

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач водогосподарської інженерії,
доцент _____ Андрій ТКАЧУК
« ____ » червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **Проект системи зрошення овочевої сівозміни у
фермерському господарстві «Успіх» Павлоградського району
Дніпропетровської області**

Виконав: здобувач вищої освіти, групи
ГТБс-1-23

Спеціальності: 194 «Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології»

Освітньої програми: «Водна інженерія та
водні технології»

Сергій ЧЕРНЯВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Віктор ДОЦЕНКО

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2026

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність – 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
Освітня програма «Водна інженерія та водні технології»

З А Т В Е Р Д Ж У Ю :

Зав. кафедрою водогосподарської інженерії
 доцент _____ Андрій ТКАЧУК
 «__» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти
Чернявському Сергію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**Тема роботи: Проєкт системи зрошення овочевої
 сівозміни у фермерському господарстві «Успіх»
 Павлоградського району Дніпропетровської області**

керівник роботи _____ Доценко Віктор Іванович, к. с.-г. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «24» квітня 2026 р. № 815

1. Термін здачі закінченої роботи : «15» червня 2026 р.
2. Вихідні дані до роботи
Топографічні вишукування ділянки проектування.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) :
Вступ. 1. Природно-кліматичні фактори. 2. Специфіка аграрно-виробничої діяльності.
3. Параметри поливу. 4. Проектування та інженерний розрахунок системи зрошення.
5. Заходи з охорони. Висновки. Перелік джерел посилання. Додатки
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Презентація в середовищі Power Point: постановча частина кваліфікаційної роботи;
природно кліматичні умови, результати досліджень, креслення, висновки.
5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «24» квітня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	24.04.2026 р.	
2	ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ	30.04.2026 р.	
3	ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «УСПІХ» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗРОШЕННЯ	14.05.2026 р.	
4	ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗРОШЕННЯ ОВОЧЕВОЇ СІВОЗМІНИ	20.05.2026 р.	
5	ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ	05.06.2026 р.	
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ	12.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Сергій ЧЕРНЯВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Віктор ДОЦЕНКО
(підпис)

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
1.1	Розташування та геоморфологічна характеристика території фермерського господарства «Успіх»	9
1.2	Геологічні та гідрогеологічні умови району зрошення	12
1.3	Аналіз кліматичних особливостей Павлоградського району	16
1.4	Ґрунтовий покрив території проєктування	18
1.5	Джерело зрошення та оцінка можливості його використання	22
2	ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «УСПІХ» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗРОШЕННЯ	27
2.1	Загальна характеристика фермерського господарства «Успіх»	27
2.2	Сучасний стан використання земельних ресурсів господарства	32
2.3	Доцільність впровадження зрошення в умовах Павлоградського району	37
2.4	Проектна схема овочевої сівозміни	41
3	ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗРОШЕННЯ ОВОЧЕВОЇ СІВОЗМІНИ	49
3.1	Обґрунтування вибору способу поливу	49
3.2	Вибір технології краплинного зрошення для овочевих культур	53
3.3	Специфікація краплинної стрічки, емітерів і трубопроводів	59
3.4	Визначення розрахункового року для проєктування режиму зрошення	66
3.5	Розрахунок поливних і зрошувальних норм овочевих культур	70
3.6	Календарний план зрошення овочевої сівозміни	74
4	ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ	81
4.1	Вибір конструктивної схеми системи зрошення	81
4.2	Проектування закритої зрошувальної мережі	86
4.3	Гідравлічний розрахунок трубопроводів зрошувальної мережі	93
4.4	Визначення витрат води, напорів та підбір насосного обладнання	99
4.5	Проектування гідротехнічних споруд на зрошувальній мережі	108
4.6	Проектне рішення фільтраційної станції	118
4.7	Техніко-економічні показники запроєктованої системи зрошення	126

5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ	135
5.1	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	135
5.2	Вимоги безпеки під час будівництва та монтажу зрошувальної мережі	138
5.3	Охорона праці під час експлуатації насосного обладнання та фільтраційної станції	141
5.4	Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях	144
	ВИСНОВКИ	148
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	153
	ДОДАТКИ	157

ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво є фундаментальною складовою економічної системи України, від якої безпосередньо залежить продовольча безпека, обсяги експортних надходжень та соціальна стабільність сільських регіонів. Пріоритетне значення в сучасних умовах набуває інтенсифікація овочівництва, оскільки овочі є критично важливим елементом раціонального харчування. Висока врожайність цих культур неможлива без комплексного агротехнічного супроводу, оптимального використання земель та надійного водозабезпечення [1].

З огляду на розташування Павлоградського району Дніпропетровської області в зоні Степу, місцевий клімат характеризується низкою несприятливих чинників: нестабільністю зволоження, дефіцитом опадів у вегетаційний період, інтенсивною інсоляцією та частими посухами. У таких умовах стабільність врожаю овочів стає повністю залежною від ефективності штучного регулювання вологості ґрунту в кореневмісному шарі [2].

Меліоративне зрошення визнано одним із найбільш дієвих інструментів підвищення продуктивності агроценозів. Для овочевих культур, які мають вузький діапазон вимог до водного режиму, полив є обов'язковою умовою розвитку. Недостатнє зволоження призводить до пригнічення росту рослин, зниження товарних характеристик плодів та суттєвого зменшення валового збору врожаю [3].

Оптимальною технологією для сучасного овочівництва є краплинне зрошення. Цей метод дозволяє подавати воду безпосередньо до зони розміщення кореневої системи малими дозами, що забезпечує високий рівень зволоження, мінімізує втрати води через випаровування чи стік, а також дозволяє проводити ефективну фертигацію — внесення добрив разом із поливною водою [4].

Проектування системи краплинного зрошення для овочевої сівозміни в умовах ФГ «Успіх» є стратегічно важливим кроком для оптимізації водного режиму, підвищення агроеліоративного потенціалу ґрунтів та зміцнення економічної стійкості господарства шляхом нівелювання погодних ризиків [5].

Інженерна розробка проекту базується на системному аналізі природно-кліматичних, гідрогеологічних та геоморфологічних параметрів території. До ключових етапів роботи відносяться: гідравлічне обґрунтування мережі, вибір енергоефективного насосного обладнання, проектування фільтраційного вузла та підбір запірної арматури [6].

Актуальність теми роботи полягає у необхідності наукового та технічного обґрунтування ефективної системи зрошення для ФГ «Успіх», яка б забезпечувала раціональне використання водних та земельних ресурсів згідно з сучасними нормативними вимогами.

Об’єкт дослідження — процес зрошення овочевої сівозміни ФГ «Успіх» Павлоградського району Дніпропетровської області.

Предмет дослідження — гідравлічні параметри, конструктивні схеми та ефективність функціонування системи краплинного зрошення.

Мета роботи — розробка та технічне обґрунтування проекту краплинного зрошення овочевих культур у ФГ «Успіх», що дозволить підвищити врожайність при мінімізації витрат води.

Для реалізації поставленої мети визначено наступні **завдання**: – оцінити природно-виробничі умови району проектування; – проаналізувати діяльність ФГ «Успіх» та обґрунтувати потребу в меліорації; – обґрунтувати структуру сівозміни та потребу культур у волозі; – розрахувати оптимальний режим зрошення; – розробити схему зрошувальної мережі та виконати її гідравлічний розрахунок; – здійснити підбір технічного обладнання (насосів, фільтрів, мережі); – забезпечити безпеку експлуатації та провести техніко-економічну оцінку проекту.

Методологія дослідження базується на аналізі наукової літератури, узагальненні методик, розрахунках режиму зрошення, гідравлічному моделюванні та техніко-економічному порівнянні варіантів [7].

Інформаційну базу склали офіційні нормативні документи, агрометеорологічні довідники, профільна наукова література та технічні проєктні дані [8].

Наукова новизна роботи полягає у застосуванні інженерних рішень краплинного зрошення з урахуванням специфіки ФГ «Успіх» та стратегії раціонального водоспоживання.

Практичне значення полягає у готовності проєкту до впровадження, що сприятиме стабілізації виробництва овочів та підвищенню прибутковості господарства.

Структура роботи охоплює вступ, п'ять послідовних розділів, висновки та додатки, що дозволяє комплексно висвітлити хід розробки проєкту.

1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Розташування та геоморфологічна характеристика території фермерського господарства «Успіх»

Фермерське господарство «Успіх» розташоване в межах Павлоградського району Дніпропетровської області. Територія району належить до степової зони України, для якої характерні посушливі кліматичні умови, значна розораність земель, переважання чорноземних ґрунтів та висока потреба сільськогосподарських культур у додатковому зволоженні протягом вегетаційного періоду. Розміщення господарства в умовах недостатнього природного зволоження зумовлює необхідність проєктування ефективної системи зрошення, особливо для овочевої сівозміни, культури якої мають підвищені вимоги до водного режиму ґрунту [2].

Павлоградський район розташований у східній частині Дніпропетровської області. Його територія має вигідне агрогеографічне положення, оскільки характеризується значними площами сільськогосподарських угідь, розвиненою транспортною інфраструктурою та можливістю використання місцевих водних ресурсів для потреб аграрного виробництва. Основним напрямом господарського використання земель району є вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур. Водночас нестійке природне зволоження обмежує потенціал землеробства, тому впровадження зрошення є важливою умовою стабільного виробництва продукції рослинництва [9].

У фізико-географічному відношенні територія фермерського господарства «Успіх» приурочена до степових рівнин Придніпров'я. Рельєф району переважно рівнинний або слабкохвилястий, із незначними перепадами абсолютних висот. Такі умови є сприятливими для розміщення зрошувальних

систем, оскільки відсутність різко виражених схилів спрощує трасування магістральних, розподільчих та поливних трубопроводів, зменшує обсяги земляних робіт і сприяє більш рівномірному розподілу напору в мережі [10].

Геоморфологічна будова району сформувалася під впливом тривалих денудаційних, ерозійних та акумулятивних процесів. У межах території переважають вододільні плато, пологі схили та широкі слабо виражені пониження, які місцями переходять у балкову мережу. Балки й неглибокі ерозійні форми виконують роль природних шляхів відведення поверхневого стоку, однак при неправильній організації поливу або надмірному зволоженні вони можуть сприяти локальному розвитку ерозійних процесів. Тому під час проєктування системи зрошення необхідно враховувати напрямки природного стоку, ухили поверхні та розміщення поливних ділянок відносно елементів рельєфу [11].

Поверхня території фермерського господарства загалом є придатною для впровадження краплинного зрошення. Невеликі ухили дають змогу забезпечити раціональне розміщення трубопровідної мережі, фільтраційного вузла, запірно-регулювальної арматури та поливних ліній. За умов правильно підібраних діаметрів трубопроводів і допустимих втрат напору можна досягти рівномірної подачі води до окремих ділянок овочевої сівозміни. Це особливо важливо для краплинного зрошення, де рівномірність тиску безпосередньо впливає на однаковість водоподачі емітерів і, відповідно, на рівномірність зволоження кореневмісного шару ґрунту.

З інженерно-меліоративної точки зору рівнинний характер території є позитивним фактором, оскільки він дає змогу застосовувати закриту трубопровідну мережу з мінімальними витратами на подолання перепадів висот. Водночас навіть незначні зміни рельєфу необхідно враховувати під час гідравлічного розрахунку системи, оскільки вони можуть впливати на робочий тиск у трубопроводах і на кінцевих ділянках краплинних ліній. На ділянках із більшими ухилами доцільно передбачати прокладання поливних

трубопроводів уперек схилу або за горизонталями місцевості, що дозволяє зменшити ризик нерівномірного розподілу води та поверхневого стоку.

Ґрунтоутворювальні породи в межах Павлоградського району представлені переважно лесами та лесоподібними суглинками, на яких сформувалися чорноземні ґрунти різного ступеня змитості. Такі породи мають достатню водоутримувальну здатність і сприятливі фізико-механічні властивості для вирощування сільськогосподарських культур. Однак у посушливих умовах степової зони природних запасів продуктивної вологи в ґрунті часто недостатньо для повного забезпечення потреб овочевих культур. Це підтверджує необхідність створення системи зрошення, яка дасть змогу підтримувати оптимальний водний режим упродовж усього вегетаційного періоду [2].

Територія господарства має переважно сільськогосподарське призначення, а її рельєф дозволяє ефективно використовувати сучасні технології зрошення. Для овочевої сівозміни найбільш доцільним є застосування краплинного способу поливу, оскільки він найкраще пристосований до умов рівнинних і слабкохвилястих територій, дає змогу зменшити втрати води та забезпечити локальне зволоження ґрунту без перезволоження міжрядь. У таких умовах зменшується небезпека водної ерозії, ущільнення ґрунту й утворення поверхневої кірки.

Отже, розташування фермерського господарства «Успіх» у межах Павлоградського району Дніпропетровської області визначає основні природні передумови для проєктування системи зрошення овочевої сівозміни. Рівнинний і слабкохвилястий рельєф, наявність значних площ сільськогосподарських угідь, поширення родючих чорноземних ґрунтів та водночас недостатнє природне зволоження створюють сприятливі умови для впровадження краплинного зрошення. Геоморфологічні особливості території дозволяють раціонально розмістити елементи зрошувальної мережі, зменшити

енерговитрати на подачу води та забезпечити рівномірне зволоження овочевих культур.

1.2 Геологічні та гідрогеологічні умови району зрошення

Територія фермерського господарства «Успіх» розташована в межах Павлоградського району Дніпропетровської області, який у геологічному відношенні належить до південно-східної частини Українського щита та зони його переходу до осадових структур Дніпровсько-Донецької западини. Геологічна будова району характеризується наявністю давніх кристалічних порід фундаменту, перекритих товщею осадових відкладів різного віку. Для проєктування системи зрошення найбільше значення мають верхні інженерно-геологічні горизонти, які безпосередньо впливають на умови прокладання трубопроводів, улаштування фільтраційної станції, насосного обладнання, колодязів, запірно-регулювальної арматури та інших елементів зрошувальної мережі [10].

У межах району проєктування поверхневі відклади представлені переважно четвертинними лесами, лесоподібними суглинками, суглинками та супісками. Саме на цих породах сформувався сучасний ґрунтовий покрив, який має важливе значення для вирощування овочевих культур і організації зрошення. Лесоподібні суглинки характеризуються достатньою водоутримувальною здатністю, відносно сприятливими фізико-механічними властивостями та придатністю для сільськогосподарського використання. Водночас ці породи можуть бути чутливими до надмірного зволоження, тому під час проєктування системи зрошення необхідно передбачати раціональний режим подачі води, який не призводитиме до перезволоження ґрунту та погіршення його структурного стану [11].

З інженерно-геологічної точки зору територія фермерського господарства є загалом сприятливою для будівництва закритої зрошувальної мережі.

Рівнинний і слабкохвилястий рельєф, поширення суглинистих ґрунтів та відсутність значних перепадів висот дозволяють виконувати прокладання трубопроводів із відносно невеликими обсягами земляних робіт. Під час будівництва зрошувальної системи основними видами робіт будуть розроблення траншей, укладання поліетиленових трубопроводів, монтаж фасонних частин, засувок, гідрантів, фільтраційного обладнання та подальше зворотне засипання траншей. При цьому необхідно враховувати щільність ґрунтів, їхню вологість, несучу здатність і можливість просідання у разі тривалого зволоження.

Гідрогеологічні умови району зрошення визначаються наявністю декількох водоносних горизонтів, які приурочені до четвертинних, неогенових та більш давніх відкладів. Найближчим до поверхні є горизонт ґрунтових вод, який залягає в товщі четвертинних відкладів. Його живлення відбувається переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, талих вод, а також місцевого поверхневого стоку. У природних умовах глибина залягання ґрунтових вод на вододільних ділянках, як правило, є достатньою для нормального розвитку сільськогосподарських культур і не створює безпосередньої загрози підтоплення. Однак у пониженнях рельєфу, балках і заплавах водотоків рівень ґрунтових вод може підходити ближче до поверхні [12].

Для умов зрошення особливо важливим є контроль за рівнем ґрунтових вод. У разі надмірного поливу або значних фільтраційних втрат із системи може відбуватися поступове підняття рівня ґрунтових вод, що створює ризик вторинного засолення, осолонцювання або заболочування ґрунтів. Такі явища є небажаними для овочевих культур, оскільки вони погіршують водно-повітряний режим ґрунту, знижують доступність поживних речовин і негативно впливають на формування врожаю. Саме тому в проєкті доцільно передбачати використання закритої трубопровідної мережі та краплинного способу поливу, які дають змогу мінімізувати непродуктивні втрати води й

підтримувати оптимальний рівень зволоження кореневмісного шару ґрунту [4].

За хімічним складом ґрунтові води степових районів Дніпропетровської області можуть мати різний ступінь мінералізації, що залежить від глибини залягання, складу водовмісних порід, умов живлення та дренажу території. У понижених ділянках і місцях із недостатнім природним дренажем можливе накопичення солей у ґрунтовому профілі. Тому при організації зрошення необхідно враховувати не лише кількість води, що подається на поля, а й її якість, мінералізацію, вміст іонів натрію, кальцію, магнію, хлоридів і сульфатів. Для краплинного зрошення якість води має подвійне значення: вона впливає як на меліоративний стан ґрунтів, так і на надійність роботи емітерів, які можуть засмічуватися завислими частинками або сольовими відкладами [13].

Нижче горизонту ґрунтових вод у межах району можуть залягати міжпластові води, приурочені до піщаних, супіщаних і тріщинуватих порід. Такі водоносні горизонти можуть використовуватися для господарсько-питного або виробничого водопостачання, однак для цілей зрошення овочевої сівозміни їх використання потребує додаткового обґрунтування. Основними критеріями придатності води для зрошення є її дебіт, мінералізація, хімічний склад, стабільність водоподачі протягом вегетаційного періоду та економічна доцільність підйому води з відповідної глибини.

У межах фермерського господарства «Успіх» під час проєктування системи зрошення необхідно враховувати можливий вплив поливів на водно-сольовий режим ґрунтів. Краплинне зрошення, на відміну від поверхневих способів поливу, забезпечує локальне зволоження ґрунту, зменшує фільтраційні втрати та дає змогу точніше регулювати подачу води відповідно до потреб культур. Це знижує ризик підняття ґрунтових вод і розвитку негативних меліоративних процесів. Водночас за тривалої експлуатації

системи необхідно здійснювати періодичний контроль вологості ґрунту, рівня ґрунтових вод і сольового складу ґрунтового розчину.

Особливу увагу слід приділяти ділянкам, розташованим у пониженнях рельєфу або поблизу балкової мережі. У таких місцях можливе тимчасове накопичення поверхневих вод після інтенсивних опадів або танення снігу. При розміщенні трубопроводів, фільтраційної станції та вузлів керування необхідно уникати зон можливого підтоплення, а за потреби передбачати водовідвідні заходи. Це дозволить підвищити надійність роботи зрошувальної системи та зменшити ризик пошкодження її елементів.

Загалом геологічні та гідрогеологічні умови Павлоградського району можна вважати сприятливими для проєктування й експлуатації системи краплинного зрошення овочевої сівозміни. Поширення лесоподібних суглинків і чорноземних ґрунтів забезпечує достатню водоутримувальну здатність кореневмісного шару, а рівнинний характер території полегшує прокладання закритої зрошувальної мережі. Разом із тим проєктні рішення мають бути спрямовані на недопущення перезволоження ґрунтів, підняття рівня ґрунтових вод, вторинного засолення та погіршення агроеліоративного стану земель.

Отже, геологічна будова та гідрогеологічні умови території фермерського господарства «Успіх» створюють необхідні передумови для впровадження сучасної системи краплинного зрошення. За умови правильного вибору конструктивної схеми мережі, раціонального режиму поливу, якісної фільтрації води та періодичного контролю меліоративного стану ґрунтів система зрошення може забезпечити стабільне водопостачання овочевої сівозміни без негативного впливу на ґрунтово-гідрогеологічні умови території.

1.3 Аналіз кліматичних особливостей Павлоградського району

Фермерське господарство «Успіх» розташоване в межах Павлоградського району Дніпропетровської області, що належить до степової кліматичної зони. Характерними рисами місцевого клімату є помірна континентальність, виражена посушливість літнього сезону, м'яка зима з обмеженим сніговим покривом, значні температурні коливання та нестабільний режим атмосферного живлення. Зазначені особливості є визначальними при обґрунтуванні необхідності меліорації овочевих культур [2].

Для території Павлоградського району влітку типовими є сухі та теплі погодні умови. Середньорічні температури варіюються в діапазоні $+8,5...+9,5$ °C. Мінімуми спостерігаються у січні ($-4...-6$ °C), тоді як липневі максимуми сягають $+21...+23$ °C. В окремі роки літні температурні піки можуть перевищувати $+38...+40$ °C, що суттєво посилює процеси випаровування та транспірації [14].

Агрокліматичні ресурси регіону за рівнем теплозабезпечення є достатніми для розвитку більшості овочевих культур. Активна вегетація, що розпочинається після стійкого переходу температури через $+10$ °C (зазвичай у квітні), триває 165–180 діб, що створює оптимальні умови для культивування томатів, огірків, перцю, цибулі та капусти [15].

Проте, попри високий тепловий потенціал, район відчуває дефіцит природного зволоження. Річна сума опадів (430–480 мм) розподіляється нерівномірно. Основна їх частина випадає у теплий період, часто у формі злив, які малоефективні через швидкий стік та випаровування, особливо на ущільнених ґрунтах [2].

Критичним фактором для овочівництва є невідповідність між графіком опадів та біологічними потребами рослин у воді протягом ключових фаз (цвітіння, формування плодів). Без штучного зрошення природні запаси вологи не дозволяють гарантувати стабільну врожайність [3].

Літній період часто супроводжується посухами, низькою вологістю повітря та суховіями, які негативно впливають на водний баланс рослин, спричиняючи їх в'янення та зниження якості продукції. Це робить нормоване зрошення обов'язковим елементом агротехнології [16].

Значне перевищення потенційної випаровуваності (700–900 мм за теплий період) над реальною кількістю опадів зумовлює стійкий вологодефіцит у кореневмісному шарі. У таких умовах краплинне зрошення забезпечує локальну подачу води, мінімізуючи непродуктивні втрати [4].

Вітровий режим району (переважно східні, південно-східні та північно-західні вітри, 3–5 м/с) сприяє швидкому пересиханню ґрунту. На відміну від дощування, краплинний спосіб є стійким до вітрового впливу, що робить його технологічно доцільнішим для овочівництва [17].

Зимово-весняний період характеризується малосніжністю та нестабільністю температур, що обмежує накопичення продуктивної вологи. Навесні зростає ризик заморозків, що вимагає ретельного планування строків сівби та висадки розсади в овочевій сівоzmіні [15].

Літо є періодом максимальної напруги щодо водозабезпечення, коли будь-яка нестача вологи критично знижує продуктивність овочевих культур. Осінь зазвичай дозволяє завершити цикл вегетації, проте для пізніх культур можуть бути потрібні підтримувальні поливи.

Кліматичні умови Павлоградського району при високому тепловому потенціалі мають виражений дефіцит вологи. Впровадження системи краплинного зрошення у ФГ «Успіх» є необхідним заходом для оптимізації водного режиму ґрунту, що дозволить раціонально використовувати водні ресурси та забезпечити планову врожайність овочевих культур.

1.4 Ґрунтовий покрив території проєктування

Ґрунтовий покрив є одним із основних природних чинників, що визначають доцільність і параметри проєктування системи зрошення. Від гранулометричного складу, водно-фізичних властивостей, потужності гумусового горизонту, водопроникності, вологостійкості та родючості ґрунтів залежить вибір способу поливу, розрахунок поливних норм, тривалість міжполивних періодів, глибина зволоження кореневмісного шару та ефективність використання поливної води. Для овочевих культур ці показники мають особливе значення, оскільки вони досить чутливі як до нестачі, так і до надлишку вологи в ґрунті [18].

Територія фермерського господарства «Успіх» розташована в межах степової зони Дніпропетровської області, де переважають чорноземні ґрунти різного ступеня потужності та змитості. Для Павлоградського району найбільш характерними є чорноземи звичайні малоґумусні та середньогумусні, сформовані переважно на лесах і лесоподібних суглинках. Такі ґрунти мають добрі агрономічні властивості, достатню природну родючість, сприятливу структуру орного шару та значний потенціал для вирощування сільськогосподарських культур за умови належного водозабезпечення [19].

Чорноземи звичайні, поширені в районі проєктування, характеризуються темним гумусовим горизонтом, зернисто-грудочкуватою структурою, відносно високим вмістом гумусу та добрими водоутримувальними властивостями. Потужність гумусового горизонту може змінюватися залежно від елементів рельєфу, ступеня еродованості та тривалості сільськогосподарського використання земель. На вододільних і слабкохвилястих ділянках ґрунти зазвичай мають більшу потужність гумусового шару, тоді як на схилах можливе його часткове зменшення внаслідок водної ерозії.

За гранулометричним складом ґрунти території проектування переважно належать до середньо- та важкосуглинкових. Такий склад є сприятливим для овочевої сівозміни, оскільки забезпечує достатню вологоємність і здатність утримувати воду в кореневмісному шарі. Водночас важчі за механічним складом ґрунти потребують обережного регулювання поливного режиму, оскільки надмірна подача води може спричиняти ущільнення, погіршення аерації, утворення ґрунтової кірки та зниження активності кореневої системи рослин [20].

Водопроникність чорноземів Павлоградського району загалом є задовільною, однак вона значною мірою залежить від структури ґрунту, ступеня його ущільнення, вмісту органічної речовини та агротехнічного стану поля. На добре структурованих чорноземах вода достатньо рівномірно проникає в орний і підорний шари, забезпечуючи формування запасів продуктивної вологи. На ущільнених ділянках, особливо після проходу важкої сільськогосподарської техніки, може спостерігатися зменшення інфільтраційної здатності, посилення поверхневого стоку та нерівномірне зволоження ґрунтового профілю.

Для овочевих культур оптимальне зволоження ґрунту має підтримуватися переважно в шарі 0,3–0,6 м, де розташована основна частина активної кореневої системи. У зв'язку з цим краплинне зрошення є найбільш доцільним способом поливу для фермерського господарства «Успіх», оскільки воно дозволяє подавати воду безпосередньо в прикореневу зону рослин невеликими нормами. Це забезпечує локальне зволоження ґрунту, зменшує втрати води на випаровування та глибоку фільтрацію, а також дає змогу уникати перезволоження міжрядь [4].

Важливою характеристикою ґрунтового покриву є його вологоємність. Чорноземи суглинкового складу мають досить високу здатність накопичувати й утримувати вологу, що позитивно впливає на водозабезпечення культур у міжполивні періоди. Однак в умовах степового клімату природні запаси

вологи швидко витрачаються внаслідок високих температур, значної випаровуваності та транспірації рослин. Тому навіть за наявності родючих чорноземів без зрошення неможливо забезпечити стабільну врожайність овочевих культур у посушливі роки [2].

У ґрунтовому покриві території можуть траплятися ділянки з різним ступенем еродованості. На пологих схилах можливе поширення слабо- та середньозмитих чорноземів, які характеризуються меншою потужністю гумусового горизонту, зниженим вмістом поживних речовин і погіршеними водно-фізичними властивостями. На таких ділянках необхідно особливо уважно підходити до організації поливу, не допускаючи надмірної інтенсивності водоподачі та утворення поверхневого стоку. Краплинне зрошення в цьому випадку має перевагу над дощуванням і поверхневими способами поливу, оскільки вода надходить у ґрунт поступово й локально.

Агрохімічні властивості чорноземів району загалом сприятливі для вирощування овочевих культур. Вони мають достатній вміст гумусу, високу ємність поглинання та нейтральну або близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину. Разом із тим тривале інтенсивне використання земель, винесення поживних речовин із урожаєм, недостатнє внесення органічних добрив і порушення сівозмін можуть призводити до поступового зниження родючості. Тому проєкт овочевої сівозміни має поєднувати систему зрошення з раціональною системою удобрення, обробітку ґрунту та чергування культур [21].

Особливу увагу при впровадженні зрошення необхідно приділяти можливості вторинного засолення та осолонцювання ґрунтів. У природних умовах чорноземи Павлоградського району загалом придатні для зрошуваного землеробства, однак за неправильного режиму поливу, використання води підвищеної мінералізації або недостатнього дренажування можливе накопичення легкорозчинних солей у ґрунтовому профілі. Для запобігання цим процесам необхідно контролювати якість поливної води, не допускати надлишкового

зволоження, підтримувати оптимальну вологість кореневмісного шару та здійснювати періодичний моніторинг агроеліоративного стану земель [13].

Краплинне зрошення сприяє більш раціональному використанню ґрунтової вологи, оскільки забезпечує зволоження лише частини площі поля, без суцільного перезволоження поверхні. При цьому формується локальна зона зволоження навколо краплинної лінії та емітерів, у межах якої підтримуються найбільш сприятливі умови для розвитку кореневої системи. Такий режим особливо ефективний для овочевих культур, які вирощуються рядковим способом і потребують регулярного надходження вологи протягом усього періоду росту.

Водночас при краплинному зрошенні необхідно враховувати особливості розподілу солей у ґрунті. Оскільки вода подається локально, солі можуть поступово переміщуватися до периферії зволоженого контуру. Тому важливо правильно визначити норми поливу, періодичність водоподачі та за потреби передбачити промивні або вологозарядкові поливи, особливо за використання води з підвищеною мінералізацією. Це дасть змогу підтримувати сприятливий сольовий режим ґрунту й уникати негативного впливу на рослини.

Для проектування системи зрошення важливими є такі розрахункові характеристики ґрунту, як найменша вологоємність, вологість в'янення, щільність складення, глибина активного шару ґрунту та допустимий передполивний поріг вологості. Саме ці показники використовують під час визначення поливної норми та міжполивного періоду. Для овочевих культур передполивну вологість зазвичай підтримують на рівні, що не допускає значного зниження доступної для рослин вологи, оскільки навіть короточасний дефіцит води може негативно впливати на формування врожаю [7].

У межах фермерського господарства «Успіх» ґрунтові умови можна вважати сприятливими для створення овочевої сівозміни із застосуванням краплинного зрошення. Родючі чорноземи, достатня потужність орного шару,

сприятливий гранулометричний склад і висока водоутримувальна здатність створюють передумови для отримання стабільних урожаїв. Основним обмежувальним чинником є нестача природної вологи в період вегетації, тому зрошення має компенсувати дефіцит водоспоживання культур і забезпечувати оптимальний водний режим ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив території проєктування представлений переважно чорноземами звичайними, сформованими на лесоподібних суглинках, що є сприятливою основою для вирощування овочевих культур. За умови правильного вибору режиму краплинного зрошення, контролю якості поливної води, дотримання сівозміни та проведення агроеліоративного моніторингу ці ґрунти здатні забезпечити високу продуктивність овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх».

1.5 Джерело зрошення та оцінка можливості його використання

Вибір джерела зрошення є одним із найважливіших етапів проєктування зрошувальної системи, оскільки від його водності, якості води, відстані до зрошуваного масиву, стабільності водоподачі та технічної можливості забору води залежать конструктивна схема системи, параметри насосного обладнання, діаметри трубопроводів, режим роботи фільтраційної станції та загальна ефективність експлуатації зрошення. Для фермерського господарства «Успіх» джерело зрошення має забезпечувати потребу овочевої сівозміни у воді протягом усього вегетаційного періоду, особливо в найбільш напружені літні місяці, коли природні запаси вологи в ґрунті є недостатніми [6].

Територія Павлоградського району належить до басейну річки Самара, яка є однією з основних водних артерій східної частини Дніпропетровської області. Самара та її притоки мають важливе значення для формування поверхневих водних ресурсів району, господарсько-побутового водопостачання, підтримання водного балансу прилеглих територій та

можливого використання води для потреб аграрного виробництва. Крім річкової мережі, у межах району поширені ставки, водосховища, балки з тимчасовими водотоками та місцеві водойми, які можуть використовуватися як акумулюючі джерела для зрошення за умови належного технічного й екологічного обґрунтування [22].

Для проєктованої системи зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» як джерело водопостачання доцільно прийняти поверхнєве джерело — місцеву водойму або водотік басейну річки Самара, що має достатній запас води у вегетаційний період. Остаточний вибір конкретного водозабору має здійснюватися з урахуванням фактичного розташування полів господарства, відстані до джерела, відміток місцевості, можливості влаштування насосної станції, під'їзних шляхів, санітарно-захисних умов і наявності дозволу на спеціальне водокористування [5].

Поверхнєві джерела зрошення мають ряд переваг для проєктування систем краплинного поливу. До них належать відносно проста організація водозабору, можливість забезпечення необхідних витрат води в період максимального водоспоживання культур, а також менші енерговитрати порівняно з підземними водами, які потребують підйому з більшої глибини. Разом із тим поверхнева вода зазвичай містить завислі частинки, органічні домішки, водорості та інші механічні включення, тому її використання у системах краплинного зрошення обов'язково потребує якісної фільтрації [4].

Для краплинного зрошення якість води має особливо важливе значення, оскільки емітери та краплинні стрічки мають невеликі водовипускні отвори, які можуть засмічуватися механічними домішками, мулом, піском, органічними залишками або сольовими відкладами. У зв'язку з цим у складі проєктованої системи необхідно передбачити фільтраційну станцію, яка забезпечуватиме очищення води до показників, допустимих для роботи краплинної мережі. До складу такої станції можуть входити сітчасті, дискові або піщано-гравійні фільтри, а також вузол промивання й контролю тиску [23].

Оцінка придатності джерела зрошення повинна здійснюватися за двома основними напрямками: кількісним і якісним. Кількісна оцінка передбачає визначення можливості джерела забезпечити необхідну витрату води для поливу овочевої сівозміни в найбільш напружений період. При цьому враховують площу зрошення, склад культур, тривалість поливного періоду, поливні та зрошувальні норми, коефіцієнт корисної дії системи, втрати води у мережі та режим роботи насосного обладнання. Джерело може бути прийняте для зрошення лише за умови, що його водність забезпечує розрахункову потребу без порушення екологічного стану водного об'єкта [5].

Якісна оцінка води передбачає визначення її мінералізації, хімічного складу, вмісту завислих речовин, жорсткості, показника рН, концентрації хлоридів, сульфатів, натрію, кальцію та магнію. Для овочевих культур небажаним є використання води з підвищеною мінералізацією, оскільки це може призводити до засолення ґрунтів, погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтового профілю та зниження врожайності. Крім того, вода з високим вмістом заліза, карбонатів або органічних домішок може спричиняти засмічення фільтрів і краплинних ліній [13].

При використанні поверхневого джерела особливу увагу необхідно приділяти сезонній мінливості водності. У весняний період водність річок і ставків зазвичай збільшується за рахунок талих вод і поверхневого стоку, тоді як у літній період, коли потреба у зрошенні є найбільшою, рівень води може знижуватися. Тому для забезпечення стабільної роботи системи доцільно передбачати водозабір із ділянки водойми, де зберігається достатня глибина, або використовувати регулюючу ємність, накопичувальний басейн чи резервуар добового регулювання. Це дозволить вирівнювати нерівномірність надходження і споживання води.

У проєктованій системі зрошення водозабір доцільно організувати за допомогою насосного обладнання, яке подаватиме воду від джерела до фільтраційної станції, а після очищення — у закриту трубопровідну мережу.

Така схема є найбільш придатною для краплинного зрошення овочевої сівозміни, оскільки забезпечує регульовану подачу води під необхідним тиском. Насосна установка повинна бути підібрана з урахуванням розрахункової витрати, необхідного напору, втрат у трубопроводах, висоти підйому води та робочого тиску на вході в краплинну мережу [6].

Для зменшення ризику потрапляння в систему механічних домішок водозабірний пристрій слід розміщувати таким чином, щоб забір води відбувався не з придонного шару, де накопичуються мул і пісок, і не безпосередньо з поверхні, де можуть концентруватися рослинні залишки та водорості. Доцільно передбачити захисну сітку або водоприймальний оголовок, який зменшуватиме надходження великих домішок у насосне обладнання. Це підвищить надійність роботи насосної станції, фільтраційного вузла та краплинних ліній.

Важливим питанням є також екологічна допустимість використання водного джерела. Забір води для зрошення не повинен призводити до погіршення гідрологічного режиму водного об'єкта, зниження рівня води нижче екологічно допустимих значень, погіршення умов існування водних організмів або порушення прав інших водокористувачів. Тому експлуатація джерела зрошення має здійснюватися відповідно до вимог водного законодавства України, з оформленням необхідних дозвільних документів на спеціальне водокористування [5].

Альтернативним джерелом зрошення можуть бути підземні води, однак їх використання для поливу овочевої сівозміни потребує додаткового аналізу. Підземні води часто мають стабільніший дебіт і меншу кількість механічних домішок, але можуть характеризуватися підвищеною мінералізацією або жорсткістю. Крім того, їх видобування потребує буріння свердловин, встановлення глибинних насосів і більших енерговитрат. Тому для фермерського господарства «Успіх» використання підземних вод може розглядатися як резервний або додатковий варіант, але основним джерелом

доцільніше прийняти поверхневе водне джерело за умови його достатньої водності та придатної якості води [12].

З технічної точки зору прийняте джерело зрошення повинно забезпечувати можливість безперервної або періодичної подачі води відповідно до графіка поливів. Для овочевої сівозміни це особливо важливо, оскільки різні культури мають неоднакову потребу у воді протягом вегетаційного періоду. Найбільше навантаження на систему припадає на літні місяці, коли одночасно зростають температура повітря, випаровуваність і транспірація рослин. Саме на цей період необхідно орієнтуватися під час визначення розрахункової витрати води та вибору насосного обладнання.

З огляду на прийняту технологію краплинного зрошення, використання поверхневого джерела є можливим і доцільним за умови встановлення ефективної системи очищення води. Фільтраційна станція повинна забезпечувати видалення механічних домішок і захист емітерів від засмічення. Для підвищення надійності роботи системи доцільно передбачити контроль тиску до і після фільтрів, можливість їх промивання, а також періодичне технічне обслуговування обладнання.

Отже, для системи зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» доцільно прийняти поверхневе джерело водопостачання, пов'язане з місцевими водними ресурсами басейну річки Самара або найближчою водоймою, придатною для забору води. Його використання можливе за умови достатньої водності у вегетаційний період, відповідності якості води вимогам до зрошення, встановлення фільтраційної станції та дотримання вимог водного законодавства. За таких умов джерело зрошення може забезпечити стабільну роботу краплинної системи, раціональне використання водних ресурсів і формування високої продуктивності овочевої сівозміни.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «УСПІХ» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗРОШЕННЯ

2.1 Загальна характеристика фермерського господарства «Успіх»

Фермерське господарство «Успіх» розташоване в межах Павлоградського району Дніпропетровської області. За природно-кліматичними умовами територія господарства належить до степової зони України, для якої характерні високий агроресурсний потенціал, значні площі родючих чорноземних ґрунтів і водночас недостатнє природне зволоження. Таке поєднання природних факторів визначає необхідність раціонального використання земельних і водних ресурсів, особливо при вирощуванні вологолюбних сільськогосподарських культур [2].

Основним напрямом діяльності фермерського господарства «Успіх» є виробництво продукції рослинництва. Господарство спеціалізується на вирощуванні сільськогосподарських культур, серед яких важливе місце займають овочеві культури відкритого ґрунту. Вирощування овочів є перспективним напрямом для господарства, оскільки ця продукція має стабільний попит, високу господарську цінність і може забезпечувати значно вищий економічний ефект порівняно з вирощуванням лише зернових або технічних культур. Разом із тим овочівництво потребує більш інтенсивного технологічного забезпечення, зокрема якісного обробітку ґрунту, внесення добрив, захисту рослин і стабільного водозабезпечення [24].

Земельні ресурси фермерського господарства використовуються переважно як рілля. Такий тип використання земель є характерним для Павлоградського району, де значна частина території залучена до сільськогосподарського виробництва. Орні землі господарства є основою для формування овочевої сівозміни та розміщення зрошуваних ділянок. Рельєф території переважно рівнинний або слабкохвилястий, що створює сприятливі

умови для механізованого обробітку ґрунту, розміщення польових доріг, прокладання трубопроводів і впровадження сучасної системи краплинного зрошення.

Важливою передумовою розвитку господарства є наявність родючого ґрунтового покриву. У межах Павлоградського району переважають чорноземи звичайні, сформовані на лесах і лесоподібних суглинках. Ці ґрунти мають сприятливу структуру, достатній вміст гумусу, добру вологостійкість і високу природну родючість. Однак за умов степового клімату навіть родючі ґрунти не можуть повністю реалізувати свій продуктивний потенціал без додаткового зволоження, оскільки в літній період часто спостерігається дефіцит продуктивної вологи в кореневмісному шарі [19].

Для фермерського господарства «Успіх» важливим завданням є підвищення стабільності виробництва сільськогосподарської продукції. В умовах посушливого клімату врожайність культур значною мірою залежить від кількості та розподілу атмосферних опадів. У роки з достатнім зволоженням господарство може отримувати задовільні врожаї, однак у посушливі роки продуктивність овочевих культур різко знижується. Така нестабільність негативно впливає на економічні результати діяльності господарства та ускладнює планування виробництва.

Овочеві культури, які передбачається вирощувати в сівозміні, мають підвищені вимоги до водного режиму ґрунту. Вони потребують регулярного надходження вологи в період проростання насіння, формування вегетативної маси, цвітіння, зав'язування плодів і накопичення товарної продукції. Навіть короточасна нестача води у критичні фази розвитку може призводити до зменшення врожайності, погіршення якості продукції, зниження товарності овочів і нерівномірного досягання. Тому для господарства особливо важливим є створення такої системи зрошення, яка дасть змогу підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом усього вегетаційного періоду [3].

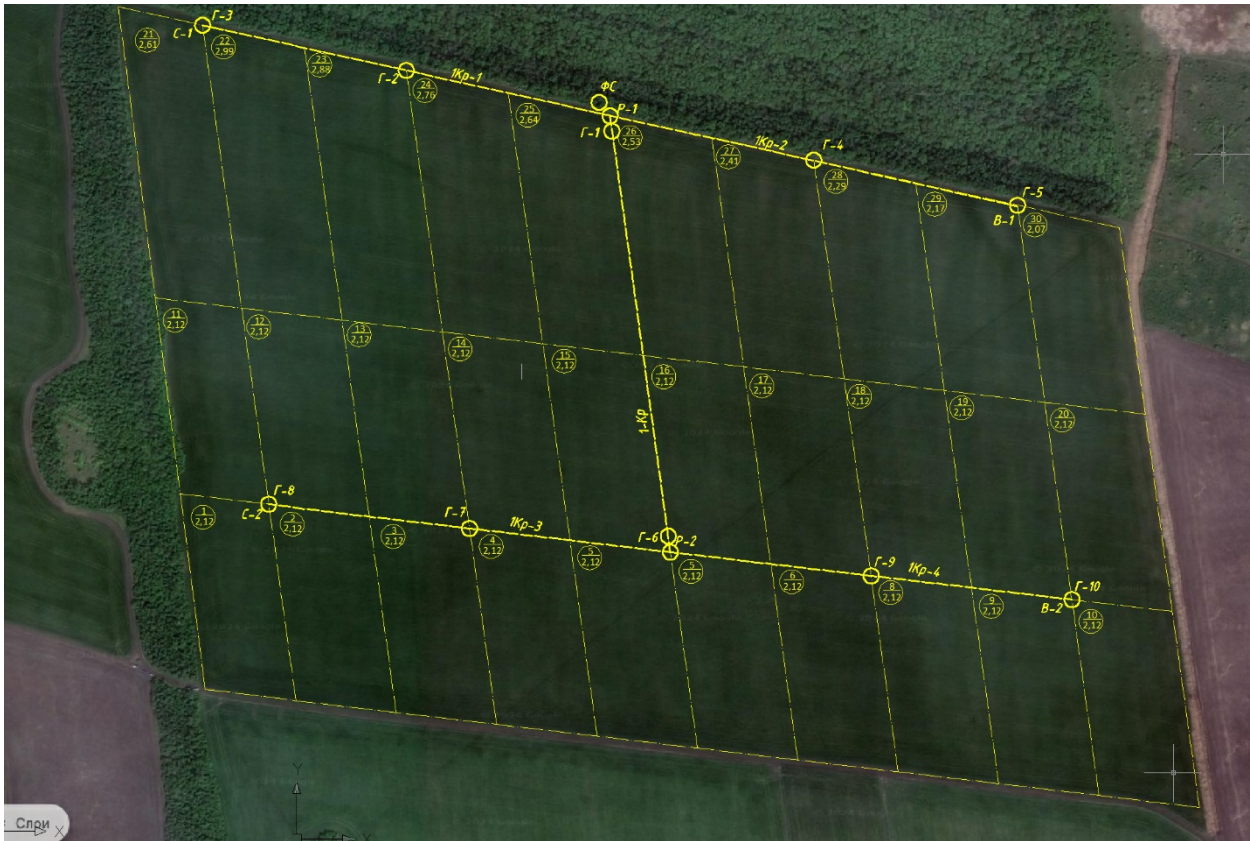


Рисунок 2.2 - Зрошувальна мережа на ділянці краплинного зрошення

Фермерське господарство «Успіх» має передумови для впровадження інтенсивної технології вирощування овочевих культур. До таких передумов належать наявність сільськогосподарських угідь, придатних для розміщення овочевої сівозміни, сприятливі ґрунтові умови, достатня тривалість теплого періоду, можливість механізованого виконання основних технологічних операцій, а також перспективність використання сучасних систем зрошення. Водночас головним обмежувальним фактором залишається нестача природної вологи, що зумовлює необхідність проєктування зрошувальної системи.

У виробничій структурі господарства доцільно передбачити овочеву сівозміну, яка забезпечить раціональне чергування культур, зменшення виснаження ґрунту, обмеження поширення хвороб і шкідників, а також ефективніше використання поживних речовин і поливної води. До складу овочевої сівозміни можуть бути включені культури з різною тривалістю

вегетаційного періоду та різною потребою у воді, наприклад томати, огірки, перець, цибуля, капуста або інші культури, придатні для вирощування в умовах Павлоградського району. Такий підхід дозволяє більш рівномірно розподілити навантаження на систему зрошення та забезпечити ефективне використання земельних ресурсів [24].

Матеріально-технічна база господарства повинна забезпечувати виконання основних польових робіт, пов'язаних із підготовкою ґрунту, сівбою або висаджуванням розсади, доглядом за посівами, внесенням добрив, захистом рослин, збиранням урожаю та транспортуванням продукції. Упровадження системи краплинного зрошення потребує також наявності або створення додаткових елементів інженерної інфраструктури: джерела водозабору, насосного обладнання, фільтраційної станції, магістральних і розподільчих трубопроводів, краплинних ліній, запірно-регулювальної арматури та вузлів контролю тиску.

З організаційної точки зору впровадження зрошення у фермерському господарстві «Успіх» має бути спрямоване не лише на підвищення врожайності, а й на раціональне використання водних ресурсів. У сучасних умовах особливого значення набувають водозберігаючі технології, які дають змогу отримувати високі врожаї за мінімально можливих витрат води. Саме тому для овочевої сівозміни найбільш доцільним є застосування краплинного зрошення, яке забезпечує локальне зволоження прикореневої зони рослин і зменшує непродуктивні втрати води [4].

Краплинне зрошення є особливо придатним для фермерських господарств, оскільки воно дозволяє гнучко керувати режимом поливу залежно від культури, фази її розвитку, погодних умов і вологості ґрунту. Крім того, така система може поєднуватися з фертигацією, тобто внесенням розчинених добрив разом із поливною водою. Це підвищує ефективність живлення рослин, зменшує втрати добрив і сприяє формуванню стабільної врожайності овочевих культур.

У господарстві важливо забезпечити відповідність проєктних рішень фактичним умовам території. Для цього необхідно враховувати площу зрошуваної ділянки, конфігурацію полів, джерело водопостачання, відстань від джерела до поливних ділянок, перепади висот, якість води, тип ґрунту, склад культур і запланований режим експлуатації системи. Саме ці чинники визначатимуть конструктивну схему зрошувальної мережі, діаметри трубопроводів, продуктивність насосного обладнання та склад фільтраційної станції [6].

Впровадження зрошення у фермерському господарстві «Успіх» має також важливе економічне значення. За рахунок стабільного водозабезпечення можна підвищити врожайність овочевих культур, збільшити вихід товарної продукції з одиниці площі, зменшити ризики втрати врожаю в посушливі роки та покращити фінансові результати діяльності господарства. Крім того, система зрошення створює передумови для більш інтенсивного використання земель і впровадження сучасних технологій вирощування культур.

Отже, фермерське господарство «Успіх» має сприятливі природні та виробничі передумови для розвитку овочівництва, однак ефективність цього напрямку значною мірою залежить від забезпечення культур вологою. Розташування господарства в умовах степової зони Павлоградського району, поширення родючих чорноземних ґрунтів і достатнє теплозабезпечення створюють високий потенціал для вирощування овочевих культур. Водночас дефіцит природного зволоження потребує впровадження системи краплинного зрошення, яка дозволить підвищити продуктивність овочевої сівозміни, стабілізувати врожайність і забезпечити раціональне використання водних та земельних ресурсів.

2.2 Сучасний стан використання земельних ресурсів господарства

Земельні ресурси є основною виробничою базою фермерського господарства «Успіх» і визначають можливості розвитку рослинництва, формування овочевої сівозміни та впровадження системи зрошення. Рациональне використання земель має важливе значення для підвищення продуктивності господарства, збереження родючості ґрунтів, запобігання деградаційним процесам і забезпечення стабільного виробництва сільськогосподарської продукції. У структурі землекористування господарства переважають сільськогосподарські угіддя, основну частину яких становить рілля, що використовується для вирощування польових та овочевих культур [19].

Територія фермерського господарства «Успіх» розташована в умовах інтенсивного сільськогосподарського освоєння Павлоградського району Дніпропетровської області. Для району характерний високий рівень розораності земель, що зумовлено рівнинним рельєфом, родючими чорноземними ґрунтами та сприятливими тепловими ресурсами. Такі умови створюють передумови для ефективного ведення землеробства, однак водночас потребують дотримання науково обґрунтованої системи землекористування, оскільки тривале інтенсивне використання ріллі без належного відновлення родючості може призводити до виснаження ґрунтів, зниження вмісту гумусу, ущільнення орного шару та погіршення водно-фізичних властивостей [21].

Основним напрямом використання земельних ресурсів господарства є вирощування сільськогосподарських культур у польових умовах. Частина площ може використовуватися під зернові та технічні культури, які традиційно поширені в степовій зоні, однак перспективним напрямом розвитку господарства є формування овочевої сівозміни. Овочеві культури забезпечують вищу економічну віддачу з одиниці площі, але потребують

значно інтенсивнішої технології вирощування, більшої кількості агротехнічних операцій і стабільного водозабезпечення. Тому сучасний стан використання земель господарства необхідно розглядати з позиції можливості переходу до більш інтенсивного й ресурсоефективного овочівництва [24].

Рілля господарства є найбільш цінною частиною земельних ресурсів. Вона використовується для основного виробництва рослинницької продукції та є базою для розміщення запроєктованої овочевої сівозміни. Ґрунти на орних землях представлені переважно чорноземами звичайними, які мають високий потенціал родючості, але в умовах недостатнього природного зволоження не завжди забезпечують стабільну врожайність без застосування зрошення. У роки з дефіцитом опадів продуктивність таких земель суттєво знижується, особливо при вирощуванні культур, чутливих до нестачі вологи.

Сучасний стан використання земель господарства значною мірою залежить від агротехнічного рівня виробництва. До основних чинників, що впливають на ефективність землекористування, належать структура посівних площ, система обробітку ґрунту, застосування добрив, дотримання сівозмін, рівень захисту рослин, стан польової інфраструктури та забезпеченість водними ресурсами. За відсутності зрошення господарство змушене орієнтуватися переважно на природне зволоження, що створює значні ризики для отримання стабільних урожаїв овочевих культур.

У степових умовах Павлоградського району одним із головних обмежувальних факторів використання земель є нестача продуктивної вологи в ґрунті. Навіть за достатньої природної родючості чорноземів дефіцит вологи у вегетаційний період не дозволяє повною мірою реалізувати потенціал сільськогосподарських культур. Найбільше це стосується овочевих культур, для яких важливим є не лише загальний запас води в ґрунті, а й рівномірність її надходження протягом усього періоду росту та розвитку. Тому землі, призначені під овочеву сівозміну, потребують обов'язкового забезпечення регульованим поливом [3].

Використання земель без зрошення в умовах посушливого клімату супроводжується значною залежністю врожайності від погодних умов конкретного року. У вологіші роки господарство може отримувати відносно високі врожаї, однак у посушливі періоди продуктивність культур різко зменшується. Це знижує економічну стабільність господарства та ускладнює планування виробництва. Запровадження системи зрошення дозволяє зменшити вплив кліматичних ризиків і забезпечити більш прогнозоване використання земельних ресурсів [17].

Для ефективного використання земель під овочевою сівозміною важливим є правильне чергування культур. Сівозміна дозволяє раціонально використовувати поживні речовини, зменшувати забур'яненість, обмежувати поширення шкідників і хвороб, підтримувати кращий фітосанітарний стан полів та зберігати родючість ґрунтів. При вирощуванні овочевих культур це має особливе значення, оскільки багато з них є вибагливими до родючості ґрунту, структури орного шару та попередників. Тому проектування системи зрошення має бути пов'язане з розробленням раціональної схеми овочевої сівозміни [24].

Земельні ділянки, які передбачається залучити до зрошення, повинні відповідати певним агроеліоративним вимогам. Вони мають мати достатньо вирівняний рельєф, придатний гранулометричний склад ґрунтів, відсутність небезпечного підтоплення, задовільний дренажний стан і можливість прокладання закритої трубопровідної мережі. За попередньою оцінкою, землі фермерського господарства «Успіх» відповідають цим вимогам, оскільки територія має переважно рівнинний або слабкохвилястий характер, а ґрунтовий покрив представлений чорноземами, придатними для інтенсивного сільськогосподарського використання.

Однією з проблем сучасного землекористування в умовах степової зони є поступове погіршення фізичного стану ґрунтів унаслідок інтенсивного механічного обробітку. Часте використання важкої техніки може спричиняти

ущільнення орного й підорного шарів, зниження водопроникності, погіршення аерації та ускладнення розвитку кореневої системи рослин. У таких умовах краплинне зрошення має перевагу, оскільки не створює надмірного зволоження всієї поверхні поля, не сприяє утворенню поверхневого стоку та дозволяє підтримувати оптимальну вологість без руйнування структури ґрунту.

Важливим напрямом підвищення ефективності використання земельних ресурсів є поєднання зрошення з раціональною системою удобрення. Овочеві культури виносять із ґрунту значну кількість поживних речовин, тому для підтримання родючості необхідно передбачати внесення органічних і мінеральних добрив відповідно до потреб культур і результатів агрохімічного обстеження. Застосування краплинного зрошення дає змогу використовувати фертигацію, тобто подавати розчинені добрива разом із поливною водою. Це підвищує ефективність використання поживних речовин і зменшує їх втрати [4].

З погляду організації території господарства, запроєктована система зрошення повинна бути узгоджена з існуючою структурою полів, польовими дорогами, межами земельних ділянок, місцем розташування джерела води та виробничої інфраструктури. Раціональне розміщення трубопроводів і поливних ліній дозволить мінімізувати довжину мережі, зменшити втрати напору, скоротити витрати на будівництво та забезпечити зручність експлуатації системи. Особливо важливо уникати зайвого перетину трубопроводами польових доріг і ділянок із можливим застоюванням поверхневих вод.

Сучасний стан використання земельних ресурсів фермерського господарства можна оцінити як такий, що має значний потенціал для інтенсифікації. Наявність родючих чорноземних ґрунтів і сприятливих теплових умов створює передумови для вирощування високопродуктивної овочевої сівозміни. Водночас недостатнє природне зволоження обмежує

можливості реалізації цього потенціалу. Тому перехід до зрошуваного овочівництва є важливим кроком для підвищення ефективності використання земель.

Упровадження системи зрошення дозволить змінити характер використання земель із залежного від природних опадів на більш керований і прогнозований. За рахунок регульованої подачі води можна забезпечити оптимальні умови для росту овочевих культур, підвищити врожайність, покращити якість продукції та збільшити вихід товарної продукції з одиниці площі. Крім того, зрошення сприятиме більш раціональному використанню добрив, підвищенню ефективності агротехнічних заходів і загальному зростанню продуктивності господарства [23].

Разом із позитивним впливом зрошення на землекористування необхідно враховувати й можливі ризики. Неправильний режим поливу, використання води незадовільної якості або відсутність контролю за меліоративним станом земель можуть призвести до перезволоження, вторинного засолення, осолонцювання або погіршення структури ґрунту. Тому проєктована система має передбачати нормовану подачу води, якісну фільтрацію, контроль вологості ґрунту та дотримання агроеліоративних вимог [13].

Отже, сучасний стан використання земельних ресурсів фермерського господарства «Успіх» характеризується переважанням орних земель, придатних для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема овочевої сівозміни. Основним природним обмеженням є недостатнє зволоження, яке не дозволяє стабільно отримувати високі врожаї овочевих культур без поливу. Упровадження системи краплинного зрошення є доцільним напрямом підвищення ефективності землекористування, оскільки воно забезпечує раціональне використання води, збереження родючості ґрунтів і стабілізацію виробництва овочевої продукції.

2.3 Доцільність впровадження зрошення в умовах Павлоградського району

Доцільність впровадження зрошення в умовах Павлоградського району визначається насамперед природно-кліматичними особливостями території. Район розташований у степовій зоні України, де сільськогосподарське виробництво ведеться в умовах недостатнього та нестійкого зволоження. Незважаючи на наявність родючих чорноземних ґрунтів і достатнє теплозабезпечення, природна кількість атмосферних опадів не завжди забезпечує потребу сільськогосподарських культур у волозі, особливо в період активної вегетації [2].

Павлоградський район характеризується високими літніми температурами, значною випаровуваністю, частими суховіями та тривалими бездошовими періодами. У таких умовах у ґрунті швидко зменшуються запаси продуктивної вологи, а рослини зазнають водного стресу. Для овочевих культур це є особливо небезпечним, оскільки вони мають підвищені вимоги до вологості ґрунту й потребують рівномірного водозабезпечення протягом усього періоду росту та формування врожаю [3].

Овочеві культури, які передбачається вирощувати у фермерському господарстві «Успіх», мають високу чутливість до дефіциту вологи. Нестача води в період проростання насіння, формування листової поверхні, цвітіння, зав'язування плодів або формування товарної продукції призводить до зниження врожайності, погіршення якості овочів, зменшення їх товарності та нерівномірного досягання. Тому вирощування овочевої продукції в умовах Павлоградського району без зрошення пов'язане з високим ризиком недобору врожаю.

Природні опади в районі проектування розподіляються протягом року нерівномірно. Значна їх частина випадає у вигляді короткочасних злив, які не завжди ефективно використовуються рослинами. Частина води втрачається

через поверхневий стік, випаровування або нерівномірне промочування ґрунтового профілю. Особливо гостро дефіцит вологи проявляється у літній період, коли потреба овочевих культур у воді є максимальною, а кількість ефективних опадів часто є недостатньою [14].

За таких умов зрошення виступає одним із головних факторів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Воно дозволяє регулювати водний режим ґрунту, підтримувати оптимальну вологість кореневмісного шару, зменшувати залежність урожайності від погодних умов і забезпечувати стабільне формування продукції. Для фермерського господарства «Успіх» це має важливе значення, оскільки овочівництво є більш прибутковим, але водночас і більш вимогливим напрямом виробництва порівняно з традиційними польовими культурами [24].

Впровадження зрошення дає змогу ефективніше використовувати природний потенціал ґрунтів Павлоградського району. Чорноземи звичайні, поширені на території району, мають високу природну родючість, сприятливий гранулометричний склад і значну водоутримувальну здатність. Проте за нестачі вологи ці властивості не реалізуються повною мірою. Зрошення дозволяє поєднати родючість ґрунтів із керованим водним режимом, що створює умови для отримання стабільних і високих урожаїв овочевих культур [19].

Особливо доцільним для умов фермерського господарства «Успіх» є застосування краплинного зрошення. Цей спосіб поливу забезпечує подачу води безпосередньо в прикореневу зону рослин, що дає змогу зменшити непродуктивні втрати води, уникнути перезволоження міжрядь, знизити ризик утворення поверхневого стоку та забезпечити рівномірне зволоження ґрунту. У посушливих умовах степової зони краплинне зрошення є більш ефективним порівняно з традиційними способами поливу, оскільки дозволяє економно використовувати водні ресурси [4].

Перевагою краплинного зрошення є можливість точного регулювання поливного режиму відповідно до потреб конкретної культури та фази її розвитку. Для овочевої сівозміни це має важливе значення, оскільки різні культури мають неоднакову потребу у воді. Наприклад, огірки найбільше потребують вологи в період цвітіння та плодоношення, томати — під час формування плодів, перець — у період інтенсивного росту та плодоношення, цибуля — під час наростання листкової маси й формування цибулин. Краплинне зрошення дозволяє враховувати ці особливості й забезпечувати більш раціональне використання води [23].

Крім водозабезпечення, система краплинного зрошення створює можливість застосування фертигації — внесення мінеральних добрив разом із поливною водою. Це дозволяє подавати поживні речовини безпосередньо в зону активного розвитку кореневої системи, підвищувати коефіцієнт використання добрив, зменшувати їх втрати та покращувати живлення рослин. Для овочевих культур, які мають високу потребу в елементах живлення, поєднання краплинного зрошення з фертигацією є важливою передумовою підвищення продуктивності [4].

В умовах Павлоградського району впровадження зрошення має також ґрунтозахисне значення. При правильному режимі поливу краплинна система не спричиняє руйнування структури ґрунту, не утворює значного поверхневого стоку та зменшує ризик ерозійних процесів. На відміну від поверхневих способів поливу, вода надходить поступово й локально, що дозволяє уникати надмірного перезволоження та замулювання поверхні ґрунту. Це особливо важливо для територій із чорноземними ґрунтами, збереження родючості яких є основою сталого сільськогосподарського виробництва [18].

Економічна доцільність впровадження зрошення полягає в підвищенні врожайності та стабільності виробництва овочевої продукції. За умов природного зволоження врожайність овочевих культур значною мірою

залежить від погодних умов року. У посушливі роки господарство може зазнавати значних втрат через недобір урожаю. Зрошення дозволяє зменшити ці ризики, підвищити вихід товарної продукції, поліпшити її якість і забезпечити більш передбачувані економічні результати діяльності господарства.

Для фермерського господарства «Успіх» впровадження системи зрошення є також важливим з погляду раціонального планування виробництва. Наявність стабільного водозабезпечення дає змогу точніше планувати структуру посівних площ, строки сівби й висаджування розсади, режим удобрення, догляд за культурами та строки збирання врожаю. Це підвищує керованість виробничого процесу й дозволяє ефективніше використовувати трудові, технічні та фінансові ресурси господарства.

Водночас впровадження зрошення потребує дотримання певних вимог. Насамперед необхідно забезпечити якісне джерело водопостачання, розрахувати потребу культур у воді, підібрати насосне обладнання, фільтраційну станцію, трубопроводи та краплинні лінії. Також важливо здійснювати контроль якості поливної води, вологості ґрунту та агрономічного стану земель. Неправильна експлуатація зрошувальної системи може призвести до перезволоження, засолення або погіршення структури ґрунту, тому режим поливу має бути науково обґрунтованим [13].

Зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» доцільно розглядати не лише як спосіб компенсації дефіциту вологи, а як комплексний технологічний захід, спрямований на підвищення ефективності землеробства. Воно поєднує водозабезпечення, оптимізацію живлення рослин, підвищення продуктивності праці, раціональне використання земельних ресурсів і зменшення ризиків, пов'язаних із кліматичною нестабільністю.

У сучасних умовах зміни клімату значення зрошення зростає. Для степової зони України прогнозується збільшення повторюваності посушливих періодів, підвищення температур повітря та зростання випаровуваності. Це

означає, що без впровадження водозберігаючих технологій поливу господарства, розташовані в умовах недостатнього зволоження, дедалі більше залежатимуть від погодних ризиків. Тому проектування системи краплинного зрошення для фермерського господарства «Успіх» є своєчасним і обґрунтованим рішенням [16].

Отже, доцільність впровадження зрошення в умовах Павлоградського району зумовлена поєднанням високого агрокліматичного потенціалу території та недостатнього природного зволоження. Родючі чорноземні ґрунти, тривалий теплий період і можливість вирощування овочевих культур створюють сприятливі передумови для розвитку інтенсивного овочівництва. Водночас дефіцит вологи, часті посухи та нерівномірний розподіл опадів обмежують урожайність без штучного поливу. Тому впровадження системи краплинного зрошення у фермерському господарстві «Успіх» є технічно, агрономічно та економічно обґрунтованим заходом, який забезпечить стабільне водопостачання овочевої сівозміни, підвищення продуктивності земель і раціональне використання водних ресурсів.

2.4 Проектна схема овочевої сівозміни

Проектна схема овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» розроблена з урахуванням природно-кліматичних умов Павлоградського району, спеціалізації господарства, потреб овочевих культур у волозі та можливості застосування краплинного зрошення.

У проєкті приймається овочева сівозміна, що включає 30 ділянок. Із них під помідори безрозсадні, пізні, відводиться 6 ділянок, під помідори розсадні, ранні — 6 ділянок, під капусту білоголову ранню — 6 ділянок, під огірки — 4 ділянки, під цибулю ріпчасту — 4 ділянки та під баклажани — 4 ділянки. Така структура сівозміни дає змогу раціонально використовувати земельні ресурси

господарства, забезпечувати правильне чергування культур і рівномірніше розподіляти навантаження на систему зрошення протягом вегетаційного періоду.

Для наочності структуру овочевої сівозміни доцільно подати в таблиці.

Таблиця 2.1 – Проектна структура овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх»

№ з/п	Культура	Кількість ділянок	Частка в структурі сівозміни, %
1	Помідори безрозсадні, пізні	6	20,0
2	Помідори розсадні, ранні	6	20,0
3	Капуста білоголова рання	6	20,0
4	Огірки	4	13,3
5	Цибуля ріпчаста	4	13,3
6	Баклажани	4	13,4
Разом	Овочева сівозміна	30	100,0

Прийнята структура сівозміни є доцільною як з агрономічної, так і з меліоративної точки зору. Вона поєднує культури різних ботанічних родин і різної тривалості вегетаційного періоду, що сприяє зниженню фітосанітарного навантаження на ґрунт, покращенню використання поживних речовин, а також більш ефективному використанню поливної води.

Найбільшу частку в структурі сівозміни займають помідори безрозсадні, пізні, помідори розсадні, ранні, та капуста білоголова рання — по 20,0 % кожна культура. Це зумовлено їх значною господарською цінністю, стабільним попитом на продукцію та придатністю до вирощування за умов краплинного зрошення. Огірки, цибуля ріпчаста та баклажани займають дещо

менші площі, але забезпечують різноманітність овочевої продукції та підвищують економічну стійкість господарства.

Для кожної культури овочевої сівозміни прийнято відповідну схему посадки або посіву, яка враховує біологічні особливості рослин, площу живлення та можливість застосування краплинного зрошення. Схеми посадки овочевих культур наведено на рисунках 2.2–2.7.

Помідори безрозсадні, пізні, у проєкті займають 6 ділянок. Ця культура має тривалий вегетаційний період і потребує стабільного водозабезпечення в період сходів, цвітіння та формування плодів. Для безрозсадних помідорів прийнято схему посадки $120+60\times 30$ см, яка забезпечує оптимальне розміщення рослин у стрічках та створює сприятливі умови для механізованого догляду за посівами і розміщення краплинних ліній. Схему посадки помідорів безрозсадних, пізніх наведено на рис. 2.2.

Схема посадки помідорів безрозсадних, пізніх

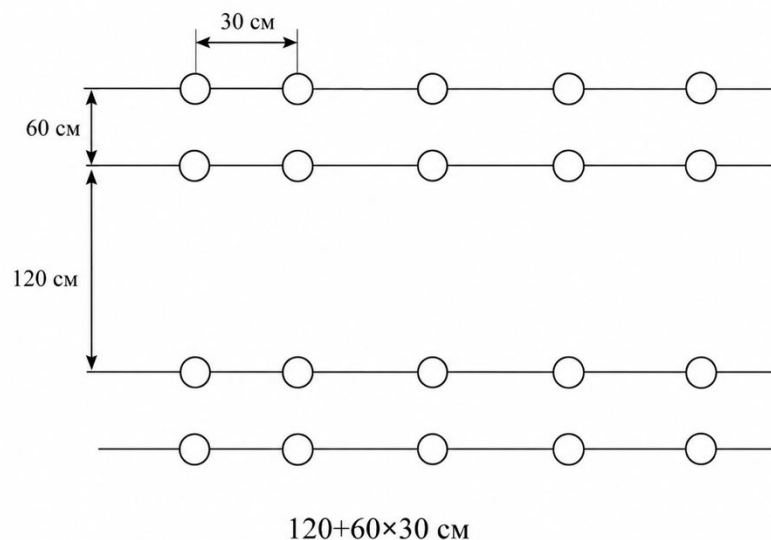


Рисунок 2.2 – Схема посадки помідорів безрозсадних, пізніх

Помідори розсадні, ранні, також займають 6 ділянок. Вирощування цієї культури через розсаду дозволяє отримувати більш ранню продукцію, що має важливе господарське значення. Для ранніх розсадних помідорів прийнято схему посадки $90+50 \times 60$ см. Зазначена схема забезпечує достатню площу живлення рослин, добру освітленість насаджень і можливість ефективного зволоження прикореневої зони за допомогою краплинного поливу. Схему посадки помідорів розсадних, ранніх наведено на рис. 2.3.

Схема посадки помідорів розсадних, ранніх

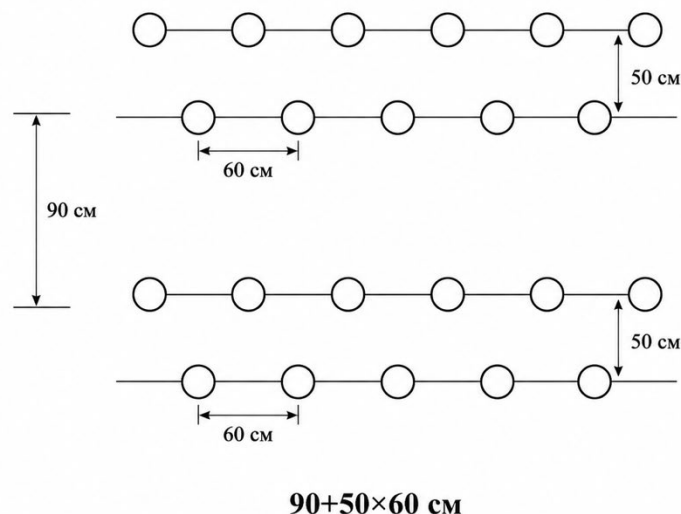


Рисунок 2.3 – Схема посадки помідорів розсадних, ранніх

Капуста білоголова рання займає 6 ділянок сівозміни. Вона належить до культур, які добре реагують на достатнє й рівномірне зволоження ґрунту, особливо у період формування головок. Для цієї культури прийнято схему посадки $90+50 \times 30$ см, яка забезпечує оптимальну щільність стояння рослин і сприяє формуванню товарної продукції. Схему посадки капусти білоголової ранньої наведено на рис. 2.4.

Схема посадки капусти білоголової ранньої

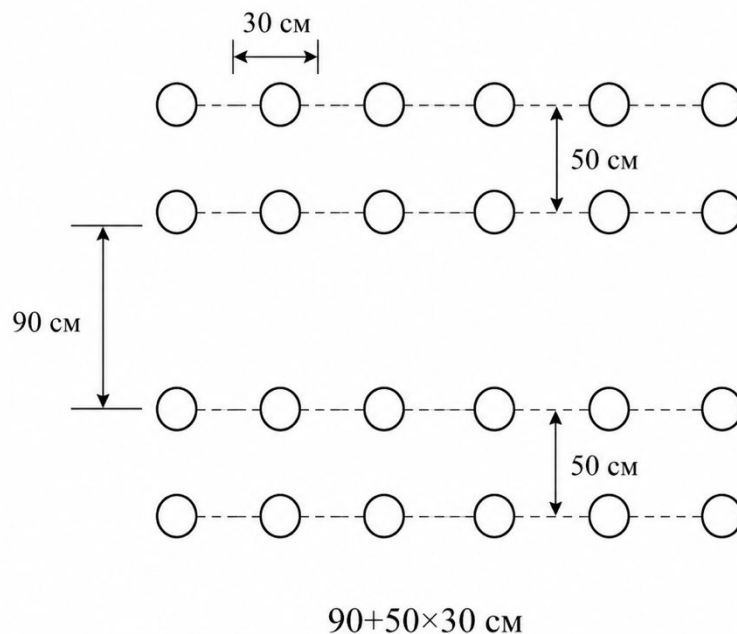


Рисунок 2.4 – Схема посадки капусти білоголової ранньої

Огірки у проєктній сівоzmіні займають 4 ділянки. Ця культура характеризується підвищеною вимогливістю до водного режиму ґрунту, оскільки її коренева система розміщується переважно у верхньому шарі ґрунту. Для огірків прийнято схему посадки $160+50 \times 30$ см, яка дає можливість раціонально розміщувати рослини, забезпечувати догляд за ними та ефективно використовувати краплинне зрошення. Схему посадки огірків наведено на рис. 2.4.

Схема посіву цибулі ріпчастої

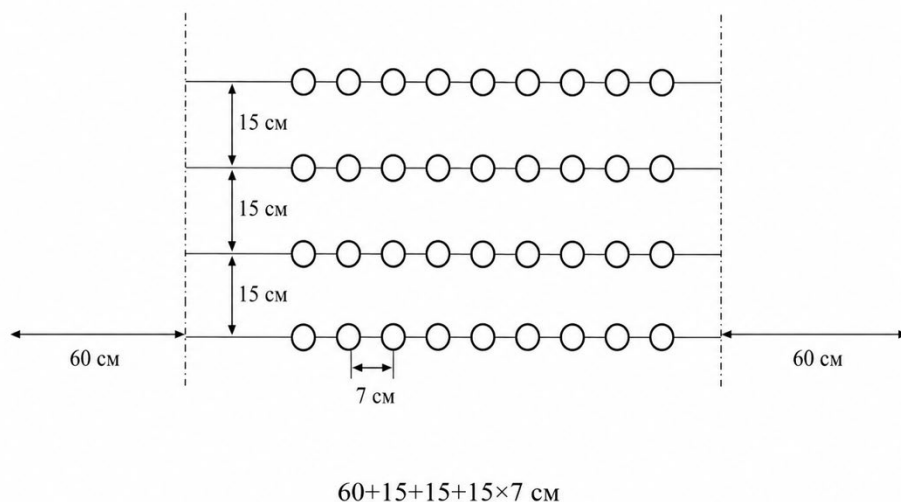


Рисунок 2.6 – Схема посіву цибулі ріпчастої

Баклажани у структурі сівозміни займають 4 ділянки. Це теплолюбна культура, яка потребує достатнього водозабезпечення протягом усього періоду вегетації, особливо у фазі цвітіння, зав'язування та росту плодів. Для баклажанів прийнято схему посадки $90+50 \times 30$ см, яка забезпечує сприятливі умови для росту рослин і ефективної організації поливу. Схему посадки баклажанів наведено на рис. 2.6.

Схема посадки баклажанів

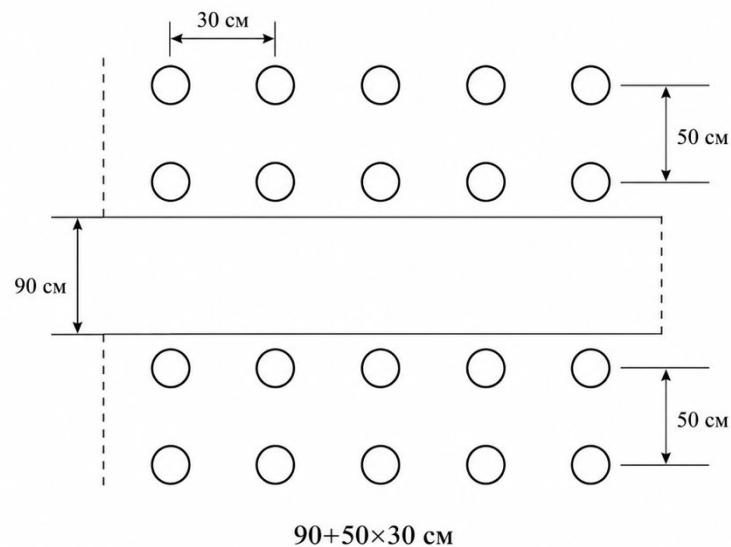


Рисунок 2.7 – Схема посадки баклажанів

Прийнята проектна схема овочевої сівозміни забезпечує правильне чергування культур за роками, що є важливою умовою збереження родючості ґрунту та запобігання поширенню хвороб і шкідників. Особливо це стосується пасльонових культур — помідорів і баклажанів, які не повинні повертатися на попереднє місце вирощування без дотримання відповідного періоду чергування.

Крім того, підібраний склад культур дозволяє більш рівномірно розподіляти водоспоживання протягом сезону. Ранні культури потребують поливу на початку вегетації, тоді як огірки, баклажани та пізні помідори формують найбільшу потребу у воді в літній період. Завдяки цьому знижується пікове навантаження на систему зрошення та підвищується ефективність її експлуатації.

Таким чином, для фермерського господарства «Успіх» приймається спеціалізована овочева сівозміна з шести культур: помідори безрозсадні, пізні; помідори розсадні, ранні; капуста білоголова рання; огірки; цибуля ріпчаста; баклажани.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗРОШЕННЯ ОВОЧЕВОЇ СІВОЗМІНИ

3.1 Обґрунтування вибору способу поливу

Вибір способу поливу є одним із ключових етапів проєктування системи зрошення, оскільки від нього залежать конструктивна схема мережі, витрати води, напори, тип насосного та фільтраційного обладнання, ефективність використання водних ресурсів, рівномірність зволоження ґрунту та умови вирощування сільськогосподарських культур. Для фермерського господарства «Успіх» Павлоградського району Дніпропетровської області спосіб поливу необхідно обґрунтовувати з урахуванням природно-кліматичних умов території, ґрунтового покриву, складу овочевої сівозміни, потреб культур у волозі та технічної можливості раціонального використання джерела зрошення.

Такий підхід є доцільним і для фермерського господарства «Успіх», оскільки тема роботи безпосередньо пов'язана з проєктуванням системи зрошення овочевої сівозміни, а набір культур, прийнятий у попередньому розділі, добре пристосований до краплинного зрошення.

Павлоградський район належить до степової зони України, де основним обмежувальним чинником для вирощування овочевих культур є нестача природної вологи у вегетаційний період. Високі літні температури, часті суховії, значна випаровуваність і нерівномірний розподіл атмосферних опадів призводять до швидкого висушування верхнього шару ґрунту. За таких умов застосування зрошення є необхідною умовою стабільного вирощування овочевих культур [2].

Овочеві культури, прийняті в проєктній сівозміні, мають підвищені вимоги до водного режиму ґрунту. Помідори, капуста, огірки, цибуля та баклажани потребують своєчасного надходження вологи в критичні фази росту й розвитку. Нестача води в період цвітіння, формування зав'язі, наростання

листяної маси або формування товарної продукції може призводити до значного зниження врожайності та погіршення якості овочів. Саме тому для цих культур важливим є не лише загальний обсяг поданої води, а й рівномірність її надходження до кореневої системи [3].

Під час вибору способу поливу для овочевої сівозміни можуть розглядатися поверхневий полив, дощування та краплинне зрошення. Поверхневі способи поливу, зокрема полив по борознах, мають відносно просту організацію, однак вони супроводжуються значними втратами води на фільтрацію, випаровування та поверхневий стік. Крім того, при такому способі складно забезпечити рівномірне зволоження всієї площі поля, особливо на ділянках із незначними ухилами або неоднорідними ґрунтовими умовами.

Дощування забезпечує більш рівномірний розподіл води порівняно з поверхневим поливом, однак в умовах степової зони воно має певні недоліки. При високій температурі повітря, низькій відносній вологості та наявності вітру частина води втрачається під час розпилення через випаровування і знесення крапель. Крім того, зволоження листяної поверхні овочевих культур може сприяти розвитку окремих грибкових захворювань, а утворення ґрунтової кірки після поливу може погіршувати повітряний режим верхнього шару ґрунту.

Найбільш доцільним способом поливу для умов фермерського господарства «Успіх» є краплинне зрошення. Воно передбачає подачу води малими витратами безпосередньо в прикореневу зону рослин через емітери або краплинні стрічки. При цьому зволожується не вся поверхня поля, а лише частина ґрунту, у якій розміщується основна маса активної кореневої системи рослин. Такий спосіб поливу забезпечує високу ефективність використання води, зменшує непродуктивні втрати та дозволяє підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом усього періоду вегетації [4].

Краплинне зрошення має важливі переваги для овочевої сівозміни. По-перше, воно забезпечує рівномірне зволоження кореневмісного шару ґрунту

відповідно до потреб культури. По-друге, дає змогу зменшити витрати води порівняно з традиційними способами поливу. По-третє, знижує ризик перезволоження міжрядь, утворення поверхневого стоку, водної ерозії та ущільнення ґрунту. По-четверте, краплинне зрошення добре поєднується з рядковим і стрічковим розміщенням овочевих культур, яке прийняте в проєктній сівозміні.

Для помідорів безрозсадних, пізніх, прийнята схема посадки $120+60 \times 30$ см, для помідорів розсадних, ранніх — $90+50 \times 60$ см, для капусти білоголової ранньої — $90+50 \times 30$ см, для огірків — $160+50 \times 30$ см, для цибулі ріпчастої — $60+15+15+15 \times 7$ см, для баклажанів — $90+50 \times 30$ см. Такі схеми посадки є придатними для розміщення краплинних ліній уздовж рядків або стрічок рослин і забезпечують можливість локального зволоження ґрунту саме в зоні розвитку кореневої системи.

Особливо важливою перевагою краплинного зрошення є можливість точного регулювання поливної норми. У системах краплинного поливу вода подається невеликими дозами, але частіше, ніж при традиційних способах поливу. Це дозволяє уникати різких коливань вологості ґрунту, які негативно впливають на овочеві культури. Для огірків, капусти, баклажанів і помідорів підтримання стабільного водного режиму є однією з головних умов формування високого та якісного врожаю [23].

Краплинне зрошення також створює можливість застосування фертигації — внесення мінеральних добрив разом із поливною водою. При цьому поживні речовини надходять безпосередньо в зону активного розвитку кореневої системи, що підвищує ефективність їх використання рослинами. Для овочевих культур, які характеризуються високим виносом елементів живлення з урожаєм, така можливість має велике агротехнічне значення. Поєднання поливу та живлення дозволяє краще керувати ростом рослин і формуванням продукції [24].

В умовах Павлоградського району краплинне зрошення має також водозберігаюче значення. Оскільки район характеризується недостатнім природним зволоженням, раціональне використання водних ресурсів є однією з основних вимог до проєктованої системи. Краплинний спосіб поливу дозволяє подавати воду безпосередньо до рослин, не витрачаючи її на зволоження міжрядь і непродуктивних ділянок поля. Це особливо важливо у разі використання поверхневого джерела зрошення, водність якого може змінюватися протягом вегетаційного періоду.

З ґрунтозахисної точки зору краплинне зрошення також має переваги. При ньому не відбувається інтенсивного розмиву поверхні ґрунту, зменшується небезпека утворення кірки, не створюються умови для значного поверхневого стоку. Вода надходить у ґрунт поступово, що сприяє кращому її засвоєнню та зменшенню втрат на глибоку фільтрацію. За правильного режиму поливу можна уникнути перезволоження, підняття рівня ґрунтових вод і розвитку вторинного засолення [13].

Водночас краплинне зрошення висуває підвищені вимоги до якості поливної води та роботи фільтраційного обладнання. Оскільки емітери мають невеликі водовипускні отвори, вода повинна бути очищена від завислих частинок, піску, мулу, органічних домішок і водоростей. Тому в складі системи обов'язково необхідно передбачити фільтраційну станцію. Її наявність забезпечить надійну роботу краплинних ліній, рівномірну подачу води та зменшить ризик засмічення емітерів [23].

Для фермерського господарства «Успіх» вибір краплинного зрошення є обґрунтованим також з економічної точки зору. Хоча початкові витрати на будівництво такої системи можуть бути вищими порівняно з простими способами поливу, у процесі експлуатації вони компенсуються економією води, підвищенням урожайності, зменшенням витрат на міжрядний обробіток, можливістю точнішого внесення добрив і покращенням якості продукції. Для

овочевих культур, які мають високу товарну вартість, така система є особливо ефективною.

З технологічної точки зору краплинне зрошення дає змогу організувати полив окремими ділянками відповідно до структури овочевої сівозміни. Оскільки зрошуваний масив поділений на окремі ділянки, кожен з них можна поливати за індивідуальним графіком залежно від культури, фази її розвитку, погодних умов і вологості ґрунту. Це забезпечує гнучкість експлуатації системи та дозволяє уникати надмірного навантаження на насосне обладнання.

Таким чином, порівняння можливих способів поливу свідчить, що для овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» найбільш доцільним є застосування краплинного зрошення. Воно найкраще відповідає природно-кліматичним умовам Павлоградського району, біологічним особливостям овочевих культур, прийнятим схемам посадки, вимогам раціонального використання водних ресурсів і необхідності забезпечення стабільної врожайності.

Отже, у проєкті приймається краплинний спосіб поливу. Його застосування дозволить забезпечити локальне й рівномірне зволоження кореневмісного шару ґрунту, зменшити непродуктивні втрати води, підвищити ефективність внесення добрив, поліпшити умови росту й розвитку овочевих культур та забезпечити стабільне функціонування системи зрошення у фермерському господарстві «Успіх».

3.2 Вибір технології краплинного зрошення для овочевих культур

Вибір технології краплинного зрошення для овочевих культур у фермерському господарстві «Успіх» здійснюється з урахуванням прийнятого способу поливу, структури овочевої сівозміни, схем посадки культур, ґрунтово-кліматичних умов Павлоградського району та вимог до

раціонального використання водних ресурсів. Для проєктованої овочевої сівозміни передбачається застосування краплинного зрошення із використанням поліетиленових краплинних стрічок з вбудованими емітерами, через які вода подається безпосередньо в прикореневу зону рослин.

Краплинне зрошення передбачає подачу води малими дозами безпосередньо до кореневої системи рослин. При цьому зволожується не вся поверхня поля, а лише локальна зона навколо рядка або стрічки рослин. Такий спосіб є особливо ефективним для овочевих культур, оскільки дозволяє підтримувати стабільну вологість кореневмісного шару ґрунту, зменшувати втрати води на випаровування, глибоку фільтрацію та поверхневий стік, а також створювати сприятливі умови для росту й розвитку рослин [4].

Для фермерського господарства «Успіх» доцільно прийняти технологію сезонного краплинного зрошення з укладанням краплинних стрічок уздовж рядків овочевих культур. Така технологія добре поєднується з прийнятими схемами посадки: для помідорів безрозсадних, пізніх — $120+60\times30$ см; для помідорів розсадних, ранніх — $90+50\times60$ см; для капусти білоголової ранньої — $90+50\times30$ см; для огірків — $160+50\times30$ см; для цибулі ріпчастої — $60+15+15+15\times7$ см; для баклажанів — $90+50\times30$ см. Розміщення краплинних ліній має забезпечувати рівномірне зволоження зони основного розвитку кореневої системи кожної культури.

У проєкті приймається використання краплинної стрічки типу Aqua TraXX ERA 5061245. Вона є придатною для вирощування овочевих культур за інтенсивною технологією, оскільки забезпечує рівномірну подачу води вздовж поливної лінії, має вбудовані емітери та може застосовуватися для рядкового й стрічкового розміщення рослин. Використання такої стрічки дозволяє забезпечити локальне зволоження прикореневої зони, зменшити непродуктивні втрати води та підтримувати оптимальний водний режим ґрунту протягом вегетаційного періоду.

Краплинна стрічка Aqua TraXX ERA 5061245 належить до тонкостінних поліетиленових трубок із вбудованими емітерами, які забезпечують дозовану подачу води до рослин. Вода надходить із розподільного трубопроводу до краплинної стрічки, проходить через емітери та виходить малими витратами безпосередньо біля рослин. Такий принцип роботи забезпечує точне дозування поливної води, що є особливо важливим для овочевих культур, чутливих як до нестачі, так і до надлишку вологи.

Для помідорів, капусти, огірків і баклажанів краплинні лінії доцільно розміщувати вздовж стрічок посадки так, щоб зона зволоження охоплювала основну частину кореневої системи. За дворядкових схем посадки краплинну стрічку можна прокладати між двома рядками в межах стрічки або вздовж кожного рядка залежно від ширини міжряддя, водопроникності ґрунту та необхідної рівномірності зволоження. Для цибулі ріпчастої, яка вирощується за багаторядковою схемою $60+15+15+15 \times 7$ см, краплинну стрічку доцільно розміщувати так, щоб вона забезпечувала зволоження всієї смуги посіву.

Технологія краплинного зрошення для овочевих культур передбачає послідовну роботу всіх елементів системи. Спочатку вода забирається з джерела зрошення насосним обладнанням, після чого надходить до фільтраційної станції. Фільтрація є обов'язковою умовою експлуатації краплинної системи, оскільки емітери мають невеликі водовипускні отвори й можуть засмічуватися механічними частинками, мулом, піском, органічними домішками або водоростями. Тому фільтраційна станція повинна забезпечувати очищення води до рівня, необхідного для стабільної роботи краплинних ліній [23].

Після очищення вода подається в головний трубопровід, далі — у розподільні трубопроводи, а потім у краплинні стрічки. Така конструкція забезпечує транспортування води від джерела до кожної ділянки овочевої сівозміни. Головний трубопровід виконує функцію подачі води від насосної станції до зрошуваного масиву, розподільні трубопроводи забезпечують

подачу води до окремих ділянок, а краплинні стрічки здійснюють безпосередній розподіл води в прикореневій зоні рослин.

Ключовими елементами технології є емітери. Саме вони забезпечують точну подачу води безпосередньо до кореневої зони рослин. Конструкція та продуктивність емітерів повинні відповідати типу ґрунту, водопроникності, культурі та розрахунковій нормі поливу. Для умов фермерського господарства «Успіх», де переважають чорноземні ґрунти суглинкового складу, важливо забезпечити таку витрату емітерів, щоб вода встигала вбиратися в ґрунт без утворення поверхневого стоку й водночас формувала достатній контур зволоження в зоні розміщення кореневої системи.

При виборі краплинної стрічки необхідно враховувати відстань між емітерами, витрату одного емітера, робочий тиск, допустиму довжину поливної лінії, товщину стінки стрічки та стійкість до засмічення. Для овочевих культур найбільш доцільними є стрічки з рівномірним розміщенням водовипусків, які забезпечують достатню частоту подачі води вздовж рядка. Прийнята краплинна стрічка Aqua TraXX ERA 5061245 відповідає вимогам інтенсивного овочівництва та може використовуватися для культур із різними схемами посадки.

Важливою перевагою обраної технології є можливість регулювання поливного режиму окремо для різних культур. Оскільки овочева сівозмінна включає культури з різною тривалістю вегетаційного періоду та різною потребою у воді, система має працювати за ділянковим принципом. Це означає, що окремі ділянки можуть вмикатися в полив у різний час, відповідно до потреб конкретної культури, фази її розвитку і фактичної вологості ґрунту. Такий підхід дозволяє зменшити перевитрати води та уникнути одночасного надмірного навантаження на насосне обладнання.

Для помідорів і баклажанів найважливішим є підтримання стабільного зволоження у період цвітіння, зав'язування та росту плодів. Для огірків регулярність поливів має ще більше значення, оскільки ця культура має

поверхневу кореневу систему й дуже швидко реагує на нестачу вологи. Капуста білоголова рання потребує достатнього зволоження у період наростання листової маси та формування головки. Цибуля ріпчаста потребує інтенсивнішого зволоження на початку та в середині вегетації, але наприкінці періоду вирощування кількість поливів необхідно зменшувати для кращого досягання цибулин.

Технологія краплинного зрошення також дає змогу застосовувати фертигацію — внесення розчинених мінеральних добрив разом із поливною водою. Це особливо важливо для овочевих культур, які мають високу потребу в елементах живлення та швидко реагують на їх нестачу. Подача добрив через систему краплинного зрошення дозволяє доставляти поживні речовини безпосередньо в кореневу зону, підвищувати коефіцієнт їх використання, зменшувати втрати та більш точно регулювати живлення культур за фазами розвитку [24].

Для забезпечення стабільної роботи системи необхідно передбачити контроль тиску у трубопровідній мережі. Робочий тиск повинен бути достатнім для нормальної роботи емітерів, але не перевищувати допустимих значень для краплинної стрічки. Надмірний тиск може призводити до пошкодження стрічок або нерівномірної подачі води, тоді як недостатній тиск спричиняє зниження витрати емітерів і нерівномірне зволоження ділянки. Тому до складу системи доцільно включити регулятори тиску, манометри та запірно-регулювальну арматуру.

Ефективність обраної технології значною мірою залежить від правильного розміщення краплинних ліній. На ділянках із дворядковою схемою посадки стрічки повинні бути прокладені таким чином, щоб зона зволоження охоплювала обидва рядки або кожен рядок мав власну лінію зрошення. При цьому необхідно враховувати ширину міжрядь, глибину розміщення кореневої системи та водопроникність ґрунту. На суглинкових ґрунтах волога

поширюється не лише вниз, а й у боковому напрямку, що дозволяє формувати достатній контур зволоження навколо рослин.

Під час експлуатації системи необхідно регулярно проводити промивання фільтрів, головних і розподільних трубопроводів, а також кінцевих ділянок краплинних ліній. Це дає змогу запобігти накопиченню механічних домішок, осаду та біологічних включень. Для цього на кінцях поливних ліній доцільно передбачити промивні пристрої або знімні заглушки. Регулярне технічне обслуговування є необхідною умовою стабільної роботи краплинної системи та рівномірної подачі води протягом усього сезону.

Краплинне зрошення також має екологічні переваги. Завдяки локальній подачі води зменшується ризик перезволоження ґрунту, підняття рівня ґрунтових вод і вторинного засолення. Крім того, зменшення обсягів водоподачі порівняно з традиційними способами поливу сприяє раціональному використанню водних ресурсів. Для Павлоградського району, де природне зволоження є недостатнім, а водні ресурси потребують ощадливого використання, ця перевага має особливе значення [13].

Таким чином, для овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» приймається технологія сезонного краплинного зрошення із застосуванням краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245, насосного обладнання, фільтраційної станції, головного та розподільних трубопроводів, запірно-регулювальної арматури і краплинних ліній. Така технологія забезпечує точну подачу води до кореневої зони рослин, дає змогу регулювати поливний режим окремих культур, поєднувати полив із фертигацією та зменшувати непродуктивні втрати води.

Отже, вибір технології краплинного зрошення для овочевих культур є обґрунтованим і відповідає природним, агротехнічним та інженерним умовам проєкту. Застосування краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245 дозволяє забезпечити стабільне водопостачання овочевої сівозміни, підтримувати оптимальний водний режим ґрунту, підвищити врожайність культур,

економити водні ресурси та забезпечити надійну експлуатацію системи зрошення.

3.3 Специфікація краплинної стрічки, емітерів і трубопроводів

Для забезпечення рівномірного та економного зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» приймається система краплинного зрошення, основними елементами якої є краплинна стрічка з вбудованими емітерами, головний трубопровід, розподільні трубопроводи, запірно-регулювальна арматура, фільтраційна станція та допоміжні елементи для контролю й промивання мережі. Вибір цих елементів здійснюється з урахуванням площі зрошення, складу культур, схем посадки, ґрунтових умов, якості поливної води та необхідності підтримання стабільного робочого тиску в системі [6].

У проєкті для поливу овочевих культур приймається тонкостінна краплинна стрічка Aqua TraXX ERA 5061245. Вона призначена для сезонного використання у системах краплинного зрошення овочевих, баштанних і просапних культур. Така стрічка забезпечує подачу води безпосередньо в прикореневу зону рослин, що дає змогу зменшити непродуктивні втрати води та підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом вегетаційного періоду [23].

Краплинна стрічка Aqua TraXX ERA 5061245 являє собою поліетиленову трубку з вбудованими емітерами. Емітери розміщені всередині стрічки через однакові проміжки й забезпечують рівномірний вихід води вздовж усієї довжини поливної лінії. За рахунок вбудованої конструкції водовипусків зменшується ризик їх механічного пошкодження, а також забезпечується більш стабільна робота системи при дотриманні необхідного тиску та фільтрації води.

Основні технічні характеристики прийнятої краплинної стрічки наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245

Показник	Значення
Тип стрічки	тонкостінна поліетиленова краплинна стрічка
Марка	Aqua TraXX ERA 5061245
Призначення	краплинне зрошення овочевих культур
Внутрішній діаметр	5/8", приблизно 16 мм
Товщина стінки	6 mil, приблизно 0,15 мм
Тип емітерів	вбудовані, турбулентного типу
Розміщення емітерів	через рівні проміжки по довжині стрічки
Спосіб укладання	уздовж рядків або стрічок посадки
Характер використання	сезонне
Основна функція	локальна подача води в прикореневу зону рослин

Вибір краплинної стрічки з діаметром близько 16 мм є доцільним для овочевої сівозміни, оскільки така стрічка має достатню пропускну здатність для поливу рядкових культур і водночас є зручною для монтажу, розкладання по полю та подальшого демонтажу після завершення сезону. Товщина стінки 6 mil дозволяє застосовувати стрічку протягом одного вегетаційного періоду за умови правильного укладання, захисту від механічних пошкоджень і дотримання допустимого робочого тиску.

Емітери є основними робочими елементами краплинної стрічки. Саме через них вода виходить із поливної лінії та надходить у ґрунт біля рослин. Для овочевих культур важливо, щоб витрата емітерів була рівномірною по всій довжині стрічки, оскільки нерівномірна подача води може призвести до неоднакового розвитку рослин, зниження врожайності та погіршення якості продукції. Тому емітери повинні працювати в межах встановленого робочого

тиску, а вода перед надходженням у стрічки має проходити обов'язкову фільтрацію [23].

Для умов фермерського господарства «Успіх», де передбачається вирощування помідорів, капусти, огірків, цибулі та баклажанів, краплинні лінії розміщують відповідно до схем посадки культур. За дворядкових схем посадки стрічку доцільно укладати між двома рядками або вздовж кожного рядка залежно від ширини міжряддя та необхідної площі зволоження. Для культур із густішим розміщенням рослин, зокрема цибулі ріпчастої, краплинна стрічка повинна забезпечувати зволоження всієї смуги посіву.

Розміщення краплинних ліній для основних культур овочевої сівозміни наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розміщення краплинних ліній відповідно до схем посадки культур

Культура	Схема посадки або посіву, см	Рекомендоване розміщення краплинної стрічки
Помідори безрозсадні, пізні	120+60×30	між двома рядками в стрічці або вздовж рядків
Помідори розсадні, ранні	90+50×60	між рядками в стрічці
Капуста білоголова рання	90+50×30	між рядками в стрічці
Огірки	160+50×30	між рядками в стрічці або біля рядка рослин
Цибуля ріпчаста	60+15+15+15×7	у межах смуги багаторядкового посіву
Баклажани	90+50×30	між рядками в стрічці

Для помідорів безрозсадних, пізніх, які висіваються за схемою 120+60×30 см, краплинна стрічка повинна забезпечувати зволоження дворядкової стрічки посадки. Враховуючи відстань між рядками 60 см, стрічку

можна розміщувати між двома рядками, щоб контури зволоження охоплювали кореневу зону обох рядків. За потреби, особливо на легших ґрунтах або при підвищеній густоті рослин, можливе укладання окремих краплинних ліній уздовж кожного рядка.

Для помідорів розсадних, ранніх, прийнята схема $90+50\times 60$ см. За цієї схеми рослини розміщуються з більшим інтервалом у рядку, тому основним завданням краплинної стрічки є підтримання стабільного зволоження в зоні розвитку кореневої системи кожної рослини. Укладання стрічки між рядками в межах дворядкової стрічки дозволяє рівномірно подавати воду до рослин і створювати сприятливі умови для приживлення розсади після висаджування.

Для капусти білоголової ранньої, яка вирощується за схемою $90+50\times 30$ см, краплинна стрічка також розміщується в межах дворядкової стрічки посадки. Капуста потребує значної кількості вологи в період наростання листової маси та формування головки, тому рівномірність роботи емітерів має важливе значення. Нестача води в цей період може призвести до утворення дрібних і нещільних головок, тому система повинна забезпечувати регулярну подачу води малими нормами.

Для огірків, які мають схему посадки $160+50\times 30$ см, краплинна стрічка розміщується таким чином, щоб забезпечити зволоження верхнього шару ґрунту, де зосереджена основна частина кореневої системи. Огірки дуже чутливі до пересушування ґрунту, тому для них важлива частіша подача води невеликими нормами. Розміщення стрічки в зоні рядків дозволяє зменшити втрати води й підтримувати стабільне зволоження під час цвітіння та плодоношення.

Для цибулі ріпчастої, яка висівається за багаторядковою схемою $60+15+15+15\times 7$ см, краплинна стрічка повинна забезпечувати рівномірне зволоження всієї смуги посіву. Оскільки відстань між рядками в межах смуги становить 15 см, волога від емітерів має розподілятися в боковому напрямку й

охоплювати декілька рядків. На суглинкових чорноземах це є можливим завдяки достатній водоутримувальній здатності ґрунту.

Для баклажанів, які вирощуються за схемою $90+50 \times 30$ см, приймається розміщення краплинної стрічки між рядками в межах дворядкової стрічки посадки. Баклажани належать до теплолюбних культур і потребують стабільного водозабезпечення в період цвітіння, зав'язування та росту плодів. Краплинна стрічка дозволяє подавати воду безпосередньо до кореневої системи й не перезволожувати міжряддя.

Головний трубопровід системи призначений для транспортування води від насосного обладнання та фільтраційної станції до зрошуваного масиву. Він повинен забезпечувати подачу розрахункової витрати води з урахуванням втрат напору на тертя та місцеві опори. Для головного трубопроводу доцільно застосовувати поліетиленові напірні труби, які мають достатню міцність, корозійну стійкість, невелику шорсткість внутрішньої поверхні та зручні для монтажу в польових умовах [6].

Розподільні трубопроводи подають воду від головного трубопроводу до окремих поливних ділянок і краплинних ліній. Їх діаметр визначається за результатами гідравлічного розрахунку залежно від витрати води, довжини ділянки та допустимих втрат напору. Розподільні трубопроводи повинні забезпечувати рівномірне живлення краплинних стрічок і стабільний робочий тиск на вході в кожну поливну лінію.

Для головних і розподільних трубопроводів у проєкті доцільно застосовувати поліетиленові труби типу ПЕ 63 або ПЕ 100, розраховані на роботу під тиском. Остаточний вибір діаметра й класу міцності труб встановлюється під час гідравлічного розрахунку системи. При цьому необхідно враховувати загальну довжину мережі, кількість одночасно працюючих ділянок, витрату води, втрати напору, робочий тиск емітерів і перепади висот на ділянці.

У системі також передбачаються запірно-регулювальні елементи: засувки, крани, фітинги, муфти, трійники, перехідники, регулятори тиску та промивні пристрої. Вони забезпечують можливість поділу зрошуваної площі на окремі поливні ділянки, регулювання витрати води, відключення окремих ліній під час ремонту або обслуговування та промивання трубопроводів і краплинних стрічок.

Особливу увагу слід приділяти фільтрації води. Для краплинного зрошення вона є обов'язковою, оскільки навіть дрібні механічні домішки можуть спричинити засмічення емітерів. До складу фільтраційної станції доцільно включити фільтри грубого й тонкого очищення, які забезпечують видалення піску, мулу, органічних домішок та інших завислих частинок. Перед подачею води в краплинну стрічку якість фільтрації повинна відповідати вимогам виробника емітерів [23].

Для контролю роботи системи необхідно передбачити встановлення манометрів до і після фільтраційної станції, а також у характерних точках трубопровідної мережі. Це дозволить контролювати втрати тиску на фільтрах, своєчасно визначати потребу в їх промиванні та підтримувати стабільні умови роботи емітерів. Крім того, доцільно передбачити промивання кінцевих ділянок розподільних трубопроводів і краплинних ліній, оскільки саме там можуть накопичуватися механічні домішки.

Узагальнена специфікація основних елементів системи краплинного зрошення наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Специфікація основних елементів системи краплинного зрошення

Елемент системи	Призначення	Основні вимоги
Краплинна стрічка Aqua TraXX ERA 5061245	подача води до рослин	рівномірна робота емітерів, стійкість до засмічення, допустимий робочий тиск
Емітери	дозований випуск води	однакова витрата по довжині лінії, захист від засмічення
Головний трубопровід	подача води від насосної станції до масиву	достатня пропускна здатність, мінімальні втрати напору
Розподільні трубопроводи	подача води до поливних ділянок	рівномірний розподіл витрати між ділянками
Фільтраційна станція	очищення води	затримання механічних та органічних домішок
Запірна арматура	керування подачею води	можливість відключення окремих ділянок
Регулятори тиску	стабілізація роботи системи	підтримання тиску в допустимих межах
Манометри	контроль тиску	контроль роботи фільтрів і трубопроводів
Промивні пристрої	очищення ліній	видалення осаду з кінцевих ділянок мережі

Прийнята специфікація елементів системи забезпечує узгоджену роботу всіх складових краплинного зрошення. Краплинна стрічка відповідає за безпосередню подачу води до рослин, трубопроводи транспортують воду до поливних ділянок, фільтраційна станція забезпечує очищення води, а запірно-регулювальна арматура дає змогу керувати роботою системи. Така структура дозволяє організувати полив окремих ділянок овочевої сівозміни відповідно до потреб культур і календарного плану зрошення.

Отже, для системи зрошення овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» приймається краплинна стрічка Aqua TraXX ERA

5061245 з вбудованими емітерами, поліетиленові головні й розподільні трубопроводи, фільтраційна станція, запірно-регулювальна арматура, регулятори тиску, манометри та промивні пристрої. Така специфікація забезпечує рівномірну подачу води до рослин, можливість регулювання поливу за окремими ділянками, захист емітерів від засмічення та ефективну експлуатацію системи краплинного зрошення в умовах Павлоградського району.

3.4 Визначення розрахункового року для проєктування режиму зрошення

Визначення розрахункового року є важливим етапом розроблення режиму зрошення овочевої сівозміни, оскільки саме за його метеорологічними умовами встановлюють дефіцит водоспоживання культур, строки поливів, поливні норми та загальну потребу сівозміни у зрошувальній воді. Розрахунковий рік має відображати такі умови природного зволоження, за яких система зрошення зможе забезпечити стабільне водопостачання культур без перевитрат води та без недооцінки потреби рослин у волозі.

Для умов Павлоградського району вибір розрахункового року має особливе значення, оскільки територія належить до степової зони з нестійким режимом атмосферних опадів. У різні роки кількість опадів, їх розподіл за місяцями, температура повітря та випаровуваність істотно змінюються. Тому використання середньобагаторічних показників не завжди дає змогу правильно оцінити реальну потребу овочевих культур у зрошенні. У посушливі роки дефіцит вологи значно зростає, а отже збільшується кількість поливів і загальна зрошувальна норма.

Режим зрошення овочевої сівозміни доцільно проєктувати не за середнім роком, а за роком певної забезпеченості. Такий підхід дозволяє врахувати ймовірність повторення посушливих умов і забезпечити надійну роботу

системи в роки з недостатнім природним зволоженням. Для проєктування зрошувальних систем зазвичай приймають розрахунковий рік 75-відсоткової забезпеченості за дефіцитом водоспоживання або опадами, тобто такий рік, умови якого є більш посушливими порівняно із середніми, але достатньо типовими для практичного розрахунку режиму зрошення [7].

У проєкті розрахунковий рік визначається за показником дефіциту водоспоживання овочевої сівозміни. Для цього аналізується багаторічний ряд метеорологічних спостережень за температурою повітря, атмосферними опадами, вологістю повітря та іншими показниками, які впливають на водоспоживання культур. Тривалість ряду спостережень повинна бути достатньою для отримання достовірних результатів; у методичних підходах до розрахунку режиму зрошення доцільно використовувати ряд не менше ніж 20 років [7].

На першому етапі для кожної культури овочевої сівозміни визначають дефіцит водоспоживання за кожен рік спостережень. Дефіцит водоспоживання показує різницю між сумарною потребою культури у воді та кількістю вологи, яка надходить за рахунок ефективних атмосферних опадів і запасів продуктивної вологи в ґрунті. Чим більший дефіцит водоспоживання, тим більша потреба культури у поливах.

Оскільки до складу сівозміни входить декілька культур із різними площами та різними потребами у воді, для кожного року необхідно визначити середньозважений дефіцит водоспоживання сівозміни. Він враховує дефіцит окремих культур і площу, яку займає кожна культура в структурі сівозміни. Розрахунок середньозваженого дефіциту виконують за формулою:

$$D_{civ} = \frac{D_1 F_1 + D_2 F_2 + \dots + D_n F_n}{F_{civ}} \quad (3.4)$$

де D_{civ} - середньозважений дефіцит для розрахункової сівозміни за конкретний рік, мм;

$D_1, D_2, \dots, D_n$ - дефіцити водоспоживання для 1-ї, 2-ї, ..., n -ї культури сівозміни, мм;

$F_1, F_2, \dots, F_n$ - площа зрошуваних угідь, зайнята кожною культурою сівозміни, га;

$F_{\text{сів}}$ - загальна зрошувана площа сівозміни, га.

Для проєктної овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» до розрахунку включаються шість культур: помідори безрозсадні пізні, помідори розсадні ранні, капуста білоголова рання, огірки, цибуля ріпчаста та баклажани. Площа кожної культури враховується відповідно до прийнятої структури сівозміни: помідори безрозсадні, помідори розсадні та капуста займають по 20,0 % площі, огірки, цибуля та баклажани — відповідно близько 13,3–13,4 % кожна.

Після визначення середньозваженого дефіциту водоспоживання для кожного року отримані значення впорядковують за зростанням або спаданням. Далі для кожного року визначають забезпеченість, тобто ймовірність того, що дефіцит водоспоживання буде не меншим або не більшим від розрахованого значення. Забезпеченість визначають за формулою:

$$p = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

де p - забезпеченість для кожного року, %;

m - порядковий номер у розрахунковому ряді;

n - кількість елементів розрахункового ряду (років спостережень); у межах даної кваліфікаційної роботи вона становить 22.

За результатами такого розрахунку обирають рік, забезпеченість якого найбільш наближена до прийнятої розрахункової забезпеченості. Для проєктування режиму зрошення овочевої сівозміни приймається рік 75-відсоткової забезпеченості, оскільки він характеризує умови недостатнього

зволоження та дозволяє обґрунтувати роботу системи у більш напружений за водоспоживанням період.

Прийняття року 75-відсоткової забезпеченості є доцільним для умов Павлоградського району, де посушливі періоди повторюються досить часто. Якщо режим зрошення розраховувати за середнім роком, система може виявитися недостатньо продуктивною в роки з меншою кількістю опадів. Якщо ж брати надмірно посушливий рік дуже високої забезпеченості, це може призвести до завищення проектних витрат води, збільшення діаметрів трубопроводів, потужності насосного обладнання та вартості будівництва системи. Тому розрахунковий рік 75-відсоткової забезпеченості є компромісним і практично обґрунтованим варіантом.

Для розрахунків режиму зрошення може застосовуватися програмний комплекс WATER, який використовується для визначення водоспоживання культур, дефіциту вологи та побудови графіків поливу. У такому програмному комплексі розрахунковий рік може визначатися за різними критеріями: величиною атмосферних опадів, кліматичним індексом, водоспоживанням фактичного року або водоспоживанням, отриманим за компоновкою. У межах цієї роботи найбільш доцільним є вибір року за дефіцитом водоспоживання овочевої сівозміни, оскільки саме цей показник безпосередньо характеризує потребу культур у зрошувальній воді.

Після вибору розрахункового року його метеорологічні дані використовують для подальшого визначення режиму зрошення. За ними встановлюють строки початку й закінчення поливного періоду, кількість поливів за вегетаційний сезон, величину поливних норм, міжполивні періоди та загальну зрошувальну норму для кожної культури. На основі цих показників надалі складається календарний план зрошення овочевої сівозміни. Вибір розрахункового року також впливає на інженерні параметри системи. Від прийнятої потреби у воді залежать розрахункові витрати, тривалість роботи насосної станції, продуктивність фільтраційного вузла, пропускна

здатність трубопроводів і графік подачі води на окремі ділянки. Тому правильне визначення розрахункового року забезпечує узгодження агротехнічної частини проекту з гідравлічними та технічними розрахунками системи зрошення.

Отже, для проєктування режиму зрошення овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» розрахунковий рік приймається за умовами 75-відсоткової забезпеченості за середньозваженим дефіцитом водоспоживання. Такий підхід дозволяє врахувати посушливість клімату Павлоградського району, забезпечити надійну роботу системи краплинного зрошення та обґрунтувати подальші розрахунки поливних норм, строків поливу й потреби овочевих культур у воді.

3.5 Розрахунок поливних і зрошувальних норм овочевих культур

Розрахунок поливних і зрошувальних норм є основою для встановлення режиму роботи системи краплинного зрошення овочевої сівозміни. Від правильного визначення цих показників залежать строки проведення поливів, тривалість роботи насосного обладнання, витрата води, навантаження на фільтраційну станцію, діаметри трубопроводів і загальна потреба господарства у водних ресурсах. Для фермерського господарства «Успіх» розрахунок виконується з урахуванням складу овочевої сівозміни, схем посадки культур, ґрунтово-кліматичних умов Павлоградського району та прийнятої технології краплинного зрошення.

Овочеві культури характеризуються підвищеною вимогливістю до вологості ґрунту. Особливо чутливими до нестачі вологи є огірки, капуста, помідори та баклажани в період активного росту, цвітіння, зав'язування і формування товарної продукції. Цибуля ріпчаста також потребує достатнього зволоження в період наростання листової маси та формування цибулини,

однак наприкінці вегетації кількість поливів необхідно зменшувати для кращого досягання продукції [24].

Поливна норма — це кількість води, яку необхідно подати за один полив на одиницю площі для доведення вологості активного шару ґрунту до оптимального рівня. Вона залежить від глибини зволоження шару, щільності ґрунту, найменшої вологоємності, допустимого передполивного порогу вологості та частки площі, що фактично зволожується при краплинному поливі [7].

Для умов краплинного зрошення поливна норма визначається не для суцільного зволоження всієї площі поля, а з урахуванням локального зволоження прикореневої зони рослин. Це дозволяє зменшити обсяг води, що подається на поле, і підвищити ефективність її використання. Розрахункова поливна норма нетто визначається за формулою:

$$m = 10\gamma H(\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{доп}}) \cdot S \quad (3.6)$$

де m - розрахункове значення поливної норми, мм;

H - розрахункова глибина кореневмісного шару ґрунту, м;

γ - щільність ґрунту розрахункового шару, т/м³ або г/см³;

$\beta_{\text{нв}}$ та $\beta_{\text{доп}}$ - вологість ґрунту, що відповідає найменшій вологоємності

та допустимому порогу висушування, %

S - частка площі живлення рослин.

Глибина розрахункового шару ґрунту приймається залежно від культури та особливостей розвитку її кореневої системи. Для овочевих культур основна маса активних коренів розміщується переважно в шарі 0,3–0,6 м. Для огірків і цибулі розрахунковий шар може бути дещо меншим, оскільки їх коренева система розміщується ближче до поверхні ґрунту. Для помідорів, капусти та

баклажанів розрахунковий шар приймається більшим, оскільки ці культури формують більш розвинену кореневу систему.

Для систем краплинного зрошення коефіцієнт корисної дії є високим, оскільки вода подається безпосередньо в кореневу зону рослин, а втрати на випаровування, поверхневий стік і глибоку фільтрацію є мінімальними. У проєкті приймається коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі $\eta = 0,96$.

Зрошувальна норма — це загальна кількість води, яку необхідно подати культурі за весь вегетаційний період.

Зрошувальна норма залежить від сумарного водоспоживання культури, кількості ефективних атмосферних опадів, запасів продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетації, тривалості вегетаційного періоду та біологічних особливостей рослин.

Для умов Павлоградського району, де атмосферні опади протягом вегетаційного періоду розподіляються нерівномірно, значення ефективних опадів не завжди забезпечує потреби овочевих культур у воді. Тому основна частина дефіциту вологи компенсується за рахунок поливів. Особливо це стосується літнього періоду, коли температура повітря й випаровуваність є найвищими, а потреба культур у воді зростає.

При краплинному зрошенні поливи проводяться частіше, але меншими нормами, ніж при традиційних способах поливу. Такий режим дозволяє підтримувати вологість ґрунту в оптимальних межах і не допускати різких коливань водного режиму. Для овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» поливні норми за один полив приймаються в межах 82–108 м³/га, залежно від культури, фази розвитку рослин і глибини зволоженого шару.

Розрахункові поливні та зрошувальні норми овочевих культур наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок поливних норм за формулою О.М. Костякова

Група культур	γ , г/см ³	Н, м	$\beta_{НВ}$, %	$\beta_{доп}$, % від НВ	$\beta_{доп}$, %	S	m, м ³ /га	Тривалість поливу, год.
Помідори безрозсадні (пізні)	1,31	0,50	25,6	80	20,5	0,34	113	5,24
Помідори розсадні (ранні)	1,30	0,50	25,4	87	22,1	0,31	66	2,84
Капуста білоголова (рання)	1,30	0,50	25,5	89	22,7	0,42	76	2,71
Огірки	1,29	0,50	25,3	89	22,5	0,44	80	2,89
Цибуля ріпчаста	1,30	0,50	25,4	76	19,3	0,72	285	6,28
Баклажани	1,30	0,50	25,5	88	22,4	0,33	67	2,76

Наведені значення враховують біологічні особливості культур і тривалість їх вегетаційного періоду. Найбільшу зрошувальну норму мають огірки, оскільки вони характеризуються поверхневою кореневою системою, високою вимогливістю до вологості ґрунту та тривалим періодом плодоношення. Нестача води для цієї культури швидко призводить до зниження врожайності, погіршення якості плодів і скорочення періоду продуктивного плодоношення.

Помідори безрозсадні, пізні, також потребують значної кількості води, оскільки мають тривалий вегетаційний період і формують урожай у літній період, коли дефіцит води є найбільшим. Основна кількість поливів припадає на період цвітіння, зав'язування та росту плодів. У цей час необхідно підтримувати стабільну вологість ґрунту, оскільки різкі коливання водного режиму можуть призводити до розтріскування плодів, зниження товарності та нерівномірного дозрівання.

Помідори розсадні, ранні, мають меншу зрошувальну норму порівняно з пізніми безрозсадними помідорами, оскільки їх вегетаційний період

коротший. Водночас після висаджування розсади необхідно забезпечити достатнє зволоження ґрунту для приживлення рослин. Надалі поливи проводяться з урахуванням фаз розвитку культури та погодних умов.

Капуста білоголова рання потребує достатнього зволоження у період наростання листової маси та формування головки. Недостатня кількість води в цей період призводить до формування дрібних, нещільних головок і зниження якості продукції. Водночас надмірне зволоження також є небажаним, оскільки може сприяти розвитку хвороб і погіршенню повітряного режиму ґрунту.

Цибуля ріпчаста має порівняно меншу зрошувальну норму, оскільки її потреба у воді змінюється протягом вегетації. Найбільше зволоження потрібне у період формування листової маси та початку утворення цибулини. Наприкінці вегетації поливи скорочують або припиняють, щоб забезпечити досягання цибулин, покращити їх лежкість і зменшити ризик ураження хворобами.

Баклажани належать до теплолюбних культур, які потребують стабільного водозабезпечення впродовж усього вегетаційного періоду. Найбільш критичними є фази цвітіння, зав'язування та росту плодів. Недостатнє зволоження в цей час призводить до опадання зав'язі, зменшення розміру плодів і зниження загальної врожайності.

3.6 Календарний план зрошення овочевої сівозміни

Календарний план зрошення овочевої сівозміни складається для визначення строків проведення поливів, їх кількості, тривалості, черговості включення окремих ділянок у роботу та загального розподілу потреби у воді протягом вегетаційного періоду. Такий план є необхідним елементом проєктування системи краплинного зрошення, оскільки він дає змогу узгодити біологічні потреби овочевих культур у волозі з технічними можливостями

насосного обладнання, фільтраційної станції, трубопровідної мережі та джерела зрошення.

Для фермерського господарства «Успіх» календарний план зрошення розробляється для шести культур овочевої сівозміни: помідорів безрозсадних пізніх, помідорів розсадних ранніх, капусти білоголової ранньої, огірків, цибулі ріпчастої та баклажанів. Ці культури мають різні строки сівби або висаджування розсади, різну тривалість вегетаційного періоду та неоднакову потребу у воді протягом сезону. Тому графік поливів повинен забезпечувати не одночасну максимальну подачу води на всі ділянки, а раціональне чергування поливів відповідно до потреб кожної культури.

Краплинне зрошення передбачає частіші поливи невеликими нормами. Це дозволяє підтримувати вологість ґрунту в оптимальних межах, не допускаючи значного пересихання або перезволоження кореневмісного шару. У попередньому підрозділі для овочевих культур було прийнято поливні норми в межах 52–285 м³/га, залежно від культури, коефіцієнта зволоження площі та допустимого передполивного порогу вологості. Найменші поливні норми характерні для помідорів розсадних ранніх і баклажанів, а найбільша — для цибулі ріпчастої, що пов'язано з особливостями її схеми посіву та часткою зволоженої площі.

Під час складання календарного плану враховують, що потреба культур у воді змінюється протягом вегетаційного періоду. На початку росту потреба у воді є меншою, оскільки рослини мають невелику листову поверхню та слабше випаровують вологу. У період інтенсивного росту, цвітіння, зав'язування плодів і формування товарної продукції водоспоживання різко зростає. Наприкінці вегетації, особливо для цибулі ріпчастої та ранніх культур, потреба у поливах поступово зменшується.

Для помідорів безрозсадних пізніх основний період зрошення припадає на червень, липень і серпень. У цей час рослини проходять фази активного росту, цвітіння, зав'язування та формування плодів. Найбільша кількість води

потрібна в липні та серпні, коли температура повітря є найвищою, а випаровуваність значною. Поливи проводять регулярно, невеликими нормами, щоб уникнути різких коливань вологості ґрунту, які можуть спричиняти осипання зав'язі або розтріскування плодів.

Помідори розсадні ранні починають потребувати зрошення раніше, оскільки після висаджування розсади необхідно забезпечити її приживлення. Основні поливи для цієї культури проводять у травні, червні та липні. У період формування ранньої продукції вологість ґрунту має підтримуватися на стабільному рівні. Після завершення основного плодоношення потреба у воді поступово зменшується.

Капуста білоголова рання потребує достатнього зволоження з моменту висаджування розсади й до формування головок. Найбільш відповідальним є період наростання листової маси та зав'язування головки. Недостатнє зволоження в цей період призводить до утворення дрібних, нещільних головок і зниження товарності продукції. Основні поливи капусти проводять у квітні, травні та червні, а в липні їх кількість зменшують або припиняють залежно від строків збирання.

Огірки є однією з найбільш вологолюбних культур овочевої сівозміни. Їхня коренева система розташована переважно у верхньому шарі ґрунту, тому вони швидко реагують на нестачу вологи. Основний період поливів огірків припадає на червень, липень і серпень, особливо під час цвітіння та плодоношення. У цей період поливи мають бути частими, але помірними за нормою, щоб підтримувати стабільну вологість ґрунту без перезволоження.

Цибуля ріпчаста потребує достатнього зволоження у першій половині вегетації, коли формується листової маса та починається утворення цибулини. Основні поливи проводять у травні та червні. У липні норму та кількість поливів поступово зменшують, а перед збиранням урожаю поливи припиняють, щоб забезпечити досягання цибулин, покращити їх лежкість і зменшити ризик ураження хворобами.

Баклажани належать до теплолюбних культур із тривалим періодом вегетації. Вони потребують стабільного зволоження в період цвітіння, зав'язування та росту плодів. Основні поливи проводять у червні, липні, серпні та частково у вересні. Особливо важливо не допускати пересихання ґрунту в період масового плодоношення, оскільки це призводить до зменшення розміру плодів, погіршення їх якості та зниження врожайності.

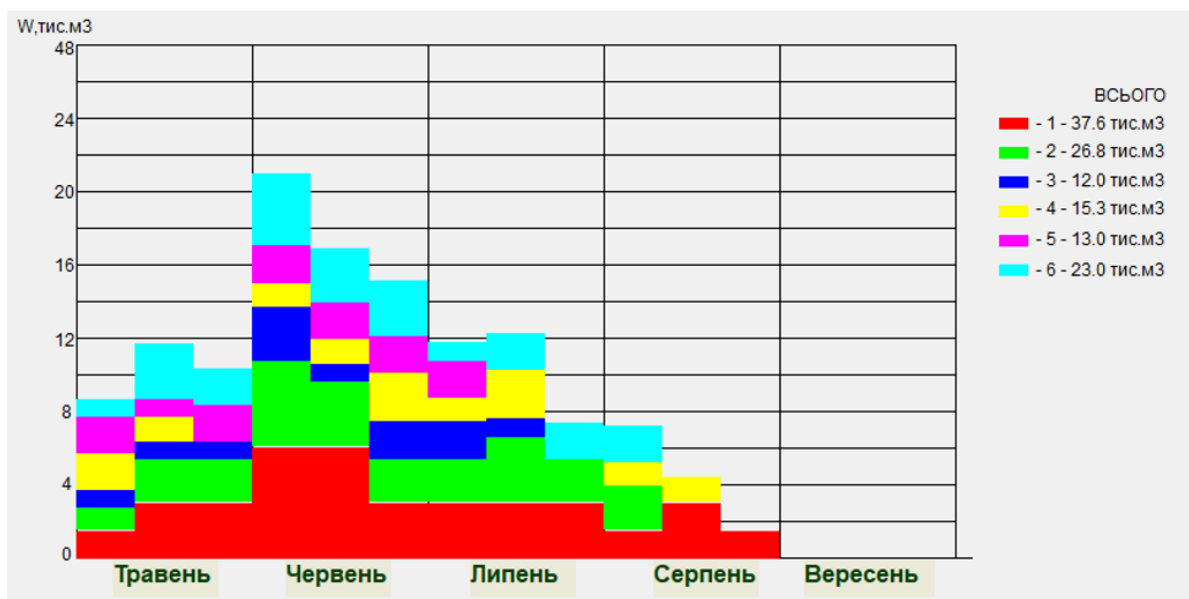


Рисунок 3.1 - Графік подачі води на сівозміну

Графік розподілу поливів відображає календарний розподіл поливних заходів за днями протягом усього вегетаційного періоду. Він дає змогу визначити конкретні дати проведення поливів, загальну кількість поливів за період вегетації, а також обсяги води, які необхідно подати на кожне окреме поле. Використання такого графіка забезпечує раціональне планування

З метою усунення виявлених недоліків такий графік підлягає перебудові (укомплектуванню) таким чином, щоб значення ординат упродовж усього поливного періоду були рівномірними або максимально наближеними одне до одного. При цьому величину гідромодуля доцільно, за можливості, обмежити

значенням не більше 0,7 л/(с·га), а період дії максимальних витрат має тривати не менше 10 діб.

Гідромодуль — це витрата води, яку необхідно подати на 1 га зрошуваної площі; його величину визначають за відповідною формулою.

$$q = \frac{Q_{\text{сiв}}^{\text{max}}}{F_{\text{сiв}}} \quad (3.8)$$

де $Q_{\text{сiв}}^{\text{max}}$ - максимальна витрата води, яку необхідно подати на сівозміну, л/с;
 $F_{\text{сiв}}$ - зрошувана площа сівозміни, га.

У даному випадку неукомплектований графік поливів свідчить про максимальні витрати води в липні, коли наприкінці першої декади виникає потреба у проведенні поливу майже на всіх зрошуваних ділянках.

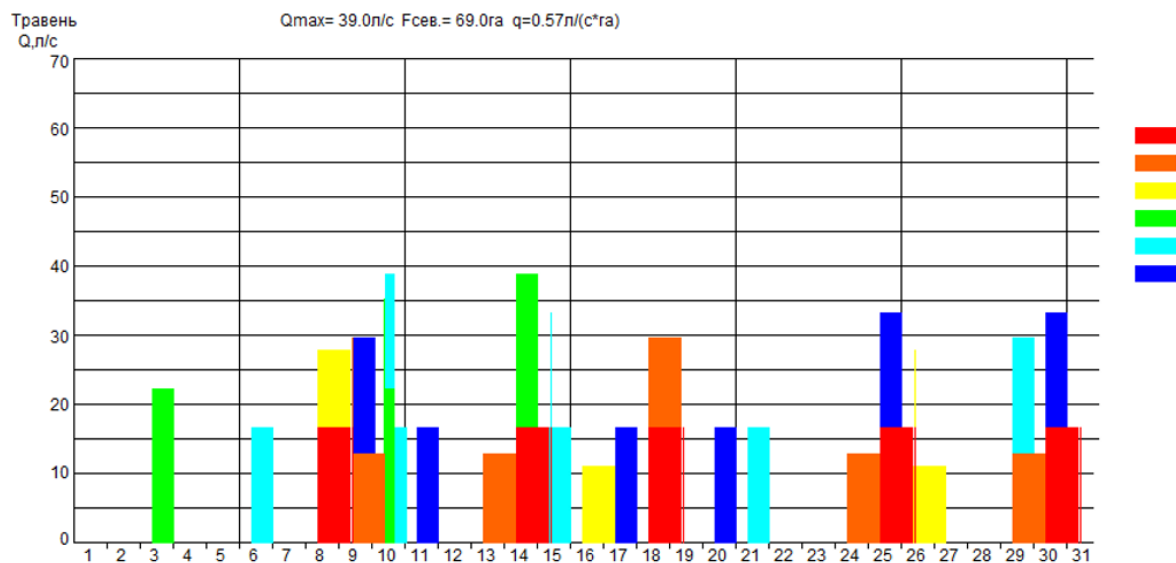


Рисунок 3.2 - Укомплектований графік поливу зрошуваної сівозміни за травень

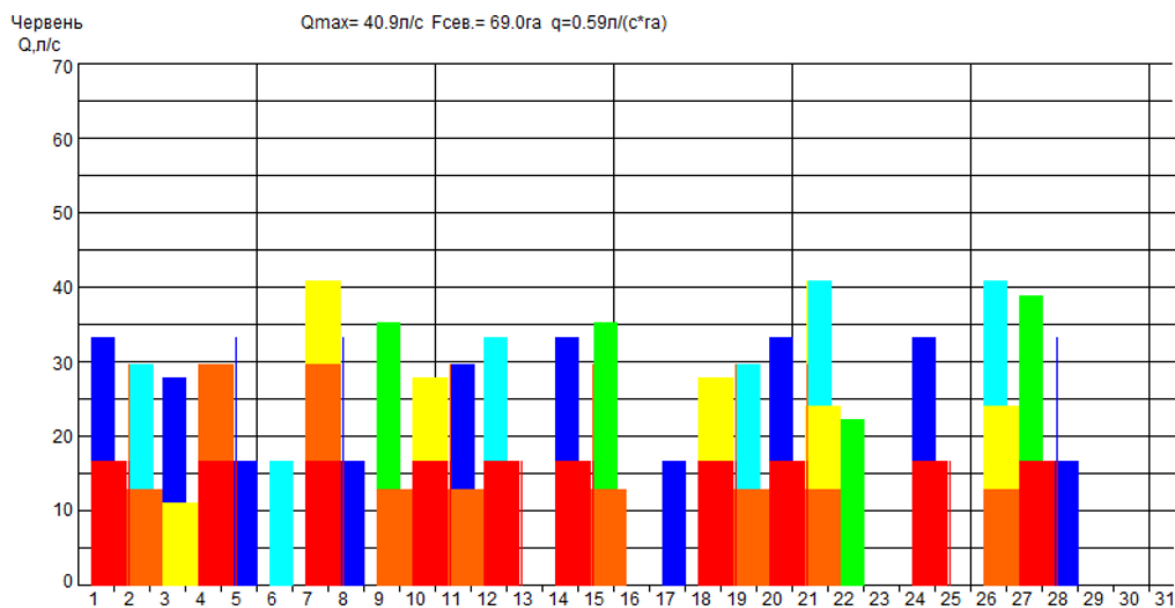


Рисунок 3.3 - Укомплектований графік поливу зрошуваної сівозміни за червень

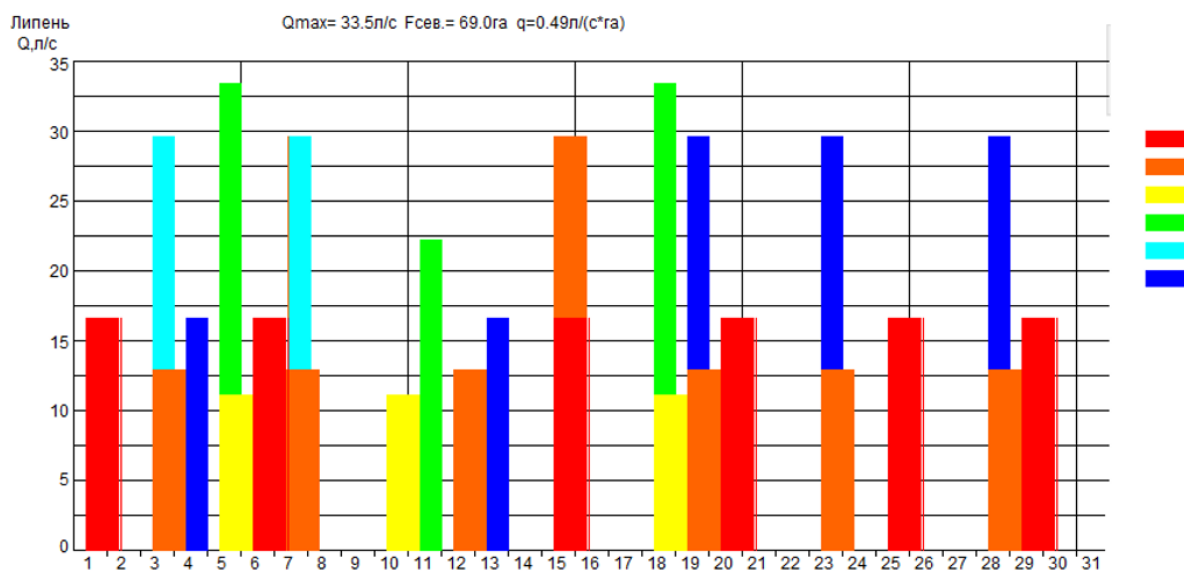


Рисунок 3.4 - Укомплектований графік поливу зрошуваної сівозміни за липень

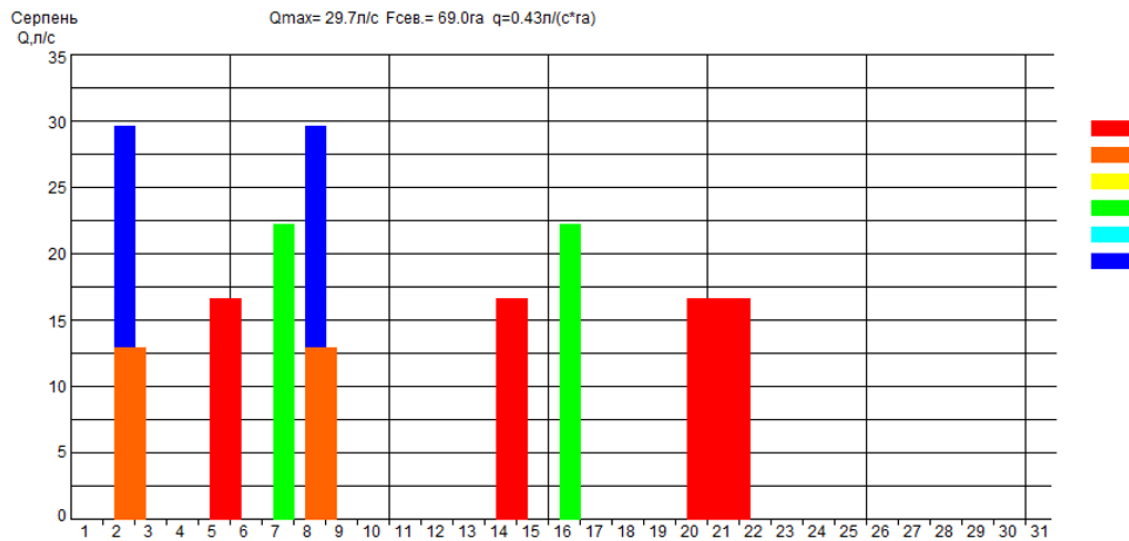


Рисунок 3.4 - Укомплектований графік поливу зрошуваної сівозміни за серпень

Укомплектування графіка поливів здійснюють шляхом коригування строків проведення поливів, зазвичай зі зміщенням дат на 2–5 діб. За наявності значної кількості поливів і зрошуваних ділянок укомплектування, як правило, виконують у помісячному розрізі.

В укомплектованому графіку поливів максимальна витрата складає 29,7 л/с, при зрошуваній площі 69,0 га, $q=0,43$ л/(с·га).

4 ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

4.1 Вибір конструктивної схеми системи зрошення

Проеєтування системи зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» передбачає вибір такої конструктивної схеми, яка забезпечує надійну подачу води від джерела зрошення до кожної поливної ділянки, рівномірний розподіл води між культурами, стабільний робочий тиск у краплинних лініях і можливість регулювання поливного режиму відповідно до потреб окремих культур. Конструктивна схема повинна відповідати природним умовам Павлоградського району, прийнятій структурі овочевої сівозміни, площі зрошення, джерелу водопостачання, рельєфу території та вимогам ефективного використання водних ресурсів [6].

Для фермерського господарства «Успіх» приймається закрыта напірна система краплинного зрошення. Така схема є найбільш доцільною для овочевої сівозміни, оскільки вона забезпечує подачу води трубопроводами без втрат на фільтрацію та випаровування, дає змогу підтримувати необхідний тиск у мережі та забезпечує можливість поділу зрошуваного масиву на окремі поливні ділянки. Закрыта трубопровідна мережа також є зручною для експлуатації, не займає значних площ на полі та не перешкоджає виконанню основних агротехнічних операцій.

Основними елементами запроєктованої системи зрошення є джерело водопостачання, водозабірний пристрій, насосне обладнання, фільтраційна станція, головний трубопровід, розподільні трубопроводи, запірно-регулювальна арматура, краплинні стрічки, емітери, вузли контролю тиску та промивні пристрої. Усі елементи системи мають працювати узгоджено, забезпечуючи безперервну або періодичну подачу води відповідно до календарного плану зрошення.

Вода із джерела зрошення забирається насосним обладнанням і подається до фільтраційної станції. Фільтраційна станція є обов'язковим елементом системи краплинного зрошення, оскільки вона забезпечує очищення води від механічних домішок, піску, мулу, органічних часток та інших включень, які можуть спричинити засмічення емітерів. Після очищення вода надходить у головний трубопровід, а потім через розподільні трубопроводи подається до окремих поливних ділянок овочевої сівозміни [23].

Головний трубопровід виконує функцію транспортування основної витрати води від насосно-фільтраційного вузла до зрошуваного масиву. Його діаметр визначається за результатами гідравлічного розрахунку з урахуванням розрахункової витрати води, довжини траси, допустимих втрат напору та необхідного робочого тиску в системі. Для головного трубопроводу доцільно застосовувати поліетиленові напірні труби, які мають достатню міцність, стійкість до корозії, невелику шорсткість внутрішньої поверхні та зручні в монтажі.

Розподільні трубопроводи призначені для подачі води від головного трубопроводу до окремих поливних ділянок. Вони забезпечують поділ зрошуваного масиву на ділянки відповідно до структури овочевої сівозміни. Такий поділ є необхідним, оскільки різні культури мають неоднакові строки поливів, різну потребу у воді та різну тривалість вегетаційного періоду. Завдяки розподільній мережі можна вмикати в роботу окремі ділянки, не подаючи воду одночасно на всю площу.

Полівні ділянки формуються відповідно до прийнятої структури овочевої сівозміни. У сівозміні передбачено 30 ділянок, із яких 6 ділянок займають помідори безрозсадні пізні, 6 ділянок — помідори розсадні ранні, 6 ділянок — капуста білоголова рання, 4 ділянки — огірки, 4 ділянки — цибуля ріпчаста та 4 ділянки — баклажани. Такий поділ дає змогу організувати полив по чергові, відповідно до календарного плану зрошення, і зменшити одночасне навантаження на насосне обладнання та фільтраційну станцію.

Безпосередній полив рослин здійснюється за допомогою краплинних стрічок, які укладаються вздовж рядків або стрічок посадки овочевих культур. Для системи прийнято краплинну стрічку Aqua TraXX ERA 5061245 з вбудованими емітерами. Через емітери вода подається малими витратами безпосередньо в прикореневу зону рослин, що забезпечує локальне зволоження ґрунту, зменшує непродуктивні втрати води та підтримує оптимальні умови для розвитку кореневої системи.

Краплинні лінії розміщуються з урахуванням схем посадки культур. Для помідорів безрозсадних пізніх прийнята схема $120+60\times 30$ см, для помідорів розсадних ранніх — $90+50\times 60$ см, для капусти білоголової ранньої — $90+50\times 30$ см, для огірків — $160+50\times 30$ см, для цибулі ріпчастої — $60+15+15+15\times 7$ см, для баклажанів — $90+50\times 30$ см. При дворядкових схемах посадки краплинну стрічку доцільно розміщувати між рядками в межах стрічки посадки або вздовж кожного рядка залежно від ширини міжряддя та умов зволоження ґрунту.

Конструктивна схема системи має передбачати можливість регулювання витрати води на окремих ділянках. Для цього на розподільних трубопроводах встановлюють запірно-регулювальну арматуру, яка дозволяє вмикати або вимикати окремі поливні ділянки, змінювати режим подачі води, виконувати ремонт або технічне обслуговування без зупинки всієї системи. Таке рішення підвищує гнучкість експлуатації та дозволяє краще враховувати потреби кожної культури.

Важливою умовою стабільної роботи краплинного зрошення є підтримання необхідного тиску в мережі. Для цього в системі передбачаються манометри, регулятори тиску та контрольні вузли. Манометри встановлюють до і після фільтраційної станції, а також у характерних точках трубопровідної мережі. Це дає змогу контролювати втрати напору, своєчасно визначати забруднення фільтрів і підтримувати необхідні умови роботи емітерів.

На кінцевих ділянках трубопроводів і краплинних ліній необхідно передбачити промивні пристрої або заглушки. Під час експлуатації в трубопроводах можуть накопичуватися механічні домішки, мул, пісок або біологічні включення. Періодичне промивання мережі дозволяє запобігти засміченню емітерів, підтримувати рівномірність водоподачі та продовжити строк служби елементів системи.

З огляду на рівнинний і слабкохвилястий характер території фермерського господарства «Успіх», прокладання закритої трубопроводної мережі є технічно доцільним. Невеликі ухили поверхні дозволяють раціонально розмістити головний і розподільні трубопроводи, мінімізувати втрати напору та забезпечити зручність експлуатації. При цьому траси трубопроводів бажано прокладати вздовж меж полів або польових доріг, щоб вони не заважали проведенню механізованих робіт.

Для зменшення витрат на будівництво і підвищення надійності експлуатації система повинна мати просту й зрозумілу конструкцію. Найбільш доцільною є схема, за якої вода від насосно-фільтраційного вузла подається головним трубопроводом до центру або верхньої частини зрошуваного масиву, а далі розподіляється по окремих ділянках за допомогою розподільних трубопроводів. Така схема дає змогу зменшити довжину трубопроводів, втрати напору та забезпечити рівномірні умови водоподачі.

Перевагою прийнятої конструктивної схеми є можливість почергового поливу культур. Оскільки максимальна потреба у воді не для всіх культур настає одночасно, система може працювати за графіком, у якому окремі ділянки підключаються до поливу в різний час. Це дозволяє зменшити розрахункову витрату води, оптимізувати продуктивність насосного обладнання та знизити енерговитрати.

Конструктивна схема також повинна враховувати вимоги до охорони ґрунтів. Краплинне зрошення забезпечує локальну подачу води, не створює значного поверхневого стоку та не спричиняє розмиву ґрунту. Закрита

трубопровідна мережа зменшує втрати води на шляху від джерела до рослин, а фільтраційна станція забезпечує захист краплинних ліній від засмічення. У сукупності це сприяє раціональному використанню водних ресурсів і збереженню агроеліоративного стану земель.

Загальна послідовність роботи системи зрошення має такий вигляд: забір води з джерела, подача її насосним обладнанням до фільтраційної станції, очищення води, транспортування головним трубопроводом, розподіл по поливних ділянках, подача в краплинні стрічки та локальне зволоження кореневої зони рослин. Така схема забезпечує повний технологічний цикл подачі води від джерела до рослини.

Для наочності конструктивну схему системи можна описати так:

джерело зрошення → водозабірний пристрій → насосне обладнання → фільтраційна станція → головний трубопровід → розподільні трубопроводи → запірно-регулювальна арматура → краплинні стрічки → емітери → коренева зона рослин.

Прийнята конструктивна схема дозволяє забезпечити нормовану подачу води до кожної культури овочевої сівоzmіни. Вона є гнучкою, оскільки дає можливість керувати поливом окремих ділянок, і водночас достатньо простою для експлуатації в умовах фермерського господарства. Використання поліетиленових трубопроводів і сезонних краплинних стрічок забезпечує технологічність монтажу та можливість оперативного обслуговування системи.

Таким чином, для фермерського господарства «Успіх» приймається закрыта напірна система краплинного зрошення з насосною подачею води, фільтраційною станцією, головним і розподільними трубопроводами, запірно-регулювальною арматурою та краплинними стрічками Aqua TraXX ERA 5061245. Така конструктивна схема відповідає умовам Павлоградського району, структурі овочевої сівоzmіни, вимогам водозбереження та забезпечує рівномірне зволоження кореневмісного шару ґрунту.

Отже, вибрана конструктивна схема системи зрошення є технічно обґрунтованою та придатною для впровадження у фермерському господарстві «Успіх». Вона забезпечує ефективне транспортування й розподіл води, можливість почергового поливу окремих ділянок, захист емітерів від засмічення, стабільний робочий тиск у мережі та раціональне використання водних ресурсів під час вирощування овочевої сівозміни.

4.2 Проектування закритої зрошувальної мережі

Проектування закритої зрошувальної мережі є одним із основних етапів розроблення системи краплинного зрошення овочевої сівозміни. Закрита мережа забезпечує транспортування води від джерела зрошення та насосно-фільтраційного вузла до окремих поливних ділянок без відкритого руху води по каналах або лотках. Така схема є найбільш доцільною для умов фермерського господарства «Успіх», оскільки вона дає змогу зменшити втрати води, забезпечити необхідний робочий тиск у краплинних лініях, підвищити надійність експлуатації та раціонально використовувати площу полів.

Закрита зрошувальна мережа проектується як напірна трубопровідна система, що складається з головного трубопроводу, розподільних трубопроводів, поливних трубопроводів, краплинних стрічок, запірно-регулювальної арматури, гідрантів, промивних пристроїв і контрольних вузлів. Вода після очищення на фільтраційній станції надходить у головний трубопровід, далі розподіляється між окремими ділянками овочевої сівозміни та подається в краплинні стрічки, через які надходить безпосередньо до кореневої зони рослин.

Основним завданням проектування закритої мережі є забезпечення рівномірного розподілу води між усіма поливними ділянками. При цьому необхідно враховувати площу зрошення, конфігурацію полів, розміщення культур, довжину трубопроводів, втрати напору, розрахункову витрату води,

робочий тиск краплинної стрічки та особливості рельєфу. Для краплинного зрошення особливо важливо забезпечити стабільний тиск на вході в поливні лінії, оскільки від цього залежить рівномірність роботи емітерів.

Зрошуваний масив фермерського господарства «Успіх» поділяється на окремі поливні ділянки відповідно до проєктної овочевої сівозміни. У сівозміні передбачено 30 ділянок, на яких розміщуються помідори безрозсадні пізні, помідори розсадні ранні, капуста білоголова рання, огірки, цибуля ріпчаста та баклажани. Поділ масиву на окремі ділянки дозволяє здійснювати полив по чергові, відповідно до календарного плану зрошення, і не перевантажувати насосне обладнання та фільтраційну станцію одночасною подачею води на всю площу.

Загальна зрошувана площа нетто приймається 63,26 га, а площа брутто — 68,65 га. Коефіцієнт земельного використання становить 0,96, що свідчить про раціональне використання території зрошуваного масиву. Такий показник враховує, що частина площі зайнята польовими дорогами, елементами трубопроводної мережі, технологічними проходами та допоміжною інфраструктурою. При проєктуванні закритої мережі необхідно забезпечити таке розміщення трубопроводів, щоб вони не заважали механізованому обробітку ґрунту та догляду за культурами.

Головний трубопровід є основною магістраллю системи. Він транспортує воду від насосно-фільтраційного вузла до розподільної мережі. Його трасу доцільно прокласти вздовж межі зрошуваного масиву або польової дороги, щоб забезпечити зручний доступ для обслуговування й одночасно не порушувати структуру полів. Діаметр головного трубопроводу визначається за розрахунковою витратою води та допустимими втратами напору.

Розподільні трубопроводи відгалужуються від головного трубопроводу та подають воду до окремих поливних ділянок. Їх розміщують таким чином, щоб довжина підводів до краплинних ліній була мінімальною, а умови подачі води — приблизно однаковими для всіх ділянок. На початку кожного розподільного

трубопроводу передбачають встановлення запірної арматури, що дозволяє відключати окремі ділянки, регулювати черговість поливів і виконувати ремонтні роботи без зупинки всієї системи.

Поливні трубопроводи забезпечують безпосереднє підключення краплинних стрічок до розподільної мережі. Вони розміщуються вздовж країв поливних ділянок або перпендикулярно до напрямку краплинних ліній. До поливних трубопроводів за допомогою старт-конекторів або відповідних фітінгів під'єднуються краплинні стрічки. Така схема дозволяє рівномірно розподіляти воду по всій довжині ділянки та за необхідності відключати окремі лінії.

Для краплинного зрошення овочевої сівозміни прийнято краплинну стрічку Aqua TraXX ERA 5061245. Вона укладається вздовж рядків або стрічок посадки відповідно до прийнятих схем розміщення культур. При дворядкових схемах посадки стрічка може розташовуватися між двома рядками в межах стрічки посадки, а за необхідності — вздовж кожного рядка. Для цибулі ріпчастої, яка висівається за багаторядковою схемою, краплинну стрічку розміщують так, щоб забезпечити зволоження всієї смуги посіву.

Закрита мережа проєктується з поліетиленових напірних труб. Поліетиленові труби мають низку переваг: вони стійкі до корозії, мають гладку внутрішню поверхню, невелику масу, зручні для транспортування та монтажу, а також забезпечують надійну експлуатацію в польових умовах. Для головного і розподільних трубопроводів доцільно застосовувати труби з поліетилену, розраховані на роботу під тиском, із запасом міцності відповідно до робочого тиску системи.

У проєкті попередньо приймається використання поліетиленових труб типу ПЕ 63 SDR 17,6 з робочим тиском до 0,6 МПа. Остаточні діаметри окремих ділянок трубопроводної мережі встановлюються за результатами гідравлічного розрахунку з урахуванням витрат води, довжини ділянок, швидкості руху води та допустимих втрат напору. Для головного

трубопроводу може бути прийнято більший діаметр, а для розподільних і поливних трубопроводів — менші діаметри відповідно до витрати, яку вони пропускають.

Протяжність трубопроводної мережі залежить від конфігурації зрошуваного масиву, кількості поливних ділянок і місця розташування насосно-фільтраційного вузла. Загальна довжина закритої мережі попередньо приймається близько 1745 м, що забезпечує подачу води до всіх ділянок овочевої сівозміни. Точне значення довжини уточнюється після розроблення плану розміщення трубопроводів і поливних ділянок.

На мережі необхідно передбачити встановлення гідротехнічних і експлуатаційних елементів. До них належать гідранти, оглядові колодязі, вантузи, скидні пристрої, засувки, крани, регулятори тиску та промивні вузли. Гідранти забезпечують підключення окремих ділянок до системи, оглядові колодязі — доступ до арматури та вузлів керування, вантузи — видалення повітря з трубопроводів, а скидні пристрої — спорожнення мережі або промивання окремих ділянок.

Вантузи встановлюються у найвищих точках трубопроводної мережі або на ділянках, де можливе накопичення повітря. Наявність повітря в трубопроводах може порушувати рівномірність водоподачі, спричиняти гідравлічні удари та знижувати ефективність роботи системи. Тому видалення повітря є необхідною умовою стабільної експлуатації закритої напірної мережі.

Скидні пристрої розміщуються у найнижчих точках мережі або на кінцевих ділянках трубопроводів. Вони необхідні для спорожнення системи після завершення поливного сезону, промивання трубопроводів, видалення осаду та підготовки мережі до зимового періоду. У системах краплинного зрошення промивання має особливе значення, оскільки накопичення механічних домішок може призводити до засмічення емітерів.

Для керування роботою мережі на початку кожної поливної ділянки встановлюють запірно-регулювальну арматуру. Вона дозволяє відкривати або закривати подачу води на окремі ділянки, регулювати витрату й тиск, а також виконувати ремонт або технічне обслуговування. Такий підхід забезпечує гнучкість роботи системи та дає змогу організувати полив відповідно до потреб культур.

При проєктуванні закритої мережі враховується допустима швидкість руху води в трубопроводах. Надто мала швидкість може спричиняти замулення та накопичення осаду, а надто велика — збільшення втрат напору, гідравлічні удари та підвищене навантаження на труби й арматуру. Для поліетиленових напірних труб у зрошувальних системах швидкість води зазвичай приймають у межах, що забезпечують економічну й надійну роботу мережі.

Розрахункова витрата води для закритої мережі визначається з урахуванням площі одночасного поливу, прийнятої поливної норми, тривалості поливу та коефіцієнта корисної дії системи. Оскільки система працює почергово по ділянках, розрахункова витрата не дорівнює витраті для одночасного поливу всієї площі. Це дозволяє зменшити діаметри трубопроводів, потужність насосного обладнання та загальну вартість системи.

Попередньо для системи приймається розрахункова витрата води 42,0 л/с, що забезпечує можливість проведення поливів відповідно до календарного плану зрошення. Така витрата повинна бути забезпечена насосним обладнанням і пропускною здатністю головного трубопроводу. На наступному етапі проєктування виконується гідравлічний розрахунок мережі, у якому уточнюються діаметри трубопроводів, втрати напору та необхідний напір насосної установки.

Під час трасування трубопроводів необхідно враховувати рельєф території. Оскільки ділянка має переважно рівнинний або слабкохвилястий характер, значні перепади висот відсутні, що полегшує проєктування напірної

мережі. Водночас навіть незначні ухили можуть впливати на тиск у трубопроводах, тому під час розрахунку необхідно враховувати геодезичні відмітки характерних точок системи.

Закрита зрошувальна мережа повинна бути зручною для експлуатації та технічного обслуговування. Для цього основні вузли керування, засувки, регулятори тиску й промивні пристрої розміщують у доступних місцях. Оглядові колодязі повинні забезпечувати можливість вільного доступу до арматури, а траси трубопроводів мають бути нанесені на план зрошуваного масиву, щоб уникнути їх пошкодження під час польових робіт.

Важливою перевагою закритої трубопровідної мережі є зменшення втрат води. На відміну від відкритих каналів, у трубопроводах відсутні втрати на фільтрацію через дно й укоси, значно зменшується випаровування, не відбувається заростання русел і замулення відкритих водопровідних споруд. Це особливо важливо для умов Павлоградського району, де водні ресурси необхідно використовувати максимально ощадливо.

Закрита мережа також має екологічні переваги. Вона зменшує ризик перезволоження прилеглих земель, підтоплення, розвитку ерозійних процесів і втрат води за межі зрошуваного масиву. Крім того, трубопровідна система краще поєднується з краплинним способом поливу, оскільки забезпечує подачу води під необхідним тиском і створює умови для точного дозування води через емітери.

Для узагальнення прийнятих рішень основні параметри закритої зрошувальної мережі наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні параметри закритої зрошувальної мережі

Показник	Одиниця виміру	Значення
Тип зрошувальної мережі	—	закрита напірна
Спосіб поливу	—	краплинний
Зрошувана площа бруutto	га	68,65
Зрошувана площа нетто	га	63,26
Коефіцієнт земельного використання	—	0,96
Коефіцієнт корисної дії мережі	—	0,96
Кількість поливних ділянок	шт.	30
Розрахункова витрата води	л/с	42,0
Середньозважена зрошувальна норма нетто	м³/га	2820
Загальна довжина трубопроводів	м	1745
Матеріал труб	—	поліетилен
Тип краплинної стрічки	—	Aqua TraXX ERA 5061245

Таким чином, закрита зрошувальна мережа фермерського господарства «Успіх» проектується як напірна трубопровідна система, що забезпечує подачу води від насосно-фільтраційного вузла до 30 поливних ділянок овочевої сівозміни. Основними елементами мережі є головний трубопровід, розподільні та поливні трубопроводи, краплинні стрічки, запірно-регулювальна арматура, гідранти, вантузи, скидні й промивні пристрої.

Отже, прийнята схема закритої зрошувальної мережі відповідає умовам вирощування овочевих культур у Павлоградському районі, забезпечує раціональне використання води, можливість почергового поливу окремих ділянок, стабільний тиск у краплинних лініях і надійну експлуатацію системи протягом усього вегетаційного періоду.

4.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів зрошувальної мережі

Гідравлічний розрахунок трубопроводів зрошувальної мережі виконують з метою визначення основних параметрів руху води в закритій напірній мережі, а саме витрати, швидкості руху води, діаметрів трубопроводів, втрат напору на окремих ділянках та необхідного п'єзометричного напору у вузлах системи. Від правильності цього розрахунку залежить надійність роботи всієї системи краплинного зрошення, рівномірність подачі води до поливних ділянок, стабільність роботи емітерів і ефективність використання насосного обладнання.

Для фермерського господарства «Успіх» проектується закрыта напірна зрошувальна мережа, яка забезпечує подачу води від насосно-фільтраційного вузла до окремих ділянок овочевої сівозміни. Розрахункова витрата води приймається з урахуванням календарного плану зрошення, площі одночасного поливу, прийнятих поливних норм і тривалості роботи системи. Для виконання гідравлічного розрахунку приймається витрата води $Q = 41,5$ л/с, що забезпечує подачу води до поливних ділянок відповідно до прийнятого режиму зрошення.

Гідравлічний розрахунок виконується по окремих ділянках трубопровідної мережі. Кожна ділянка характеризується довжиною, витратою, діаметром трубопроводу, швидкістю руху води та втратами напору. Для закритої зрошувальної мережі приймаються поліетиленові труби, які мають достатню міцність, стійкість до корозії, гладку внутрішню поверхню та добрі експлуатаційні властивості. Матеріал труб — ПЕ.

Для попереднього гідравлічного розрахунку приймається діаметр трубопроводів 220 мм. Такий діаметр забезпечує допустиму швидкість руху води в мережі та не призводить до надмірних втрат напору. Розрахункова швидкість руху води становить близько 1,08 м/с, що є прийнятним для поліетиленових напірних труб у системах зрошення.

Розрахунок втрат напору по ділянках закритої зрошувальної мережі наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гідравлічний розрахунок закритої зрошувальної мережі

№ ділянок	Витрата, л/с	Довжина, м	Діаметр, мм	Швидкість, м/с	Втрати напору, м	Матеріал труб
1	41,5	300	220	1,08	1,70	ПЕ
2	41,5	115	220	1,08	0,65	ПЕ
3	41,5	108	220	1,08	0,61	ПЕ
4	41,5	112	220	1,08	0,63	ПЕ
5	41,5	116	220	1,08	0,66	ПЕ
6	41,5	455	220	1,08	2,58	ПЕ
7	41,5	112	220	1,08	0,63	ПЕ
8	41,5	114	220	1,08	0,64	ПЕ
9	41,5	109	220	1,08	0,62	ПЕ
10	41,5	113	220	1,08	0,64	ПЕ

За результатами розрахунку видно, що найбільші втрати напору спостерігаються на ділянці 6, яка має найбільшу довжину — 455 м. Втрати напору на цій ділянці становлять 2,58 м. На коротших ділянках мережі втрати напору змінюються в межах 0,61–0,66 м, що є допустимим для закритої зрошувальної мережі. На першій ділянці, довжина якої становить 300 м, втрати напору дорівнюють 1,70 м.

Отримані значення свідчать, що прийнятий діаметр трубопроводів забезпечує нормальні гідравлічні умови роботи мережі. Швидкість руху води 1,08 м/с не перевищує допустимих значень для поліетиленових труб і забезпечує достатній режим транспортування води без надмірного збільшення втрат напору.

Для оцінки роботи мережі необхідно також визначити п'єзометричний і вільний напір у вузлах. П'єзометричний напір характеризує енергетичний стан

поток у вузлах трубопроводної мережі, а вільний напір показує запас напору, який може бути використаний для забезпечення нормальної роботи поливних ліній, арматури та краплинних стрічок.

Розрахунок напорів по ділянках наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Напір по ділянках закритої зрошувальної мережі

№ ділянки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	П'єзометричний напір на початку, м	П'єзометричний напір у кінці, м	Вільний напір на початку, м	Вільний напір у кінці, м
1	1	2	150,50	148,80	25,50	18,80
2	2	3	148,80	148,15	18,80	19,15
3	3	4	148,15	147,54	19,15	19,54
4	2	5	148,80	148,17	18,80	17,17
5	5	6	148,17	147,51	17,17	15,51
6	2	7	148,80	146,22	18,80	14,22
7	7	8	146,22	145,59	14,22	14,59
8	8	9	145,59	144,95	14,59	14,95
9	7	10	146,22	145,60	14,22	11,60
10	10	11	145,60	144,96	11,60	10,00

За результатами розрахунку встановлено, що п'єзометричний напір у мережі поступово зменшується в напрямку руху води. На початку першої ділянки він становить 150,50 м, а в кінцевих вузлах найбільш віддалених ділянок зменшується до 144,95–144,96 м. Таке зниження пояснюється втратами напору на тертя в трубопроводах.

Вільний напір у вузлах мережі змінюється в межах від 25,50 м на початку системи до 10,00 м у кінцевому вузлі. Мінімальний вільний напір 10,00 м приймається достатнім для забезпечення роботи краплинних ліній за умови встановлення регуляторів тиску та правильного розподілу води між поливними ділянками. Саме на мінімальний вільний напір необхідно орієнтуватися під час перевірки можливості стабільної роботи емітерів.

Під час експлуатації системи необхідно стежити, щоб тиск у краплинних лініях не перевищував допустимих значень для прийнятої краплинної стрічки. Надмірний тиск може призвести до нерівномірної водоподачі або пошкодження стрічки, а недостатній — до зменшення витрати емітерів і нерівномірного зволоження ґрунту. Для стабілізації роботи системи доцільно передбачити встановлення регуляторів тиску на вході до поливних ділянок.

Загальні втрати напору в мережі складаються з втрат по довжині трубопроводів, місцевих втрат у фасонних частинах, засувках, фільтрах, гідрантах та інших елементах. У попередньому розрахунку основну увагу приділено втратам по довжині ділянок. Для остаточного визначення необхідного напору насосного обладнання ці втрати доповнюються місцевими втратами та втратами на фільтраційній станції.

Отже, загальні втрати напору на найбільш віддаленому напрямку становлять приблизно 6,4 м. Це значення необхідно враховувати під час підбору насосного обладнання та визначення необхідного напору на виході з насосної станції.

Гідравлічний розрахунок показує, що прийнята закрыта зрошувальна мережа забезпечує подачу води до всіх ділянок овочевої сівозміни за допустимих швидкостей і втрат напору. Прийнятий діаметр трубопроводів 220 мм дозволяє транспортувати розрахункову витрату 41,5 л/с зі швидкістю близько 1,08 м/с. Втрати напору на окремих ділянках не перевищують допустимих значень, а вільний напір у кінцевих вузлах залишається достатнім для роботи краплинної мережі.

Таким чином, гідравлічний розрахунок трубопроводів підтверджує працездатність запроєктованої закрытої зрошувальної мережі. Прийняті параметри трубопроводів забезпечують стабільну подачу води, допустимі швидкості руху потоку, прийнятні втрати напору та необхідні умови для функціонування краплинної системи зрошення овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх».

Отже, для закритої зрошувальної мережі приймаються поліетиленові трубопроводи діаметром 220 мм, розрахункова витрата 41,5 л/с, середня швидкість руху води 1,08 м/с, а сумарні втрати напору за найбільш несприятливим напрямком — близько 6,4 м з урахуванням місцевих втрат. Отримані результати є основою для подальшого визначення необхідного напору та підбору насосного обладнання.

Схема до гідравлічного розрахунку зрошувальної мережі

Ключ до ділянки

№-L-Q-D
v-h-Mat

№ - ділянки

L - довжина, м

Q - витрата, л/с

D - діаметр труби, мм

v - швидкість руху води в трубі, м/с

h - втрати напору, м

Mat - матеріал труби

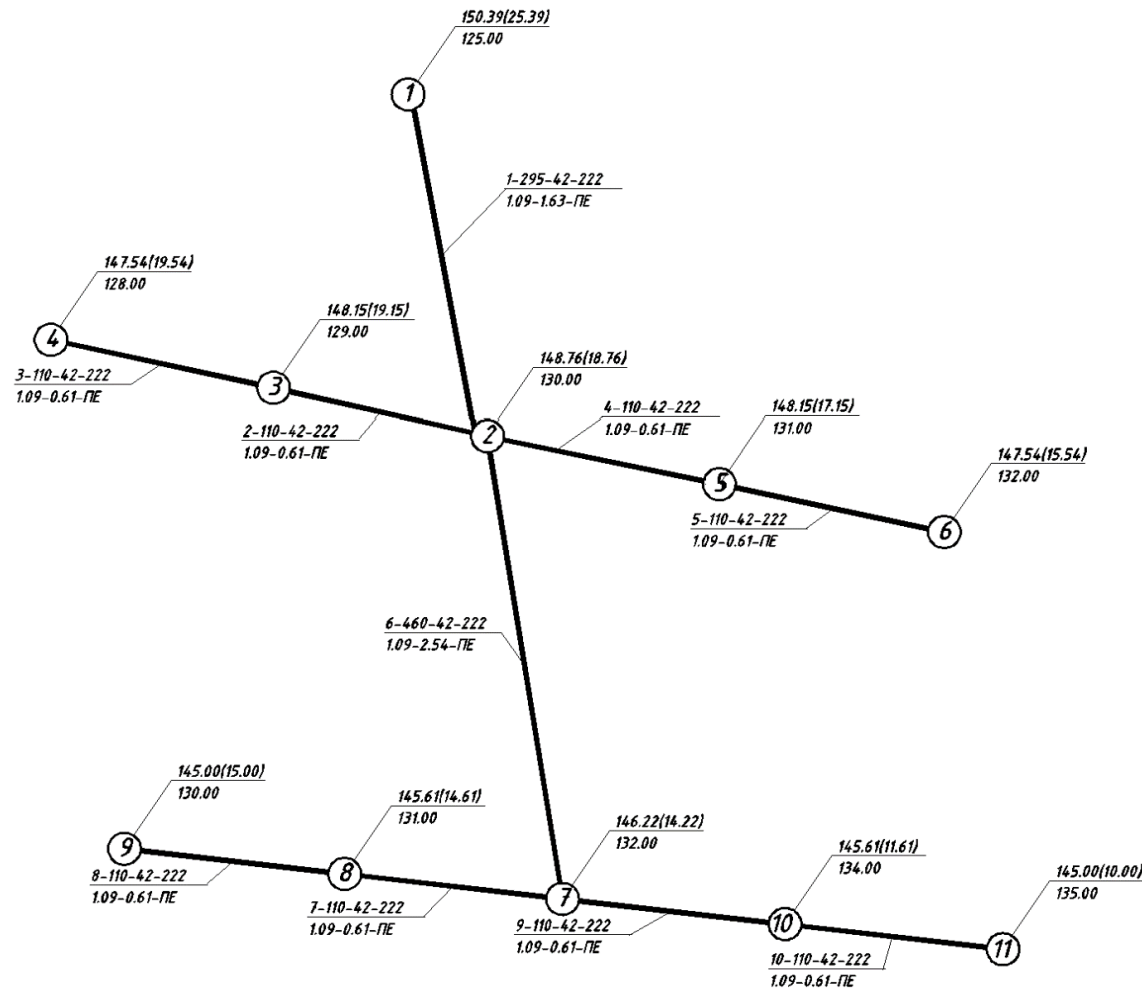


Рисунок 4.1 - Схема до гідравлічного розрахунку зрошувальної мережі

4.4 Визначення витрат води, напорів та підбір насосного обладнання

Визначення розрахункової витрати води, необхідного напору та підбір насосного обладнання є одним із основних етапів інженерного розрахунку системи зрошення. Насосне обладнання повинно забезпечувати подачу необхідної кількості води від джерела зрошення до фільтраційної станції, головного трубопроводу, розподільної мережі та краплинних ліній із напором, достатнім для стабільної роботи емітерів на всіх поливних ділянках.

Для фермерського господарства «Успіх» насосне обладнання підбирається з урахуванням площі овочевої сівозміни, календарного плану зрошення, розрахункової витрати води, втрат напору у трубопровідній мережі, втрат на фільтраційній станції, геодезичної висоти підйому води та необхідного робочого тиску в краплинній мережі. Оскільки система зрошення працює за принципом почергового поливу окремих ділянок, насосна установка підбирається не на одночасний полив усієї площі, а на забезпечення розрахункової витрати в найбільш напружений період водоспоживання.

Розрахункова витрата води для системи краплинного зрошення визначається за площею одночасного поливу, прийнятою поливною нормою та тривалістю подачі води. У загальному вигляді витрата води визначається за формулою:

$$Q = \frac{m \cdot F}{t \cdot 3,6},$$

де

Q — розрахункова витрата води, л/с;

m — поливна норма, м³/га;

F — площа одночасного поливу, га;

t — тривалість поливу, год;

3,6— коефіцієнт переведення м³/год у л/с.

Для запроєктованої системи зрошення приймається розрахункова витрата:

$$Q = 41,5 \text{ л/с.}$$

У перерахунку на м³/с:

$$Q = \frac{41,5}{1000} = 0,0415 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для підбору насосного обладнання витрату води доцільно також подати у м³/год:

$$Q_{\text{год}} = Q \cdot 3,6,$$

де

$Q_{\text{год}}$ — витрата води, м³/год;

Q — витрата води, л/с.

Підставляємо числові значення:

$$Q_{\text{год}} = 41,5 \cdot 3,6 = 149,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, насосна установка повинна забезпечувати подачу води не менше:

$$Q_{\text{нас}} = 149,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З урахуванням технологічного запасу приймаємо продуктивність насосної установки:

$$Q_{\text{нас}} = 150 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сезонна потреба у воді для овочевої сівозміни визначається за середньозваженою зрошувальною нормою та площею зрошення.

Середньозважена зрошувальна норма нетто становить:

$$M_{\text{нетто}} = 2820 \text{ м}^3/\text{га.}$$

Площа зрошення нетто:

$$F_{\text{нетто}} = 63,26 \text{ га.}$$

Сезонна потреба у воді нетто визначається за формулою:

$$W_{\text{нетто}} = M_{\text{нетто}} \cdot F_{\text{нетто}},$$

де

$W_{\text{нетто}}$ — сезонна потреба у воді нетто, м³;

$M_{\text{нетто}}$ — середньозважена зрошувальна норма нетто, м³/га;

$F_{\text{нетто}}$ — площа зрошення нетто, га.

Підставляємо значення:

$$W_{\text{нетто}} = 2820 \cdot 63,26 = 178393,2 \text{ м}^3.$$

З урахуванням коефіцієнта корисної дії зрошувальної мережі сезонна потреба у воді бруutto визначається за формулою:

$$W_{\text{брутто}} = \frac{W_{\text{нетто}}}{\eta},$$

де

$W_{\text{брутто}}$ — сезонна потреба у воді бруutto, м³;

$W_{\text{нетто}}$ — сезонна потреба у воді нетто, м³;

η — коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі.

Приймаємо:

$$\eta = 0,96.$$

Тоді:

$$W_{\text{брутто}} = \frac{178393,2}{0,96} = 185826,3 \text{ м}^3.$$

Отже, для забезпечення овочевої сівозміни водою протягом поливного сезону необхідно подати приблизно:

$$W_{\text{брутто}} = 185,8 \text{ тис. м}^3.$$

Наступним етапом є визначення необхідного напору насосної установки. Повний напір насоса повинен забезпечити підйом води від джерела зрошення, подолання втрат напору в трубопроводах, фільтраційній станції, фасонних частинах і арматурі, а також створити необхідний робочий тиск на вході до краплинної мережі.

Повний розрахунковий напір насосної установки визначається за формулою:

$$H_n = H_r + \sum h_{tr} + h_m + h_{\phi} + H_p,$$

де

H_n — необхідний напір насосної установки, м;

H_r — геодезична висота підйому води, м;

$\sum h_{tr}$ — втрати напору по довжині трубопроводів, м;

h_m — місцеві втрати напору, м;

h_{ϕ} — втрати напору на фільтраційній станції, м;

H_p — необхідний робочий напір у краплинній мережі, м.

За результатами гідравлічного розрахунку сумарні втрати напору в трубопровідній мережі з урахуванням місцевих втрат становлять:

$$\sum h_{tr} + h_m = 6,4 \text{ м.}$$

Геодезична висота підйому води приймається:

$$H_r = 8,0 \text{ м.}$$

Втрати напору на фільтраційній станції приймаються:

$$h_{\phi} = 5,0 \text{ м.}$$

Необхідний робочий напір у краплинній мережі приймається:

$$H_p = 10,0 \text{ м.}$$

Тоді повний напір насосної установки становить:

$$H_{\text{н}} = 8,0 + 6,4 + 5,0 + 10,0 = 29,4 \text{ м.}$$

З метою забезпечення стабільної роботи системи враховується запас напору на можливе забруднення фільтрів, коливання рівня води в джерелі, додаткові місцеві втрати та старіння елементів мережі. Запас приймається на рівні 15 %. Розрахунковий напір із запасом визначається за формулою:

$$H_{\text{розр}} = H_{\text{н}} \cdot K_3,$$

де

$H_{\text{розр}}$ — розрахунковий напір насосної установки із запасом, м;

$H_{\text{н}}$ — повний напір без запасу, м;

K_3 — коефіцієнт запасу.

Приймаємо:

$$K_3 = 1,15.$$

Тоді:

$$H_{\text{розр}} = 29,4 \cdot 1,15 = 33,8 \text{ м.}$$

Отже, для системи краплинного зрошення необхідно прийняти насосну установку з напором не менше:

$$H_{\text{нас}} = 34 \text{ м.}$$

Для забезпечення надійної роботи приймаємо насос із робочим напором:

$$H_{\text{нас}} = 34\text{--}36 \text{ м.}$$

Потужність насосної установки визначається за формулою:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_n},$$

де

N — розрахункова потужність насосної установки, кВт;

ρ — густина води, кг/м³;

g — прискорення вільного падіння, м/с²;

Q — витрата води, м³/с;

H — розрахунковий напір насоса, м;

η_n — коефіцієнт корисної дії насосної установки.

Приймаємо такі вихідні дані:

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$Q = 0,0415 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$H = 34 \text{ м};$$

$$\eta_n = 0,75.$$

Підставляємо значення у формулу:

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0415 \cdot 34}{1000 \cdot 0,75}.$$

$$N = \frac{13843,7}{750} = 18,46 \text{ кВт}.$$

Отже, розрахункова потужність насосної установки становить:

$$N = 18,46 \text{ кВт}.$$

З урахуванням запасу потужності приймається електродвигун більшої стандартної потужності:

$$N_{\text{дв}} = 22 \text{ кВт}.$$

Таким чином, для системи зрошення фермерського господарства «Успіх» приймається насосна установка з такими основними параметрами:

$$Q_{\text{нас}} = 150 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$H_{\text{нас}} = 34\text{--}36 \text{ м},$$

$$N_{\text{дв}} = 22 \text{ кВт}.$$

Для забезпечення надійної роботи системи доцільно передбачити один робочий насосний агрегат і один резервний насос аналогічної продуктивності. Наявність резервного агрегату дозволяє уникнути перерв у водопостачанні у разі аварії, ремонту або технічного обслуговування основного насоса. Для овочевої сівозміни це особливо важливо, оскільки навіть короткочасне припинення поливу в період цвітіння, зав'язування плодів або формування врожаю може негативно вплинути на продуктивність культур.

Основні розрахункові параметри насосного обладнання наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахункові параметри насосного обладнання

Показник	Одиниця виміру	Значення
Розрахункова витрата води	л/с	41,5
Розрахункова витрата води	м ³ /год	149,4
Прийнята продуктивність насоса	м ³ /год	150
Геодезична висота підйому води	м	8,0
Втрати напору в трубопроводній мережі з місцевими втратами	м	6,4
Втрати напору на фільтраційній станції	м	5,0
Необхідний робочий напір у краплинній мережі	м	10,0
Повний напір без запасу	м	29,4
Коефіцієнт запасу	—	1,15

Розрахунковий напір із запасом	м	33,8
Прийнятий напір насоса	м	34–36
Розрахункова потужність насоса	кВт	18,46
Прийнята потужність електродвигуна	кВт	22
Кількість робочих насосів	шт.	1
Кількість резервних насосів	шт.	1

Підібране насосне обладнання повинно працювати в режимі, близькому до оптимальної робочої точки. Робоча точка насоса має відповідати витраті приблизно 150 м³/год і напору 34–36 м. Це забезпечить достатню подачу води у найбільш напружений період зрошення, стабільний тиск у трубопровідній мережі та нормальну роботу краплинних ліній.

Для систем краплинного зрошення важливо уникати різких коливань тиску. Надмірний тиск може призвести до пошкодження краплинної стрічки, порушення рівномірності водоподачі або розгерметизації з'єднань. Недостатній тиск, навпаки, призводить до зменшення витрати емітерів і нерівномірного зволоження ґрунту. Тому після насосної установки доцільно передбачити встановлення манометра, засувки, зворотного клапана та регулятора тиску.

Фільтраційна станція повинна бути узгоджена з продуктивністю насосного обладнання. Її пропускна здатність має бути не меншою за розрахункову витрату системи, тобто:

$$Q_{\phi} \geq Q_{\text{нас}}.$$

Отже:

$$Q_{\phi} \geq 150 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Якщо пропускна здатність фільтрів буде меншою, це спричинить збільшення втрат напору, зниження продуктивності системи та нерівномірну

роботу краплинних ліній. Тому фільтри необхідно підбирати із запасом за витратою.

Добова подача води насосною установкою визначається за формулою:

$$W_{\text{доб}} = Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{доб}},$$

де

$W_{\text{доб}}$ — добова подача води, м³/добу;

$Q_{\text{год}}$ — продуктивність насоса, м³/год;

$t_{\text{доб}}$ — тривалість роботи насоса за добу, год.

За умови роботи насоса протягом 10 год/добу:

$$W_{\text{доб}} = 149,4 \cdot 10 = 1494 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Отже, за 10 годин роботи насосна установка може подати приблизно:

$$W_{\text{доб}} = 1494 \text{ м}^3.$$

Орієнтовна тривалість роботи насосної установки за сезон визначається за формулою:

$$T_{\text{сез}} = \frac{W_{\text{брутто}}}{Q_{\text{год}}},$$

де

$T_{\text{сез}}$ — тривалість роботи насосної установки за сезон, год;

$W_{\text{брутто}}$ — сезонна потреба у воді брутто, м³;

$Q_{\text{год}}$ — продуктивність насоса, м³/год.

Підставляємо значення:

$$T_{\text{сез}} = \frac{185826,3}{149,4} = 1243,8 \text{ год.}$$

Отже, орієнтовна тривалість роботи насосної установки протягом поливного сезону становить:

$$T_{\text{сез}} \approx 1244 \text{ год.}$$

Фактична тривалість роботи насоса залежатиме від погодних умов, кількості атмосферних опадів, вологості ґрунту, календарного плану зрошення та черговості вмикання окремих поливних ділянок.

Таким чином, насосне обладнання для системи краплинного зрошення фермерського господарства «Успіх» підбирається за розрахунковою витратою 41,5 л/с, або 149,4 м³/год, і розрахунковим напором із запасом 33,8 м. Для забезпечення надійної роботи системи приймається насосна установка з продуктивністю 150 м³/год, напором 34–36 м і електродвигуном потужністю 22 кВт.

Отже, прийняте насосне обладнання забезпечує необхідну витрату води, компенсує геодезичну висоту підйому, втрати напору в трубопровідній мережі та фільтраційній станції, підтримує робочий тиск у краплинних лініях і створює умови для надійної експлуатації системи зрошення овочевої сівозміни в умовах Павлоградського району.

4.5 Проектування гідротехнічних споруд на зрошувальній мережі

Гідротехнічні споруди на зрошувальній мережі є важливими елементами системи краплинного зрошення, які забезпечують забір, транспортування, розподіл, регулювання, контроль і безпечну експлуатацію води в межах зрошуваного масиву. Для фермерського господарства «Успіх» гідротехнічні споруди проєктуються з урахуванням закритої напірної схеми мережі, прийнятого краплинного способу поливу, розрахункової витрати води, необхідного напору, структури овочевої сівозміни та умов експлуатації системи.

До основних гідротехнічних споруд і вузлів, які передбачаються на зрошувальній мережі, належать: водозабірний пристрій, насосно-фільтраційний вузол, головний вузол подачі води, розподільні вузли, гідранти,

оглядові колодязі, запірно-регулювальна арматура, вантузи, скидні пристрої, промивні вузли та вузли підключення краплинних ліній. Кожен із цих елементів виконує окрему функцію, але всі вони разом забезпечують надійну роботу системи зрошення.

Водозабірний пристрій призначений для забору води з джерела зрошення та подачі її до насосного обладнання. Він має забезпечувати стабільне надходження води в систему, захист насосів від потрапляння великих механічних домішок, рослинних залишків, піску та мулу. Водозабір доцільно розміщувати в такій частині водойми або водотоку, де забезпечується достатня глибина, відсутнє інтенсивне замулення та є можливість під'їзду для обслуговування.

Для запобігання потраплянню великих домішок до насосного обладнання на водоприймальній частині необхідно передбачити захисну сітку або решітку. Водоприймальний оголовок не слід розташовувати безпосередньо біля дна, оскільки в придонному шарі накопичуються пісок, мул та інші механічні частинки. Також небажано здійснювати забір води з самої поверхні, де можуть накопичуватися рослинні залишки, водорості та плаваючі домішки. Оптимальним є розміщення водоприймального отвору в середній частині водного шару.

Насосно-фільтраційний вузол є одним із головних елементів системи краплинного зрошення. Він забезпечує підйом води, створення необхідного напору та очищення води перед її подачею у трубопровідну мережу. До складу насосно-фільтраційного вузла входять насосний агрегат, резервний насос, засувки, зворотний клапан, манометри, фільтри грубого й тонкого очищення, регулятори тиску та контрольно-вимірювальні прилади.

Насосна установка повинна забезпечувати розрахункову витрату води 41,5 л/с, або 149,4 м³/год, і напір 34–36 м. Прийнята потужність електродвигуна становить 22 кВт. Для підвищення надійності системи передбачається один робочий і один резервний насосний агрегат. Така схема дозволяє уникнути

повної зупинки поливів у разі ремонту або технічного обслуговування основного насоса.

Фільтраційна станція призначена для очищення води від механічних і органічних домішок, які можуть спричинити засмічення емітерів краплинної стрічки. Для системи краплинного зрошення якість фільтрації має особливе значення, оскільки навіть дрібні завислі частинки можуть порушити рівномірність водоподачі. Пропускна здатність фільтраційної станції повинна бути не меншою за продуктивність насосної установки, тобто не менше 150 м³/год.

На вході та виході з фільтраційної станції необхідно встановити манометри. Різниця показників тиску до і після фільтрів дозволяє контролювати ступінь їх забруднення. При збільшенні втрат напору на фільтрах необхідно виконувати їх промивання. Для цього фільтраційна станція повинна мати промивні крани або спеціальні пристрої для зворотного промивання.

Головний вузол подачі води розміщується після фільтраційної станції та забезпечує подачу очищеної води в головний трубопровід. У цьому вузлі передбачаються засувка або кран, зворотний клапан, манометр, регулятор тиску та вузол підключення до головного трубопроводу. Зворотний клапан необхідний для запобігання зворотному руху води при зупинці насоса, а регулятор тиску — для підтримання стабільних параметрів роботи краплинної мережі.

Розподільні вузли встановлюються в місцях відгалуження розподільних трубопроводів від головного трубопроводу. Вони забезпечують поділ зрошуваного масиву на окремі поливні ділянки та дають змогу регулювати подачу води відповідно до календарного плану зрошення. На кожному розподільному вузлі передбачається встановлення запірної арматури, яка дозволяє відкривати або закривати подачу води на відповідну ділянку.

Гідранти є важливими елементами закритої зрошувальної мережі. Вони призначені для підключення поливних трубопроводів або окремих ділянок до розподільної мережі. Гідранти встановлюють у характерних точках мережі, переважно на початку поливних ділянок. Їх розміщення має забезпечувати зручний доступ для обслуговування та не перешкоджати виконанню польових робіт.

Оглядові колодязі передбачаються в місцях розміщення запірно-регулювальної арматури, гідрантів, вантузів, скидних пристроїв і вузлів підключення. Вони забезпечують доступ до обладнання для огляду, ремонту, регулювання та технічного обслуговування. Колодязі доцільно виконувати із залізобетонних кілець або полімерних колодязних конструкцій, стійких до дії ґрунтової вологи та механічних навантажень.

Запірно-регулювальна арматура призначена для керування подачею води в системі. До неї належать засувки, кульові крани, вентилі, регулятори тиску та інші пристрої. Арматура встановлюється на головному трубопроводі, розподільних трубопроводах, перед фільтраційною станцією, після фільтрів, на початку поливних ділянок і в місцях підключення краплинних ліній. Її наявність дозволяє відключати окремі ділянки мережі, регулювати витрату води та проводити ремонтні роботи без зупинки всієї системи.

Вантузи призначені для автоматичного видалення повітря з трубопровідної мережі. Повітря може потрапляти в систему під час запуску, спорожнення, ремонту або внаслідок виділення розчинених газів із води. Накопичення повітря в трубопроводах може зменшувати пропускну здатність мережі, викликати нерівномірність водоподачі, гідравлічні удари та нестабільну роботу емітерів. Тому вантузи встановлюються у найвищих точках трубопроводів, на довгих ділянках мережі та в місцях можливого накопичення повітря.

Скидні пристрої передбачаються у найнижчих точках трубопровідної мережі та на кінцевих ділянках трубопроводів. Вони потрібні для

спорожнення системи після закінчення поливного сезону, промивання трубопроводів, видалення осаду та підготовки мережі до зимового періоду. Скидні пристрої можуть виконуватися у вигляді кранів або засувок, розміщених у колодязях або захищених вузлах.

Промивні вузли встановлюються на кінцях розподільних трубопроводів і краплинних ліній. Їхнє завдання полягає у видаленні механічних домішок, які можуть накопичуватися в кінцевих частинах мережі. Для системи краплинного зрошення промивання є обов'язковим експлуатаційним заходом, оскільки воно запобігає засміченню емітерів і забезпечує рівномірну роботу краплинних стрічок протягом усього сезону.

Вузли підключення краплинних стрічок до поливних трубопроводів виконуються за допомогою старт-конекторів, ущільнювачів, кранів і фітінгів. Вони повинні забезпечувати герметичне з'єднання, можливість відключення окремих ліній і простоту монтажу. Для сезонної системи краплинного зрошення важливо, щоб ці вузли були зручними для щорічного встановлення та демонтажу краплинної стрічки.

Розміщення гідротехнічних споруд на мережі повинно відповідати принципам зручності експлуатації, мінімізації втрат напору та забезпечення безпеки роботи системи. Основні вузли керування доцільно розташовувати поблизу польових доріг або меж ділянок, щоб забезпечити доступ техніки та персоналу. Водночас вони не повинні заважати руху сільськогосподарських машин і виконанню агротехнічних операцій.

Конструктивні рішення гідротехнічних споруд мають забезпечувати їхню довговічність і стійкість до зовнішніх впливів. Колодязі та вузли арматури повинні бути захищені від засмічення, механічних пошкоджень, підтоплення та промерзання. Усі металеві елементи мають бути стійкими до корозії або мати відповідне антикорозійне покриття. Полімерні елементи повинні бути захищені від надмірного ультрафіолетового впливу та механічних пошкоджень.

Під час проектування гідротехнічних споруд необхідно враховувати можливість технічного обслуговування. До всіх засувок, фільтрів, вантузів, скидних пристроїв і гідрантів повинен бути забезпечений вільний доступ. Це дозволить своєчасно виконувати огляд, промивання, ремонт або заміну окремих елементів системи. Наявність доступних вузлів обслуговування підвищує надійність експлуатації всієї зрошувальної мережі.

Основні гідротехнічні споруди та їх призначення наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Основні гідротехнічні споруди на зрошувальній мережі

№ з/п	Споруда або вузол	Призначення	Місце встановлення
1	Водозабірний пристрій	Забір води з джерела зрошення	Біля джерела водопостачання
2	Захисна решітка або сітка	Затримання великих механічних домішок	На водоприймальному оголовку
3	Насосний агрегат	Подача води в систему під необхідним напором	Насосно-фільтраційний вузол
4	Резервний насос	Забезпечення роботи системи у разі відмови основного насоса	Насосно-фільтраційний вузол
5	Фільтраційна станція	Очищення води перед подачею у краплинну мережу	Після насосного агрегату
6	Головний вузол подачі води	Подача очищеної води у головний трубопровід	Після фільтраційної станції
7	Розподільні вузли	Розподіл води між поливними ділянками	На відгалуженнях від головного трубопроводу
8	Гідранти	Підключення окремих поливних ділянок	На початку поливних ділянок
9	Оглядові колодязі	Доступ до арматури та вузлів керування	У місцях встановлення обладнання

10	Засувки та крани	Відключення і регулювання подачі води	На головному та розподільних трубопроводах
11	Регулятори тиску	Стабілізація тиску у поливній мережі	Перед поливними ділянками
12	Манометри	Контроль робочого тиску	До і після фільтрів, у вузлах мережі
13	Вантузи	Видалення повітря з трубопроводів	У найвищих точках мережі
14	Скидні пристрої	Спорожнення та промивання трубопроводів	У найнижчих точках мережі
15	Промивні вузли	Видалення осаду з кінцевих ділянок	На кінцях розподільних трубопроводів і краплинних ліній
16	Вузли підключення краплинних стрічок	Під'єднання краплинних ліній до поливних трубопроводів	На поливних трубопроводах

Для забезпечення стабільної роботи системи всі гідротехнічні споруди повинні бути узгоджені між собою за пропускну здатністю. Водозабірний пристрій, насосний агрегат, фільтраційна станція, головний трубопровід і розподільна мережа повинні пропускати розрахункову витрату 41,5 л/с, або 149,4 м³/год. Якщо хоча б один елемент системи матиме меншу пропускну здатність, це може призвести до зниження тиску, нерівномірного поливу або перевантаження обладнання.

Особливу увагу необхідно приділити роботі фільтраційної станції. Для системи краплинного зрошення вона є ключовою спорудою, від якої залежить довговічність краплинних стрічок і рівномірність водоподачі. При використанні поверхневого джерела водопостачання доцільно передбачати багатоступеневу фільтрацію: грубе очищення на водозаборі, основне

очищення на фільтраційній станції та контрольне очищення перед подачею води у краплинні лінії.

Гідранти і розподільні вузли повинні розташовуватися таким чином, щоб забезпечити можливість почергового поливу всіх 30 ділянок овочевої сівозмін. Кожна ділянка повинна мати можливість окремого підключення або відключення. Це дає змогу враховувати відмінності у водоспоживанні культур, строки їх вегетації та фактичні погодні умови.

Під час сезонної експлуатації системи необхідно регулярно перевіряти стан усіх гідротехнічних споруд. Перед початком поливного сезону перевіряють справність насосів, фільтрів, засувок, манометрів, регуляторів тиску, вантузів і скидних пристроїв. Після завершення сезону систему промивають, спорожнюють, знімають або консервують елементи, які можуть бути пошкоджені низькими температурами.

Таким чином, гідротехнічні споруди на зрошувальній мережі фермерського господарства «Успіх» забезпечують повний технологічний цикл роботи системи: забір води, створення напору, очищення, транспортування, розподіл, регулювання, контроль і промивання. Їх правильне розміщення та конструктивне виконання є необхідною умовою стабільної роботи краплинного зрошення.

Отже, для запроектованої системи краплинного зрошення передбачаються водозабірний пристрій, насосно-фільтраційний вузол, головний і розподільні вузли, гідранти, оглядові колодязі, засувки, регулятори тиску, манометри, вантузи, скидні та промивні пристрої. Прийняті гідротехнічні споруди забезпечують надійну експлуатацію закритої зрошувальної мережі, рівномірний розподіл води між поливними ділянками, захист краплинних ліній від засмічення та раціональне використання водних ресурсів.

Рис. 4.1 – Загальна схема гідротехнічних споруд системи краплинного зрошення

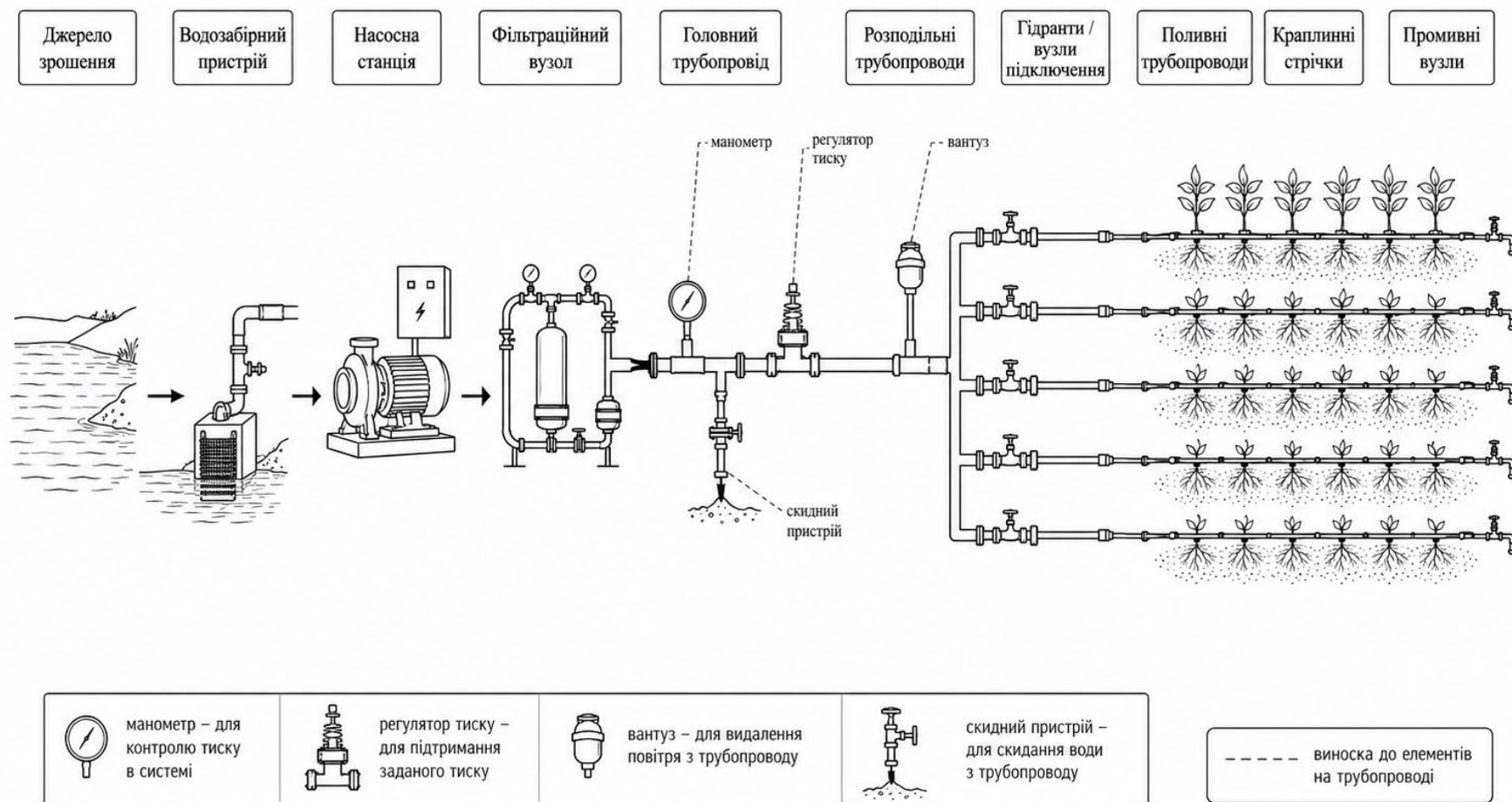
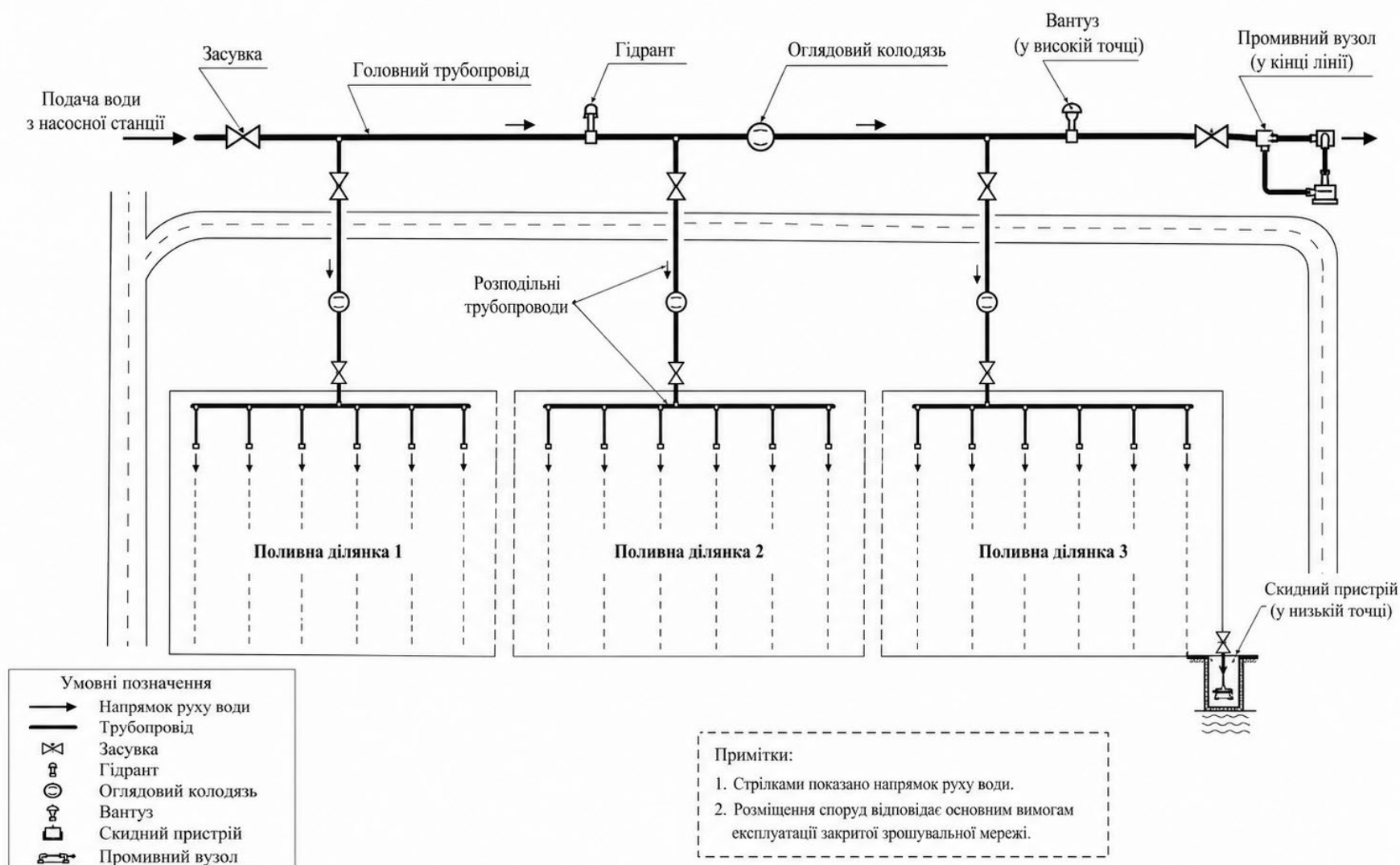


Рис. 4.3 – Схема розміщення гідротехнічних споруд на ділянці закритої зрошувальної мережі



4.6 Проектне рішення фільтраційної станції

Фільтраційна станція є одним із основних елементів системи краплинного зрошення, оскільки від якості очищення води залежить стабільність роботи краплинних стрічок, рівномірність водоподачі та довговічність емітерів. Для фермерського господарства «Успіх» фільтраційна станція проектується з урахуванням прийнятої витрати води, якості джерела зрошення, типу краплинної стрічки, потреб овочевих культур і вимог до надійної експлуатації закритої напірної мережі.

У системах краплинного зрошення емітери мають малі водовипускні отвори, тому навіть незначна кількість механічних домішок, піску, мулу, органічних решток, водоростей або іржавих частинок може спричинити їх засмічення. Засмічення емітерів призводить до зменшення витрати води, нерівномірного зволоження ґрунту, пригнічення росту рослин і зниження врожайності. Тому перед подачею води у краплинні лінії необхідно забезпечити її якісне очищення [23].

Для проєктованої системи зрошення приймається фільтраційна станція продуктивністю не менше розрахункової витрати води. У попередніх розрахунках прийнято витрату:

$$Q = 41,5 \text{ л/с.}$$

У перерахунку на м³/год:

$$Q_{\text{год}} = 41,5 \cdot 3,6 = 149,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, пропускна здатність фільтраційної станції повинна бути не меншою за:

$$Q_{\text{ф}} \geq 149,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З урахуванням технологічного запасу приймаємо:

$$Q_{\text{ф}} = 150 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для забезпечення стабільної роботи системи краплинного зрошення фільтраційна станція повинна мати пропускну здатність, узгоджену з продуктивністю насосної установки. Якщо фільтраційне обладнання матиме меншу пропускну здатність, ніж насос, у системі виникатимуть додаткові втрати напору, зменшуватиметься фактична витрата води та погіршуватиметься рівномірність поливу.

У проєкті передбачається застосування багатоступеневої системи очищення води. Така схема є доцільною для краплинного зрошення, особливо у разі використання поверхневого джерела водопостачання, де у воді можуть міститися механічні домішки, завислі частинки, водорості й органічні включення. Багатоступенева фільтрація дозволяє поступово затримувати домішки різного розміру та зменшувати навантаження на фільтри тонкого очищення.

До складу фільтраційної станції доцільно включити:

- фільтр грубого очищення;
- фільтр тонкого очищення;
- манометри до і після фільтрів;
- запірну арматуру;
- промивні крани;
- регулятор тиску;
- з'єднувальні трубопроводи та фасонні частини.

Фільтр грубого очищення встановлюється першим за напрямком руху води. Його призначення полягає у затриманні великих механічних домішок: піску, мулу, рослинних решток, водоростей та інших частинок, які можуть потрапляти у систему з джерела зрошення. Завдяки цьому зменшується навантаження на фільтр тонкого очищення та підвищується загальна надійність роботи фільтраційної станції.

Фільтр тонкого очищення встановлюється після фільтра грубого очищення. Він забезпечує додаткове очищення води від дрібних завислих

частинок, які можуть спричинити засмічення емітерів краплинної стрічки. Для системи краплинного зрошення овочевих культур доцільно застосовувати дискові або сітчасті фільтри тонкого очищення, які забезпечують необхідний ступінь фільтрації та можуть періодично промиватися під час експлуатації.

Загальна схема руху води через фільтраційну станцію має такий вигляд:

насосна установка → фільтр грубого очищення → фільтр тонкого очищення
→ регулятор тиску → головний трубопровід.

Перед фільтрами та після них необхідно встановити манометри. Вони дозволяють контролювати втрати напору на фільтраційній станції та визначати ступінь забруднення фільтрів. Якщо різниця тиску до і після фільтрів збільшується, це свідчить про накопичення домішок і необхідність промивання фільтраційних елементів.

Втрати напору на фільтраційній станції визначаються за формулою:

$$h_{\phi} = H_{\text{до}} - H_{\text{після}},$$

де

h_{ϕ} — втрати напору на фільтраційній станції, м;

$H_{\text{до}}$ — напір перед фільтрами, м;

$H_{\text{після}}$ — напір після фільтрів, м.

Для попереднього розрахунку втрати напору на фільтраційній станції приймаються:

$$h_{\phi} = 5,0 \text{ м.}$$

Це значення враховується під час визначення повного напору насосної установки. У процесі експлуатації фактичні втрати напору можуть змінюватися залежно від ступеня забруднення фільтрів, тому необхідно регулярно контролювати показники манометрів.

Для нормальної роботи фільтраційної станції повинна виконуватися умова:

$$Q_{\phi} \geq Q_{\text{нас}},$$

де

Q_{ϕ} — пропускна здатність фільтраційної станції, м³/год;

$Q_{\text{нас}}$ — продуктивність насосної установки, м³/год.

У проєкті:

$$Q_{\phi} = 150 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{\text{нас}} = 149,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже:

$$150 \geq 149,4,$$

умова виконується, тобто прийнята фільтраційна станція забезпечує пропуск розрахункової витрати води.

Для захисту фільтраційної станції та краплинної мережі від надмірного тиску після фільтрів доцільно встановити регулятор тиску. Він забезпечує підтримання стабільного тиску в головному трубопроводі та запобігає пошкодженню краплинних стрічок. Це особливо важливо для тонкостінної краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245, яка потребує дотримання допустимого робочого тиску.

Запірна арматура встановлюється перед фільтраційною станцією, після фільтрів і на промивних лініях. Вона дозволяє відключати окремі елементи фільтраційного вузла для очищення, ремонту або технічного обслуговування. Наявність засувки і кранів підвищує зручність експлуатації та дозволяє проводити обслуговування без повного демонтажу системи.

Промивні крани передбачаються в нижній частині фільтрів або на спеціальних відвідних лініях. Вони призначені для видалення накопичених

механічних домішок, піску, мулу й осаду. Промивання фільтрів необхідно виконувати регулярно, особливо у періоди інтенсивної роботи системи або при використанні води з підвищеним вмістом завислих речовин.

Основні параметри фільтраційної станції наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Основні параметри фільтраційної станції

Показник	Одиниця виміру	Значення
Тип фільтраційної станції	—	багатоступенева
Призначення	—	очищення води для краплинного зрошення
Розрахункова витрата води	л/с	41,5
Розрахункова витрата води	м³/год	149,4
Прийнята продуктивність фільтраційної станції	м³/год	150
Кількість ступенів очищення	шт.	2
Перший ступінь очищення	—	фільтр грубого очищення
Другий ступінь очищення	—	фільтр тонкого очищення
Втрати напору на фільтраційній станції	м	5,0
Контроль тиску	—	манометри до і після фільтрів
Регулювання тиску	—	регулятор тиску
Промивання фільтрів	—	через промивні крани
Підключення до мережі	—	після насосної установки перед головним трубопроводом

Для контролю роботи фільтраційної станції необхідно періодично визначати різницю тиску до і після фільтрів. Допустиме збільшення втрат напору залежить від типу фільтрів і якості води. Якщо втрати напору помітно збільшуються порівняно з нормальним режимом, фільтри необхідно промити. Такий контроль дозволяє запобігти зниженню продуктивності системи й нерівномірному поливу.

Фільтраційна станція повинна розміщуватися після насосного обладнання і перед головним трубопроводом. Таке розташування дає змогу подавати в закриту мережу вже очищену воду, що зменшує ризик засмічення трубопроводів, арматури, краплинних стрічок і емітерів. Майданчик для розміщення фільтраційної станції має бути вирівняним, доступним для обслуговування та захищеним від підтоплення.

Для зручності експлуатації фільтраційний вузол доцільно розміщувати поблизу насосної установки. Це дозволяє об'єднати насосне й фільтраційне обладнання в єдиний насосно-фільтраційний вузол, спростити керування системою, скоротити довжину з'єднувальних трубопроводів і зменшити втрати напору. Крім того, таке розміщення полегшує технічне обслуговування обладнання.

Під час експлуатації фільтраційної станції необхідно виконувати такі основні операції: перевіряти показники манометрів, промивати фільтри, оглядати запірну арматуру, контролювати герметичність з'єднань, перевіряти роботу регулятора тиску та очищувати промивні лінії. Регулярне обслуговування дозволяє підтримувати стабільну роботу системи краплинного зрошення протягом усього поливного сезону.

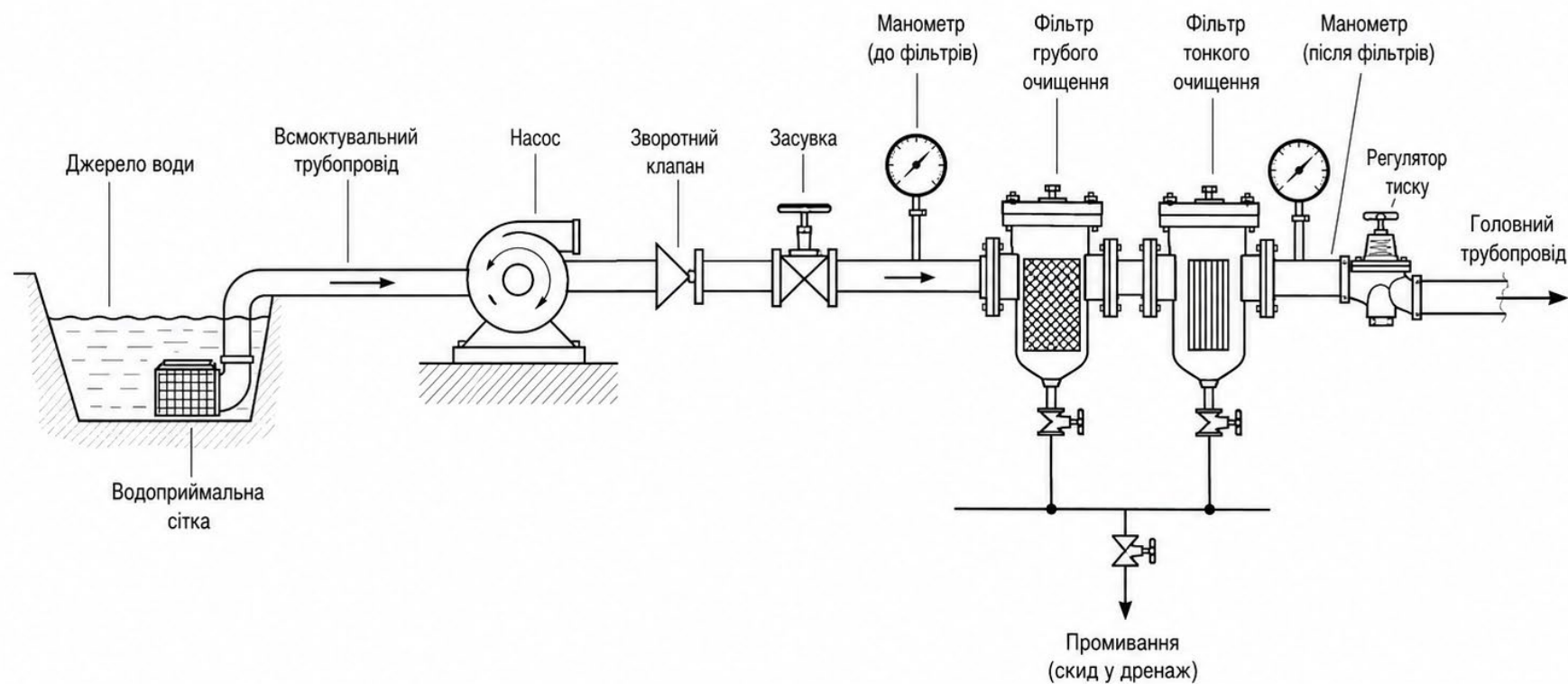
Застосування багатоступеневої фільтраційної станції має важливе значення для вирощування овочевих культур. Рівномірна робота емітерів забезпечує однакове зволоження прикореневої зони, а отже сприяє вирівняному росту рослин, підвищенню врожайності та поліпшенню якості продукції. Нерівномірний полив, навпаки, може призводити до строкатості посівів, різного розвитку рослин і зниження товарності овочів.

Для забезпечення безпечної роботи фільтраційної станції слід передбачити можливість її відключення від мережі за допомогою засувки, а також захист від перевищення тиску. Усі елементи станції повинні бути розраховані на робочий тиск системи та мати достатній запас міцності.

З'єднання трубопроводів і фільтрів мають бути герметичними, щоб уникнути втрат води та зниження тиску.

Отже, у проєкті системи зрошення овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» приймається багатоступенева фільтраційна станція продуктивністю 150 м³/год, що складається з фільтра грубого очищення, фільтра тонкого очищення, манометрів, запірної арматури, регулятора тиску та промивних кранів. Втрати напору на фільтраційній станції приймаються 5,0 м. Прийняте рішення забезпечує якісне очищення води, захист емітерів від засмічення, стабільну роботу краплинних стрічок і надійну експлуатацію системи зрошення протягом поливного сезону.

Рис. 4.2 – Схема насосно-фільтраційного вузла системи зрошення



Примітки:

1. Напрямок руху води показано стрілками.
2. Фільтри оснащені дренажними кранами для промивання.

4.7 Техніко-економічні показники запроєктованої системи зрошення

Техніко-економічні показники запроєктованої системи зрошення характеризують основні параметри проекту, ефективність використання земельних і водних ресурсів, технічний рівень прийнятих рішень та доцільність упровадження краплинного зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх». До таких показників належать площа зрошення, коефіцієнт земельного використання, розрахункова витрата води, зрошувальна норма, сезонна потреба у воді, продуктивність насосного обладнання, довжина трубопровідної мережі, тип фільтраційної станції, потужність електродвигуна та очікуване підвищення продуктивності овочевих культур.

Запроєктована система зрошення призначена для забезпечення водою овочевої сівозміни, до складу якої входять помідори безрозсадні пізні, помідори розсадні ранні, капуста білоголова рання, огірки, цибуля ріпчаста та баклажани. Загальна кількість поливних ділянок становить 30. Такий поділ дозволяє організувати почерговий полив культур, зменшити одночасне навантаження на насосне обладнання та фільтраційну станцію, а також забезпечити гнучке керування режимом зрошення.

Загальна площа зрошуваного масиву брутто становить 68,65 га, а площа нетто — 63,26 га. Коефіцієнт земельного використання визначається як відношення площі нетто до площі брутто:

$$K_{зв} = \frac{F_{\text{нетто}}}{F_{\text{брутто}}},$$

де

$K_{зв}$ — коефіцієнт земельного використання;

$F_{\text{нетто}}$ — площа зрошення нетто, га;

$F_{\text{брутто}}$ — площа зрошення брутто, га.

Підставляємо числові значення:

$$K_{зв} = \frac{63,26}{68,65} = 0,92.$$

Отже, коефіцієнт земельного використання становить:

$$K_{зв} = 0,92.$$

Це свідчить про достатньо раціональне використання території зрошуваного масиву. Різниця між площею брутто і нетто припадає на польові дороги, технологічні проходи, елементи зрошувальної мережі, вузли керування та допоміжну інфраструктуру.

Середньозважена зрошувальна норма нетто для овочевої сівозміни становить:

$$M_{\text{нетто}} = 2820 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі приймається:

$$\eta = 0,96.$$

Зрошувальна норма брутто визначається за формулою:

$$M_{\text{брутто}} = \frac{M_{\text{нетто}}}{\eta},$$

де

$M_{\text{брутто}}$ — зрошувальна норма брутто, $\text{м}^3/\text{га}$;

$M_{\text{нетто}}$ — зрошувальна норма нетто, $\text{м}^3/\text{га}$;

η — коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі.

Підставляємо значення:

$$M_{\text{брутто}} = \frac{2820}{0,96} = 2937,5 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Приймаємо:

$$M_{\text{брутто}} = 2938 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Сезонна потреба у воді нетто визначається за формулою:

$$W_{\text{нетто}} = M_{\text{нетто}} \cdot F_{\text{нетто}},$$

де

$W_{\text{нетто}}$ — сезонна потреба у воді нетто, м³;

$M_{\text{нетто}}$ — середньозважена зрошувальна норма нетто, м³/га;

$F_{\text{нетто}}$ — площа зрошення нетто, га.

$$W_{\text{нетто}} = 2820 \cdot 63,26 = 178393,2 \text{ м}^3.$$

Отже:

$$W_{\text{нетто}} = 178,4 \text{ тис. м}^3.$$

Сезонна потреба у воді бруutto визначається з урахуванням коефіцієнта корисної дії мережі:

$$W_{\text{брутто}} = \frac{W_{\text{нетто}}}{\eta}.$$

$$W_{\text{брутто}} = \frac{178393,2}{0,96} = 185826,3 \text{ м}^3.$$

Отже:

$$W_{\text{брутто}} = 185,8 \text{ тис. м}^3.$$

Розрахункова витрата води для системи краплинного зрошення становить:

$$Q = 41,5 \text{ л/с}.$$

У перерахунку на м³/год:

$$Q_{\text{год}} = 41,5 \cdot 3,6 = 149,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для забезпечення надійної роботи системи прийнято насосну установку з продуктивністю:

$$Q_{\text{нас}} = 150 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідний напір насосної установки з урахуванням геодезичної висоти підйому, втрат напору в трубопровідній мережі, втрат на фільтраційній станції та необхідного робочого тиску у краплинній мережі становить:

$$H_{\text{нас}} = 34\text{--}36 \text{ м.}$$

Розрахункова потужність насосної установки дорівнює 18,46 кВт, тому з урахуванням запасу приймається електродвигун потужністю:

$$N_{\text{дв}} = 22 \text{ кВт.}$$

Добова подача води насосною установкою за умови роботи протягом 10 годин становить:

$$W_{\text{доб}} = Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{доб}},$$

де

$W_{\text{доб}}$ — добова подача води, м³/добу;

$Q_{\text{год}}$ — продуктивність насоса, м³/год;

$t_{\text{доб}}$ — тривалість роботи насоса за добу, год.

$$W_{\text{доб}} = 149,4 \cdot 10 = 1494 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Орієнтовна тривалість роботи насосної установки за поливний сезон визначається за формулою:

$$T_{\text{сез}} = \frac{W_{\text{брутто}}}{Q_{\text{год}}},$$

де

$T_{\text{сез}}$ — тривалість роботи насосної установки за сезон, год;

$W_{\text{брутто}}$ — сезонна потреба у воді брутто, м³;

$Q_{\text{год}}$ — продуктивність насосної установки, м³/год.

$$T_{\text{сез}} = \frac{185826,3}{149,4} = 1243,8 \text{ год.}$$

Приймаємо:

$$T_{\text{сез}} \approx 1244 \text{ год.}$$

Закрита зрошувальна мережа проєктується з поліетиленових труб. Загальна довжина трубопроводів становить 1745 м. Для основних ділянок мережі прийнято діаметр 220 мм, що забезпечує рух води зі швидкістю близько 1,08 м/с. Така швидкість є допустимою для поліетиленових напірних труб і не призводить до надмірних втрат напору.

Фільтраційна станція приймається багатоступеневою, продуктивністю 150 м³/год. До її складу входять фільтр грубого очищення, фільтр тонкого очищення, манометри, запірна арматура, регулятор тиску та промивні крани. Втрати напору на фільтраційній станції приймаються 5,0 м. Така станція забезпечує очищення води до рівня, необхідного для стабільної роботи краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245.

Основні техніко-економічні показники запроєктованої системи зрошення наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Техніко-економічні показники запроєктованої системи зрошення

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Площа зрошення бруто	га	68,65
2	Площа зрошення нетто	га	63,26
3	Коефіцієнт земельного використання	—	0,92
4	Кількість поливних ділянок	шт.	30
5	Спосіб поливу	—	краплинний
6	Тип зрошувальної мережі	—	закрита напірна
7	Тип краплинної стрічки	—	Aqua TraXX ERA 5061245
8	Середньозважена зрошувальна норма нетто	м³/га	2820
9	Середньозважена зрошувальна норма бруто	м³/га	2938
10	Сезонна потреба у воді нетто	тис. м³	178,4
11	Сезонна потреба у воді бруто	тис. м³	185,8
12	Розрахункова витрата води	л/с	41,5
13	Розрахункова витрата води	м³/год	149,4
14	Прийнята продуктивність насосної установки	м³/год	150
15	Прийнятий напір насосної установки	м	34–36
16	Потужність електродвигуна насосної установки	кВт	22
17	Кількість робочих насосів	шт.	1
18	Кількість резервних насосів	шт.	1
19	Продуктивність фільтраційної станції	м³/год	150
20	Втрати напору на фільтраційній станції	м	5,0
21	Загальна довжина трубопроводів	м	1745
22	Матеріал трубопроводів	—	поліетилен
23	Діаметр основних трубопроводів	мм	220
24	Середня швидкість руху води в трубопроводах	м/с	1,08
25	Добова подача води за 10 год роботи	м³/добу	1494
26	Орієнтовна тривалість роботи насоса за сезон	год	1244

Окремо доцільно оцінити економічний ефект від упровадження краплинного зрошення. Для овочевих культур головний ефект полягає у стабілізації врожайності, підвищенні виходу товарної продукції, зменшенні втрат води та можливості точного внесення добрив разом із поливною водою. Найбільше значення це має для огірків, капусти, помідорів і баклажанів, які дуже чутливі до нестачі вологи у критичні фази розвитку.

Очікувані виробничі результати впровадження зрошення наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Очікувані виробничі результати впровадження краплинного зрошення

Культура	Урожайність без зрошення, т/га	Урожайність за краплинного зрошення, т/га	Приріст урожайності, т/га
Помідори безрозсадні, пізні	28,0	48,0	20,0
Помідори розсадні, ранні	25,0	42,0	17,0
Капуста білоголова рання	30,0	55,0	25,0
Огірки	18,0	38,0	20,0
Цибуля ріпчаста	20,0	34,0	14,0
Баклажани	16,0	32,0	16,0

З наведених даних видно, що впровадження краплинного зрошення дає змогу суттєво підвищити продуктивність овочевих культур. Найбільший приріст урожайності очікується для капусти білоголової ранньої, огірків і помідорів безрозсадних пізніх, оскільки ці культури мають високу потребу у волозі в період активного росту та формування товарної продукції.

Для узагальнення ефективності використання води можна визначити питомі витрати зрошувальної води на 1 га площі та на 1 т додаткової продукції. Питомі витрати води на 1 га вже визначені як зрошувальна норма брутто:

$$q_{\text{га}} = M_{\text{брутто}} = 2938 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Питома витрата води на одиницю приросту врожаю залежить від культури та визначається за формулою:

$$q_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{брутто}}}{\Delta Y},$$

де

$q_{\text{пр}}$ — питома витрата води на 1 т приросту врожаю, $\text{м}^3/\text{т}$;

$M_{\text{брутто}}$ — зрошувальна норма брутто, $\text{м}^3/\text{га}$;

ΔY — приріст урожайності, $\text{т}/\text{га}$.

Для середнього приросту врожайності овочевої сівозміни приймаємо:

$$\Delta Y_{\text{сер}} = 18,7 \text{ т}/\text{га}.$$

Тоді:

$$q_{\text{пр}} = \frac{2938}{18,7} = 157,1 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Отже, на отримання 1 т додаткової овочевої продукції витрачається орієнтовно:

$$q_{\text{пр}} = 157 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Цей показник свідчить про достатньо ефективне використання води, оскільки краплинне зрошення забезпечує локальну подачу води безпосередньо в прикореневу зону рослин, зменшує втрати на випаровування та глибоку фільтрацію, а також дозволяє підтримувати оптимальний водний режим ґрунту.

Основні переваги запроєктованої системи зрошення полягають у такому: забезпечується стабільне водопостачання овочевих культур у посушливі періоди; зменшується залежність урожайності від атмосферних опадів; підвищується ефективність використання води; створюється можливість внесення добрив через систему поливу; зменшуються втрати води в мережі; підвищується рівномірність розвитку рослин і якість товарної продукції.

Крім економічного ефекту, система має важливе агроеліоративне значення. Локальне зволоження ґрунту дає змогу уникнути перезволоження міжрядь, зменшити небезпеку водної ерозії, запобігти надмірному підняттю рівня ґрунтових вод і знизити ризик вторинного засолення. Це особливо важливо для умов Павлоградського району, де природне зволоження є недостатнім, а водні ресурси потребують раціонального використання.

Таким чином, запроєктована система краплинного зрошення овочевої сівозміни фермерського господарства «Успіх» характеризується раціональними технічними параметрами та достатньо високою ефективністю використання водних ресурсів. Площа зрошення нетто становить 63,26 га, сезонна потреба у воді брутто — 185,8 тис. м³, розрахункова витрата — 41,5 л/с, продуктивність насосної установки — 150 м³/год, напір — 34–36 м, потужність електродвигуна — 22 кВт.

Отже, техніко-економічні показники підтверджують доцільність впровадження запроєктованої системи зрошення. Прийняті технічні рішення забезпечують стабільне водопостачання овочевої сівозміни, ефективне використання води, підвищення врожайності культур, покращення якості продукції та раціональне використання земельних ресурсів фермерського господарства «Успіх».

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Охорона праці під час будівництва, монтажу та експлуатації системи краплинного зрошення є важливою складовою проєктних рішень, оскільки роботи пов'язані з використанням машин і механізмів, електрообладнання, насосних агрегатів, трубопроводів, фільтраційної станції, запірно-регулювальної арматури, а також із виконанням земляних, монтажних і ремонтних операцій. Основною метою заходів з охорони праці є створення безпечних умов роботи, запобігання травматизму, зниження впливу шкідливих виробничих факторів і забезпечення надійної експлуатації системи зрошення.

Під час будівництва зрошувальної мережі основними видами робіт є розмічування траси трубопроводів, розроблення траншей, укладання поліетиленових труб, монтаж фасонних частин, встановлення засувок, гідрантів, вантузів, скидних пристроїв, монтаж насосно-фільтраційного вузла, підключення краплинних стрічок і виконання пусконаладжувальних робіт. Кожен із цих процесів супроводжується певними небезпечними та шкідливими виробничими факторами, які необхідно враховувати під час організації робіт [25].

До небезпечних виробничих факторів під час будівництва системи зрошення належать рухомі частини машин і механізмів, робота землерийної техніки, можливість обвалення стінок траншей, падіння працівників у відкриті виїмки, переміщення труб і арматури, робота з ручним та електричним інструментом, небезпека ураження електричним струмом, підвищений тиск у трубопроводах під час випробувань, а також можливість травмування під час монтажу важких елементів системи.

Особливу небезпеку становлять земляні роботи. Під час розроблення траншей можливе осипання ґрунту, особливо за наявності зволжених або нестійких стінок. Небезпечними є також роботи поблизу діючих підземних комунікацій, якщо їх розташування не було точно встановлено перед початком будівництва. Тому до початку земляних робіт необхідно виконати розмічування траси, перевірити наявність підземних мереж, визначити безпечні місця складування труб, ґрунту та матеріалів.

Під час монтажу трубопроводів небезпечними факторами є переміщення труб, можливість защемлення рук під час з'єднання елементів, падіння труб у траншею, пошкодження інструментом, а також травмування під час роботи з фітингами, муфтами, засувками та іншими фасонними частинами. Поліетиленові труби мають порівняно невелику масу, однак за значної довжини вони потребують обережного транспортування та укладання, щоб уникнути неконтрольованого переміщення.

Під час експлуатації системи зрошення основними небезпечними факторами є робота насосного обладнання, електродвигунів, пускової апаратури, фільтраційної станції, трубопроводів під тиском, запірно-регулювальної арматури та промивних вузлів. Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці, оскільки насосна установка має електродвигун потужністю 22 кВт, а її робота пов'язана з підвищеною вологістю навколишнього середовища.

Електричний струм є одним із найнебезпечніших виробничих факторів при експлуатації насосної станції. Небезпека зростає через можливий контакт працівників із вологими поверхнями, металевими елементами обладнання, електричними кабелями, пусковими шафами та корпусами електродвигунів. Для запобігання ураженню електричним струмом усе електрообладнання повинно бути заземлене, захищене від вологи, мати справну ізоляцію та обладнуватися пристроями захисного відключення [26].

До шкідливих виробничих факторів належать підвищений рівень шуму й вібрації від роботи насосного обладнання, підвищена або знижена температура повітря під час польових робіт, сонячне випромінювання, запиленість повітря під час земляних робіт, фізичне навантаження під час монтажу труб і арматури, а також можливий контакт із мінеральними добривами або хімічними речовинами при використанні фертигації.

Підвищений рівень шуму може виникати під час роботи насосного агрегату, електродвигуна, генератора або іншого обладнання. Тривалий вплив шуму негативно впливає на працездатність працівників і може спричиняти втому. Тому насосне обладнання бажано розміщувати на спеціальному майданчику або в окремому приміщенні, а під час тривалого перебування біля працюючого агрегату працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху.

Під час роботи в польових умовах працівники можуть зазнавати впливу високих температур, особливо в літній період, коли проводиться найбільша кількість поливів. Перегрівання організму, сонячне випромінювання та недостатній питний режим можуть знижувати працездатність і створювати небезпеку для здоров'я. Тому роботи необхідно організовувати з урахуванням температурних умов: передбачати перерви, забезпечувати працівників питною водою, спецодягом і головними уборами.

При виконанні монтажних і ремонтних робіт можливі фізичні перевантаження, пов'язані з перенесенням труб, арматури, фільтрувальних елементів, інструменту й допоміжного обладнання. Для зменшення фізичного навантаження необхідно використовувати механізовані засоби переміщення вантажів, візки, підіймальні пристрої або залучати достатню кількість працівників для виконання операцій.

У разі застосування фертигації додатковим шкідливим фактором може бути контакт із розчинами мінеральних добрив. Під час приготування та подачі таких розчинів необхідно дотримуватися вимог безпеки,

використовувати рукавиці, захисні окуляри, спецодяг і не допускати потрапляння розчинів на шкіру або в очі. Ємності з добривами повинні мати відповідне маркування та зберігатися у спеціально відведених місцях.

Таким чином, під час будівництва й експлуатації системи зрошення у фермерському господарстві «Успіх» можуть діяти механічні, електричні, гідравлічні, фізичні та хімічні небезпечні й шкідливі фактори. Їх вплив можна зменшити за рахунок правильної організації робіт, застосування справного обладнання, дотримання інструкцій з охорони праці, використання засобів індивідуального захисту, навчання персоналу та регулярного технічного контролю стану системи.

5.2 Вимоги безпеки під час будівництва та монтажу зрошувальної мережі

Будівництво та монтаж зрошувальної мережі повинні виконуватися відповідно до вимог охорони праці, будівельних норм, технологічних карт і проєктних рішень. До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з характером робіт, правилами безпечного поводження з інструментами, машинами й механізмами, а також забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту.

Перед початком будівельно-монтажних робіт необхідно провести підготовку території. Вона включає розмічування траси трубопроводів, визначення місць розташування гідрантів, оглядових колодязів, вантузів, скидних пристроїв, фільтраційної станції та насосного обладнання. Також необхідно перевірити наявність підземних комунікацій, електрокабелів, водопроводів або інших мереж, які можуть бути пошкоджені під час земляних робіт.

Робоча зона повинна бути очищена від сторонніх предметів, зайвих матеріалів, залишків рослинності та інших перешкод. Місця виконання робіт необхідно позначити попереджувальними знаками. Відкриті траншеї,

котловани й місця монтажу колодязів повинні бути огорожені, особливо якщо вони розташовані поблизу польових доріг або шляхів руху техніки.

Земляні роботи необхідно виконувати з дотриманням вимог безпеки при розробленні траншей. Глибина траншей, ширина дна, крутість укосів і спосіб кріплення стінок мають відповідати властивостям ґрунту та проєктним рішенням. Забороняється перебування працівників у траншеї під час роботи екскаватора або іншої землерийної техніки. Спуск у траншею повинен здійснюватися тільки по спеціальних драбинах або обладнаних спусках.

Ґрунт, труби, арматуру й будівельні матеріали не можна складувати безпосередньо біля краю траншеї. Відстань від краю виїмки до місця складування повинна бути достатньою для запобігання обваленню стінок. Особливо це важливо на ділянках із зволженими, пухкими або нестійкими ґрунтами. У разі появи тріщин, осипання або деформацій стінок траншеї роботи необхідно припинити до усунення небезпеки.

Під час укладання поліетиленових труб необхідно стежити, щоб працівники не перебували під трубами або вантажами, які переміщуються. Переміщення довгомірних труб слід виконувати узгоджено, за командою відповідальної особи. Забороняється кидати труби в траншею або виконувати їх укладання способом, який може призвести до пошкодження матеріалу, травмування працівників або порушення геометрії трубопроводу.

Монтаж з'єднань трубопроводів, фітінгів, засувок, гідрантів, вантузів і скидних пристроїв має виконуватися справним інструментом. Перед початком роботи необхідно перевірити стан інструментів, електрокабелів, подовжувачів, зварювального або нагрівального обладнання, якщо воно використовується для з'єднання поліетиленових труб. Забороняється використовувати несправний інструмент або обладнання з пошкодженою ізоляцією.

Під час монтажу електрообладнання насосної установки необхідно дотримуватися вимог електробезпеки. Підключення електродвигуна, пускової

апаратури, захисних пристроїв і кабельних ліній повинні виконувати працівники, які мають відповідну кваліфікацію. Усі металеві корпуси електрообладнання повинні бути заземлені. Забороняється виконувати електромонтажні роботи під напругою без спеціального дозволу і засобів захисту.

Під час монтажу насосно-фільтраційного вузла необхідно забезпечити стійке встановлення насосного агрегату, фільтрів, засувок і з'єднувальних трубопроводів. Насос повинен бути встановлений на рівній і міцній основі, яка не допускає його зміщення під час роботи. Фільтраційне обладнання необхідно закріпити таким чином, щоб уникнути вібрацій, перекосів і розгерметизації з'єднань.

Після завершення монтажу трубопровідної мережі проводять її промивання та випробування. Перед подачею води в систему необхідно перевірити надійність з'єднань, правильність встановлення арматури, справність манометрів, регуляторів тиску, вантузів і скидних пристроїв. Під час випробування трубопроводів під тиском працівникам забороняється перебувати безпосередньо біля з'єднань, які можуть розгерметизуватися.

Пробний запуск насосного обладнання необхідно виконувати поступово. Спочатку перевіряють напрямок обертання електродвигуна, герметичність з'єднань, роботу засувок і фільтрів, а потім поступово подають воду в мережу. Різке відкривання засувок не допускається, оскільки це може спричинити гідравлічні удари та пошкодження трубопроводів або арматури.

Під час монтажу краплинних стрічок працівники повинні дотримуватися правил безпеки під час роботи з ручним інструментом, старт-конекторами, ножами, заглушками та фітингами. Краплинну стрічку необхідно розкласти без надмірного натягу, перекручування та механічних пошкоджень. Забороняється ходити по стрічках або переїжджати їх технікою без захисту.

Для всіх працівників, зайнятих на будівництві та монтажі системи зрошення, обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту:

спецодягу, захисного взуття, рукавиць, головних уборів, а за потреби — захисних окулярів, касок, засобів захисту органів слуху та електрозахисних засобів. Наявність і справність засобів захисту повинна перевірятися перед початком робіт.

Отже, безпечне виконання будівельно-монтажних робіт під час створення зрошувальної мережі забезпечується правильною організацією робочого місця, дотриманням технологічної послідовності, використанням справної техніки й інструментів, огороженням небезпечних зон, контролем стану траншей, виконанням вимог електробезпеки та застосуванням засобів індивідуального захисту.

5.3 Охорона праці під час експлуатації насосного обладнання та фільтраційної станції

Експлуатація насосного обладнання та фільтраційної станції потребує особливої уваги до питань охорони праці, оскільки ці елементи системи працюють під тиском, мають електропривід і забезпечують подачу води до всієї зрошувальної мережі. Порухення правил експлуатації насосно-фільтраційного вузла може призвести до аварійних зупинок системи, пошкодження обладнання, розгерметизації трубопроводів, ураження електричним струмом або травмування працівників.

До роботи з насосним обладнанням допускаються працівники, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, ознайомлені з інструкцією з експлуатації насосного агрегату, фільтраційної станції, запірно-регулювальної арматури, манометрів, регуляторів тиску та електрообладнання. Працівник повинен знати порядок запуску і зупинки насоса, допустимі робочі параметри системи, порядок промивання фільтрів і дії у разі виникнення аварійної ситуації.

Перед запуском насосної установки необхідно перевірити технічний стан обладнання. Оглядають насос, електродвигун, з'єднувальні муфти, кабелі, пускову апаратуру, заземлення, манометри, засувки, зворотний клапан, фільтри, регулятори тиску та трубопроводи. Особливу увагу приділяють герметичності з'єднань і відсутності протікань. Запуск насоса за наявності несправностей не допускається.

Електробезпека є основною вимогою під час експлуатації насосної установки. Корпуси електродвигуна, шафи керування та металеві частини обладнання повинні бути заземлені. Електричні кабелі мають бути захищені від механічних пошкоджень і вологи. Забороняється торкатися електрообладнання мокрими руками, відкривати електричні шафи без дозволу, виконувати ремонтні роботи під напругою або використовувати обладнання з пошкодженою ізоляцією.

Пуск насосної установки необхідно здійснювати відповідно до інструкції. Перед запуском засувки мають бути встановлені у положення, яке не допускає гідравлічного удару. Після запуску працівник повинен перевірити показники манометрів, роботу насоса, рівномірність подачі води, відсутність стороннього шуму, вібрації, перегрівання електродвигуна або протікань. У разі виявлення відхилень від нормального режиму роботи насоса слід зупинити та встановити причину несправності.

Під час роботи насосного обладнання забороняється знімати захисні кожухи, торкатися рухомих частин, виконувати ремонт або підтягування з'єднань, перебувати без потреби біля обертових елементів і залишати працююче обладнання без нагляду. Усі рухомі частини насоса й електродвигуна повинні бути закриті захисними огороженнями.

Фільтраційна станція повинна експлуатуватися з постійним контролем тиску до і після фільтрів. Для цього встановлюються манометри, за показниками яких визначають ступінь забруднення фільтраційних елементів. Якщо різниця тиску до і після фільтрів збільшується, необхідно провести

промивання фільтрів. Роботу фільтраційної станції без контролю тиску не допускають, оскільки засмічення фільтрів може спричинити зниження витрати води та нерівномірний полив.

Промивання фільтрів необхідно виконувати згідно з інструкцією. Перед промиванням потрібно відкрити відповідні промивні крани, забезпечити відведення забрудненої води у безпечне місце та не допускати її потрапляння на електрообладнання. Забороняється розбирати фільтри під тиском. Перед очищенням або ремонтом фільтраційного обладнання необхідно зупинити насос, перекрити засувки та скинути тиск у відповідній ділянці системи.

Регулятор тиску повинен забезпечувати стабільні параметри роботи краплинної мережі. Надмірний тиск може пошкодити краплинні стрічки, з'єднання або фітинги, а недостатній тиск призводить до нерівномірної подачі води емітерами. Тому під час експлуатації необхідно регулярно перевіряти тиск у головному трубопроводі та на вході до поливних ділянок.

Під час експлуатації насосно-фільтраційного вузла працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, гумове або водостійке взуття, рукавиці, а під час промивання фільтрів — захисні окуляри. Якщо рівень шуму від насосного обладнання є підвищеним, необхідно застосовувати засоби захисту органів слуху.

Особливу увагу необхідно приділяти роботі насосного обладнання в умовах підвищеної вологості. Майданчик насосно-фільтраційного вузла повинен мати тверде покриття або основу, яка не допускає утворення калюж і ковзання. Проходи до обладнання повинні бути вільними, не захащеними трубами, шлангами, інструментами або іншими предметами. Освітлення робочої зони повинно бути достатнім для безпечного обслуговування обладнання.

Після завершення роботи насосної установки необхідно виконати її правильну зупинку, перекрити засувки, перевірити відсутність протікань, оглянути фільтраційну станцію, за потреби промити фільтри та внести дані

про роботу системи до журналу експлуатації. У журналі доцільно фіксувати дату, тривалість роботи насоса, показники тиску, проведені промивання фільтрів, виявлені несправності та виконані ремонтні роботи.

У кінці поливного сезону насосно-фільтраційний вузол необхідно підготувати до міжсезонного зберігання. Систему промивають, спорожнюють, очищують фільтри, перевіряють стан арматури, знімають або консервують елементи, які можуть бути пошкоджені низькими температурами. Електрообладнання повинно бути відключене від мережі, очищене та захищене від вологи.

Отже, охорона праці під час експлуатації насосного обладнання та фільтраційної станції передбачає дотримання правил електробезпеки, контроль робочого тиску, справність насосів і фільтрів, своєчасне промивання фільтраційних елементів, недопущення ремонту обладнання під тиском, використання засобів індивідуального захисту та ведення систематичного контролю за технічним станом насосно-фільтраційного вузла.

5.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Під час будівництва та експлуатації системи зрошення можуть виникати надзвичайні або аварійні ситуації, пов'язані з пошкодженням трубопроводів, розгерметизацією з'єднань, різким підвищенням тиску, відмовою насосного обладнання, несправністю електрообладнання, підтопленням окремих ділянок, пожежною небезпекою, сильним вітром, грозою, зливою або іншими несприятливими природними явищами. Для зменшення ризику таких ситуацій необхідно передбачити систему організаційних, технічних і профілактичних заходів.

Основними можливими аварійними ситуаціями під час експлуатації системи краплинного зрошення є розрив трубопроводу або краплинної стрічки, пошкодження засувки чи фітингів, засмічення фільтрів, різке

зниження або підвищення тиску, вихід із ладу насосного агрегату, припинення електроживлення, ураження електрообладнання вологою, а також затоплення майданчика насосно-фільтраційного вузла.

У разі розриву трубопроводу або значного витоку води необхідно негайно зупинити насосну установку, перекрити засувки на пошкодженій ділянці, скинути тиск і тільки після цього приступати до огляду та ремонту. Забороняється виконувати ремонт трубопроводів, фітингів або арматури під тиском. Після усунення пошкодження систему потрібно поступово заповнити водою, перевірити герметичність з'єднань і лише після цього відновити нормальний режим роботи.

У разі різкого підвищення тиску в системі необхідно зменшити подачу води, перевірити положення засувки, стан регуляторів тиску, фільтрів і промивних вузлів. Різде підвищення тиску може бути наслідком закриття окремих ділянок, засмічення фільтрів або неправильного керування арматурою. Для запобігання гідравлічним ударами засувки потрібно відкривати й закривати поступово.

У разі засмічення фільтрів необхідно виконати їх промивання. Ознакою засмічення є збільшення різниці тиску до і після фільтраційної станції, зменшення витрати води або погіршення роботи краплинних ліній. Перед очищенням фільтрів необхідно зупинити насос або перевести станцію в режим промивання відповідно до інструкції. Забороняється розкривати корпуси фільтрів до повного скидання тиску.

При відмові насосного обладнання необхідно негайно зупинити роботу системи, відключити електроживлення, перекрити подачу води та повідомити відповідальну особу. Якщо в системі передбачено резервний насос, подальше водопостачання може бути відновлене після перевірки справності резервного агрегату. Перемикання на резервний насос повинно виконуватися тільки після перевірки арматури, електроживлення й тиску в системі.

У разі виникнення несправності електрообладнання, появи запаху перегрівання ізоляції, іскріння, диму, надмірного нагрівання електродвигуна або пускової апаратури необхідно негайно вимкнути живлення. Подальший огляд і ремонт електрообладнання мають виконувати лише працівники відповідної кваліфікації. Забороняється самостійно відкривати електричні шафи або виконувати ремонт без відключення напруги.

Під час грози роботу з електрообладнанням, насосною установкою та металевими елементами системи необхідно припинити. Працівники повинні залишити відкриті ділянки поля, не перебувати біля металевих трубопроводів, електричних шаф, насосного обладнання та високих окремо розташованих об'єктів. Після закінчення грози перед запуском системи необхідно перевірити стан електрообладнання й заземлення.

Під час сильного дощу або зливи необхідно контролювати стан траншей, колодязів, насосного майданчика та місць розташування фільтраційної станції. Якщо існує загроза підтоплення електрообладнання, систему потрібно вимкнути, а електроживлення відключити. Пуск обладнання після підтоплення допускається лише після повного огляду, просушування та перевірки справності електричної частини.

У разі пожежної небезпеки в зоні насосної станції або електрообладнання необхідно відключити електроживлення, повідомити відповідальних осіб і діяти відповідно до інструкції з пожежної безпеки. На майданчику насосно-фільтраційного вузла повинні бути первинні засоби пожежогасіння, доступ до яких має бути вільним. Захаращення майданчика легкозаймистими матеріалами, сухою рослинністю або сторонніми предметами не допускається [27].

Для запобігання аварійним ситуаціям необхідно регулярно проводити профілактичні огляди системи. Перед початком поливного сезону перевіряють насосне обладнання, фільтраційну станцію, електрообладнання, трубопроводи, засувки, гідранти, вантузи, скидні пристрої, манометри та

регулятори тиску. Під час сезону необхідно контролювати тиск у системі, якість фільтрації, рівномірність поливу та стан краплинних ліній.

Важливим заходом безпеки є навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях. Працівники повинні знати місця розташування засувок, електричних вимикачів, аварійних відключень, промивних і скидних пристроїв. Також необхідно мати схему системи зрошення з позначенням основних вузлів, напрямків руху води, місць відключення ділянок і розташування насосно-фільтраційного вузла.

У разі виникнення аварії працівники повинні діяти спокійно й послідовно: зупинити насос, відключити електроживлення у разі потреби, перекрити подачу води на аварійну ділянку, повідомити відповідальну особу, огородити небезпечне місце та не допускати сторонніх осіб до зони аварії. Ремонтні роботи дозволяється виконувати лише після повного усунення небезпечних факторів.

Таким чином, заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях спрямовані на швидке припинення дії небезпечного фактора, локалізацію аварійної ділянки, захист працівників, збереження обладнання та відновлення нормальної роботи системи. Для системи зрошення фермерського господарства «Успіх» основними заходами є справність насосного й електричного обладнання, наявність запірної арматури, контроль тиску, регулярне промивання фільтрів, профілактичні огляди та навчання персоналу.

Отже, дотримання вимог охорони праці та безпеки при будівництві й експлуатації системи зрошення забезпечує захист працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, знижує ризик аварійних ситуацій, підвищує надійність роботи насосно-фільтраційного вузла, трубопровідної мережі та краплинних ліній, а також сприяє безпечному й ефективному використанню запроєктованої системи зрошення овочевої сівозміни.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено проєкт системи зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» Павлоградського району Дніпропетровської області. Робота спрямована на обґрунтування доцільності впровадження краплинного зрошення, визначення параметрів поливу, проєктування закритої зрошувальної мережі, підбір насосного та фільтраційного обладнання, а також розроблення заходів з охорони праці при експлуатації системи зрошення. Тема та структура роботи відповідають затвердженій кваліфікаційній роботі щодо проєкту системи зрошення овочевої сівозміни у ФГ «Успіх» Павлоградського району.

У результаті аналізу природно-кліматичних умов встановлено, що територія фермерського господарства «Успіх» розташована в межах степової зони України, для якої характерні недостатнє та нестійке природне зволоження, високі літні температури, значна випаровуваність і часті посушливі періоди. За таких умов природні опади не забезпечують повну потребу овочевих культур у волозі, особливо в період активного росту, цвітіння, зав'язування плодів і формування товарної продукції. Це підтверджує необхідність застосування штучного зрошення.

Геоморфологічні, геологічні та гідрогеологічні умови території проєктування є загалом сприятливими для будівництва й експлуатації закритої зрошувальної мережі. Рівнинний і слабкохвилястий рельєф спрощує трасування головних та розподільних трубопроводів, зменшує обсяги земляних робіт і створює умови для рівномірного розподілу напору в системі. Водночас під час експлуатації зрошення необхідно контролювати рівень ґрунтових вод, не допускати перезволоження ґрунтів і вторинного засолення.

Ґрунтовий покрив території представлений переважно чорноземами звичайними, сформованими на лесах і лесоподібних суглинках. Ці ґрунти мають достатню природну родючість, сприятливий гранулометричний склад і

добру водоутримувальну здатність. Основним обмежувальним фактором їх продуктивності в умовах Павлоградського району є нестача вологи у вегетаційний період. Тому впровадження краплинного зрошення дає змогу повніше реалізувати потенціал родючості ґрунтів.

У роботі прийнято спеціалізовану овочеву сівозміну, до складу якої входять помідори безрозсадні пізні, помідори розсадні ранні, капуста білоголова рання, огірки, цибуля ріпчаста та баклажани. Зрошуваний масив поділено на 30 поливних ділянок, що дозволяє організувати почерговий полив культур відповідно до їх потреб у воді та строків вегетації. Така структура сівозміни забезпечує раціональне використання земельних ресурсів, зменшує фітосанітарне навантаження на ґрунт і сприяє стабільному виробництву овочевої продукції.

Для поливу овочевої сівозміни обґрунтовано застосування краплинного способу зрошення. Цей спосіб є найбільш доцільним для умов фермерського господарства «Успіх», оскільки забезпечує локальну подачу води безпосередньо в прикореневу зону рослин, зменшує втрати води на випаровування, поверхневий стік і глибоку фільтрацію, а також дозволяє підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом усього вегетаційного періоду.

У проєкті прийнято використання краплинної стрічки Aqua TraXX ERA 5061245, яка забезпечує рівномірну подачу води через вбудовані емітери. Прийнятні схеми посадки культур дозволяють ефективно розміщувати краплинні лінії вздовж рядків або стрічок посадки. Для стабільної роботи системи передбачено обов'язкове очищення води, контроль тиску, промивання трубопроводів і краплинних ліній.

Розрахунок режиму зрошення виконано для умов 75-відсоткової забезпеченості, що дозволяє врахувати посушливість клімату району та забезпечити надійну роботу системи в роки з недостатнім природним зволоженням. Поливні норми для овочевих культур прийнято з урахуванням

біологічних особливостей рослин, глибини зволоженого шару ґрунту, коефіцієнта зволоження площі та допустимого передполивного порогу вологості.

Середньозважена зрошувальна норма нетто для овочевої сівозміни становить $2820 \text{ м}^3/\text{га}$, а з урахуванням коефіцієнта корисної дії зрошувальної мережі $\eta = 0,96$ зрошувальна норма брутто становить близько $2938 \text{ м}^3/\text{га}$. За площі зрошення нетто $63,26 \text{ га}$ сезонна потреба у воді становить $178,4 \text{ тис. м}^3$ нетто та $185,8 \text{ тис. м}^3$ брутто. Найбільше навантаження на систему припадає на червень, липень і серпень.

Запроектована система зрошення прийнята як замкнута напірна трубопроводна мережа. Площа зрошення брутто становить $68,65 \text{ га}$, площа нетто — $63,26 \text{ га}$, коефіцієнт земельного використання — $0,92$. Загальна довжина трубопроводів становить 1745 м , основний діаметр трубопроводів прийнято 220 мм , матеріал труб — поліетилен. Замкнута мережа забезпечує мінімальні втрати води, зручність експлуатації та можливість почергового поливу окремих ділянок.

Гідравлічним розрахунком встановлено, що розрахункова витрата води для системи становить $41,5 \text{ л/с}$, або $149,4 \text{ м}^3/\text{год}$. При прийнятому діаметрі трубопроводів швидкість руху води становить близько $1,08 \text{ м/с}$, що є допустимим для поліетиленових напірних труб. Сумарні втрати напору за найбільш несприятливим напрямком з урахуванням місцевих втрат становлять близько $6,4 \text{ м}$.

Для забезпечення роботи системи підібрано насосне обладнання з продуктивністю $150 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором $34\text{--}36 \text{ м}$. Розрахункова потужність насосної установки становить $18,46 \text{ кВт}$, тому з урахуванням запасу прийнято електродвигун потужністю 22 кВт . Для підвищення надійності роботи системи передбачено один робочий і один резервний насосний агрегат.

У складі системи передбачено фільтраційну станцію продуктивністю $150 \text{ м}^3/\text{год}$, яка включає фільтр грубого очищення, фільтр тонкого очищення,

манометри, запірну арматуру, регулятор тиску та промивні крани. Втрати напору на фільтраційній станції прийнято 5,0 м. Таке рішення забезпечує очищення води до рівня, необхідного для стабільної роботи краплинних стрічок і запобігання засміченню емітерів.

На зрошувальній мережі передбачено основні гідротехнічні споруди та вузли: водозабірний пристрій, насосно-фільтраційний вузол, головний і розподільні трубопроводи, гідранти, оглядові колодязі, засувки, регулятори тиску, вантузи, скидні та промивні пристрої. Їх розміщення забезпечує надійну експлуатацію системи, можливість регулювання подачі води, видалення повітря, спорожнення мережі та промивання трубопроводів.

Техніко-економічні показники підтверджують доцільність упровадження запроєктованої системи зрошення. Очікується підвищення врожайності овочевих культур за рахунок стабільного водозабезпечення, зменшення впливу посух, покращення умов живлення рослин і рівномірного зволоження кореневмісного шару ґрунту. Орієнтовна питома витрата води на отримання 1 т додаткової овочевої продукції становить близько 157 м³/т, що свідчить про ефективне використання водних ресурсів.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час будівництва, монтажу й експлуатації системи зрошення. До них належать робота землерийної техніки, монтаж трубопроводів, експлуатація насосного обладнання, електробезпека, підвищений тиск у мережі, шум, вібрація, фізичні навантаження та можливий контакт із добривами при фертигації. Запропоновані заходи безпеки спрямовані на запобігання травматизму, аварійним ситуаціям і забезпечення безпечної експлуатації системи.

Отже, розроблений проєкт системи краплинного зрошення овочевої сівозміни у фермерському господарстві «Успіх» є технічно обґрунтованим, агрономічно доцільним і придатним для впровадження в умовах Павлоградського району Дніпропетровської області. Запропоновані рішення

забезпечують раціональне використання водних і земельних ресурсів, стабільне водопостачання овочевих культур, підвищення врожайності та ефективну експлуатацію зрошувальної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аграрний сектор України: сучасний стан і перспективи розвитку: науково-аналітичне видання. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2020. 308 с.
2. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області / за ред. Т. І. Адаменко. Дніпро: Дніпропетровський центр з гідрометеорології, 2011. 196 с.
3. Ромащенко М. І., Шатковський А. П. Сучасні технології зрошення овочевих культур. Київ: Аграрна наука, 2015. 184 с.
4. Ромащенко М. І., Корюненко В. М., Шатковський А. П. Краплинне зрошення: проєктування, монтаж, експлуатація. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2014. 236 с.
5. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24. Ст. 189.
6. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ: Держбуд України, 2000. 176 с.
7. Методичні рекомендації з розрахунку режимів зрошення сільськогосподарських культур. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. 64 с.
8. ДСТУ 2730:2015. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.
9. Географічна енциклопедія України: у 3 т. / редкол.: О. М. Маринич та ін. Київ: Українська енциклопедія, 1989–1993.
10. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України: підручник. Київ: Знання, 2005. 511 с.
11. Атлас Дніпропетровської області: природні умови та ресурси. Київ: ДНВП «Картографія», 2006. 80 с.

- 12.Шестопалов В. М. Гідрогеологія України. Київ: Наукова думка, 2002. 614 с.
- 13.Ромащенко М. І., Балюк С. А. Зрошення земель в Україні: стан та шляхи поліпшення. Київ: Аграрна наука, 2000. 114 с.
- 14.Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
- 15.Агрометеорологія: навчальний посібник / за ред. М. І. Кульбіді. Київ: Вища освіта, 2006. 304 с.
- 16.Бабіченко В. М., Ніколаєва Н. В., Гущина Л. М. Кліматичні умови та ресурси України. Київ: УкрНДГМІ, 2004. 180 с.
- 17.Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Журавльов О. В. Особливості застосування краплинного зрошення в умовах Степу України. Київ: Аграрна наука, 2012. 96 с.
- 18.Медведєв В. В. Моніторинг ґрунтів України. Харків: КП «Міська друкарня», 2012. 536 с.
- 19.Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 270 с.
- 20.ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
- 21.Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2006. 240 с.
- 22.Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Віпол, 2000. 376 с.
- 23.Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Журавльов О. В. Краплинне зрошення овочевих культур: рекомендації з проєктування та експлуатації. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2013. 72 с.
- 24.Овочівництво: підручник / за ред. В. І. Лихацького. Київ: Вища школа, 2001. 336 с.

25. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.
26. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: Держнаглядохоронпраці України, 1998. 192 с.
27. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ: МВС України, 2015. 104 с.
28. ДСТУ Б А.3.2-13:2011. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги. Київ: Мінрегіон України, 2012. 18 с.
29. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.
30. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с.
31. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009. Настанова з проєктування та монтажу мереж водопостачання і каналізації з пластикових труб. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 48 с.
32. ДСТУ ISO 9261:2004. Обладнання для зрошення. Емітери та краплинні лінії. Технічні вимоги та методи випробування. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 32 с.
33. ДСТУ EN 805:2018. Водопостачання. Вимоги до зовнішніх систем і компонентів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 84 с.
34. Поляков В. Л., Яцик А. В. Водне господарство України: сучасний стан і перспективи розвитку. Київ: Генеза, 2008. 456 с.
35. Яцик А. В., Хорєв В. М. Водні ресурси України: використання, охорона, відтворення, управління. Київ: Генеза, 2005. 360 с.
36. Савчук Д. П. Сільськогосподарські меліорації: навчальний посібник. Київ: Вища школа, 2004. 318 с.
37. Діденко М. М. Гідравліка: підручник. Київ: Вища школа, 2006. 368 с.
38. Кравчук А. М., Кравчук О. А. Гідравліка і гідравлічні машини: навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2011. 296 с.

39. Гідравлічний розрахунок трубопроводів зрошувальних систем: методичні рекомендації. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. 42 с.
40. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт для здобувачів спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». Дніпро: ДДАЕУ, 2024. 56 с.
41. Сільськогосподарські меліорації: підручник / за ред. М. І. Ромащенко. Київ: Аграрна освіта, 2010. 624 с.
42. Балюк С. А., Ромащенко М. І., Трускавецький Р. С. Меліорація ґрунтів: систематика, перспективи, інновації. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2015. 668 с.
43. Методика визначення потреби сільськогосподарських культур у воді при зрошенні. Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2008. 48 с.
44. Рекомендації з експлуатації систем краплинного зрошення. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2016. 80 с.
45. Довідник з овочівництва / за ред. Г. І. Подпрятова. Київ: Урожай, 2000. 360 с.

ДОДАТКИ

Розрахунок ведеться за даними метеостанції Павлоград
Вибір року здійснюється за дефіцитами водоспоживання
 сільськогосподарських культур
 Задіяно в розрахунку 6 культур

Помідори безрозсадні (пізні)	6
Помідори розсадні (ранні)	6
Огірки	4
Цибуля	4
Капуста розсадна рання	6
Баклажани	4
Всього	30 ділянок

Таблиця А1 - Дефіцит водоспоживання культур за багаторічний період

Розрахунок дефіциту водоспоживання												
Помідори безрозсадні (пізні)												
Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	27.7	5.3	14.8	0.0	9.2	9	80	0.4	25	18.9	10.9	1
2 травень	40.4	9.6	0.0	0.0	33.7	43	80	0.4	25	18.9	10.9	2
3 травень	40.3	18.4	0.0	0.0	27.4	70	80	0.4	25	18.9	10.9	2
1 червень	60.5	6.9	3.7	0.0	52.0	122	80	0.5	35	26.4	10.9	4
2 червень	52.8	20.4	0.0	0.0	38.5	161	80	0.5	35	26.4	10.9	3
3 червень	51.6	8.6	3.7	0.0	41.9	203	80	0.6	40	30.2	10.9	3
1 липень	37.4	8.9	0.0	0.0	31.2	234	80	0.6	40	30.2	10.9	2
2 липень	41.8	3.3	16.7	0.0	22.8	257	75	0.7	60	45.2	10.9	1
3 липень	39.0	9.1	0.0	0.0	32.6	289	75	0.7	60	45.2	10.9	3
1 серпень	33.0	8.5	0.0	0.0	27.1	316	75	0.7	60	45.2	10.9	1
2 серпень	32.5	13.1	0.0	0.0	23.3	340	75	0.7	60	45.2	10.9	2
3 серпень	28.1	11.7	13.0	0.0	6.9	347	70	0.7	75	56.6	10.9	1
Помідори розсадні (ранні)												
Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	27.7	5.3	14.8	0.0	9.2	9	80	0.4	25	14.7	8.4	1
2 травень	40.4	9.6	3.7	0.0	30.0	39	80	0.5	35	20.5	8.4	2
3 травень	42.4	18.4	0.0	0.0	29.5	69	80	0.5	35	20.5	8.4	2
1 червень	60.5	6.9	0.0	0.0	55.7	124	80	0.5	35	20.5	8.4	4
2 червень	55.7	20.4	3.7	0.0	37.7	162	80	0.6	40	23.5	8.4	3
3 червень	51.6	8.6	16.7	0.0	28.9	191	75	0.7	60	35.2	8.4	2
1 липень	39.6	8.9	0.0	0.0	33.4	224	75	0.7	60	35.2	8.4	2
2 липень	44.2	3.3	0.0	0.0	41.9	266	75	0.7	60	35.2	8.4	3
3 липень	37.9	9.1	0.0	0.0	31.5	298	75	0.7	60	35.2	8.4	2
1 серпень	30.3	8.5	0.0	0.0	24.3	322	75	0.7	60	35.2	8.4	2
2 серпень	27.1	13.1	13.0	0.0	4.9	327	70	0.7	75	44.0	8.4	0
Огірки												
Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	22.8	5.3	11.2	0.0	7.9	8	80	0.3	20	7.8	7.2	1
2 травень	30.9	9.6	0.0	0.0	24.1	32	80	0.3	20	7.8	7.2	1
3 травень	28.9	18.4	3.7	0.0	12.3	44	80	0.4	25	9.7	7.2	1
1 червень	40.0	6.9	-7.5	0.0	42.6	87	85	0.4	20	7.8	7.2	2
2 червень	39.8	20.4	0.0	0.0	25.6	112	85	0.4	20	7.8	7.2	2
3 червень	50.4	8.6	3.7	0.0	40.7	153	85	0.6	30	11.7	7.2	2
1 липень	34.5	8.9	0.0	0.0	28.3	181	85	0.6	30	11.7	7.2	1
2 липень	37.3	3.3	11.2	0.0	23.8	205	80	0.6	40	15.6	7.2	2

3 липень	30.3	9.1	22.4	0.0	1.6	207	70	0.6	65	25.3	7.2	0
1 серпень	18.4	8.5	0.0	0.0	12.4	219	70	0.6	65	25.3	7.2	0
2 серпень												

Цибуля

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	24.7	5.3	14.9	0.0	6.1	6	80	0.4	25	19.5	14.5	1
2 травень	28.7	9.6	0.0	0.0	22.0	28	80	0.4	25	19.5	14.5	1
3 травень	25.4	18.4	3.7	0.0	8.8	37	80	0.5	35	27.2	14.5	0
1 червень	33.5	6.9	0.0	0.0	28.7	66	80	0.5	35	27.2	14.5	2
2 червень	31.9	20.4	0.0	0.0	17.6	83	80	0.5	35	27.2	14.5	1
3 червень	40.8	8.6	0.0	0.0	34.8	118	80	0.5	35	27.2	14.5	2
1 липень	32.6	8.9	0.0	0.0	26.4	144	80	0.5	35	27.2	14.5	1
2 липень	37.3	3.3	9.3	0.0	25.6	170	75	0.5	45	35.0	14.5	2
3 липень	33.6	9.1	16.8	0.0	10.4	180	70	0.6	65	50.6	14.5	0
1 серпень	27.5	8.5	0.0	0.0	21.6	202	70	0.6	65	50.6	14.5	1
2 серпень	27.1	13.1	11.2	0.0	6.7	209	65	0.6	75	58.4	14.5	1
3 серпень	22.6	11.7	0.0	0.0	14.4	223	65	0.6	75	58.4	14.5	0

Капуста розсадна рання

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
3 квітень	19.0	16.5	5.6	0.0	1.9	2	85	0.3	15	11.3	10.9	1
1 травень	31.7	5.3	0.0	0.0	28.0	30	85	0.3	15	11.3	10.9	2
2 травень	35.1	9.6	1.9	0.0	26.5	56	85	0.4	20	15.1	10.9	1
3 травень	30.6	18.4	0.0	0.0	17.7	74	85	0.4	20	15.1	10.9	2
1 червень	45.4	6.9	1.9	0.0	38.7	113	85	0.5	25	18.9	10.9	2
2 червень	43.8	20.4	9.3	0.0	20.2	133	80	0.5	35	26.4	10.9	2
3 червень	49.9	8.6	14.9	0.0	28.9	162	75	0.6	55	41.5	10.9	2
1 липень	42.2	8.9	0.0	0.0	36.0	198	75	0.6	55	41.5	10.9	2
2 липень												

Баклажани

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	27.7	5.3	14.8	0.0	9.2	9	80	0.4	25	18.9	10.9	1
2 травень	40.4	9.6	0.0	0.0	33.7	43	80	0.4	25	18.9	10.9	2
3 травень	42.4	18.4	0.0	0.0	29.5	72	80	0.4	25	18.9	10.9	3
1 червень	60.5	6.9	-5.6	0.0	61.2	134	85	0.5	25	18.9	10.9	4
2 червень	55.7	20.4	0.0	0.0	41.4	175	85	0.5	25	18.9	10.9	3
3 червень	51.6	8.6	1.9	0.0	43.8	219	85	0.6	30	22.6	10.9	3
1 липень	39.6	8.9	11.1	0.0	22.3	241	80	0.6	40	30.2	10.9	1
2 липень	44.2	3.3	16.7	0.0	25.3	266	75	0.7	60	45.2	10.9	2
3 липень	37.9	9.1	0.0	0.0	31.5	298	75	0.7	60	45.2	10.9	2
1 серпень	30.3	8.5	0.0	0.0	24.3	322	75	0.7	60	45.2	10.9	2
2 серпень	18.1	13.1	13.0	0.0	-4.1	318	70	0.7	75	56.6	10.9	0
3 серпень												

Дефіцит водоспоживання культур за багаторічний період

Рік	k1	k2	k3	k4	k5	k6	Сер.
1966	292	260	173	197	180	256	230
1967	297	285	196	187	139	285	233
1968	394	371	278	275	275	371	331
1969	170	167	74	78	183	167	147
1970	393	393	267	277	223	387	326
1971	306	293	187	200	142	293	239
1972	463	419	274	324	216	406	353

1973	196	197	103	116	85	191	151
1974	194	188	103	110	75	180	144
1975	436	386	253	306	202	377	330
1976	123	129	63	47	125	129	107
1977	89	92	42	26	51	87	67
1978	179	183	116	98	36	183	133
1979	468	448	304	331	350	440	397
1980	121	125	76	58	109	125	105
1981	347	342	220	235	186	336	280
1982	237	223	117	146	120	211	179
1983	269	267	201	174	218	267	236
1984	354	341	254	251	252	335	302
1985	204	197	70	117	75	189	145
1986	319	290	168	212	143	278	238
1987	131	118	39	59	68	114	92

ПРИМІТКА: E - сумарне водоспоживання сільськогосподарською культурою, мм;

P - атмосферні опади, мм;

dW - використання весняних запасів вологи, мм;

Wg - підживлення підґрунтовими водами, мм;

D - дефіцит водоспоживання за декаду, мм;

SD - сумарний дефіцит водоспоживання, мм;

bm - мінімальна передполивна вологість ґрунту, %НВ

h - глибина активного кореневмісного шару ґрунту, м

mm - максимальна поливна норма, мм

mk - поливна норма під краплинне зрошення, мм

mp - розрахункова поливна норма, м3/га

n - кількість поливів за декаду

M - зрошувальна норма, мм

Mk - норма краплинного зрошення, м3/га

Sf - частка площі живлення рослин, %

nk - кількість крапельниць на 1 га, шт.

qk - витрата крапельниці, л/год

tk - тривалість одного поливу на ділянці, год

Середньозважена зрошувальна норма 282 мм

Середня норма краплинного зрошення 1916 м3/га

Додаток А2

№	Вибір року		р, %
	Год	SD, мм	
1	1977	67	4.3
2	1987	92	8.7
3	1980	105	13.0
4	1976	107	17.4
5	1978	133	21.7
6	1974	144	26.1
7	1985	145	30.4
8	1969	147	34.8
9	1973	151	39.1
10	1982	179	43.5
11	1966	230	47.8
12	1967	233	52.2
13	1983	236	56.5
14	1986	238	60.9
15	1971	239	65.2
16	1981	280	69.6
17	1984	302	73.9
18	1970	326	78.3
19	1975	330	82.6
20	1968	331	87.0
21	1972	353	91.3
22	1979	397	95.7

Всього спостереження проведені за 22 років

Таблиця АЗ

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ДАНІ РОКУ-МОДЕЛІ

Розрахунок ведеться за дефіцитами водоспоживання

Найближча метеостанція - Павлоград

Ймовірнісна забезпеченість розрахункового року - 75 %

Вибрані роки

1968, 1975, 1970, 1984, 1981,

Декада	h, мм	d, мб	t, °C	b	км
1 березень	12.7	1.5	0.1	0.95	1.00
2 березень	14.4	1.5	0.3	1.00	1.00
3 березень	13.6	1.5	3.2	1.05	1.00
1 квітень	11.9	6.0	9.8	1.09	1.00
2 квітень	12.7	5.6	9.9	1.13	1.00
3 квітень	16.5	6.2	11.3	1.18	0.99
1 травень	5.3	10.2	16.7	1.23	0.97
2 травень	9.6	11.2	17.4	1.26	0.95
3 травень	18.4	9.8	17.7	1.30	0.94
1 червень	6.9	12.1	20.9	1.32	0.94
2 червень	20.4	11.9	19.0	1.33	0.93
3 червень	8.6	14.5	21.8	1.33	0.92
1 липень	8.9	12.4	21.4	1.32	0.91
2 липень	3.3	14.6	22.4	1.30	0.91
3 липень	9.1	14.0	21.9	1.29	0.91
1 серпень	8.5	12.0	21.1	1.24	0.90
2 серпень	13.1	11.8	20.1	1.20	0.90
3 серпень	11.7	10.2	18.5	1.15	0.90
1 вересень	8.8	9.3	16.8	1.11	0.92
2 вересень	7.5	7.9	15.8	1.06	0.93
3 вересень	6.6	8.3	15.3	1.01	0.94
1 жовтень	15.7	3.1	10.7	0.97	0.98
2 жовтень	26.3	2.0	6.2	0.92	0.99
3 жовтень	9.5	1.7	7.1	0.88	1.00

Таблиця А4

Найближча метеостанція - Павлоград
Розрахунок дефіциту водоспоживання

Помідори безрозсадні (пізні)												
Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	sm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	27.7	5.3	14.8	0.0	9.2	9	80	0.4	25	18.9	10.9	1
2 травень	40.4	9.6	0.0	0.0	33.7	43	80	0.4	25	18.9	10.9	2
3 травень	40.3	18.4	0.0	0.0	27.4	70	80	0.4	25	18.9	10.9	2
1 червень	60.5	6.9	3.7	0.0	52.0	122	80	0.5	35	26.4	10.9	4
2 червень	52.8	20.4	0.0	0.0	38.5	161	80	0.5	35	26.4	10.9	3
3 червень	51.6	8.6	3.7	0.0	41.9	203	80	0.6	40	30.2	10.9	3
1 липень	37.4	8.9	0.0	0.0	31.2	234	80	0.6	40	30.2	10.9	2
2 липень	41.8	3.3	16.7	0.0	22.8	257	75	0.7	60	45.2	10.9	1
3 липень	39.0	9.1	0.0	0.0	32.6	289	75	0.7	60	45.2	10.9	3
1 серпень	33.0	8.5	0.0	0.0	27.1	316	75	0.7	60	45.2	10.9	1
2 серпень	32.5	13.1	0.0	0.0	23.3	340	75	0.7	60	45.2	10.9	2
3 серпень	28.1	11.7	13.0	0.0	6.9	347	70	0.7	75	56.6	10.9	1

Режим зрошення

№ полива	Дата	м,м3/га
1	10.05	108.6
2	14.05	108.6
3	18.05	108.6
4	25.05	108.6
5	30.05	108.6
6	1.06	108.6
7	4.06	108.6
8	7.06	108.6
9	10.06	108.6
10	11.06	108.6
11	14.06	108.6
12	18.06	108.6
13	20.06	108.6
14	24.06	108.6
15	27.06	108.6
16	1.07	108.6
17	6.07	108.6
18	15.07	108.6
19	20.07	108.6
20	25.07	108.6
21	29.07	108.6
22	5.08	108.6
23	14.08	108.6
24	20.08	108.6
25	21.08	108.6

M=360 мм

Mk=2714 м3/га

Sf=75.4 %

nk=23810 шт.

qk=1.14 л/с

tk= 4.0 год.

Помідори розсадні (ранні)

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	27.7	5.3	14.8	0.0	9.2	9	80	0.4	25	14.7	8.4	1
2 травень	40.4	9.6	3.7	0.0	30.0	39	80	0.5	35	20.5	8.4	2
3 травень	42.4	18.4	0.0	0.0	29.5	69	80	0.5	35	20.5	8.4	2
1 червень	60.5	6.9	0.0	0.0	55.7	124	80	0.5	35	20.5	8.4	4
2 червень	55.7	20.4	3.7	0.0	37.7	162	80	0.6	40	23.5	8.4	3
3 червень	51.6	8.6	16.7	0.0	28.9	191	75	0.7	60	35.2	8.4	2
1 липень	39.6	8.9	0.0	0.0	33.4	224	75	0.7	60	35.2	8.4	2
2 липень	44.2	3.3	0.0	0.0	41.9	266	75	0.7	60	35.2	8.4	3
3 липень	37.9	9.1	0.0	0.0	31.5	298	75	0.7	60	35.2	8.4	2
1 серпень	30.3	8.5	0.0	0.0	24.3	322	75	0.7	60	35.2	8.4	2
2 серпень	27.1	13.1	13.0	0.0	4.9	327	70	0.7	75	44.0	8.4	0

Режим зрошення

№ полива	Дата	m, м3/га
1	10.05	84.4
2	13.05	84.4
3	18.05	84.4
4	24.05	84.4
5	29.05	84.4
6	2.06	84.4
7	4.06	84.4
8	7.06	84.4
9	9.06	84.4
10	11.06	84.4
11	15.06	84.4
12	19.06	84.4
13	21.06	84.4
14	26.06	84.4
15	3.07	84.4
16	7.07	84.4
17	12.07	84.4
18	15.07	84.4
19	19.07	84.4
20	23.07	84.4
21	28.07	84.4
22	2.08	84.4
23	8.08	84.4

M=331 мм

Mk=1942 м3/га

Sf=58.7 %

nk=18519 шт.

qk=1.14 л/с

tk= 4.0 год.

Огірки

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	22.8	5.3	11.2	0.0	7.9	8	80	0.3	20	7.8	7.2	1
2 травень	30.9	9.6	0.0	0.0	24.1	32	80	0.3	20	7.8	7.2	1
3 травень	28.9	18.4	3.7	0.0	12.3	44	80	0.4	25	9.7	7.2	1
1 червень	40.0	6.9	-7.5	0.0	42.6	87	85	0.4	20	7.8	7.2	2
2 червень	39.8	20.4	0.0	0.0	25.6	112	85	0.4	20	7.8	7.2	2
3 червень	50.4	8.6	3.7	0.0	40.7	153	85	0.6	30	11.7	7.2	2
1 липень	34.5	8.9	0.0	0.0	28.3	181	85	0.6	30	11.7	7.2	1
2 липень	37.3	3.3	11.2	0.0	23.8	205	80	0.6	40	15.6	7.2	2
3 липень	30.3	9.1	22.4	0.0	1.6	207	70	0.6	65	25.3	7.2	0

84

1 сепень 18.4 8.5 0.0 0.0 12.4 219 70 0.6 65 25.3 7.2 0
2 сепень

Режим зрошення

№ полива	Дата	м,м3/га
1	10.05	72.4
2	16.05	72.4
3	26.05	72.4
4	3.06	72.4
5	7.06	72.4
6	10.06	72.4
7	18.06	72.4
8	21.06	72.4
9	26.06	72.4
10	5.07	72.4
11	10.07	72.4
12	18.07	72.4

M=223 мм
Mk= 869 м3/га
Sf=38.9 %
nk=15873 шт.
qk=1.14 л/с
tk= 4.0 год.

Цибуля

Декада	E	P	dW	Wg	D	SD	bm	h	mm	mk	mp	n
1 травень	24.7	5.3	14.9	0.0	6.1	6	80	0.4	25	19.5	14.5	1
2 травень	28.7	9.6	0.0	0.0	22.0	28	80	0.4	25	19.5	14.5	1
3 травень	25.4	18.4	3.7	0.0	8.8	37	80	0.5	35	27.2	14.5	0
1 червень	33.5	6.9	0.0	0.0	28.7	66	80	0.5	35	27.2	14.5	2
2 червень	31.9	20.4	0.0	0.0	17.6	83	80	0.5	35	27.2	14.5	1
3 червень	40.8	8.6	0.0	0.0	34.8	118	80	0.5	35	27.2	14.5	2
1 липень	32.6	8.9	0.0	0.0	26.4	144	80	0.5	35	27.2	14.5	1
2 липень	37.3	3.3	9.3	0.0	25.6	170	75	0.5	45	35.0	14.5	2
3 липень	33.6	9.1	16.8	0.0	10.4	180	70	0.6	65	50.6	14.5	0
1 сепень	27.5	8.5	0.0	0.0	21.6	202	70	0.6	65	50.6	14.5	1
2 сепень	27.1	13.1	11.2	0.0	6.7	209	65	0.6	75	58.4	14.5	1
3 сепень	22.6	11.7	0.0	0.0	14.4	223	65	0.6	75	58.4	14.5	0

Режим зрошення

№ полива	Дата	м,м3/га
1	10.05	144.8
2	14.05	144.8
3	3.06	144.8
4	10.06	144.8
5	15.06	144.8
6	22.06	144.8
7	27.06	144.8
8	5.07	144.8
9	11.07	144.8
10	18.07	144.8
11	7.08	144.8
12	16.08	144.8

M=223 мм
Mk=1737 м3/га

Продовження таблиці А4

Режим зрошення		
№ полива	Дата	m, м3/га
1	10.05	108.6
2	14.05	108.6
3	18.05	108.6
4	20.05	108.6
5	25.05	108.6
6	30.05	108.6
7	1.06	108.6
8	3.06	108.6
9	5.06	108.6
10	8.06	108.6
11	11.06	108.6
12	14.06	108.6
13	17.06	108.6
14	21.06	108.6
15	24.06	108.6
16	27.06	108.6
17	5.07	108.6
18	13.07	108.6
19	19.07	108.6
20	23.07	108.6
21	28.07	108.6
22	2.08	108.6
23	8.08	108.6
M=331 мм		
Mk=2497 м3/га		
Sf=75.4 %		
nk=23810 шт.		
qk=1.14 л/с		
tk= 4.0 год.		

ПРИМІТКА: Е - сумарне водоспоживання сільськогосподарською культурою, мм;

Р - атмосферні опади, мм;

dW - використання весняних запасів вологи, мм;

Wg - підживлення підґрунтовими водами, мм;

D - дефіцит водоспоживання за декаду, мм;

SD - сумарний дефіцит водоспоживання, мм;

bm - мінімальна передполивна вологість ґрунту, %НВ

h - глибина активного кореневмісного шару ґрунту, м

mm - максимальна поливна норма, мм

mk - поливна норма під краплинне зрошення, мм

mp - розрахункова поливна норма, м3/га

n - кількість поливів за декаду

M - зрошувальна норма, мм

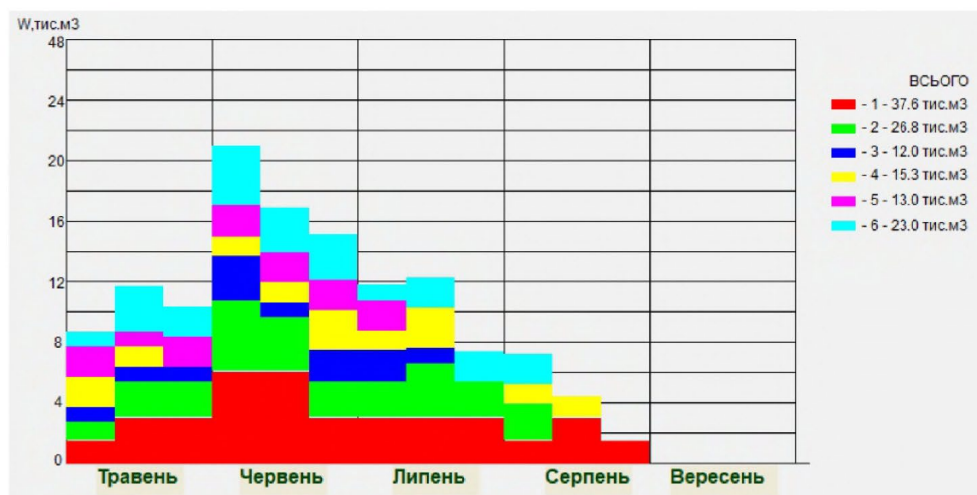
Mk - норма краплинного зрошення, м3/га

Sf - частка площі живлення рослин, %

nk - кількість крапельниць на 1 га, шт.

qk - витрата крапельниці, л/год

tk - тривалість одного поливу на ділянці, год



Графік подачі води на сівозміну

3
 Разом 1413 3250 13000 59.3 53.9 216 13
 Витрата води - 16.7 л/с

Сільськогосподарська культура - Баклажани

К-ть ділянок 4

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 9.20 га

К-сть крапельниць - 23810 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього	Тр-ть поливу крат. діл. всього	Кількість поливів
травень 1	108 248 994	4.54 4.12 16.5	1
2	324 745 2981	13.6 12.4 49.5	3
3	216 497 1987	9.07 8.25 33.0	2
червень 1	434 998 3993	18.2 16.6 66.3	4
2	327 752 3008	13.7 12.5 49.9	3
3	327 752 3008	13.7 12.5 49.9	3
липень 1	109 251 1003	4.58 4.16 16.6	1
2	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
3	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
серпень 1	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
2			
Разом	2499 5748 22991	105 95.4 382	23

Витрата води - 16.7 л/с

ВЗАГАЛІ

К-ть ділянок 30

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 69.0 га

Місяць, декада	Об'єм подачі води, м3	Тривалість поливу, год
травень 1	8634	149
2	11620	207
3	10304	190
червень 1	20958	389
2	16864	299
3	15051	267
липень 1	11712	217
2	12208	217
3	7360	133
серпень 1	7190	125
2	4342	67
3	1504	25
Разом	127747	2284

К-сть крапельниць - 15873 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього	Тр-ть поливу	Кількість поливів
травень 1	72 166 994	4.54 4.12 24.7	1
2	72 166 994	4.54 4.12 24.7	1
3	72 166 994	4.54 4.12 24.7	1
червень 1	216 497 2981	13.6 12.4 74.2	3
2	72 166 994	4.54 4.12 24.7	1
3	146 336 2015	9.20 8.36 50.2	2
липень 1	146 336 2015	9.20 8.36 50.2	2
2	73 168 1007	4.60 4.18 25.1	1
3			
Разом	869 1999 11992	54.7 49.8 299	12
Витрата води - 11.2 л/с			

Сільськогосподарська культура - Огірки

К-ть ділянок 4

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 9.20 га

К-сть крапельниць - 31746 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього	Тр-ть поливу	Кількість поливів
травень 1	217 499 1996	6.84 6.21 24.9	2
2	144 331 1325	4.54 4.12 16.5	1
3			
червень 1	144 331 1325	4.54 4.12 16.5	1
2	145 334 1334	4.57 4.15 16.6	1
3	290 667 2668	9.14 8.30 33.2	2
липень 1	145 334 1334	4.57 4.15 16.6	1
2	290 667 2668	9.14 8.30 33.2	2
3			
серпень 1	145 334 1334	4.57 4.15 16.6	1
2	145 334 1334	4.57 4.15 16.6	1
3			
Разом	1665 3830 15318	52.4 47.7 191	12
Витрата води - 22.3 л/с			

Сільськогосподарська культура - Цибуля

К-ть ділянок 4

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 9.20 га

К-сть крапельниць - 23810 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього	Тр-ть поливу	Кількість поливів
травень 1	216 497 1987	9.07 8.25 33.0	2
2	108 248 994	4.54 4.12 16.5	1
3	217 499 1996	9.11 8.29 33.1	2
червень 1	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
2	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
3	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
липень 1	218 501 2006	9.16 8.32 33.3	2
2			

Додаток Б

Відомість подачі води на масив краплинного зрошення

Подача розрахована на забезпеченість року 75 %

Сільськогосподарська культура - Помідори 1

К-ть ділянок 6

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 13.8 га

К-сть крапельниць - 23810 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього			Тр-ть поливу крап. діл. всього			Кількість поливів
травень 1	109	251	1504	4.58	4.16	25.0	1
2	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
3	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
червень 1	436	1003	6017	18.3	16.6	99.9	4
2	436	1003	6017	18.3	16.6	99.9	4
3	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
липень 1	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
2	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
3	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
серпень 1	109	251	1504	4.58	4.16	25.0	1
2	218	501	3008	9.16	8.32	49.9	2
3	109	251	1504	4.58	4.16	25.0	1
Разом	2725	6268	37605	114	104	624	25

Витрата води - 16.7 л/с

Сільськогосподарська культура - Помідори 2

К-ть ділянок 6

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 13.8 га

К-сть крапельниць - 18519 шт.

Місяць, декада	Об'єм подачі води на га діл.всього			Тр-ть поливу крап. діл. всього			Кількість поливів
травень 1	84	193	1159	4.54	4.12	24.7	1
2	168	386	2318	9.07	8.25	49.5	2
3	168	386	2318	9.07	8.25	49.5	2
червень 1	336	773	4637	18.1	16.5	99.0	4
2	254	584	3505	13.7	12.5	74.8	3
3	170	391	2346	9.18	8.35	50.1	2
липень 1	170	391	2346	9.18	8.35	50.1	2
2	255	587	3519	13.8	12.5	75.1	3
3	170	391	2346	9.18	8.35	50.1	2
серпень 1	170	391	2346	9.18	8.35	50.1	2
2							
3							
Разом	1945	4474	26841	105	95.5	573	23

Витрата води - 13.0 л/с

Сільськогосподарська культура - Капуста

К-ть ділянок 6

Площа ділянки - 2.30 га

всього - 13.8 га

Середньозважена зрошувальна норма 282 мм
Середня норма краплинного зрошення 1916 м³/га