хімічної реакції зміна концентрації продуктів реакції:

$$dC_i = \omega dt, \quad (4.1)$$

де C_i – концентрація речовини;

ω – швидкість хімічної реакції;

t - час.

Швидкість хімічної реакції:

$$\omega = k \prod_{i=1}^{\alpha} C_i^{|\nu_i|}, \quad (4.2)$$

де k - коефіцієнт швидкості;

ν_i – стехіометричні коефіцієнти реакції.

При обробці розчинів в магнітному полі концентрації реагентів змінюються мало, тому зміна концентрації продуктів реакції прямо пропорційна коефіцієнту швидкості.

Із рівнянням Вант-Гоффа-Арреніуса

$$k = k_o \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right), \quad (4.3)$$

де k_o - передекспоненціальний множник;

E_a – енергія активації;

R – універсальна газова стала;

T – температура.

Або

$$\lg k = \lg k_o - 2,3 \frac{E_a}{RT}, \quad (4.4)$$

Згідно з теорією зіткнення k_o характеризує вигідну для реакції просторову орієнтацію взаємодії активних молекул і визначається як [31]:

$$k_o = Z e^{\frac{S_a}{R}}, \quad (4.5)$$

де Z - коефіцієнт пропорційності;

S_a - ентропія активації.

Згідно з теорією перехідного стану [31]

$$k_o = \frac{kT}{h} e^{\frac{\Delta S_o}{R}}, \quad (4.6)$$

де ΔS_o - стандартна ентропія активації,

k - стала Больцмана;

h - стала Планка.

Тоді рН розчину:

$$pH = -\lg a_{H^+} = -\lg fC_{H^+}, \quad (4.7)$$

де a_{H^+} - активність іонів водню;

f - коефіцієнт активності.

Оскільки зміна концентрації іонів водню C_{H^+} , які утворюються при магнітній обробці розчину, пропорційна коефіцієнту швидкості реакції, то величина рН пропорційна десятковому логарифму коефіцієнта швидкості:

$$\Delta pH = A_0 \lg k, \quad (4.8)$$

де A_0 – коефіцієнт.

При сталій температурі розчину згідно (4.3.), (4.4), (4.5) зміна величини рН:

$$\Delta pH = A_0 \Delta E, \quad (4.9)$$

де ΔE - зміна енергії взаємодії.

Аналогічно для окислювально-відновних потенціалів:

$$\Delta E = A_2 \Delta E, \quad (4.10)$$

При обробці водяних розчинів в магнітному полі на іони діє сила Лоренца:

$$E = qBu \cdot \sin \alpha, \quad (4.11)$$

де q - заряд іона;

B – магнітна індукція;

u - швидкість руху іона;

α - кут між напрямом поля і рухом іона.

Сила Лоренца – це відцентрова сила, яка змінює лише напрям руху іона, не змінюючи його кінетичну енергію та швидкість за модулем. Коли вектор швидкості перпендикулярний вектору магнітної індукції, рух іона відбувається по колу радіуса:

$$r = \frac{mu}{qB}, \quad (4.12)$$

де m - маса іона, звідки:

$$u = \frac{qBr}{m}, \quad (4.13)$$

Гідратація іонів впливає на їх поведінку в розчині, на швидкість пересування, на умови зближення і адсорбції на границях розподілу фаз. При

перетині іонами магнітного поля їхня гідратна оболонка деформується, що полегшує взаємозчеплення іонів [33].

Дослідні дані із визначення констант швидкості реакції Ко показують, що хімічні наслідки зіткнень залежать не стільки від кінетичної енергії відносного руху, скільки від кінетичної енергії відносного руху вздовж лінії центрів, тобто вона визначається нормальною складовою швидкості, а тангенціальна не істотна при активації [32]:

$$E = \frac{\mu u_n^2}{2}, \quad (4.14)$$

де μ - зведена маса часток.

При магнітній обробці водяних розчинів внаслідок дії сили Лоренца змінюється саме нормальна складова швидкості:

$$u_{n2} = u_{n1} + \Delta u_n, \quad (4.15)$$

де u_{n2} - нормальна складова швидкості при дії магнітного поля,

u_{n1} - швидкість руху іонів в розчині;

Δu_n - її приріст.

Як впливає із (4.13), приріст нормальної складової швидкості:

$$\Delta u_n = A_3 B, \quad (4.16)$$

Коефіцієнт A_3 визначається видом іонів, як знаходяться в розчині, та кількістю перемагнічувань, так як реверс змінює орієнтацію іонів.

При магнітній обробці зміна кінетичної енергії відносного руху вздовж лінії центрів становить:

$$\Delta E = \frac{\mu u_{n2}^2}{2} - \frac{\mu u_n^2}{2}, \quad (4.17)$$

або

$$\Delta E = \frac{\mu}{2} (\Delta u_n^2 + 2u_{n1} \Delta u_n), \quad (4.18)$$

З урахуванням (4.16):

$$\Delta E = \frac{\mu}{2} (A_3^2 B^2 + 2A_3 u_{n1} B), \quad (4.19)$$

Тоді зміна величини рН при незмінній швидкості руху розчину:

$$\Delta pH = a_1 B^2 + a_2 B, \quad (4.20)$$

де a_1, a_2 – коефіцієнти.

Зміна ОВП розчину при незмінній швидкості його руху:

$$\Delta E = a'_1 B^2 + a'_2 B, \quad (4.21)$$

Величини коефіцієнтів залежать від того, які іони знаходяться в розчині (які їх маса, заряд, швидкість), а також від кількості перемагнічувань та градієнта магнітного поля. Їхні значення можна визначити лише дослідним шляхом при заданих режимах магнітної обробки розчину.

4.4 Експериментальні дослідження зміни параметрів поливної води при магнітній обробці

Експериментальні дослідження проводились на експериментальній установці. У повітряному зазорі індуктора розміщувалася труба з досліджуванним розчином. Магнітну індукцію регулювали, змінюючи підведену напругу до індукторів, а кількість перемагнічувань і градієнт поля – перемиканням індукторів. Температуру водяних розчинів підтримували постійною $+20$ °С, а швидкість руху через апарат магнітної обробки склала 1 м/с, що відповідає їхнім значенням при вирощуванні рослин в теплицях. Магнітну індукцію вимірювали тесламетром, а рН та ОВП розчинів – іономіром И-160М. Ефект магнітної обробки оцінювали за різницею показів приладу при вимірюванні цих величин до апарата магнітної обробки і після нього оцінювали

Досліди виконували в трикратній повторності. Дисперсію визначали за формулою:

$$S_u^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{uj} - \bar{y}_u)^2}{m-1}, \quad (4.22)$$

де y_{uj} - вимірне значення величини в досліді з номером j ;

\bar{y}_u - її середнє значення;

m - число паралельних спостережень.

Відтворюваність дослідів перевірялася за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2}, \quad (4.23)$$

де $S_{u \max}^2$ - максимальна дисперсія;

$\sum_{u=1}^N S_u^2$ - сума всіх дисперсій.

Оскільки розрахунковий критерій (див. додаток А) менший критичного значення, яке складає 0,6898, то досліді відтворювані з 95%-ною імовірністю.

Залежність ОВП та рН від характеристик магнітного поля визначалася аналітичним шляхом, а коефіцієнти в отриманих залежностях визначали за експериментальними даними методом найменших квадратів.

Адекватність математичних моделей перевірялася за критерієм Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S^2}, \quad (4.24)$$

де S_{ad}^2 - дисперсія адекватності;

S^2 - середня дисперсія дослідів.

Дисперсія адекватності визначалася за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{N-1} * \sum (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2, \quad (4.25)$$

Де \hat{y}_u - розрахункове значення вихідної величини за отриманим рівнянням;

N - число дослідних точок;

l - число значущих коефіцієнтів.

Середня дисперсія дослідів визначалася за формулою:

$$S^2 = \frac{\sum_{u=1}^N S_u^2}{N}, \quad (4.26)$$

Коли $F < F_{кр}$, де $F_{кр}$ - табличне значення критерію Фішера при 5%-ному рівні значущості, приймалася гіпотеза адекватності математичної моделі.

Оптимальні значення магнітної індукції визначалися як розв'язок рівняння:

$$\frac{d y}{d B} = 0, \quad (4.27)$$

де B – магнітна індукція.

Зміна рН розчину Зонневельда при магнітній обробці із числом перемагнічувань 1; 3 і 5 показана на рис.4.1, а ОВП – на рис.4.2. Збільшення магнітної індукції до її оптимального значення викликає зростання рН живильного розчину і зменшення ОВП. Подальше збільшення магнітної індукції призводить до зменшення рН і росту ОВП. Оптимальне значення магнітної індукції складає 100..110 мТл.

Ефект магнітної обробки підсилює збільшення числа перемагнічувань. Встановлено, що оптимальним є трикратне перемагнічування, бо його подальше зростання неістотно підсилює ефект магнітної обробки, але при цьому зростають габарити застосовуваної установки.

Збільшення відстані між індукторами, тобто зменшення градієнта магнітного поля, послаблює ефект магнітної обробки, що необхідно враховувати при проектуванні магнітних апаратів.

Проведені експериментальні дослідження зміни ОВП та рН живильного розчину довели правильність отриманих теоретичних залежностей (4.20), (4.21) і дали можливість визначити коефіцієнти методом найменших квадратів [35], значення яких наведені відповідно в таблицях 4.1. та 4.2. Оскільки розрахункове значення критерію Фішера (див. додаток А) менше критерію, яке складає 3,71, то отримані математичні моделі адекватні з 95%-ною імовірністю.

Оптимальне значення магнітної індукції отримане як розв'язок рівняння:

$$\frac{d p H}{d B} = 2 a_1 + a_2 = 0, \quad (4.28)$$

звідки

$$B_{opt} = -\frac{a_2}{2 a_1}, \quad (4.29)$$

Оптимальні значення магнітної індукції та максимальна зміна рН і ОВП живильного розчину при магнітній обробці наведені в таблиці 4.1 та 4.2.

Значення коефіцієнтів a_1 , a_2 та оптимальної магнітної індукції при магнітній обробці живильного розчину

Досліджувана речовина	Кількість перемагнічувань	Коефіцієнти		Оптимальна індукція, мТл	Максимальна зміна рН
		A_1 , од.рН/Тл	A_2 , од. рН/Тл		
Живильний розчин Зонневельда	3	-13,0	2,47	97	0,12

Таблиця 4.2

Значення коефіцієнтів a'_1 , a'_2 та оптимальної магнітної індукції при магнітній обробці живильного розчину

Досліджувана речовина	Кількість перемагнічувань	Коефіцієнти		Оптимальна індукція, мТл	Максимальна зміна ОВП
		a'_1 , од.рН/Тл ²	a'_2 , од. рН/Тл		
Живильний розчин Зонневельда	3	4076	-697,7	86	-29,9

При дослідженні зміни ефекту магнітної обробки в часі вимірювали рН води, обробленої в магнітному полі, протягом трьох годин. Із спливом часу ефект магнітної обробки зменшується за експоненціальним законом (рис.4.3). Для досліджуваної води ця залежність має вигляд:

$$pH = 7.21e^{-0.008t}, \quad (4.30)$$

де t - час, с.

Вплив магнітних полів на водянні розчини не є стійким, так як протягом року властивості води змінюються.

Проведені дослідження зміни параметрів води і розчинів мінеральних добрив при магнітній обробці дали можливість встановити оптимальні режими магнітної обробки: магнітна індукція 100 мТл при трикратному перемагнічуванні і швидкості руху розчину 0,5-1,0 м/с.

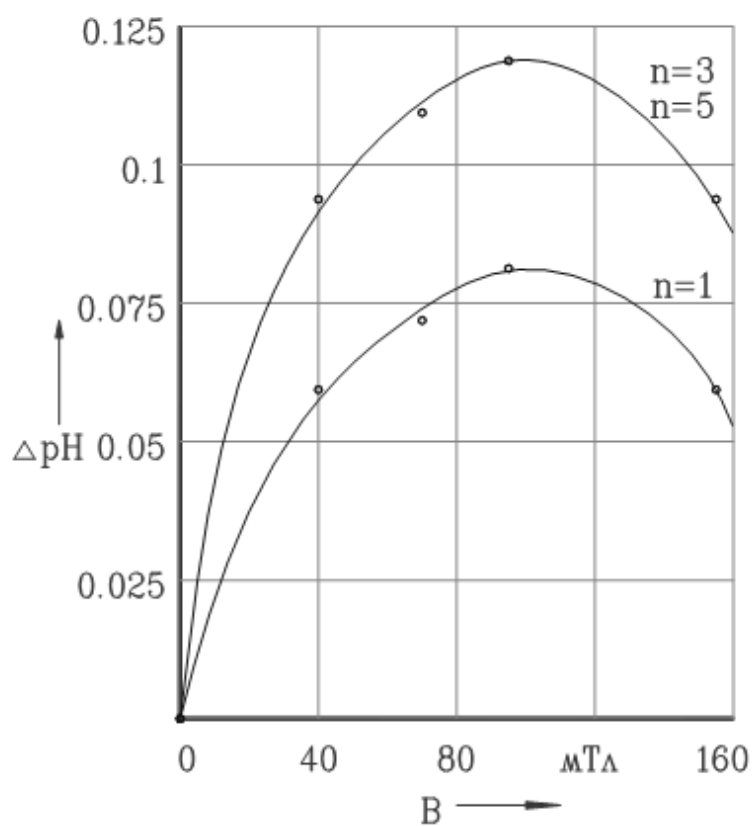


Рис. 4.1. Зміна рН розчину Зонневельда при магнітній обробці

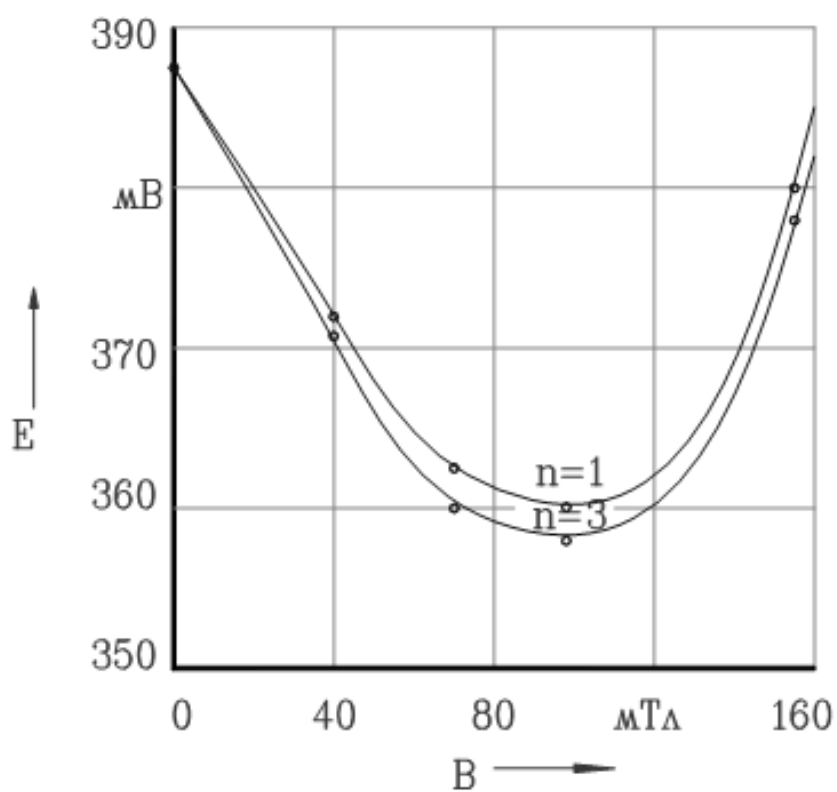


Рис. 4.2. Зміна ОВП розчину Зонневельда при магнітній обробці

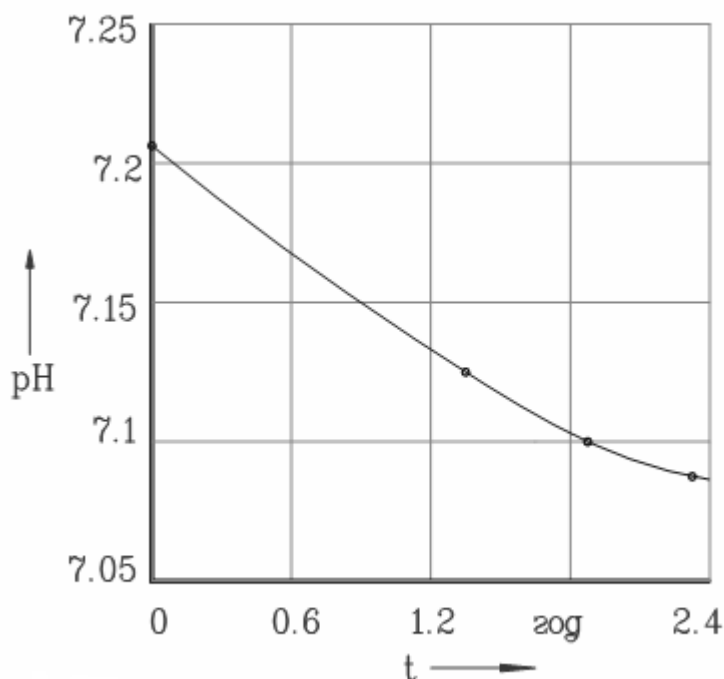


Рис.4.3. Зміна ефекту магнітної обробки в часі

4.5 Дослідження впливу магнітної обробки поливної води на ріст і розвиток рослин

При дослідженні впливу магнітної обробки живильного розчину на ріст і розвиток рослин користувалися методикою польового дослідження [36,37]. Досліди виконувалися за схемою: 1-й варіант (контрольний) – насіння замочували у водопровідній воді і нею поливали рослин, 2 – й варіант – насіння замочували в магнітоактивованій воді і нею поливали рослин.

Живильний розчин оброблювали в магнітному полі з індукцією 100 мТл при трикратному перемагнічуванні. Досліди проводилися у весняній теплиці, обладнаній краплинною системою поливання.

Дослідні ділянки з площею 8 м² розміщували методом звичайних повторень.

Підготовка насіння, внесення мінеральних добрив, його висівання, догляд за рослинами виконували у відповідності із агротехнікою їх вирощування у закритому ґрунті.

Досліди проводили із огірками гібриду “Топольок”. При вегетації відмічали фенологічні фази: посів рослин, сходи, поява третього листка, початок цвітіння, зав’язь.

Проведені дослідження показали, що магнітна обробка живильного розчину позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Результати біометричних вимірювань огірків представлені в таблиці 4.3. При магнітній обробці живильного розчину прискорюється ріст огірків, причому перевищення в рості стає більш помітним та статистично значущим в період початку цвітіння (10.07) і плодоношення (16.07) та складає відповідно 14.75 і 15.75 см.

Кількість листків та їх площа у рослин, які поливали розчином, обробленим у магнітному полі, були більшими порівняно з рослинами, які поливалися водопровідною водою.

Магнітна обробка живильного розчину сприяє більш ранньому цвітінню та плодоношенню (на 1-2 дні).

Таблиця 4.3

Результати біометричних вимірювань огірків

Варіант	Дата	Повторність				Середнє значення, см	Різниця Δ , см	F- критерій	Точність δ , %	НІР ₀₅ , см
		1	2	3	4					
Контроль	18.06	16	15	13	15	14.75				
	25.06	28	27	22	28	26.25				
	2.07	62	57	58	59	59				
	9.07	88	80	78	50	84				
	16.07	132	117	118	130	124.25				
Магніто- активована вода	18.06	17	16	13	17	15.75	1	6	1.9	1.3
	25.06	30	31	22	36	29.75	3.5	4.2	4.3	5.4
	2.07	70	71	59	75	68.75	9.75	8.33	3.7	10.9
	9.07	97	102	88	108	98.75	14.75	22	2.4	10
	16.07	147	138	132	143	140	15.75	76.8	0.96	5.72

Урожайність овочевих культур при магнітній обробці поливної води також підвищується. Урожайність огірків при існуючій технології вирощування склала 27.1 кг/м^2 (таблиця 4.4), а при магнітній обробці поливної води – $31,1 \text{ кг/м}^2$, тобто підвищилася на 14.7 %.

Такі ж результати отримані при поливанні магнітоактивованою водою томатів [26].

Урожайність огірків

Варіант	Повторність				Середнє значення, кг/м ²	Різниця Δ, кг/м ²	F- критерій	Точність δ, %	НІР ₀₅ , кг/м ²
	1	2	3	4					
Контроль	27.2	26.2	26.5	28.5	27.1				
						4	1436	0.25	0.33
Дослідний	31.2	29.9	30.7	32.5	31.1				

Таким чином на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що магнітна обробка живильного розчину позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При цьому спостерігається більш раннє цвітіння і плодоношення, збільшується біомаса рослин, підвищується урожайність овочевих культур.

4.6 Розробка апарата для магнітної обробки живильного розчину в теплицях

На основі проведених досліджень зміни параметрів води і розчинів мінеральних добрив при магнітній обробці встановлено, що магнітна індукція повинна змінюватися в межах 0,04-0,2 Тл при трикратному перемагнічуванні і швидкості руху розчину 0,5-1,0 м/с.

Апарат для магнітної обробки водяних розчинів у теплицях з електромагнітами (рис.4.4) складається з трьох індукторів, на магнітопроводі яких знаходиться намагнічуюча котушка. У повітряному зазорі між полюсними наконечниками розміщена пластмасова труба, діаметр якої відповідає діаметру труби “Аквадроп”. Застосовувані концентратори магнітного поля зменшують потоки розсіювання.

Магнітне поле створює індуктор, яке перетинає своїми силовими лініями потік води чи розчину. Силкові лінії магнітного поля спрямовані перпендикулярно потоку розчину. Величина магнітної індукції змінюється шляхом зміни підведеної до котушки індуктора напруги постійного струму в межах 0...36В.

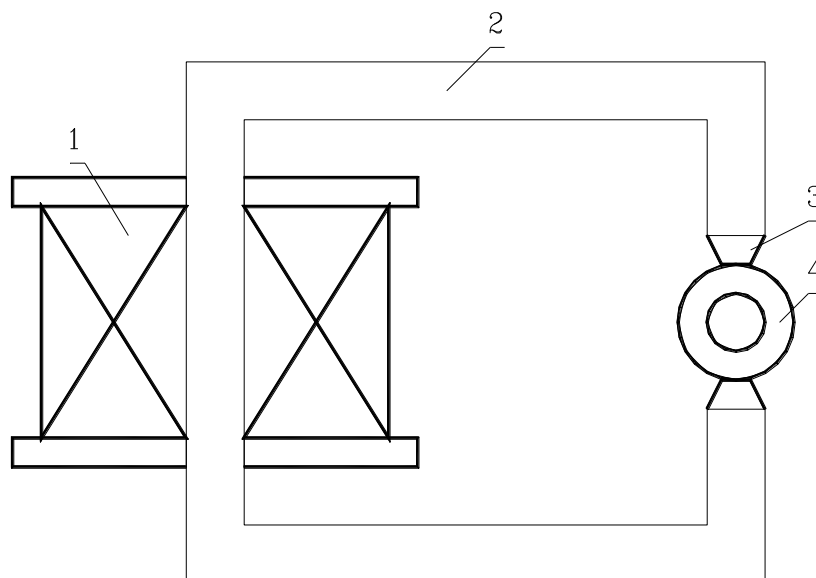


Рис. 4.4 Схема апарата для магнітної обробки водних розчинів:

1 - котушка індуктора; 2 - магнітопровід; 3 - полюсний наконечник;
4 - труба з розчином

При цьому магнітна індукція регулюється від 0 до 200 мТл. Котушки індукторів увімкнені зустрічно.

Був проведений розрахунок апарата для магнітної обробки водяних розчинів.

Визначали магнітний потік, виходячи із необхідної магнітної індукції у робочій зоні:

$$\Phi = B \cdot S, \quad (4.31)$$

де B -магнітна індукція в зазорі, Тл;

S -площа перерізу магнітного потоку, м².

$$\Phi = 0,11 \cdot 0,18^2 = 0,00356 \text{ Вб.}$$

Магнітний опір повітряного зазору:

$$R_{\text{п}} = \delta / (\mu \cdot S), \quad (4.32)$$

де δ , S - довжина і площа зазору;

μ -магнітна проникність повітря,

$$R_{\text{п}} = 0,18 / (4 \cdot \pi \cdot 0,0000001 \cdot 0,18 \cdot 0,4) = 2000000 \text{ 1/Гн.}$$

Магнітний опір феромагнітної ділянки:

$$R_{\text{с}} = l / (\mu_{\text{с}} \cdot S), \quad (4.33)$$

де l і S – довжина і площа перерізу ділянки магнітопроводу;

μ_c - магнітна проникність сталі при відповідній індукції, Гн/м.

$$R_c = 0,48 / (0,059 \cdot 0,15 \cdot 0,4) = 113 \text{ (1/Гн)}.$$

$$\text{Тоді повний опір: } R = R_{\pi} + R_c. \quad (4.34)$$

$$R = 2000000 + 113 = 2000113 \text{ (1/Гн)}.$$

Магніторушійна сила котушки електромагніта:

$$F = \Phi \cdot R \cdot K_3, \quad (4.35)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,2$.

$$F = 0,00356 \cdot 2000113 \cdot 1,2 = 8550 \text{ А}.$$

Переріз обмоткового проводу визначали за формулою:

$$S_{\pi} = (F \cdot l_{\pi} \cdot \rho) / U, \quad (4.36)$$

де l_{π} – середня довжина витка намотування проводу, м;

ρ – питомий електричний опір матеріалу проводу (мідь), Ом·м;

$$S_{\pi} := \frac{(8,55 \cdot 10^3 \cdot 0,28 \cdot 17,2 \cdot 10^{-9})}{24}$$

$$S_{\pi} = 1,716 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

U – номінальна напруга, В; $U = 24$ В.

Число витків котушки визначали за формулою:

$$W = F / I_{\text{доп}}, \quad (4.37)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустима величина струму, А; $I_{\text{доп}} = 8,2$ А.

$$W = 8550 / 8,2 = 1043 \text{ витків}.$$

Число витків у ряду намагнічуючої котушки:

$$W_p = b / (k_n \cdot d_{\pi}), \quad (4.38)$$

де b – конструктивний розмір каркасу котушки;

k_n – коефіцієнт нерівномірності укладки;

d_{π} – діаметр намотувального проводу з ізоляцією.

$$W_p = 130 / (1,1 \cdot 1,57) = 75 \text{ витків}.$$

Кількість шарів намотувального проводу визначали за формулою:

$$n = W / (k_n \cdot W_p), \quad (4.39)$$

$$n = 1043 / (1,1 \cdot 75) = 13 \text{ шарів}.$$

РОЗДІЛ 5

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВЕСНЯНИХ ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЯХ

Перспективним напрямком енергозбереження у весняних теплицях є застосування технічної біоенергетики. Використання теплових відходів для теплопостачання теплиць зменшує капіталовкладення на – 47 %, експлуатаційні – 70 %, витрату палива – 3-10 разів, що викликає зниження собівартості продукції на 5-20 %.

Також перспективним є розвиток використання альтернативних джерел електроенергії.

Вітроенергетичні установки, з'єднанні з електротеплоакумуляційною системою опалювання, дозволяють підтримувати температуру в приміщенні 20-25 градусів, протягом 14-17 годин, при часі заряджання системи 7 -10 годин.

Використання сонячної енергії для обігрівання теплиць.

Геліотеплиця з акумулятором сонячної енергії, має підґрунтові канали-акумулятори розміром 1х1х9 м, заповнені річковими камінцями та вентилятор потужністю 2,5 кВт, який нагнітає із теплиці тепле повітря, нагріте вдень сонячною радіацією. Поряд з теплицею встановлена геліокотельня. Застосування данної конструкції дозволяє економити до 35 % палива.

Для зменшення втрат теплоти через огорожувальні конструкції застосовують двошарові огорожі та підвищують герметичність огорожувальних конструкцій, автоматичне регулювання мікроклімату та поливув теплиці, екрани для захисту рослин від інфрачервоного світла.

Ущільнення стиків плівкового перекриття теплиці зменшує витрату енергоресурсів на 18 – 20 %.

Двошарові плівкові покриття з повітряним зазором порівнянно з одношаровою забезпечує зниження втрат теплоти на 20 – 30 %. Це також підвищує урожайність, оскільки конденсація вологи на внутрішній поверхні покриття майже відсутня.

Застосування теплоутримуючих полімерних плівок на 1 – 3 °С підвищує температуру в теплиці.

Теплотехнічний ефект від екранування полягає у відбиванні екраном інфрачервоного випромінювання, яке йде від нагрівальних приладів та ґрунту, а також зменшує теплопередачу зарахунок створення додаткового повітряного прошарку.

У нічні години та холодні періоди можна застосовувати теплозахисні екрани із полімерних плівок. Екрани розташовуються двома способами, на каркасі або безкаркасу. Застосування теплових екранів дозволяє знизити теплові втрати в теплиці на 6 – 7% при одношаровому плівковому укрітті, та 15 – 20 % при двошаровому.

Зменшенню втрат енергії сприяє, мульчування ґрунту. Цей спосіб підвищує температуру ґрунту на 2-6 °С, сприяє швидшому сходженні овочевих культур, через збільшення часу випаровування вологи з ґрунту.

Модернізувати систему обігрівання можна шляхом екранування регістрів опалювальної системи або за рахунок оптимального розміщення пристроїв опалення в середині теплиці.

За рахунок переходу від ручного на автоматичне регулювання мікроклімату в теплиці забезпечує економію енергії 15-20 %.

Для зменшення витрати електроенергії в освітлювальних і опромінювальних установках застосовують автоматичні пристрої для підтримки номінальної напруги в мережі.

Раціональне використання електроенергії можна забезпечити:

- обмеженням холостого ходу електродвигунів;
- технологічним контролем завантаження електродвигунів і заміна на меншу потужність при завантаженні двигуна менше 70 %;
- автоматизацією управління виробничими процесами;
- удосконаленням технологічних ліній;
- компенсацією реактивної потужності із застосуванням конденсаторних установок.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз стану охорони праці в тепличному господарстві

Заходи з безпеки праці в господарстві проводяться на основі плану покращення умов охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів. В господарстві є кабінет з безпеки праці.

Робітники, прийняті на роботу, проходять ввідний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці.

Ввідний інструктаж проводить головний спеціаліст того ж господарства, куди поступає новий робітник, при обов'язковій присутності інженера з охорони праці відповідно до ГОСТ 46.0.126-82. Ввідний інструктаж реєструють в особистій карточці робітника. Первинний інструктаж на робочому місці проводить керівник підрозділу. Допуск до самостійної роботи фіксується в журналі реєстрації інструктажів на робочому місці та в особистій карточці з датою та підписом інструктуючого та інструктованого.

Повторний інструктаж проводять усі робітники не менше як один раз на 6 місяців (електрики – раз у 3 місяці) за програмою інструктажу на робочому місці. Фіксують його таким же чином як і первинний.

Особи, що мають відношення до електроустановок, проходять навчання відповідно до «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей». Електромонтери та слюсарі КВП і А проходять кожні два роки медичний огляд. Позапланові інструктажі проводяться при порушенні робітниками правил техніки безпеки.

Контроль за станом безпеки праці в господарстві здійснює комісія з охорони праці при профкомі, яку очолює старший інспектор з безпеки праці.

Робітники господарства забезпечені особистими засобами захисту та спецодягом.

Виробничого травматизму за останні 3 роки не було.

Усі види робіт у тепличному господарстві проводяться на справних машинах та агрегатах, які відповідають ДСТУ 2189-93, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.013.0-91, ГОСТ 12.2.019-86. Все обладнання яке використовується у тепличному господарстві має сертифікат відповідності. При розміщенні технічного обладнання користуються вимогами ДБН В2.2-2-95 та СанПіН №5791-91.

6.2 Безпечність об'єкту проектування

6.2.1 Визначення категорій виробництв, приміщень та класів виробничих зон

Безпека обслуговування електрообладнання залежить від характеру середовища, в якому воно працює. Визначення класів та категорій об'єктів господарства наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 6.1

Класи та категорії об'єктів господарства

Найменування об'єкта.	Категорія виробництв по вибухо-га	Кліматична зона.	Ступінь вогнестійкості будівлі	Клас приміщення по ступеню враження електричним струмом.	Категорія приміщення по характеру оточуючого середовища.	Клас вибухо-га пожежних зон	Категорія пристроїв блискавозахисту.
Теплиця	Д	З	Г	Особливо небезпечні	Особливо вологі		3
Котельня	Г	З	П	З підвищеною небезпекою	Вологі	В-Іб	3
Склад ПММ	Б	З	І	Особливо небезпечні	Особливо вологі	В-Іг	2
Склад мінеральних добрив	Б	З	П	Особливо небезпечні	Особливо вологі з хімічноактивним середовищем	В-Іг	2
Склад матеріальних цінностей	Д	З	П	Без підвищеної небезпеки	Сухі	П-Пп	3

6.2.2 Визначення джерел небезпеки на об'єкті проектування

У теплицях є джерело хімічної небезпеки. Для боротьби зі шкідниками та хворобами рослини обробляють отрутохімікатами. Для цього передбачено в обов'язковому порядку наявність спецодягу, протигазів типу ПШ-1 та респіраторів типу РУ-60.

Для запобігання переносу інфекції перед входами теплиць встановлюється ящик з тирсою, просоченою дезінфікуючим розчином.

У теплиці є фактори, які можуть викликати травматизм обслуговуючого персоналу, а саме: гаряча вода та пара, підвищена температура систем обігріву, випромінювання від опромінювальних установок, підвищена концентрація газів, пестицидів та продуктів їх розпаду в повітрі. Джерелами зазначених факторів є: зовнішні кліматичні умови, технологічне обладнання теплиці для обігріву повітря та ґрунту, внесення добрив, підігрівання води та установок, які працюють під тиском.

Після обробки теплиці пестицидами її необхідно закрити на замок та вивісити плакати безпеки. Відповідно до ДНАОП 0.03-1.12-98, всі випадки обробки пестицидами заносяться у обліковий журнал.

Роботи пов'язані з хімічними речовинами проводять спеціально підготовлені працівники, які мають спеціальне обладнання, інструменти та засоби індивідуального захисту.

Під час збирання врожаю потрібно дотримуватися правил зазначених у ДНАОП 0.03-3.28-93. Тара призначена для збирання та транспортування овочів повинна експлуатуватися відповідно до ГОСТ 12.3.010-82.

При виконванні будь-яких робіт у теплицях, необхідно вимикати опромінювальні установки.

Роботи у захищеному ґрунті пов'язані із застосуванням електричних машин та обладнання повинні виконуватися відповідно з вимогами ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ДНАОП 0.00-1.21-98, ПУЕ та ПТЕ.

Відповідальність за експлуатацію енергетичного обладнання несуть особи відповідальні за електрогосподарство підприємства.

Для гарантування безпеки парцівників під час обслуговування електроустановок необхідно передбачити:

- надійне заземлення корпусів та вимірювальних приладів;
- захист від перевантажень та коротких замикань;
- захист від механічних пошкоджень ізоляції струмоведучих частин;
- вивішування попереджувальних плакатів та знаків безпеки (ГОСТ 12.4.026-76) у місцях небезпеки;
- наявність інструкцій з експлуатації електроустановок та електрообладнання і схеми їх з'єднання;
- забезпечення електротехнічного персоналу засобами індивідуального захисту.

Ручні електричні машини, які застосовують у весняних теплицях необхідно під'єднувати через розподільчі трансформатори. В схемах керування передбачений контроль кола занулення електричного інструменту. Пристрої автоматики та контролю виконані на пониженому напругу та мають не велику потужність.

Споруди захищеного ґрунту обладнанні електричними системами обігріву ґрунту та повітря, мають підвищену небезпеку ураження електричним струмом.

За умовами гарантування електробезпеки теплиці поділяють на дві категорії А та Б:

До категорії А – відносяться теплиці у яких живлення електрообладнання здійснюється напругою вище 65 В, а підігрів ґрунту та повітря може виконуватися неізольованими електронагрівальними пристроями. Сюди відносяться: елементні та електродні пристрої нагріву, можливий підігрів ґрунту з використанням проводів ПОСХВ та ПОСХП без використання металеві еcranуючої сітки.

До категорії Б – відносяться споруди захищеного ґрунту у яких живлення електроспоживачів здійснюється напругою нижче 65 В. Якщо використовують нагрівні провідники типу ПОСХВ та ПОСХП з застосуванням металеві

екрануючої сітки, напруга живлення такої системи обігріву може бути вище 65 В.

У теплицях забороняється: виконувати будь-які роботи у спорудах закритого ґрунту категорії А, якщо електроустановки знаходяться під дією напруги.

У спорудах категорії Б, дозволяється виконувати роботи при ввімкненому електрообігріві. При цьому електроінструмент повинен мати діелектричні ручки, а працівники повинні бути вдягненні в гумові калоші та діелектричні рукавиці.

Занурювати електроінструмент в землю дозволяється на глибину не більше 25 см. Опір ізоляції нагрівних елементів відносно землі, корпусу та між фазами повинен бути не менше 0,5 МОм.

На опромінювальний світильник подається напруга 220 В змінного струму, тому забороняється: експлуатувати світильник без заземлення; проводити монтаж, ремонт чи обслуговування опромінювача під напругою; при заміні ламп в опромінювальній установці щоб запобігти опіків, необхідно вимкнути опромінювач та зачекати 10 – 15 хв, щоб лампа охолола. Температура ртутних ламп в режимі роботи досягає +400 °С.

Під час обслуговування систем водопостачання у захищеному ґрунті керуються ГОСТ 12.3.006-75.

Під час обслуговування систем дощування, подачі пестицидів та добрив виконують вимоги ДНАОП 0.03-1.12-98 та ДНАОП 0.03-1.08-73.

Монтаж водопідігрівача повинен проводитися згідно проекту, який виконала проектна організація. Підключення живлення повинен проводити персонал у якого є дозвіл на виконання робіт з установками, які працюють під тиском.

Експлуатація обладнання що працює під тиском здійснюється відповідно до ДНАОП 0.00-1.07-94.

Експлуатувати електроводонагрівач із знятим захисним кожухом, без заземлення заборонено. Не дозволяється проводити ремонтні та профілактичні роботи водонагрівача який знаходиться під напругою.

Корпус водонагрівача та трубопровід повинен бути заземлений у двох точках, одна точка – на корпусі електроводонагрівача, інша на трубопроводі на відстані не менше 5 м від першої точки.

Пошкодження плівкових покриттів у процесі експлуатації ліквідують за допомогою клейкої стрічки на поліетиленовій основі. Роботу виконують дві особи.

6.2.3 Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок

Потенційно небезпечним є трансформатор, від якого живиться комплекс теплиць, рами і приводи вимикачів та комутаційних апаратів, каркаси розподільчих щитів керування.

Змонтовані щити і пульти заземлюють (при підведенні напруги 36 В змінного і 110 В постійного струму, а також всі щити і пульти у вибухонебезпечних установок).

Внутрішні з'єднання виконуються за допомогою екранованих або неекранованих кабелів, ізолюваних проводів, які прокладаються в трубах для захисту проти механічних пошкоджень і безпосереднього контакту із навколишнім середовищем, причому використовують тільки проводи із мідними жилами. Всередині розподільчих щитів, ящиків та шаф проводи не захищаються, вони збираються у джгути і прокладаються у відкритих каналах, які виконані із пластмаси.

6.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу

Всі основні заходи відповідно до статті 10 Закону України “Про охорону праці”(2694-12) та статті 163 Кодексу Законів про охорону праці України на роботах з шкідливими та небезпечними умовами праці.

6.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів

Забезпечувати працівників спеціальним взуттям та одягом та інших засобів індивідуального захисту потрібно проводити відповідно до ДНАОП 0.00-3.01-98.

Працівники повинні бути навчені правилам користування засобами індивідуального захисту та методами перевірки їх придатності.

Необхідне обладнання та електрозахисні засоби для електромонтерів для виконання робіт наведено у таблиці 7.3.

Таблиця 6.2

Обладнання та електрозахисні засоби для електромонтерів тепличного господарства

Назва обладнання	Тип	ГОСТ або ТУ	Одиниці виміру	Кількість	Місце зберігання
Діелектричні калоші		ГОСТ 13385-78	пар	2	у сухому місці
Боти гумові		ГОСТ 13385-78	пар	2	у сухому місці
Діелектричні рукавиці		ТУ 38.305-05-257-89	пар	2	у сухому місці
Захисні окуляри	O2 SPECTRUM	ГОСТ 12.4.013-97	шт.	2	у шафі
Монтерський пояс	УС-2 ГД	ГОСТ 12.4.205-99.	шт.	2	у сухомц місці
Лази монтерські	ЛУ	ТУ 5296-001-59636331-2004.	пар	1	у шафі
Діелектричний килимок		ГОСТ 4997-75	шт.	2	у сухому місці
Тимчасова огорожа		ГОСТ 12.4.026-76	шт.	3	у сухому місці
Штанга ізолююча	ША-10	ТУ 34.2838-76	шт.	1	у футлярі
Показчик високої напруги	УВНУ -10	ГОСТ 20493-90	шт.	1	у футлярі
Показчик низької напруги	Е119.2	ГОСТ 20493-90	шт.	1	у футлярі
Комплект інструментів з ізольованими ручками напругою до 1 кВ	FIT 65137	ГОСТ 17199-88	пар	1	у футлярі
Переносне заземлення 0,4 кВ		ТУ 16.538-32-74	шт.	1	у шафі
Попереджувальні плакати безпеки		ГОСТ 12.4.026-76	шт.	По 4 кожного	у сухому місці

6.5 Розрахунок заземлюючих пристроїв

Проведемо розрахунок заземлюючого пристрою ТП 250-10/0,4 кВ.

Відповідно з вимогами, викладеними в ПУЕ, визначимо допустиму величину опору заземлюючого пристрою, до якого приєднується нульова точка трансформатора. Передбачено виконання заземлюючого пристрою стальними стержнями.

Опір повторного заземлення нульового проводу повинен бути не більше 30 Ом. Трансформаторна підстанція знаходиться в 3 кліматичній зоні України.

Питомий опір ґрунту:

$$\rho_1=270 \text{ Ом/м}; \rho_2=140 \text{ Ом/м}; \text{товщина шару з } \rho_1 - h_1=3,5\text{м}.$$

Число гроз на рік складає 65 годин.

Довжина вертикальних стержнів $L=7\text{м}$, діаметр стержнів $d=0,012\text{м}$, глибина закладання стержнів $t=0,8\text{м}$, площа залізобетонного фундаменту $S=50\text{м}^2$; довжина кабельної лінії напругою 10 кВ $L_{\text{кл}}=12\text{км}$; довжина повітряної лінії $L_{\text{пл}}=80\text{км}$.

Визначаємо еквівалентний опір ґрунту $\rho_{\text{екв}}$:

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot \ell}{\rho_1(t_1 + k \cdot \ell - h_1) + \rho_2(h_1 - t_1)}, \quad (6.1)$$

де $k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$.

$$\rho_{\text{екв}} := \frac{270 \cdot 140 \cdot 1,0 \cdot 7}{270 \cdot (0,8 + 1 \cdot 7 - 3,5) + 140 \cdot (3,5 - 0,8)}$$

$$\rho_{\text{екв}} = 171,93 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Оскільки $\rho_{\text{екв}} > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то опір штучного заземлювача: $R_{\text{шт.}}=0,3 \rho_{\text{екв.}}=51,58 \text{ Ом}$.

Визначаємо опір повторного заземлювача: $R_{\text{пов.заз.}}=0,3 \cdot \rho_{\text{екв.}}=0,3 \cdot 171,93=51,58 \text{ Ом}$.

Допустимий опір заземлення лінії становить $R_{\text{доп.л.}}=0,1 \cdot \rho_{\text{екв}}=0,1 \cdot 171,93=17,19 \text{ Ом}$.

Допустимий опір заземлення ТП становить $R_{\text{доп.ТП.}}=0,04 \cdot \rho_{\text{екв.}}=0,04 \cdot 171,93=6,88 \text{ Ом}$.

Висуваємо вимоги до заземлювача для мережі 0,38кВ.

$R_{пов.}$ – опір повторного заземлювача;

$R_{шт.}$ – опір штучного заземлювача;

$R_{пр.}$ – опір природного заземлювача.

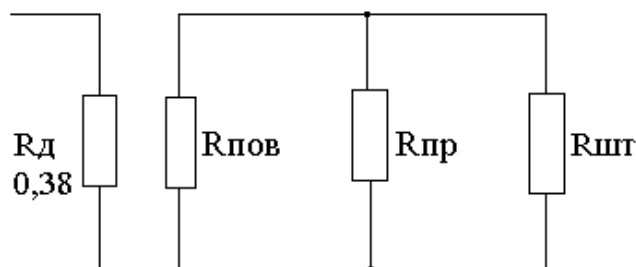


Рис. 6.1. Схема заміщення мережі 0,38кВ.

Розрахуємо опір природного заземлювання:

Опір природного заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_{пр} = 0,5 \frac{\rho_{эф}}{\sqrt{S}}, \quad (6.2)$$

де S – площа фундаменту, $S = 50 \text{ м}^2$

$$\rho_{эф.} = \rho_1 \left(1 - e^{-\frac{\alpha h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\frac{\beta_1 \sqrt{S}}{h_1}} \right), \quad (6.3)$$

де α, β – коефіцієнти відповідно при $\rho_1 > \rho_2$; $\beta = 0,1$, $\alpha = 3,6$.

$$\rho_{эф.} = 270 \left(1 - e^{-\frac{3,6 \cdot 3,5}{\sqrt{50}}} \right) + 140 \left(1 - e^{-\frac{0,1 \sqrt{50}}{3,5}} \right) = 276,9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{пр.} = 0,5 \frac{276,9}{\sqrt{50}} = 19,5 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо опір повторних заземлень (рис.6.2).

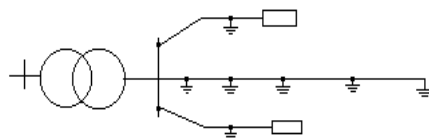


Рис. 6.2. Схема мережі 0,38кВ із позначенням повторних заземлень

$R_{л1}=17,19\text{Ом}$, $R_{л2}=51,58/5=10,31\text{Ом}$, $R_{л3}=17,19\text{Ом}$.

$R_{пов}=(R_{л1} \cdot R_{л2} \cdot R_{л3})/(R_{л1} \cdot R_{л2} + R_{л1} \cdot R_{л3} + R_{л2} \cdot R_{л3})=$

$=(17,19 \cdot 10,31 \cdot 17,19)/(17,19 \cdot 17,19 + 17,19 \cdot 17,19 + 10,31 \cdot 17,19)=4,69\text{Ом}$.

Еквівалентний опір:

$$R_{\text{екв}} = (R_{\text{пов}} \cdot R_{\text{пр}}) / (R_{\text{пов}} + R_{\text{пр}}) = (4,69 \cdot 19,5) / (4,69 + 19,5) = 3,78 \text{ Ом}. \quad (6.4)$$

Оскільки $R_{\text{екв}} = 3,78 \text{ Ом} < R_{\text{доп}} = 6,88 \text{ Ом}$, то опір штучного заземлювача приймаємо максимально допустимим $R_{\text{шт}} = 51,58 \text{ Ом}$.

Висуваємо вимоги до заземлювача для мережі 10 кВ.

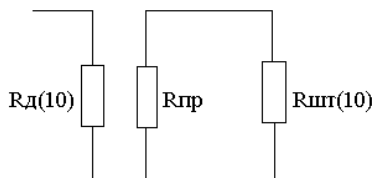


Рис.6.3. Схема заміщення лінії 10кВ

Визначаємо допустимий опір заземлювача:

$$R_{\text{д}} = (125 / I_{\text{зз}}) < 10 \text{ Ом}, \quad (6.5)$$

де $I_{\text{зз}}$ – струм замикання на землю.

$$I_{\text{зз}} = (U \cdot (L_{\text{пл}} + 35 \cdot L_{\text{к}})) / 350 = (10 \cdot (80 + 35 \cdot 12)) / 350 = 14,28 \text{ А}.$$

$$R_{\text{д}(10)} = 125 / 14,28 = 8,75 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Опір штучного заземлювача за умовами мережі: 10кВ

$$R_{\text{шт}(10)} = (R_{\text{д}(10)} \cdot R_{\text{пр}}) / (R_{\text{д}(10)} + R_{\text{пр}}) = (8,75 \cdot 19,5) / (8,75 + 19,5) = 15,87 \text{ Ом}. \quad (6.6)$$

Порівнявши $R_{\text{шт}(0,38)}$ і $R_{\text{шт}(10)}$, для розрахунку приймаємо менше значення, тобто $R_{\text{шт}(10)} = 15,87 \text{ Ом}$.

Опір струму розтікання вертикального стержня визначаємо за формулою:

$$R_{\text{ст.}} = \frac{\rho_{\text{екв}} \cdot K_{\text{с}}}{2\pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2\ell}{d} + 0,5 \ln \frac{4h + \ell}{4h - \ell} \right), \text{ Ом} \quad (6.7)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт сезонності, що враховує збільшення опору від пори року,

$K_{\text{с}} = 1,5$;

d – діаметр стержня, $d = 0,012 \text{ м}$;

ℓ – довжина стержня, $\ell = 6 \text{ м}$;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня, м.

$$R_{\text{ст.}} = \frac{171,93 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 7} \left(\ln \frac{2 \cdot 7}{0,012} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 4 + 7}{4 \cdot 4 - 7} \right) = 44,17 \text{ Ом}.$$

Провідність вертикального стержня визначаємо за формулою:

$$g_{в.} = \frac{1}{R_{ст}}, \text{ См} \quad (6.8)$$

$$g_{в.} = \frac{1}{44,17} = 0,022 \text{ См.}$$

Кількість вертикальних стержнів: $n=44,17/15,87=2,78$ шт.

Приймаємо 4 стержні.

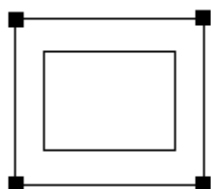


Рис.6.4. Контур заземлення

Опір горизонтальних стержнів визначаємо за формулою:

$$R_{г} = \frac{K_{с.г} \cdot \rho_{екв.г}}{2 \cdot \pi \cdot \ell_{г}} \cdot \lg \frac{2 \cdot \ell_{г}^2}{b \cdot t}, \text{ Ом} \quad (6.9)$$

де b – ширина смуги зв'язку, $b = 0,04$ м;

$\ell_{г}$ – довжина смуги зв'язку, $\ell_{г} = 40$ м;

$\rho_{екв.г}$ – знаходимо за допомогою методу інтерполяції за допомогою графіків.

1) $\rho_1/\rho_2=2$; $h=3$; $l=5$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,89$;

2) $\rho_1/\rho_2=2$; $h=3$; $l=10$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,87$;

$$\rho_{ер}/\rho_2=1,89+((1,87-1,89)/(10-5)) \cdot (9-5)=1,874.$$

3) $\rho_1/\rho_2=2$; $h=5$; $L=5$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,93$;

4) $\rho_1/\rho_2=2$; $h=5$; $L=10$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,92$;

$$\rho_{ер}/\rho_2=1,93+((1,92-1,93)/(10-5)) \cdot (9-5)=1,922.$$

5) $\rho_1/\rho_2=2$; $h=3$; $L=3$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,874$;

$\rho_1/\rho_2=2$; $h=5$; $L=5$; $\rho_{ер}/\rho_2=1,922$;

$$\rho_{ер}/\rho_2=1,874+((1,922-1,874)/(5-3)) \cdot (3,5-3)=1,878.$$

1) $\rho_1/\rho_2=5$; $h=3$; $L=5$; $\rho_{ер}/\rho_2=4,52$;

2) $\rho_1/\rho_2=5$; $h=3$; $L=10$; $\rho_{ер}/\rho_2=4,31$;

$$\rho_{ер}/\rho_2=4,52+((4,31-4,52)/(5-3)) \cdot (9-5)=4,352.$$

3) $\rho_1/\rho_2=5$; $h=5$; $L=5$; $\rho_{ер}/\rho_2=4,72$;

4) $\rho_1/\rho_2=5$; $h=5$; $L=10$; $\rho_{ер}/\rho_2=4,66$;

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=4,72+((4,66-4,72)/(10-5))\cdot(9-5)=4,672.$$

$$5) \rho_1/\rho_2=5; h=3; L=3; \rho_{\text{ер}}/\rho_2=4,352;$$

$$\rho_1/\rho_2=5; h=5; L=5; \rho_{\text{ер}}/\rho_2=4,672;$$

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=4,352+((4,672-4,352)/(5-3))\cdot(3,5-3)=4,384.$$

$$\rho_1/\rho_2=2; h=3; L=3; \rho_{\text{ер}}/\rho_2=1,878;$$

$$\rho_1/\rho_2=5; h=5; L=5; \rho_{\text{ер}}/\rho_2=4,384;$$

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=1,878+((4,384-1,878)/(5-2))\cdot(2,21-2)=2,05.$$

$$\text{Отже } \rho_{\text{ер}}=140\cdot 2,05=287 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$R_{\text{г}}=((2\cdot 287)/(2\cdot 3,14\cdot 18))\cdot \ln((2\cdot 18^2)/(0,04\cdot 0,8))=50,35 \text{ Ом.}$$

$$g_{\text{г}}=0,019 \text{ См.}$$

Опір штучного заземлювача:

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{\eta(n_{\text{в}} \cdot g_{\text{в}} + g_{\text{г}})}, \quad (6.10)$$

де η – коефіцієнт виконання складного заземлювача, який визначаємо із таблиці методом інтерполяції:

$$\rho_1/\rho_2=0,93; n=4; h/L_{\text{в}}=3,5/7=0,5; a/L_{\text{в}}=7/7=1$$

$$1) \rho_1/\rho_2=1; n=4; h/L_{\text{г}}=0,2; a/L_{\text{в}}=1; \eta=0,443.$$

$$2) \rho_1/\rho_2=1; n=4; h/L_{\text{в}}=0,5; a/L_{\text{г}}=1; \eta=0,443.$$

$$\eta=0,443+((0,443-0,443)/(0,5-0,2))\cdot(0,5-2)=0,443.$$

$$3) \rho_1/\rho_2=3; n=4; h/L_{\text{г}}=0,2; a/L_{\text{в}}=1; \eta=0,526.$$

$$4) \rho_1/\rho_2=3; n=4; h/L_{\text{в}}=0,5; a/L_{\text{г}}=1; \eta=0,545.$$

$$\eta=0,526+((0,545-0,526)/(0,5-0,2))\cdot(0,5-2)=0,541.$$

$$\eta/\rho_2=1; n=4; \rho_1/\rho_2=3; n=4.$$

$$\eta=0,443+((0,541-0,443)/(3-1))\cdot(1,93-1)=0,492.$$

$$R_{\text{шт}}=1/(0,492\cdot(4\cdot 0,022+0,019))=14 \text{ Ом.}$$

$$\text{Отже, } R_{\text{шт}}=14 \text{ Ом} < R_{\text{шт}(10)}=15,87 \text{ Ом.}$$

Опір заземлюючого пристрою задовольняє вимоги ПУЕ і є замкненим контуром з чотирма вертикальними стержнями, $l=7$ м і $d=0.0012$ м, з'єднаних металевою штабою з поперечним перерізом 40x4 мм.

6.6 Блискавкозахист будівель і споруд

Оскільки теплиці мають сталевий заземлений каркас і спеціальний блискавкозахист для них не передбачається. В результаті прямого удару блискавки в лінію електропередач виникають атмосферні перенапруги. Також вони можуть являти собою результат індукції електричного поля грозової хмари.

Захист від попадання високого потенціалу проводами лінії електропередач в житлові будинки та виробничі приміщення передбачається відповідними пристроями. Для лінії напругою 1кВ відповідно з ПУЕ-85 передбачена установка на кожній фазі трансформатора з боку низької напруги вентильних розрядників РВН-0,5 та заземлення кріюків з боку ЛЕП-10кВ. Пробивна імпульсна напруга розрядників 3,5...5 кВ, тому при порівняно невисоких перенапругах розрядник спрацює і набігаюча хвиля з повітряної лінії відводиться від нього в землю, не спричиняючи ніякої шкоди електроустановкам та обслуговуючому персоналу. Вартість розрядників порівняно невелика, тому вони є розповсюдженим засобом захисту від перенапруг.

6.7 Протипожежні заходи

Теплиці згідно пожежних норм будівельного проектування відносяться до категорії небезпечних. Порушення правил ТБ і ПТЕ при експлуатації електроустановок та порушення правил пожежної безпеки є основними причинами пожеж.

Для попередження пожежі необхідно всьому обслуговуючому персоналу добре знати і суворо дотримуватись основних вимог. При розрахунку водопостачання враховано витрату води на пожежегасіння 10 л/с. Також передбачається встановлення протипожежних щитів у кожній теплиці.

Розрахунок необхідної кількості засобів пожежегасіння

№	Назва	Тип	Кількість	Місце встановлення	Характеристика
1	Вогнегасник	ОУ-2	4	Щитова	Вуглекислий V=2л
2	Вогнегасник	ОХП-10	4	Стенд	Хімічний пінний V=10л
3	Ящик з піском та совкова лопата		4	Перед теплицею	V=0,5м ³
4	Бочка з водою та відро		4	Перед теплицею	V=0,2м ³
5	Пожежний щит		4	Вхід в теплицю	Лопата, багор, лом, сокира
6	Приставні драбини		4	Перед теплицею	Лопата, багор, лом, сокира

РОЗДІЛ 7

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ВЕСНЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ

Ефективне використання автоматизації виробничих процесів у весняних теплицях, значно підвищує рівень кваліфікації та працездатності працівників, збільшує продуктивність праці, створює рівномірність витрат при обробці рослин хімічними речовинами (пестициди, добрива) без безпосередньої участі людини, призводить до значного зменшення собівартості та збільшення ефективності виробництва.

На практиці, доцільність застосування автоматизації технологічних процесів визначається економічною ефективністю.

Ступінь економічної ефективності застосування автоматизації господарства залежить від раціонального вибору та використання обладнання.

Економічну ефективність оцінюють порівнянням ручного та автоматизованого керування поливом у теплиці. Це дає змогу оцінити економію коштів та часу, а також побачити різницю зменшення людської праці. Звідси можна визначити строк окупності затрат наданий пристрій та його обслуговування.

Річний економічний ефект від впровадження автоматизації визначають за формулою:

$$E_e = (I_1 - I_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1) \quad (7.1)$$

де K_1, K_2 – капітальні витрати, грн;

I_1, I_2 – річні експлуатаційні витрати, грн;

E_n – нормований коефіцієнт ефективності, $E_n = 0,15$.

Обладнання що використовується у одній теплиці при ручному керуванні поливом, наведено у таблиці 7.1.

Обладнання що використовується при ручному керуванні поливанням

Назва обладнання	Кількість, шт	Ціна, грн	Сума, грн
Насос поливання	1	2500	2500
Вентиль поливання	25	100	2500
Труби	50 м.пог	5	250
Разом	-	-	5250

Експлуатаційні витрати складаються з:

- Заробітної плати працівника $Z_{пл} = 8000$ грн;
- Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт (складають 18 % від капітальних затрат)

$$K_{рем} = \frac{18 \cdot K_1}{100} \quad (7.2)$$

$$K_{рем} = \frac{18 \cdot 5250}{100} = 945 \text{ грн}$$

- Вартості витраченої електроенергії

$$Z_{ел.ен} = c \cdot P_{спож} \cdot T_{год} \cdot n_{роб} \quad (7.3)$$

де c – вартість 1 кВт·год, грн. $c = 4,62$ грн.

$P_{спож}$ – споживана потужність, кВт; $P_{спож} = 1,5$ кВт;

$T_{год}$ – час роботи обладнання за добу, год. $T_{год} = 1$ год;

$n_{роб}$ – кількість робочих днів на рік, дорівнює 274 дні.

$$Z_{елек} = 2,64 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 274 = 702,81 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$I_1 = Z_{пл} + (K_{рем} \cdot 6) + (Z_{ел.ен} \cdot 6) \quad (7.4)$$

$$I_1 = 4000 + (945 \cdot 6) + (702,81 \cdot 6) = 13886,86 \text{ грн}$$

Після автоматизації поливання теплиці використовується обладнання, яке наведено у таблиці 8.2.

**Обладнання що використовується при автоматичному керуванні
поливанням**

Назва обладнання	Кількість, шт	Ціна, грн	Сума, грн
Мікропроцесорний регулятор вологостю та температурою МРВТ-2М	1	5600	5600
Датчик вологості	5	250	1250
Разом	-	-	6850

При автоматичному керуванні поливанням теплиці, зменшується час роботи обладнання за добу $T_{\text{год}} = 0,667$ год, та необхідність у працівнику відпадає, тому експлуатаційні витрати складаються з:

- Витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт (складають 18 % від капітальних затрат) $K_{\text{рем}} = 1233$ грн
- Вартості витраченої електроенергії $Z_{\text{ел.ен}} = 468,77$ грн

Тоді експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$I_2 = 10210,62 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект при переведенні з ручного керування на автоматизоване становить:

$$E_e = (13886,86 - 10210,62) - 0,15 \cdot ((6850 \cdot 6) - (5250 \cdot 6)) = 2236,24 \text{ грн}$$

Строк окупності капітальних затрат:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2} \quad (7.5)$$

$$T = \frac{((6850 \cdot 6) - (5250 \cdot 6))}{13886,86 - 10210,62} = 2,6 \text{ роки}$$

Показники економічної ефективності автоматизації керування поливом для блоку весняних теплиц зводимо до таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

**Зведені економічні показники економічної ефективності автоматизації
керування поливанням у блоці весняних теплиць**

Економічні показники	Одиниці виміру	Ручне керування	Автоматичне керування
Питомі експлуатаційні витрати	грн.	13886,86	10210,62
Питомі капітальні витрати на обладнання	грн.	31500	41100
Річний економічний ефект	грн.	-	2236,24
Строк окупності капіталовкладень	років	-	2,6

ВИСНОВКИ

1. Підвищення ефективності овочівництва закритого ґрунту пов'язана із автоматизацією технологічних процесів та застосуванням електротехнологій для інтенсифікації процесу мінерального живлення рослин.

2. Проведений аналіз технологічного і електротехнічного обладнання, яке дає можливість підтримувати параметри мікроклімату і режим мінерального живлення у весняній теплиці на оптимальному рівні.

Система автоматичного регулювання вологості субстрату у весняній теплиці передбачає подачу живильного розчину у теплицю за сигналами регулятора вологості мінеральної вати, а канал вимірювання температури контролює температуру живильного розчину. Розроблена система керування підживлення рослин живильними розчинами.

3. Встановлено, що магнітна активація живильного розчину позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Для визначення ефекту магнітної обробки води запропоновано застосовувати потенціометричний метод із застосуванням електродів для вимірювання рН та ОВП розчинів.

4. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження зміни параметрів живильного розчину при магнітній обробці показали, що зміна рН та окислювально-відновного потенціалу прямо пропорційна квадрату магнітної індукції і залежить від числа перемагнічувань, градієнта магнітного поля, складу розчину та швидкості його руху. Збільшення магнітної індукції до її оптимального значення 100 – 110 мТл призводить до зростання рН живильного розчину і зменшення його ОВП. Подальше збільшення магнітної індукції викликає зниження рН зростання ОВП. Збільшення числа перемагнічувань та градієнта магнітного поля підсилює ефект магнітної обробки. Встановлено, що при швидкості руху розчину 0,5 – 1,0 м/с оптимальним є трикратне перемагнічування, оскільки подальше його збільшення не істотно змінює рН та ОВП води. Ефект магнітної обробки із плином часу зменшується за експоненціальним законом.

5. Проведені польові дослідження показали, що магнітна обробка живильного розчину позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При цьому рослини мають кращі біометричні показники, а врожайність огірків підвищується на 14,7%.

6. Обґрунтовані параметри та розроблені пристрої для магнітної обробки живильних розчинів з електромагнітами.

7. Застосування запропонованої системи автоматизованого електрообладнання для поливання рослин у весняних теплицях дає можливість підвищити урожайність овочевих культур на 15 – 20 %, зменшити витрати мінеральних добрив на 10 – 15 %, підвищити якість овочевої продукції. Розрахунковий строк її окупності складає 2,6 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кучеренко Т. Современные проблемы и перспективы развития овощеводства защищенного грунта // Овощеводство – 2012.- №11. – С. 22 – 27.
2. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с.
3. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 525 с.
4. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012- 430 с.
5. Червінський Л.С., Сторожук Л. О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. - 214 с.
6. Овощеводство открытого и закрытого грунта: Учебник/ К.К. Плешков, Н.М. Ткаченко, Л.М. Шульгина – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк.,1991. – 351 с.: ил.
7. Теплицы и тепличные хозяйства: Справочник / Г.Г. Шишко, В.О. Потапов, Л.Т. Сулима, Л.С. Чебанов; Под ред. Г.Г. Шишка. – К.: Урожай, 1993. – 424 с.
8. Kozyrskyi V. Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field / V. Kozyrskyi, V. Savchenko, O. Sinyavsky // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. IGI Global, 2018. P. 576 – 620. (**Scopus**)
9. Довідник сільського електрика. За редакцією кандидата технічних наук В.С. Олійника – 3-є видання, перероблене і доповнене. – К.: Урожай, 1989. – 262с.

10. Гіль Л.С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту / Л.С. Гіль, А.Г. Пашковський, Л.Т.Сулима. – Вінниця: Нова книга, 2008. – Ч.1. – 368 с.
11. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: КолосС, 2003. – 344 с.
12. Lovelidge B. A master of wins out over rockwool || *Grower*. – 1989. – Vol.112. - №3 – p.23-27.
13. Алиев Э.А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1995. – 160с.
14. Musard M., Letard M. Le maraichage sous serres et arbres en culture sur substrat || *Rev. Hortic.* – 1990. - №308. – p.55-57.
15. Hormes E. Nährfilmtechnik in der Nackbarlündern // *Dt. Gartenbau*. – 1990. – Jg.44, №17. – s. 1132 – 1134.
16. Recent Development of Hydroponics in Japan | Suzuki Y., Shinohara Y., Shibuga M., Ikeda H. // *Pros. Of the 6th Intern. Cong. on Soilless Cult.* – Lunteren, 1984. – p.661 – 671.
17. Centermans N. Entwicklung und Einführung der NFT im Belgischen Unterglasgemüsebau // *Der Gartenbau ingenieu.* – 1990. – Jg.35.№2 – s.35-37.
18. Vlasov S., The impact of residual magnetization on accelerating grout mixture coagulation processes and their physical and mechanical properties / S. Vlasov, S. Tymchenko, O. Sinitsyna, O. Buhrim // *Науковий вісник Національного гірничого університету.* - 2017. - № 4. - С. 5-13. (**Scopus**)
19. Бондаренко Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / Г.Л. Бондаренко, К.І. Яковенко. – Х., 2001. – 365 с
20. Курипко Н.И. Особенности питания растений гибрида огурца F1 Атлет при выращивании на минеральной вате в ОАО «Комбинат «Тепличный» (Киевской области) // *Технология тепличного производ- ства.* Гаврыш. – 2006. – № 4. – С. 8-9.
21. Павлов В.Н., Швыкин А.И., Горбач Л.П. Малообъемные технологии эффективны // *Картофель и овощи.* – 1990. - №1. – с.28-30.

22. Ромащенко М. Капельное орошение овощных культур. История, современное состояние и перспективы развития в Украине / М.Ромащенко, А.Шатковский, С.Рябков // Овощевод. – 2009. – №2. – С. 66-70.
23. Мосин О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления // Сантехника. - № 1. - 2011. – С.28-31.
24. Городній М.М. Агрохімія: [Підручник]. – 4-те видання перероблене та доповнене. / М.М. Городній. – К: Вид. ТОВ «Арістей», 2008. – 935 с.
25. Фізіологія рослин. /За редакцією професора М. М. Макрушина. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.
26. Сусяев В.И., Монголина Н.А., Павлова А.А. Изменение удельной проводимости дистиллированной воды при воздействии постоянным магнитным полем // Известия вузов. Физика. – 2006. – № 9. – Приложение. – С.127–128
27. Кульский Л.А.. Душкин С.С. Магнитное поле и процессы водообработки. – К.: Наукова думка, 1988. – 112с.
28. Є.Л.Жулай, Б.В.Зайцев, Ю.М.Лавріненко, О.С.Марченко, Д.Г.Войтюк. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів і потокових ліній.- К.: Вища освіта, 2001.- 288 с.
29. Олійник В.С.. Довідник сільського електрика.- К.: Урожай, 1989.– 262с.
30. Kozyrskyi V., Savchenko V., Sinyavsky O. The processing of irrigation water and artificial fertilizer solutions in magnetic field. International journal of energy optimization and engineering, 2020 (9 (4), pp.74-83. (**Web of Science**).
31. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення".
32. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
33. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 260с.
34. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.

35. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Держнаглядохоронпраці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.

36. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа, 1998. - 380с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Зміна рН та ОВП живильного розчину Зонневельда при магнітній обробці (рН розчину 5,96)

В, ГЛ	Кількість перемагнічувань					
	n = 1		n = 3		n = 5	
	ΔрН	Е, мВ	ΔрН	Е, мВ	ΔрН	Е, мВ
0	0	388	0	388	0	388
40	0,06	372	0,09	371	0,08	370
67	0,07	362	0,11	360	0,11	360
96	0,08	360	0,12	358	0,12	358
152	0,06	380	0,09	378	0,09	318
G	0,25	0,3	0,33	0,26	0,25	0,25
F	1,03	3,59	2,45	3,43	1,83	3,4

