

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

Затверджую:
Завідувач кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
«_____» _____ 2026 р.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:
«ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
БУДІВНИЦТВА СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В
ФЕРМЕРСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ «АГРОПРОГРЕС»
КРИВОРІЗЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Виконав здобувач вищої освіти
групи БЦІс-1-23

_____ Олексій ЛЯШЕНКО
(підпис)

Керівник

_____ Геннадій ГАПІЧ
(підпис)

Дніпро 2026

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

Затверджую:
Завідувач кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Ляшенку Олексію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування організаційно-технологічних параметрів будівництва системи краплинного зрошення в фермерському господарстві «Агропрогрес» Криворізького району Дніпропетровської області» затверджена наказом ректора від «24» квітня 2026 р. №818.

2. Термін здачі закінченої роботи: «15» червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: план ділянки території та характеристика господарської діяльності підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Природні та кліматичні умови району зрошення; 2. Аналіз господарської діяльності фермерського господарства «Агропрогрес»; 3. Обґрунтування режиму краплинного зрошення сільськогосподарських культур; 4. Гідравлічний розрахунок системи краплинного зрошення; 5. Організаційно-технологічні рішення при будівництві системи краплинного зрошення; 6. Система охорони праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; 7. Оцінка впливу будівельного процесу режиму експлуатації системи краплинного зрошення на компоненти довкілля; 8. Розрахунок економічної ефективності будівництва системи краплинного зрошення; Вступ; Висновки; Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу: Додатки у вигляді креслень на аркушах формату А3; презентація у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

Керівник роботи

_____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (Олексій ЛЯШЕНКО)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Природні та кліматичні умови району зрошення	квітень 2026 р.	
2	2. Аналіз господарської діяльності фермерського господарства «Агропрогрес»	травень 2026 р.	
3	3. Обґрунтування режиму краплинного зрошення сільськогосподарських культур	травень 2026 р.	
4	4. Гідравлічний розрахунок системи краплинного зрошення	травень 2026 р.	
5	5. Організаційно-технологічні рішення при будівництві системи краплинного зрошення	травень 2026 р.	
6	6. Система охорони праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	червень 2026 р.	
7	7. Оцінка впливу будівельного процесу режиму експлуатації системи краплинного зрошення на компоненти довкілля	червень 2026 р.	
8	8. Розрахунок економічної ефективності будівництва системи краплинного зрошення	червень 2026 р.	
9	Вступ, Висновки, Список літератури, Додатки, Паспорт проєкту	червень 2026 р.	
10	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	червень 2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ (Олексій ЛЯШЕНКО)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	7
1. ПРИРОДНІ ТА КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ЗРОШЕННЯ	9
1.1. Рельєф території розташування зрошувальної ділянки	9
1.2. Кліматичні умови району досліджень	10
1.3. Геологічні і гідрогеологічні умови проєктної ділянки будівництва системи краплинного зрошення	12
1.4. Характеристика джерела краплинного зрошення	13
2. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «АГРОПРОГРЕС»	15
3. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	18
3.1. Методи розрахунку і оперативного корегування поливної норми за умов краплинного зрошення	18
3.2. Визначення норм і строків крапельного поливу с.-г. культур ...	22
3.3. Технологічні карти вирощування с.-г. культур в умовах краплинного зрошення	26
3.3.1 Технологічна картка вирощування томатів	27
3.3.2 Технологічна картка вирощуванні огірків	30
3.3.3 Технологічна картка вирощування перцю	34
4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ	38
4.1. Обґрунтування технологічної схеми подачі та розподілу води	38
4.2. Розрахунок зрошувальної мережі	44
5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ	47
5.1. Розрахунок об'єму земляних та будівельно-монтаж робіт	47

при облаштуванні системи краплинного поливу	
5.2. Розрахунок калькуляції трудових витрат і фонду заробітної платні	50
5.3. Графік виконання земляних і будівельно-монтажних робіт .	51
5.4. Вибір комплекту будівельних машин і механізмів для виробництва будівельних робіт	54
5.5. Організація процесу будівельного виробництва при улаштуванні зрошувальної системи	60
5.6. Календарне планування виробництва робіт	62
6. СИСТЕМА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
6.1. Служба охорони праці під час експлуатації системи краплинного зрошення	69
6.2. Безпека при виробництві земляних і будівельно-монтажних роботах на системі краплинного зрошення	71
7. ОЦІНКА ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЦЕСУ РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ	75
7.1. Загальна оцінка впливу на компоненти навколишнє середовище	75
7.2. Оцінка впливу на мікроклімат території	77
7.3. Вплив на ґрунтовий покрив території досліджень	78
7.4. Вплив на поверхневі та підземні води	79
8. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ	82
8.1. Визначення капіталовкладень на будівництво масиву краплинного зрошення	82
8.2. Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву зрошення	84
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	88

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи становить 89 сторінок. Текст містить розрахунково-пояснювальну записку, ілюстрований схематичними матеріалами, технологічними картами та таблицями, а також розрахунки економічної ефективності.

Актуальність теми зумовлена сучасними кліматичними змінами в степовій зоні України, що робить стабільне ведення овочівництва неможливим без впровадження енерго- та водоощадних технологій. Використання системи краплинного зрошення є ключовим інструментом оптимізації водного режиму ґрунтів, що дозволяє значно знизити витрати води порівняно з традиційними методами поливу.

Мета роботи полягає у розробці проекту організації та технології будівництва системи краплинного зрошення для ФГ «Агропрогрес» у Криворізькому районі Дніпропетровської області.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси та організаційні рішення при створенні та експлуатації систем краплинного зрошення в умовах фермерського господарства.

Предмет дослідження – є організаційно-технологічні параметри будівництва масиву краплинного зрошення, що забезпечують оптимальне функціонування системи та високу економічну ефективність виробництва.

Ключові слова: краплинне зрошення, овочівництво, гідравлічний розрахунок, трубопровідна мережа, організація будівництва, технологія будівництва, економічна ефективність, охорона праці.

ВСТУП

Сільське господарство України на сучасному етапі розвитку стикається з серйозними викликами, зумовленими глобальними змінами клімату. Підвищення середньорічних температур та посилення посушливих явищ, особливо в умовах Степової зони України, зокрема у Криворізькому районі Дніпропетровської області, роблять впровадження ефективних меліоративних заходів критично необхідним. Краплинне зрошення є одним із найбільш раціональних способів управління водним режимом ґрунту, що дозволяє забезпечити точне дозування вологи та поживних речовин безпосередньо в кореневу зону рослин, мінімізуючи втрати води та ризики засолення ґрунтів.

Обґрунтування організаційно-технологічних параметрів будівництва таких систем є запорукою успішного вирощування високоврожайних овочевих культур, таких як томати, огірки та перець, що визначає економічну ефективність діяльності фермерського господарства «Агропрогрес».

Мета роботи полягає в науковому обґрунтуванні та розробці комплексу організаційно-технологічних рішень для будівництва системи краплинного зрошення в умовах ФГ «Агропрогрес».

Для досягнення мети було поставлено та вирішено такі *завдання*:

- 1) Проаналізувати природно-кліматичні та гідрогеологічні умови району розташування ділянки.
- 2) Обґрунтувати режим краплинного зрошення та розробити технологічні карти вирощування овочевих культур.
- 3) Виконати гідравлічний розрахунок зрошувальної мережі та обрати оптимальні технічні характеристики обладнання.
- 4) Розробити організаційно-технологічні рішення для будівництва системи, включаючи графік робіт та вибір механізмів.

- 5) Провести оцінку впливу проєктної системи на довкілля та розробити заходи з охорони праці.
- 6) Розрахувати економічну ефективність інвестиційного проєкту та термін окупності системи.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси та організаційні рішення при створенні та експлуатації систем краплинного зрошення в умовах фермерського господарства.

Предметом дослідження є організаційно-технологічні параметри будівництва масиву краплинного зрошення, що забезпечують оптимальне функціонування системи та високу економічну ефективність виробництва.

1. ПРИРОДНІ ТА КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РАЙОНУ ЗРОШЕННЯ

1.1. Рельєф території розташування зрошувальної ділянки

Територія дослідження розташована на Східноєвропейській рівнині, у степовій зоні. Її рельєф сформувався під дією різних сил: як внутрішніх (зміни в земній корі), так і зовнішніх. На зовнішній вигляд поверхні найбільше вплинули давні льодовики, вітри, які наносили пил, а також річки та дощі, які розмивали або намівали ґрунт. Загалом, це широкі рівнини з невеликими пологими ярами.

Сама ділянка, де планується зрошення, знаходиться на північному заході села Благодатне (колишня назва: Чапаївка) (рис. 1.1). Поверхня землі тут майже рівнинна, з невеликими впадинами, схожими на блюдця, тому вода звідти сходить погано. Вздовж південного краю ділянки є невелика низина, а на південному заході – пологий схил. Більша частина території це рівна площа (на висоті близько 60 метрів) з дуже легким нахилом на захід.

Дощова вода звідси стікає в яри та балки, або просочується у землю. Підземні води також зрештою потрапляють у ці балки, які є частиною басейну річки Інгулець. Щоб зрошення не нашкодило ґрунту, тут раніше проклали спеціальні підземні труби (дренаж). Вони збирають зайву воду та відводять її у сусідню балку.



Рисунок 1.1 – Оглядова карта території будівництва системи краплинного зрошення: червоним кольором позначено проектний масив зрошення, синім кольором – регулюючий басейн та насосну станцію (джерело зрошення)

1.2. Кліматичні умови району досліджень

Ділянка, де проектується зрошувальна мережа, розташована у степовій зоні з помірно континентальним кліматом. Для нього характерні спекотне, посушливе літо та відносно м'яка зима. Погоду тут формують повітряні маси з Атлантики, Арктики та внутрішніх районів Євразії.

Сезонні особливості території наступні:

- зима: характеризується активним впливом циклонів та частою зміною погоди. Втрощення арктичного повітря приносить холоди, але завдяки циклонам з Атлантики та Чорного моря часто трапляються відлиги з підвищенням температури до $+10...+15^{\circ}\text{C}$.
- весна: можливі різкі повернення холодів і заморозків.

- літо: переважає вплив Азорського антициклону, який приносить ясну і сонячну погоду. Повітря сильно прогрівається, що створює умови для суховіїв та пилових бур.
- осінь: з жовтня характер погоди змінюється. Зростає вплив Сибірського антициклону, частішають тумани та похмурі дні з облоговими дощами і мрякою.

Середньорічна температура повітря становить $+8,8^{\circ}\text{C}$. Найтепліший місяць – липень (середня температура $+19,6^{\circ}\text{C}$), а найхолодніший – січень. Зафіксований абсолютний мінімум температур складав -37°C , а максимум досягав $+40^{\circ}\text{C}$.

Територія належить до зони нестійкого зволоження. Середньорічна норма становить близько 412–493 мм. У посушливі роки цей показник може падати до 265–329 мм. Близько 73% опадів випадає у вигляді дощу. Літні дощі найчастіше є зливовими: вода швидко стікає і майже не засвоюється рослинами. Влітку часто трапляються затяжні посухи (без дощу понад 30–40 днів). Випаровування значно перевищує кількість опадів і в середньому становить 890 мм на рік. Вологість повітря має чітку сезонність. Взимку відносна вологість найвища (84–89%), а влітку падає до 57–58%. На початок вегетаційного періоду запасів вологи в ґрунті часто не вистачає для нормального розвитку рослин.

Через постійні відлиги сніговий покрив дуже нестабільний, а іноді взагалі зникає посеред зими. В середньому він тримається 76 днів, а його товщина становить лише 3–9 см. Ґрунт взимку промерзає в середньому на глибину 60 см (з коливаннями від 31 до 124 см).

Протягом теплої пори року переважають північно-західні вітри, а в холодну – південні та південно-східні. Середня швидкість вітру – 3,7 м/с. Навесні, коли снігу вже немає, а рослинність ще слабка, сильні вітри можуть спричиняти пилові бурі.

1.3. Геологічні і гідрогеологічні умови проєктної ділянки будівництва системи краплинного зрошення

У геологічному відношенні ділянка розташована на Східноєвропейській платформі, у північній частині Причорноморської западини. Верхня частина розрізу утворена переважно вітровими та водними наносами, які розділені шарами давніх ґрунтів. Усереднений профіль складається з родючого шару товщиною близько півметра, під яким залягають суглинки та давні ґрунти різної щільності. Глибше розташовані важкі суглинки та щільні червоно-бурі або сірі глини, які майже не пропускають воду і слугують природним водоупором. Через особливості рельєфу та тривале зрошення підґрунтові води залягають тут досить мілко – на глибині 1,6–2,6 метра. Вони є слабомінералізованими з переважанням сульфатів, натрію та кальцію.

Основним типом ґрунтів на ділянці є південні малогумусні чорноземи. Через мілке залягання ґрунтових вод і слабкий відтік вологи вони набули ознак вторинно-лучних ґрунтів і частково засолилися. За складом це важкосуглинкові ґрунти із вмістом гумусу в орному шарі на рівні 3,4–4,5%, а на змитих ділянках – близько 3,2%. Товщина родючого шару становить 70–75 сантиметрів. Ці ґрунти мають середній рівень забезпечення фосфором, високий вміст калію, а також хорошу пористість і здатність утримувати вологу. Головною загрозою для них є високий рівень підземних вод, через який водорозчинні солі підіймаються до коріння рослин.

За рівнем родючості, ступенем засоленості та придатністю до зрошення землі ділянки поділено на дві ґрунтово-меліоративні групи. Перша група займає площу 12 гектарів (47,3% території) і представлена глибокозасоленими південними чорноземами. Вони добре підходять для вирощування зернових та овочевих культур на зрошенні, але зовсім не придатні для багаторічних насаджень через мілкі ґрунтові води. Для їх використання обов'язково потрібна дренажна система, яка штучно підтримуватиме рівень вод не вище 1,5 метра від поверхні.

Друга група охоплює 13,4 гектара (52,7% території). Сюди входять слабосолончакуваті та слабозмиті чорноземи, де солі залягають ближче до поверхні. Ці землі також придатні лише для зернових та овочів і потребують жорсткого контролю рівня ґрунтових вод за допомогою дренажу. Крім того, оскільки ці ґрунти більш схильні до накопичення солей, для запобігання їх деградації необхідно раз на п'ять років вносити кальцієвмісні препарати (наприклад, гіпс) у дозі 2,5–3,0 тони на гектар. На слабозмитих ділянках цієї групи додатково слід застосовувати спеціальну протиерозійну агротехніку для захисту ґрунту від розмивання.

1.4. Характеристика джерела краплинного зрошення

Для зрошення земельної ділянки проект передбачає використання води з каналу Дніпро-Кривий Ріг. Варто зазначити, що на сьогодні канал не функціонує через руйнацію Каховської ГЕС, проте за нормальних умов мирного часу він може слугувати надійним джерелом зрошення. За базовою схемою водозабір та подача здійснюються насосною станцією НСП-13 із Широківського магістрального каналу до станції НСП-10, після чого вода розподіляється у внутрішньогосподарську мережу. Якість цієї поливної води оцінювали за методикою Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства та агрохімії для Степової зони України. Аналіз базувався на низці показників: загальній мінералізації, концентрації токсичних солей, рівні кислотності (рН), показниках лужності, а також на співвідношенні основних катіонів – натрію, калію, магнію та кальцію.

Узагальнений аналіз іригаційних властивостей показав, що за рівнем мінералізації та загрозою осолонцювання ця вода є безпечною для місцевих глинистих і суглинкових ґрунтів і не спричинить накопичення в них солей. Проте вода має суттєвий недолік – підвищену лужність. Це робить її лише обмежено придатною для поливу, оскільки виникає серйозна небезпека

підлуження ґрунтів (які й так мають нейтральну або слаболужну реакцію) та хімічних опіків кореневої системи рослин.

Отже, щоб безпечно використовувати воду з цього джерела, необхідно обов'язково проводити хімічну меліорацію. Нівелювати негативний вплив лужності можна двома способами: або шляхом прямого підкислення поливної води (з розрахунку 0,050–0,075 кг сірчаної кислоти на 1 кубічний метр води), або регулярним внесенням у ґрунт кислих меліорантів, зокрема фосфогіпсу в нормі 1,2–1,8 тони на гектар.

2. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА « АГРОПРОГРЕС»

Сучасний земельний фонд фермерського господарства (ФГ) «Агропрогрес» був сформований у період проведення земельної реформи та розпаювання аграрних угідь. У результаті цих процесів підприємство отримало у своє розпорядження 34 га земель, які раніше входили до складу великого масиву зрошуваних площ загальною площею 1185 га.

Сьогодні сільськогосподарське виробництво функціонує в жорстких ринкових умовах, де визначальну роль відіграє економічна доцільність. Епоха масового та ненормованого використання дощувальних установок (так званий «дощувальний бум») залишилася в минулому. Водні ресурси стали надзвичайно дорогим виробничим фактором, що вимагає від аграріїв переходу до режиму раціонального водокористування та оптимізації витрат. Водночас кліматичні особливості Степової зони диктують свої правила: ведення рентабельного агробізнесу та отримання стабільних, прогнозованих врожаїв без штучного зволоження є практично неможливим завданням.

Шукаючи баланс між високою вартістю води та необхідністю підтримувати родючість ґрунтів, керівництво господарства розробило стратегію поетапного відновлення меліоративної інфраструктури, виходячи з наявних фінансових можливостей. Робочим проектом визначено, що першочерговим та найбільш економічно обґрунтованим кроком є впровадження сучасних водозберігаючих технологій. Зокрема, передбачається облаштування системи краплинного зрошення на площі 25 га (рис. 2.1). Такий підхід дозволить мінімізувати втрати води, підвищити ефективність використання поливних земель та забезпечити стабільне вирощування овочевої продукції для потреб населення.

Експлікація зрошуваних площ

№	Назва об'єкта	Площа, га	
		брутто	нетто
1		6,51	6,20
2		9,78	9,40
3		9,76	9,40
Разом		26,05	25,00

Техніко – економічні показники

№ з/п	Назва показника	Кількість	
		Одиниця виміру	Кількість
1	Площа	брутто	26,05
		нетто	25,00
2	Спосіб поливу	краплинне зрошення	
3	Коефіцієнт земельного використання	-	0,96
4	Плодінн норми	м ³ /га	75-300
5	Зрошувальні норми	м ³ /га	675-2100
6	Сучасне річне водоспоживання	тис. м ³	32,168
7	Розрахункова ордината гідромодуля	л/сга	0,80
8	Попереда у трубах ПНД – Ø160 мм	м	360
	– Ø160 мм	м	270
	– Ø110 мм	м	464
	– Ø63 мм	м	480
9	Площина стрічка АкваТехХХ 16тп	м	250100
10	Тривалість будівництва	днів	70

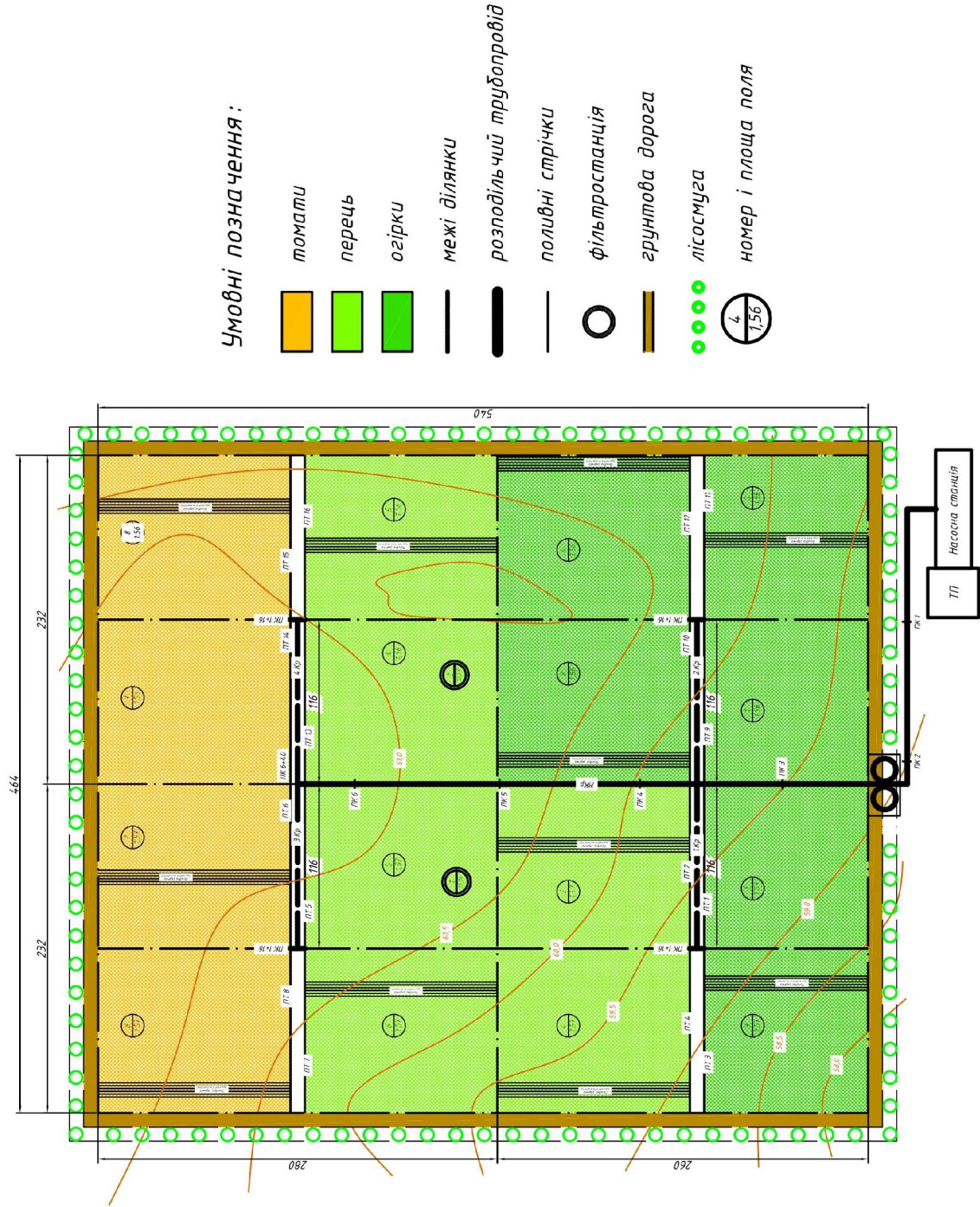


Рисунок 2.1 – План ділянки системи краплинного зрошення

Вибір саме цієї ділянки для впровадження краплинного зрошення зумовлений також необхідністю кардинальної зміни її цільового сільськогосподарського призначення. У минулому на цій площі було закладено фруктовий сад. Проте через негативні кліматичні зміни останніх років – тривалі літні посухи, жорсткі суховії та аномально холодні зими – сад зазнав сильних ушкоджень і деградував. Дерева стали слаборозвиненими, втратили життєздатність і більше не здатні до повноцінного плодоношення. Подальше утримання такого саду є економічно недоцільним: воно лише генерує прямі збитки для ФГ «Агропрогрес» та критично знижує загальну ефективність використання земельних ресурсів. Перехід від збиткового садівництва до інтенсивного овочівництва на краплинному зрошенні дозволить повернути ці землі до високорентабельного обороту.

З інженерно-екологічної точки зору проєктована територія має підготовлену інфраструктуру. Вона входить до загальної зони моніторингу та контролю за рівнем підґрунтових вод. На ділянці вже побудована і стабільно функціонує система закритого горизонтального самопливного дренажу, яка запобігає підтопленню та засоленню. Зібрані дренажні води безпечно відводяться та скидаються у відроги сусідньої безіменної балки. Крім того, реалізація проєкту не має жодних правових чи природоохоронних перешкод: у межах ділянки відсутні зони санітарної охорони водозаборів, а також немає об'єктів природно-заповідного фонду (заказників, заповідників тощо).

3. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

3.1. Методи розрахунку і оперативного корегування поливної норми за умов краплинного зрошення

Поливна норма залежить від властивостей ґрунту, глибини кореневої зони та способу поливу. Оптимальною верхньою межею зволоження є найменша вологоємність ґрунту (НВ). Для краплинного зрошення на середніх і важких ґрунтах передполивну вологість необхідно підтримувати на рівні 80% НВ. Для точного визначення поливної норми застосовують термостатно-ваговий метод. Він розраховує дефіцит вологи – різницю між оптимальним запасом води (при НВ) та її фактичним вмістом у ґрунті. Розрахунок виконується за формулою:

$$m = 100 \cdot h \cdot \rho \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}), \quad (3.1)$$

де m – поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$; h – глибина зволожуваного шару ґрунту, м ; ρ – об'ємна маса ґрунту, $\text{г}/\text{см}^3$; $\beta_{\text{нв}}$ – найменша вологоємність, %; $\beta_{\text{ф}}$ – фактична вологість ґрунту перед поливом, %.

Для даного типу ґрунтів значення $\beta_{\text{нв}}$ складає 25 %, d – 1,24. Таким чином, встановивши експериментально фактичну вологість ґрунту, знаходять величину поливної норми. Для даної ділянки поливної норми за умови суцільного зволоження 0,5 м шару ґрунту представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Поливні норми

$\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}, \%$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
$m, \text{м}^3/\text{га}$	125	156	187	219	250	281	312	344	375	406	438	469	500	531	563	594	625

Таблиця 3.2 – Кількість води, необхідної для формування господарсько-корисної частини урожаю

Культура	Урожайність, т/га	Вміст сухих речовин, %	Суха частина урожаю, кг/га	Кількість води, $\text{м}^3/\text{га}$
Томати	60	6,0	4200	2100
Огірки	30	4,5	1350	675
Перець	30	9,0	2700	1350

Метод обліку випаровування вологи є міжнародним стандартом, рекомендованим Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (FAO). Він забезпечує високу точність визначення поливної норми, проте потребує облаштування в господарстві власного метеопосту для щоденного моніторингу показників. Для вимірювання добового потенційного випаровування (E_v) з одиниці площі використовують спеціальний прилад – евапорометр (результат фіксується у мм/добу або л/добу).

Щоб обчислити фактичну потребу конкретної культури у воді, показник потенційного випаровування коригують за допомогою біокліматичного коефіцієнта рослини ($K_{\text{росл}}$). Цей коефіцієнт залежить від фази росту та ступеня розвитку листкового апарату рослини (дані у табл. 3.3).

Приклад розрахунку: для томатів у липні потенційне випаровування за евапорометром становить $E_v = 7,6 \text{ л/м}^2$, а коефіцієнт культури $K_{\text{росл}} = 0,8$. Відповідно, фактичне добове випаровування рослин розраховується як $7,6 \cdot 0,8 = 6,08 \text{ л/м}^2$ (або мм/добу). На один гектар площі це складе 6,1 мм, тобто $61 \text{ м}^3/\text{га}$ води.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт випаровування ($K_{\text{росл}}$) овочевих культур за фазами росту

Культура	Фази зростання і розвитку					Середній показник за сезон
	Після сходів, посадки	Вегетативна фаза росту	Активний ріст плодів	Дозрівання плодів	Збирання плодів	
Перець	0.40...0.50	0.60...0.75	0.95...1.00	1.00...1.15	0.95...1.10	0.70...0.80
Огірки	0.30...0.50	0.70...0.80	1.00...1.10	0.90...1.00	0.80...0.90	0.70...0.90
Томати	0.40...0.50	0.70...0.80	1.05...1.25	0.80...0.95	0.95...1.10	0.75...0.90

Із поширенням систем краплинного зрошення для оперативного контролю вологості ґрунту широко застосовують тензіметри. Вони дозволяють безперервно вимірювати вологість у будь-якій точці поля та на необхідній глибині активного кореневого шару. Основою будь-якого тензіметра (механічного, електронного тощо) є герметична трубка, заповнена водою, із пористим керамічним наконечником. У міру висихання ґрунт витягує воду через керамічні пори, створюючи всередині трубки розрідження (вакуум). Що сухіший ґрунт, то вищий показник всмоктувального тиску на манометрі. При повному насиченні ґрунту водою (найменшій вологоємності) прилад показує нуль. Суть методу полягає у підтриманні всмоктувального тиску в межах оптимального діапазону. Наприклад, на суглинкових чорноземах контрольні прилади встановлюють на глибині 0,3 та 0,6 м і на відстані 0,3–0,4 м від крапельниці. Поливи призначають, коли тиск досягає встановленого порогу передполивної вологості.

Визначення поливної норми: для точного розрахунку поливної норми показники тиску тензіметра перетворюють на відсотки вологості ґрунту за допомогою спеціальних калібрувальних графіків (залежність між всмоктувальним тиском та вологістю конкретного типу ґрунту). Отримавши фактичну вологість, дефіцит вологи розраховують за формулою:

$$Q = 100 \cdot h(\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{пп}}), \text{ мм} \quad (3.2)$$

де h – глибина розрахункового шару ґрунту, м; $Q_{\text{нв}}$ – вологість об'єму ґрунту в % НВ; $Q_{\text{пп}}$ – передполивна вологість об'єму ґрунту в % НВ.

Поливна норма визначається за формулою:

$$V=(Q_{0-50}+Q_{50-100})\cdot S, \text{ літр/росл.}, \quad (3.3)$$

де V – поливна норма; Q_{0-50} – вологість ґрунту в мм у шарі 0-50 см; Q_{50-100} – вологість ґрунту в мм у шарі 50-100 см; S – розмір контуру зволоження в м.

Моніторинг вологості можна проводити щодобово або за іншим встановленим графіком. Щоб уникнути складних математичних обчислень, на практиці для спрощення розрахунків застосовують спеціальні графіки – номограми, які відображають залежність між всмоктувальним тиском і фактичною вологістю для кожного шару ґрунту окремо. На такій номограмі по осі абсцис відкладають показники всмоктувального тиску, зазвичай із кроком 0,1 атмосфери. Цей графік дозволяє одразу перевести показник тиску в розрахункову потребу води, яка може виражатися у літрах на одну рослину, літрах на погонний метр або безпосередньо в кубічних метрах на гектар. Визначення поливної норми за допомогою номограми зводиться до знаходження дефіцитного об'єму води на основі показників тензіметрів PS_1 та PS_2 , встановлених на різній глибині контрольного контуру. Поливна норма з розрахунку на 1 гектар площі визначається або прямим зчитуванням, якщо графік побудований для значень у м³/га, або аналітичним шляхом за формулою:

$$M=0,001 V \cdot N, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3.4)$$

де M – поливна норма; N – кількість рослин (крапельниць) на 1 га.

Тривалість поливу визначається за формулою.

$$T= V \cdot q, \quad (3.5)$$

де q – витрата води крапельницею (л/год); V – поливна норма (л).

3.2. Визначення норм і строків крапельного поливу с.-г. культур

Проектований режим зрошення сільськогосподарських культур розроблено на основі результатів польових вишукувань, рекомендацій та фондових матеріалів інституту «Укрдипроводгосп». Розрахунки базуються на біокліматичному методі, який використовує емпіричний коефіцієнт біологічної кривої водоспоживання. Оскільки система краплинного зрошення зводить випаровування з поверхні ґрунту до мінімуму, сумарне водоспоживання формується переважно за рахунок транспірації самих рослин. Завдяки відсутності втрат на випаровування та мінімальному глибинному просочуванню, вода не витрачається даремно на зволоження міжрядь чи підживлення бур'янів. Натомість вона цілеспрямовано подається безпосередньо до кореневої системи кожної культури (витрата крапельниці при цьому становить 1,14 л/год).

Потреба культур у воді динамічно змінюється протягом усього вегетаційного періоду залежно від фази їхнього розвитку, формуючи для кожної рослини індивідуальну криву водоспоживання. Розрахунок зрошувальних норм виконувався з урахуванням повного задоволення цих потреб задля підтримки оптимальних агротехнічних умов. Головним інструментом для цього є вегетаційні поливи, які проводяться в період активного росту. Вони є фундаментом для отримання високих і стабільних врожаїв незалежно від погодних умов, оскільки своєчасно поповнюють дефіцит ґрунтової вологи та нейтралізують наслідки посухи. Максимальна ефективність таких поливів проявляється у критичні фази розвитку культур, коли навіть мінімальне зневоднення клітин може призвести до суттєвого зниження загальної врожайності (дані наведено у табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Критичні періоди сільськогосподарських культур

Культура	Критичний період
Томати, перець	Зав'язування і зростання плодів
Огірки	Плодоношення

Під час розробки поливного режиму для кожної культури критично важливо правильно визначити нижню межу оптимальної вологості розрахункового (активного) шару ґрунту. Експериментально доведено, що у найважливіші фази росту та розвитку рослин передполивна вологість має перевищувати вологість в'янення на 20–35% від найменшої вологості (НВ). У проектних розрахунках базовою забезпеченістю поливних норм прийнято посушливий рік із 75-відсотковою забезпеченістю дефіциту водного балансу, а нижню межу передполивної вологості встановлено на рівні 80% від НВ, залежно від специфіки конкретної культури. Глибина активного шару, де зосереджується основна маса кореневої системи, визначалася з урахуванням біологічних особливостей рослин, фаз їхньої вегетації та чинних зональних рекомендацій.

Обчислення поливних норм здійснювалося з ретельним урахуванням ґрунтово-меліоративних умов та водно-фізичних властивостей місцевих ґрунтів. За результатами розрахунків, разові поливні норми коливаються в межах від 75 до 300 м³/га, при цьому середньозважена зрошувальна норма становить 1285 м³/га. Слід зауважити, що розроблений поливний режим є проектним і слугує насамперед для обґрунтування технічних параметрів інженерної мережі зрошення. На практиці, під час експлуатації, його необхідно буде оперативно коригувати залежно від фактичних метеорологічних умов. Базуючись на описаних методиках розрахунку, принципах оперативного контролю та оптимальних строках вирощування овочевих культур, у проекті складено таблиці поливів для неукomплектованого та укomплектованого графіків (табл. 3.5, 3.6). Відповідні візуалізовані графіки поливів овочевої сівозміни представлені на рис. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.5 – Відомість неукмплектованого графіку поливів

№ поля	Культура	F, га	M, м³/га	№ поливу	m, м³/га	t, діб	Почат.	Кінець	Q, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Томати	6,2	2100	1	150	2	25.06	27.06	20
				2	200	3	07.06	10.06	20
				3	250	4	19.06	23.06	20
				4	300	4	28.06	01.07	20
				5	300	4	07.07	11.07	20
				6	300	4	16.07	20.07	20
				7	300	4	28.07	31.07	20
				8	300	4	11.08	15.08	20
2	Огірки	9,4	675	1	75	2	12.06	14.06	20
				2	150	3	24.06	27.06	20
				3	150	3	08.07	11.07	20
				4	150	3	21.07	24.07	20
				5	150	3	02.08	05.08	20
3	Перець	9,4	1350	1	75	2	05.06	07.06	20
				2	125	3	14.06	17.06	20
				3	150	3	29.06	01.07	20
				4	200	4	08.07	12.07	20
				5	200	4	16.07	20.07	20
				6	200	4	25.07	29.07	20
				7	200	4	01.08	05.08	20
				8	200	4	12.08	16.08	20

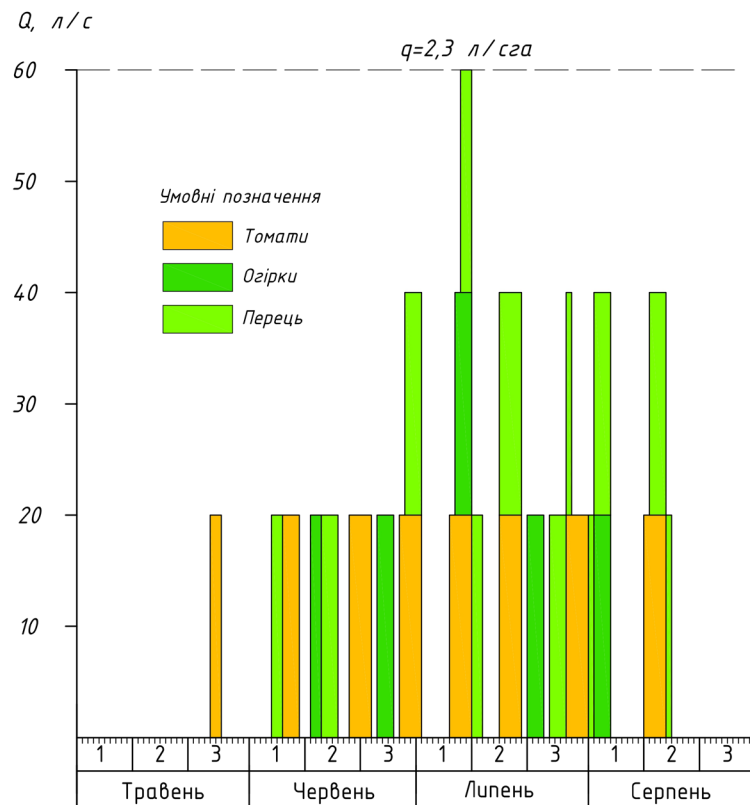


Рисунок 3.1 – Неукмплектований графік крапельного поливу с.-г. культур

Таблиця 3.6 – Відомість укомплектованого графіку поливів

№ поля	Культура	F, га	M, м³/га	№ поливу	m, м³/га	t, діб	Почат.	Кінець	Q, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Томати	6,26	2100	1	150	2	25.06	27.06	20
				2	200	3	07.06	10.06	20
				3	250	4	15.06	19.06	20
				4	300	4	25.06	29.06	20
				5	300	4	04.07	08.07	20
				6	300	4	15.06	19.06	20
				7	300	4	30.07	02.08	20
				8	300	4	10.08	14.08	20
2	Огірки	9,38	675	1	75	2	10.06	12.06	20
				2	150	3	21.06	24.06	20
				3	150	3	08.07	11.07	20
				4	150	3	23.07	26.07	20
				5	150	3	03.08	06.08	20
3	Перець	9,4	1350	1	75	2	03.06	05.06	20
				2	125	3	12.06	15.06	20
				3	150	3	29.06	01.07	20
				4	200	4	11.07	15.07	20
				5	200	4	19.07	23.07	20
				6	200	4	26.07	30.07	20
				7	200	4	06.08	10.08	20
				8	200	4	14.08	18.08	20

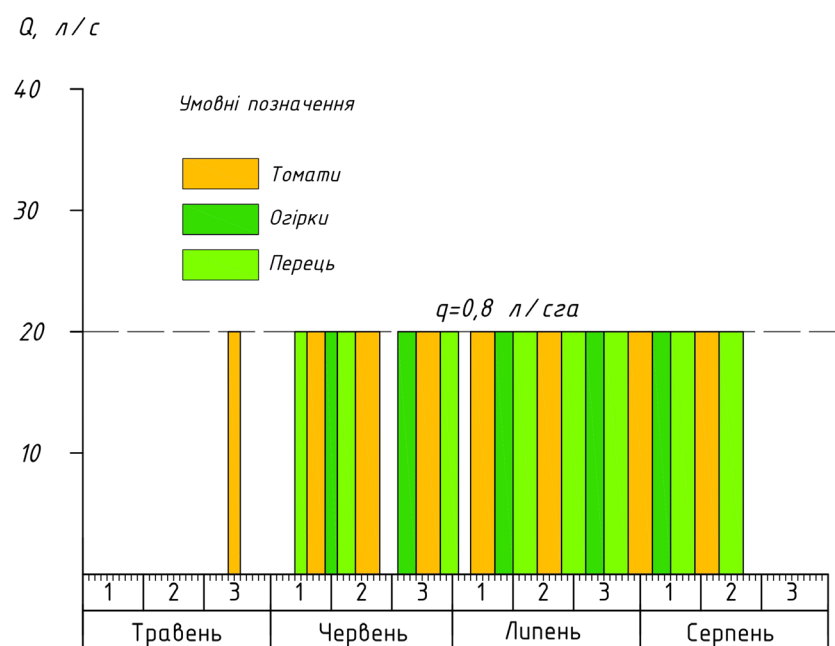


Рисунок 3.2 – Укомплектований графік крапельного поливу с.-г. культур

3.3. Технологічні карти вирощування с.-г. культур в умовах краплинного зрошення

Концепція програмування врожаю демонструє найвищу ефективність саме на зрошуваних землях, оскільки тут з'являється можливість штучно керувати головним лімітуючим фактором посушливих регіонів – вологозабезпеченістю рослин шляхом своєчасних поливів. Успішне впровадження таких технологій вимагає комплексного підходу та врахування низки параметрів: фактичної забезпеченості господарства мінеральними добривами, пропускної здатності (гідромодуля) зрошувальної мережі, біологічного потенціалу районованих сортів чи гібридів, а також природної родючості ґрунту. Сучасне землеробство поступово розширює традиційні підходи, надаючи перевагу методам точного нормування. Це означає, що обсяги поливної води, дози внесення добрив та кількість насіннєвого матеріалу математично обґрунтовуються під конкретний запланований показник урожайності. Застосування таких розрахункових технологій дозволяє не лише гарантувати стабільний результат, а й максимально раціонально та економічно використовувати матеріальні й природні ресурси підприємства. Базуючись на цих принципах, нижче наведено технологічні карти вирощування рекомендованих сільськогосподарських культур для проектованої ділянки зрошення, а розрахована виходячи із запланованого врожаю потреба в мінеральних добривах деталізована у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Загальна потреба в мінеральних добривах

Вид добрив	Кришталон (білий)	Кришталон (особливий)	Моно- калійфосфат	Калійна селітра	Аміачна селітра
Формула	15:5:30+3	18:18:18+3	KH_2PO_4	KNO_3	$\text{N H}_4 \text{NO}_3$
Перець					
Кількість, кг/га	0	662	4	151	113
Томат					
Кількість, кг/га	880	0	64	55	119
Огірки					
Кількість, кг/га	0	222	31	212	58

3.3.1 Технологічна картка вирощування томатів

Успішне вирощування томатів вимагає суворого дотримання правил сівозміни та ретельного підбору попередників. Оптимальними культурами-попередниками є злакові, бобові (зокрема соя, горох, люцерна та буркун) і цибуля; також допускається їх розміщення після капусти чи огірків. З метою запобігання поширенню спільних хвороб та шкідників, категорично забороняється висаджувати томати після інших представників родини пасльонових (картоплі, перцю, баклажанів). Повертати цю культуру на колишнє місце вирощування можна не раніше ніж через чотири роки. Крім того, томати є досить вимогливими до якості земель: вони потребують окультурених, високородючих ґрунтів із належними агрофізичними показниками, при цьому гранично допустима концентрація водорозчинних солей у ґрунтовому розчині не повинна перевищувати 0,4%.

Агротехнічний комплекс підготовки ґрунту розпочинається одразу після збирання попередньої культури і передбачає одно- або дворазове дискування для якісного подрібнення пожнивних залишків. Наступним етапом є проведення глибокої зяблевої оранки на 25–30 см. З настанням ранньої весни виконуються закриття вологи шляхом боронування та передпосівна культивування. Проектом передбачено розсадний спосіб вирощування томатів за схемою чергування дворядкових стрічок (рис. 3.3). Проектована схема посадки передбачає відстань між стрічками 1,1 м, між суміжними рядками у стрічці – 0,3 м, а крок між рослинами в самому рядку – 0,35 м. За такої просторової конфігурації площа живлення для кожного куща дорівнює 0,25 м², що забезпечує оптимальну експлуатаційну густоту стояння на рівні 40 тисяч рослин на один гектар.

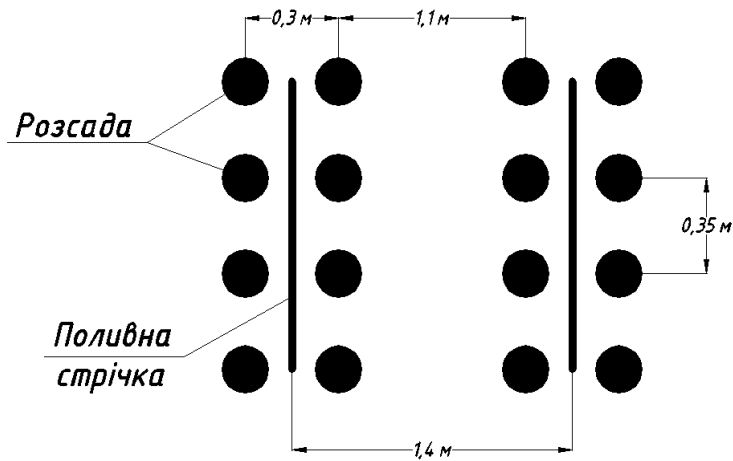


Рисунок 3.3 – Технологічна схема посадки томатів

Оптимальним періодом для висаджування розсади томатів у відкритий ґрунт є перша та друга декади травня. Процес підготовки розсади триває шість тижнів, протягом яких у теплиці підтримується суворий температурний режим: до появи сходів температура повинна становити 25–27°C, а після проростання її знижують до 20–22°C вдень та 16–18°C уночі. Після перенесення розсади на поле обов'язково проводять полив із нормою 25–30 мм води для забезпечення належної приживлюваності. Використання краплинного зрошення є найбільш прогресивною технологією, яка гарантує максимально рівномірний розподіл води та дозволяє здійснювати фертигацію – точне підживлення рослин розчиненими мінеральними добривами одночасно з поливом. Монтаж інфраструктури краплинного зрошення виконується ще до висадки розсади: крапельна стрічка укладається паралельно з посівом за допомогою переобладнаної сівалки або монтується вручну одразу після нього. Такий підхід дає змогу розпочати подачу води негайно, забезпечуючи гарантовані сходи.

Режим зрошення томатів передбачає підтримання вологості ґрунту на рівні 80% від найменшої вологоємності (НВ), із незначним зниженням цього показника лише у фазі масового цвітіння. Важливою умовою при розсадному способі є проведення попереднього вологозарядкового поливу: ґрунт має бути добре зволожений ще до моменту висадки рослин, що мінімізує стрес і запобігає зрідженню плантації. Поливні норми розраховуються за допомогою

евапорометрів, тензіометрів та розрахункових методів визначення дефіциту вологи (різниці між фактичною вологістю та НВ); зведені дані щодо потреби у воді для формування товарної частини врожаю наведено у таблиці 3.2.

Система живлення томатів виключає безпосереднє внесення органічних добрив під культуру – їх доцільно вносити під попередник у нормі 30–40 т/га. Розрахунок потреби в основних елементах мінерального живлення, виконаний на основі агрохімічного аналізу ґрунту, представлено у таблиці 3.8. За класичною схемою, 75% фосфорних та 50% калійних добрив вносять як основне живлення під осінню оранку або весняну культивуацію. Якщо з певних причин цього не було зроблено, весь розрахунковий об'єм елементів подається протягом вегетації методом фертигації. Для цього застосовують виключно повністю водорозчинні комплексні добрива без осаду, при цьому оптимальне співвідношення азоту, фосфору та калію (N:P:K) для томатів має становити 1:0,5:1,5–2. Детальний поденний розрахунок норм внесення під час вегетації відображено у таблиці 3.9, а загальна потреба у мінеральних добривах для всієї площі під томатами зведена у таблиці 3.7.

Таблиця 3.8 – Розрахунок внесення мінеральних добрив для томатів

№	Стаття балансу	Поживні речовини		
		N	P ₂ O	K ₂ O
1	Вміст поживних речовин (ПР) в орному горизонті ґрунту, мг/кг	70	140	218
2	Запас ПР в орному шарі, кг/га	336	672	1046,4
3	Реальні запаси, кг/га	168	336	523,2
4	Коефіцієнт використання ПР з фунту, %	50	5	10
5	Може бути використано з фунту, кг/га	84	16,8	52,32
6	Урожайність, т/га	60		
7	Виніс основної продукції з урахуванням побічної, кг/т	3,2	0,8	4
8	Виніс ПР із запланованим урожаєм, кг/га,	192	48	240
9	Дефіцит ПР на планований урожай, кг/га	108	31,2	187,68
10	Коефіцієнт використання ПР з добрив, %	60	40	70
11	Необхідно внести добрив, кг д.р./га	180	78	312,8
12	Середні норми	170	130	340

Таблиця 3.9 – Рекомендовані норми добрив за їх внесення фертигацією

Дні вирощування	Поживні речовини					
	N		P ₂ O		K ₂ O	
	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг
01-21	1,2	24	0,8	16	3,0	60
22-45	2,1	48	0,9	20	3,5	80
46-70	2,3	58	0,9	22	3,8	95
71-90	2,5	50	1,0	20	3,85	77
Разом	-	180	-	78	-	313

3.3.2 Технологічна картка вирощуванні огірків

Успішне вирощування огірків потребує дотримання науково обґрунтованих правил сівозміни. Найкращими попередниками для цієї культури є злакові та бобові рослини, зокрема люцерна, буркун, горох і соя. Як припустимі попередники також розглядаються столовий буряк, томати, перець, картопля та цибуля. Окрім правильної сівозміни, культура висуває високі вимоги до якості земельних угідь: огірки найкраще розвиваються на добре аерованих ґрунтах із високим вмістом органічних речовин. Досягнення максимальної врожайності можливе лише за умови комплексного підходу до живлення, який передбачає одночасне внесення як органічних, так і мінеральних добрив. Водночас коренева система огірка є надзвичайно чутливою до засоленості: гранично допустима концентрація водорозчинних солей у ґрунтовому розчині не повинна перевищувати 0,2%, при цьому критичний вміст іонів хлору становить лише 0,007%. Оптимальний рівень кислотності ґрунту (pH) для нормального розвитку рослин знаходиться в нейтральному діапазоні – від 6,8 до 7,0.

Агротехнічний цикл підготовки ґрунту залежить від його фізичного стану та забур'яненості. При вирощуванні огірків на спланованій рівнинній поверхні весняно-польові роботи розпочинаються із закриття вологи – дворазового боронування, яке виконується перпендикулярно до напрямку зяблевої оранки. Подальші технологічні операції визначаються фактичним станом поля: якщо ґрунт має пухку структуру і є чистим від рослинних залишків, достатньо провести лише одну передпосівну культивування з одночасним боронуванням на розрахункову глибину загортання насіння. У разі, якщо основне мінеральне живлення не було закладено з осені, добрива обов'язково вносять саме під час першої весняної культивування. Проектом передбачено сівбу огірків широкорядним способом (відповідно до рис. 3.4): відстань між міжряддями становить 1,4 м, а крок висіву між рослинами в рядку – 0,3 м. Така схема формує площу живлення 0,42 м² для кожної рослини, що забезпечує оптимальну експлуатаційну густоту стояння на рівні 24 тисяч рослин на гектар.

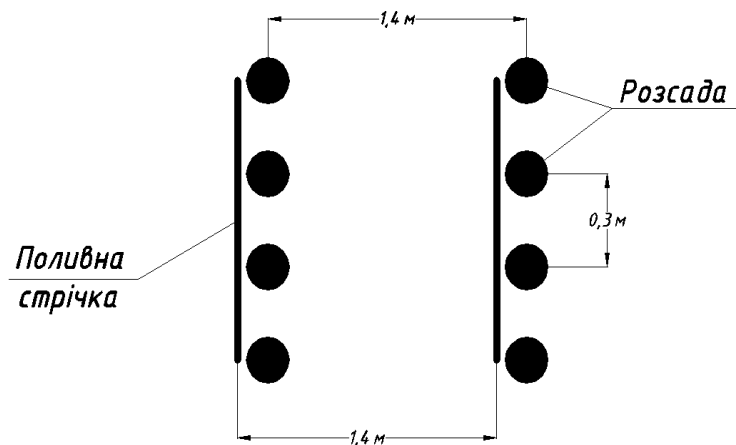


Рисунок 3.4 – Технологічна схема посадки огірків

Сівбу огірків проводять виключно після стійкого прогрівання ґрунту – його температура в момент посіву має становити не менше 16°C, за умови повної відсутності загрози поворотних приморозків на поверхні ґрунту (у середніх широтах такі умови зазвичай формуються після 15 травня). При висіві насіння загортають на глибину 3–4 см. Норма висіву становить 4–5 кг/га, проте використання сучасних сівалок точного висіву дозволяє

зменшити її до 1–1,5 кг/га. У південніших регіонах можливий більш ранній прями́й посів – у середині або наприкінці квітня, але лише за умови, що опівдні температура ґрунту на глибині загортання насіння становить не нижче 14–15°C. Окрім температурного режиму, огірок є надзвичайно вимогливим до воло́ги, особливо на етапі проростання насіння. Оптимальними умовами для його вирощування є відносна вологість повітря на рівні 90% та передполивна вологість ґрунту на рівні 80% від НВ (з незначним її зниженням лише у фазі масового цвітіння).

Для забезпечення необхідного водно-повітряного режиму застосовується краплинне зрошення. Монтаж системи здійснюється ще до початку посівних робіт, що дозволяє провести вологозарядковий полив і отримати дружні, вирівняні сходи. Після появи сходів поливи тимчасово призупиняють до формування рослиною 3–4 справжніх листків – цей агротехнічний прийом стимулює розвиток потужної і більш глибокої кореневої системи. У період активного утворення огудини застосовують помірні поливні норми на рівні 25–30 м³/га. З наростанням вегетативної маси норми поливу поступово збільшують, досягаючи максимальних значень у 60–80 м³/га під час фази масового плодоношення. Детальний розрахунок загальної потреби культури у воді для формування запланованого товарного врожаю наведено в таблиці 3.2.

Ефективне використання воло́ги неможливе без збалансованого мінерального живлення, розрахунок якого базується на результатах агрохімічного аналізу ґрунту (табл. 3.10). Максимальне споживання елементів живлення в огірка припадає на фази цвітіння та формування плодів, при цьому культура чудово реагує на високі стартові дози органічних добрив. За класичною схемою всю норму фосфору та половину азотно-калійних добрив вносять як основне живлення під час обробітку ґрунту, а решту – у вигляді підживлень. Якщо основне удобрення не було проведено восени чи навесні, всю розрахункову норму подають через систему краплинного зрошення (фертигацією). Для цього використовують лише 100-відсотково водорозчинні комплексні добрива без осаду з оптимальним для

огірків співвідношенням N:P:K на рівні 1:1:1–1,5. Розподіл цих добрив за фазами вегетації наведено в таблиці 3.11. Також слід обов’язково враховувати температурний фактор: при зниженні температури ґрунту нижче 16°C коренева система втрачає здатність активно засвоювати поживні речовини, тому в холодну погоду дози добрив для підживлення необхідно пропорційно зменшувати.

Таблиця 3.10 – Розрахунок внесення мінеральних добрив для огірків

№	Стаття балансу	Поживні речовини		
		N	P ₂ O	K ₂ O
1	Вміст поживних речовин (ПР) в орному горизонті ґрунту, мг/кг	70	140	218
2	Запас ПР в орному шарі, кг/га	336	672	1046,4
3	Реальні запаси, кг/га	168	336	523,2
4	Коефіцієнт використання ПР з ґрунту, %	50	3	5
5	Може бути використано з ґрунту, кг/га	84	10,08	26,16
6	Урожайність, т/га	30		
7	Виніс основної продукції з урахуванням побічної, кг/т	2,9	1,2	3,1
8	Виніс ПР із запланованим урожаєм, кг/га,	116	48	124
9	Дефіцит ПР на планований урожай, кг/га	32	37,92	97,84
10	Коефіцієнт використання ПР з добрив, %	60	50	60
11	Необхідно внести добрив, кг д.р./га	53	76	163
12	Середні норми	180	170	280

Таблиця 3.11 – Рекомендовані норми добрив за їх внесення фертигацією

Дні вирощування	Поживні речовини					
	N		P ₂ O		K ₂ O	
	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг
01 – 30	1,2	36	1,2	36	1,8	54
31 – 60	1,8	54	1,3	39	3,2	96
Разом		90		75		150

3.3.3 Технологічна картка вирощування перцю

Успішне культивування солодкого перцю значною мірою залежить від правильного вибору ділянки та дотримання сівозміни. Найкращими попередниками для цієї культури вважаються злакові та бобові трави, всі види капусти, огірки та цибуля. Водночас, з метою запобігання накопиченню спільних збудників хвороб, категорично забороняється розміщувати перець після інших представників родини пасльонових (томатів, картоплі чи баклажанів). Ділянка під перець має бути ідеально рівною та добре освітленою; знижені елементи рельєфу та перезволожені площі для цієї культури є абсолютно непридатними. Окрім рельєфу, критично важливими є хімічні показники ґрунту: оптимальний рівень кислотності ґрунтового розчину (рН) становить 6,9, а гранично допустима концентрація водорозчинних солей не повинна перевищувати 0,3%.

Технологія вирощування передбачає розміщення рослин за схемою чергування дворядкових стрічок (відповідно до креслень на аркуші 7 та рис. 3.5). Проектована схема посадки має такі параметри: ширина між стрічками становить 0,9 м, відстань між суміжними рядками у стрічці – 0,5 м, а крок висадки рослин у самому рядку – 0,25 м. Завдяки такому просторовому розміщенню кожна рослина забезпечується площею живлення 0,175 м², що дозволяє сформувати оптимальну експлуатаційну густоту стояння на рівні 57142 рослин на один гектар.

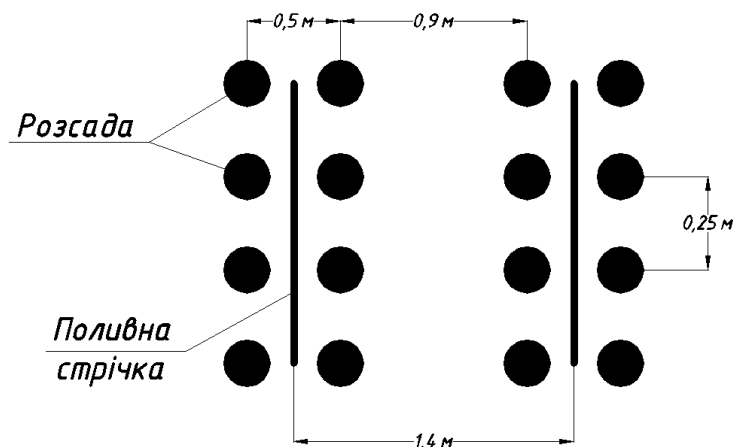


Рисунок 3.5 – Технологічна схема посадки перцю

Сприятливим строком для висаджування розсади перцю у відкритий ґрунт є середина травня, коли повністю минає загроза поворотних весняних заморозків, а температура ґрунту на глибині посадки стабільно прогрівається щонайменше до 15°C. Стандартну розсаду висотою 12–15 см висаджують на глибину 5–6 см, тоді як перерослу рекомендується розміщувати під нахилом. Вік розсади залежить від цільового призначення продукції: для отримання раннього врожаю на свіжий ринок вирощують 60–65-денні рослини, а для потреб переробної промисловості достатньо 25–45-денної розсади. Якість садивного матеріалу забезпечується суворим температурним режимом у теплиці: до появи сходів підтримується температура 25–30°C, після чого для загартовування її на 4–7 днів різко знижують (вдень – до 12–16°C, вночі – до 10–12°C).

Критичним фактором успішного вирощування перцю є забезпечення оптимального водно-повітряного режиму, який передбачає підтримання вологості ґрунту на рівні 80% від найменшої вологоємності (НВ). При розсадному способі обов'язковою умовою є проведення попереднього вологозарядкового поливу: перенесення рослин у добре зволожений ґрунт суттєво покращує їхню приживлюваність та мінімізує ризик зрідження насаджень. Загальний розрахунок потреби культури у воді для формування запланованої господарсько-корисної частини врожаю наведено в таблиці 3.2.

Система живлення перцю має свою специфіку: органічні добрива безпосередньо під культуру не вносять, їх доцільно використовувати лише під попередник. Основну масу фосфорно-калійних добрив закладають під осінню зяблеву оранку (в повній дозі або із залишенням частини для передпосівної культивуації та підживлення). Якщо ж основне удобрення з осені чи весни не проводилося, всю розрахункову норму елементів подають протягом вегетації методом фертигації. Для цього застосовують виключно 100-відсотково водорозчинні комплексні добрива без осаду з оптимальним

для перцю співвідношенням N:P:K на рівні 1:1:1. Крім того, обов'язковим елементом живлення для цієї культури є магній, тому перевагу надають відповідним магнієвмісним препаратам. Загальна потреба в основних елементах живлення, розрахована на базі агрохімічного аналізу ґрунту, наведена у таблиці 3.12, а деталізований графік їх внесення по днях вегетації – у таблиці 3.13.

Таблиця 3.12 – Розрахунок внесення мінеральних добрив для перцю

№	Стаття балансу	Поживні речовини		
		N	P ₂ O	K ₂ O
1	Вміст поживних речовин (ПР) в орному горизонті ґрунту, мг/кг	70	140	218
2	Запас ПР в орному шарі, кг/га	336	672	1046,4
3	Реальні запаси, кг/га	168	336	523,2
4	Коефіцієнт використання ПР з фунту, %	50	5	20
5	Може бути використано з фунту, кг/га	84	16,8	104,64
6	Урожайність, т/га	30		
7	Виніс основної продукції з урахуванням побічної, кг/т	3,2	1,1	4
8	Виніс ПР із запланованим урожаєм, кг/га,	192	66	240
9	Дефіцит ПР на планований урожай, кг/га	108	49,2	135,36
10	Коефіцієнт використання ПР з добрив, %	60	40	70
11	Необхідно внести добрив, кг д.р./га	180	123	193
12	Середні норми	180	180	220

Таблиця 3.13 – Рекомендовані норми добрив за умови їх внесення тільки з фертигацією

Дні виросування	Поживні речовини					
	N		p ₂ o		K ₂ O	
	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг	кг/га/день	кг/га/заг
01-10	1,0	10	1,0	10	1,0	10
11-30	1,5	30	1,6	32	1,5	30
31-50	1,8	36	1,6	32	2,0	40

51-70	1,8	36	1,5	30	2,1	42
71-96	2,7	68	0,6	15	2,7	68
Разом	-	180	-	120	-	190

Отже, на основі виконаних розрахунків режиму зрошення та норм внесення добрив для проектованої овочевої сівозміни встановлено, що сумарний об'єм водоспоживання становитиме 32,168 тис. м³. При цьому розрахункова ордината гідромодуля системи дорівнює 0,8 л/(с·га).

4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

4.1. Обґрунтування технологічної схеми подачі та розподілу води

Зважаючи на задовільний технічний стан конструктивних елементів існуючої насосної станції, місцезнаходження водозабору залишається без змін. Розрахункові витрати води в зрошувальній мережі визначено з урахуванням необхідності своєчасної подачі вологи, що має гарантувати отримання 90% від середньорічного обсягу рослинницької продукції (розрахунок виконано для посушливого року із 75-відсотковою забезпеченістю дефіциту водного балансу). Оптимальною з точки зору економічної ефективності та мінімізації капіталовкладень на відновлення інфраструктури визнано класичну схему водоподачі «насосна станція – трубопровід».

Запроектована технологічна схема передбачає транспортування води від насосної станції до ділянки зрошення головним магістральним трубопроводом (МКр). По ходу траси на відповідних пікетах відбувається розгалуження: на ПК 3+70 вода спрямовується у розподільні трубопроводи 1Кр та 2Кр, а на ПК 6+40 – у трубопроводи 3Кр і 4Кр. Із розподільних ліній вода надходить до поливних трубопроводів (ПТ₁ – ПТ₁₆), до яких із заданими інтервалами підключені крапельні стрічки з мікроводовипусками типу AquaTraXX 16 мм (маркування ERA5XX1245). Через ці стрічки поливна вода дозовано подається безпосередньо в прикореневу зону кожної рослини. Детальна схема розведення мережі та відповідна специфікація обладнання наведені на рис. 4.1.

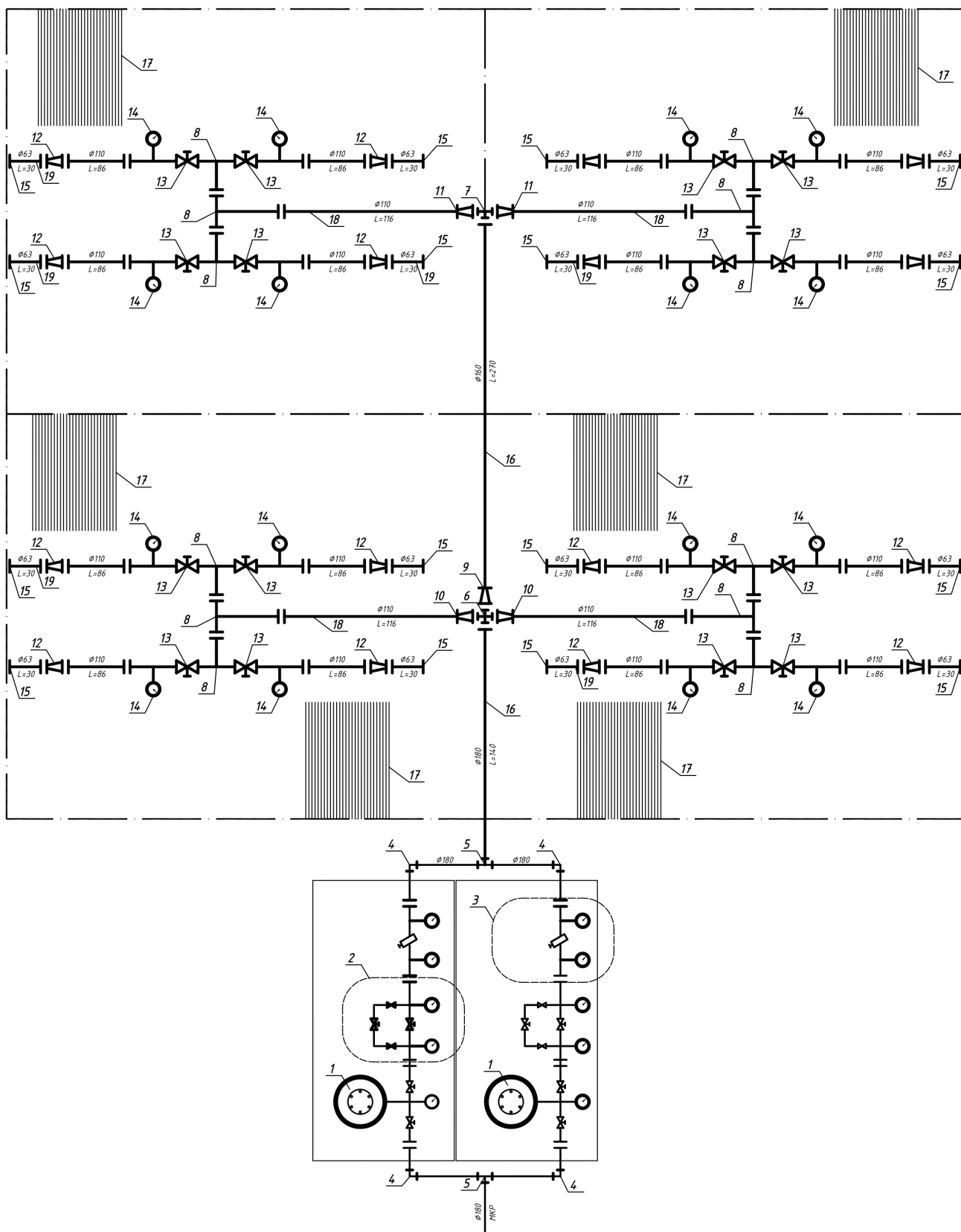


Рисунок 4.1а – Детальовальна (монтажна) схема системи краплинного зрошення

Специфікація обладнання, труб та фасонних частин

№	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
1	Пісчано-гравійний фільтр на витрату 75 м ³ /год з загрузкою 0,9 т	2		
2	Удобрювальний вузол	2		
3	Дисковий фільтр горизонтальний	2		
4	Коліно ПНД $\angle 90^\circ$ d=180	4		
5	Тройник ПНД $\angle 90^\circ$ d=180	2		
6	Хрест ПНД $\angle 90^\circ$ d=180	1		
7	Тройник ПНД $\angle 90^\circ$ d=160	1		
8	Тройник ПНД $\angle 90^\circ$ d=110	12		
9	Перехід ПНД d=180 x 160	1		
10	Перехід ПНД d=180 x 110	2		
11	Перехід ПНД d=160 x 110	2		
12	Перехід ПНД d=110 x 63	16		
13	Засувка d=110 мм	16	58,00	
14	Манометр Р=1,6 МПа	16		
15	Заклушка кінцева d=63	16		
16	Труба ПНД d=180	360	3,850	
16	Труба ПНД d=160	270	3,080	
16	Труба ПНД d=110	464	1,440	
16	Труба ПНД d=63	480	0,497	
17	Поливна стрічка Aqua-ТгаХХ 16mm (ERA5XX1245)	250100		

Рисунок 4.16 – Специфікація обладнання до деталювальної схеми системи
краплинного зрошення

Для забезпечення нових розрахункових параметрів мережі краплинного зрошення робочим проектом передбачена часткова модернізація

гідромеханічного обладнання існуючої насосної станції (розташованої поруч із водозабором із регулюючого басейну). Зокрема, планується заміна одного старого агрегату марки Д320-70а на насос Д200-90б (рис. 4.2, 4.3). Сама будівля станції перебуває у придатному до експлуатації стані та укомплектована необхідною припливно-витяжною вентиляцією і вантажопідіймальними механізмами. Вакуумна система для запуску основних агрегатів є загалом працездатною, проте потребує поточної заміни одного вакуум-насоса. Напірний трубопровід насосної станції також оцінюється як задовільний і не потребує реконструкції. З метою організації точного обліку споживання водних ресурсів проектом закладено встановлення промислового лічильника марки СТВ-150. Управління роботою насосного обладнання на даному етапі передбачається в ручному режимі.

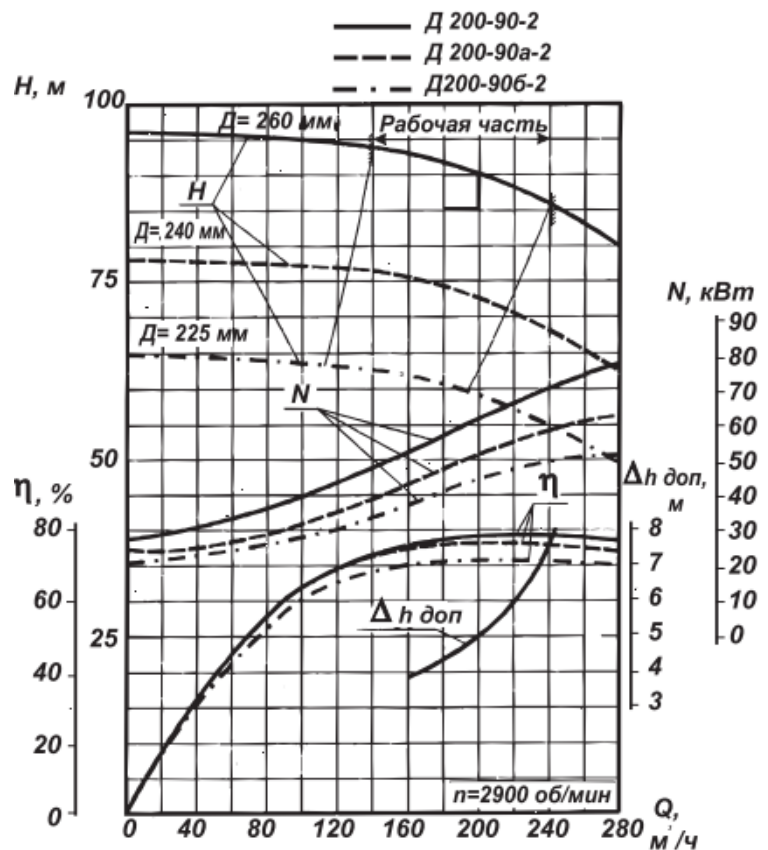
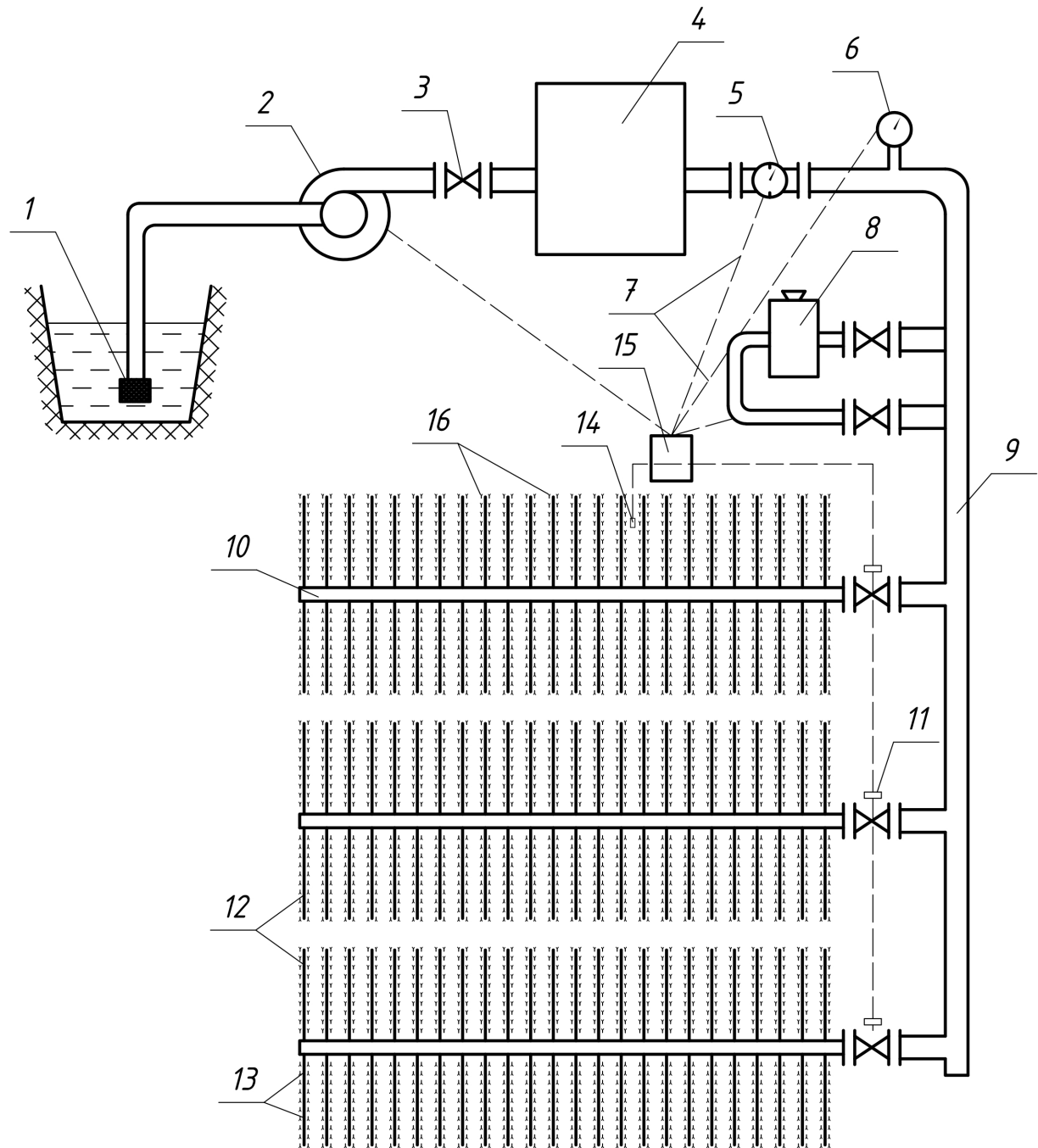


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд та напірна характеристика насосу Д200-90



Умовні позначення :

1- водозабір; 2- насосна станція; 3- головна засувка; 4- фільтр; 5- водомірний пристрій;
 6- манометр; 7- канал зв'язку; 8- вузол для внесення добрив; 9- магістральний трубопровід;
 10- розподільчий трубопровід; 11- дистанційна засувка; 12- поливні трубопроводи;
 13- крапельниці; 14- датчик необхідності поливу; 15- пульт керування; 16- рослини

Рисунок 4.3б – Принципова схема роботи системи краплинного зрошення

4.2. Розрахунок зрошувальної мережі

Вибір закритого типу зрошувальної мережі, а також планове трасування її трубопроводів, повністю обумовлені просторовою конфігурацією полів та технологічною специфікою системи краплинного зрошення (відповідно до рис. 4.4, 4.5). Архітектура водопровідного тракту включає кілька рівнів, починаючи від головного магістрального трубопроводу (МКр) загальною довжиною 640 м. Він змонтований із поліетиленових труб низького тиску (ПНД) змінного перерізу та класу міцності: ділянка довжиною 230 м виконана з труб діаметром 180 мм (тип «Т»), 140 м – діаметром 180 мм (тип «С»), а ще 270 м – діаметром 160 мм (тип «С»). З магістралі вода розподіляється у чотири гілки розподільних трубопроводів (1Кр – 4Кр) загальною протяжністю 472 м (по 118 м кожна), які виконані з труб ПНД діаметром 110 мм типу «С». Наступною ланкою є поливні трубопроводи (ПТ₁-ПТ₁₆) загальною довжиною 1,866 км. Вони сформовані з труб ПНД типу «Л» двох діаметрів: 110 мм (протяжністю 1386 м) та 63 мм (протяжністю 480 м). Безпосередня подача води до кореневої системи рослин здійснюється через гнучкі поливні стрічки з мікроводовипусками (крапельницями) моделі AquaTraXX 16mm (маркування ERA5XX1245). Загальна довжина цих стрічок на ділянці становить 250,10 км.

Для забезпечення стабільної та безаварійної роботи мережі на трубопроводах встановлюється відповідна регулююча та запобіжна арматура. Крім того, на пікеті ПК 2+30 магістрального трубопроводу передбачено облаштування спеціальної фільтрувальної станції, суміщеної з вузлами для внесення добрив (фертигації). Експлуатаційна особливість даної системи полягає в тому, що поливні трубопроводи (ПТ₁-ПТ₁₆) монтуються безпосередньо на поверхні землі. На міжполивний (зимовий) період їх можна розбирати за умови суворого дотримання правил зберігання полімерних матеріалів, тоді як поливні стрічки по завершенню сезону підлягають обов'язковому повному демонтажу.

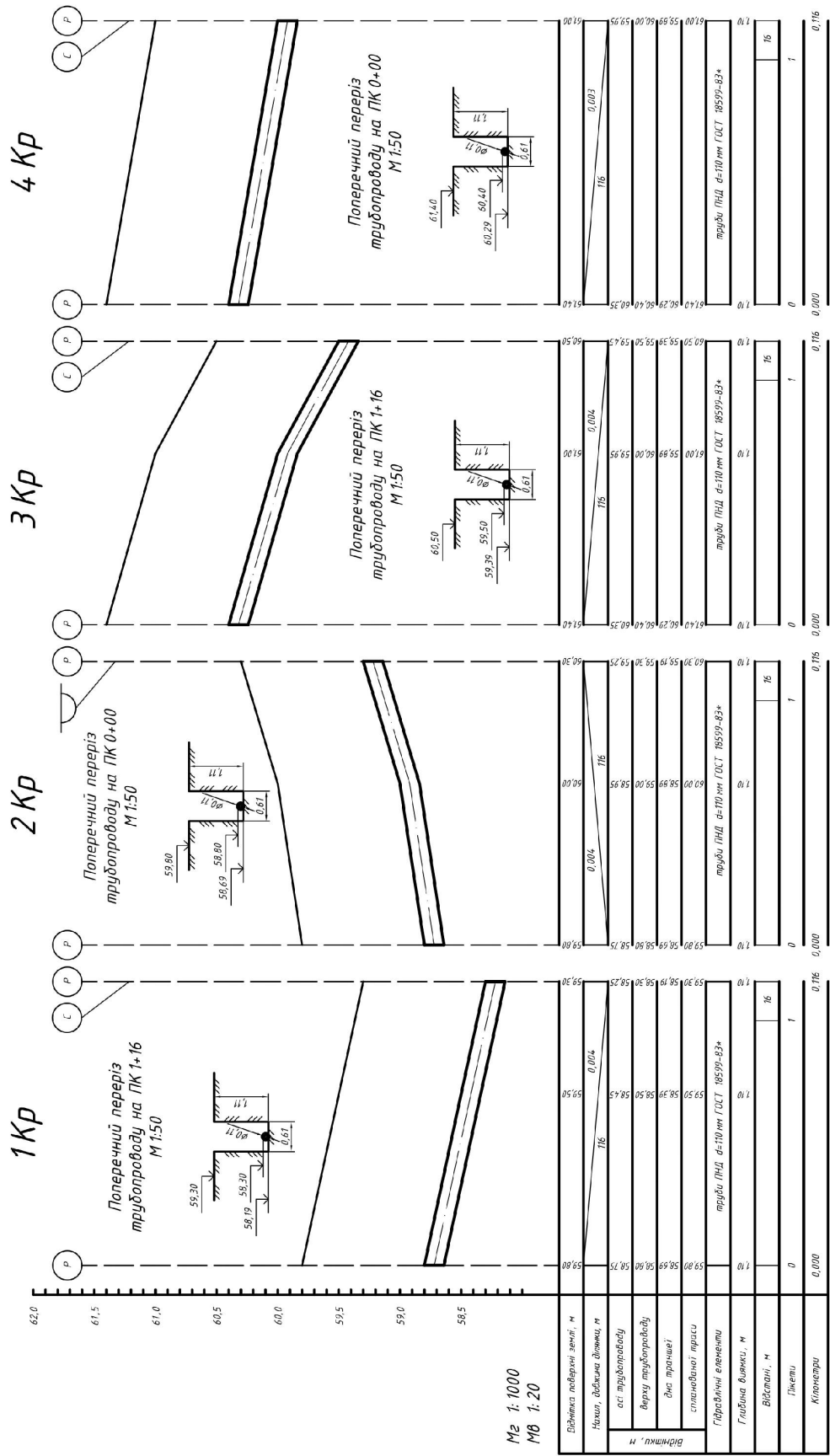


Рисунок 4.5 – Поздовжні профілі зрошувальних трубопроводів

5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

5.1. Розрахунок об'єму земляних та будівельно-монтаж робіт при облаштуванні системи краплинного поливу

Для точного обчислення обсягів земляних і будівельно-монтажних робіт під час прокладання зрошувальної мережі розробляються поздовжні та поперечні профілі проєктованих трубопроводів (відповідно до рис. 4.4 і 4.5). Процес побудови поздовжнього профілю розпочинається з детального трасування лінії трубопроводу та її пікетажного розбивання. Базуючись на висотних відмітках горизонталей топографічного плану зрошуваного масиву, будується профіль поверхні землі вздовж осі траси. Для забезпечення належної наочності та точності, креслення виконується у стандартизованих масштабах: вертикальному – 1:20 та горизонтальному – 1:1000. Опорними точками для побудови лінії рельєфу слугують місця перетину проєктної осі з топографічними горизонталями. Визначені таким графічним методом фактичні відмітки поверхні землі для кожного окремого пікету послідовно заносяться у перший рядок робочої таблиці профілю (сітки).

Глибину закладення трубопроводів $h_{тр.}$ визначають за формулою:

$$h_{тр.} = d + h_{пр.}, \quad (5.1)$$

де d – зовнішній діаметр труби, м; $h_{пр.}$ – глибина промерзання ґрунту, м, приймаємо 1,0 м.

Відмітки верху, дна, осі трубопроводу розраховуємо в залежності від відмітки дна траншеї і діаметра труби. Поперечний переріз траншеї з наявністю всіх відміток та розмірів креслимо на двох характерних пікетах в

масштабі 1:50. Спочатку по всій довжині траншеї знімається рослинний ґрунт на всю глибину родючого шару об'ємом $V_{зр}$.

$$V_{зр} = L_{тр} \cdot B_{зр} \cdot t_{зр.}, \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

де $L_{тр}$ – довжина трубопроводу, м; $B_{зр.}$ – ширина смуги зрізання, приймається рівною 8 м; $t_{зр.}$ – шар рослинного ґрунту, дорівнює 0,3 м.

Площа планування траси траншеї, $F_{пл.}$, складе:

$$F_{пл.} = L_{тр} \cdot B_{пл.}, \text{ м}^2, \quad (5.3)$$

де $B_{пл.}$ – ширина смуги планування, дорівнює 4 м.

Об'єм розробки ґрунту в траншеї між пікетами складе:

$$V = 0,5 \cdot (F_1 + F_2) \cdot l_i \text{ м}^3, \quad (5.4)$$

де l_i – відстань між пікетами, м; F_1, F_2 – площі сусідніх перерізів траншеї, які розраховують за формулою:

$$F = (B_{тр.} + m \cdot h_{тр.}) \quad (5.5)$$

Розрахунок об'ємів земляних робіт при розробці траншеї ведемо у табличної формі (табл.5.1).

По кожному трубопроводу розраховуємо об'єми земляних робіт, які виконуються вручну і екскаватором. При розробці ґрунту на дні траншеї вручну об'єм робіт $V_{руч.}$ складе:

$$V_{руч.} = L_{тр.} \cdot B_{тр.} \cdot t_{руч.}, \text{ м}^3, \quad (5.6)$$

де $L_{тр}$ – довжина трубопроводу, м; $t_{руч.}$ – шар ґрунту, що розробляють вручну, дорівнює 0,1 м.

Таблиця 5.1 – Розрахунок об'ємів земляних робіт для зрошувального трубопроводу

Трубопровід	d, м	h, м	B, м	F, м ²	L, м	V, м ³
МКр	0,18	1,18	0,48	0,57	360	204
МКр	0,16	0,16	0,46	0,07	270	20
1Кр	0,11	1,11	0,41	0,46	116	53
2Кр	0,11	1,11	0,41	0,46	116	53
3Кр	0,11	1,11	0,41	0,46	116	53
4Кр	0,11	1,11	0,41	0,46	116	53
Всього						435

Об'єм ґрунту, що розробляється екскаватором, $V_{\text{мех.}}$, складе

$$V_{\text{мех}} = V - V_{\text{руч.}} \quad (5.7)$$

При розрахунку об'ємів земляних робіт враховують об'єми розробки ґрунту в котлованах під колодязі $V_{\text{кол.}}$ і у прямках під стики труб $V_{\text{пр.}}$, прийнятих відповідно у кількості 3 % і 1 % від об'єму розробки ґрунту в траншеї. Об'єм часткової засипки траншеї ґрунтом складе:

$$V_{\text{част.}} = (0,5 \cdot B_{\text{тр}} d - \pi \cdot d^2 / 8) \cdot L_{\text{тр}}, \text{ м}^3, \quad (5.8)$$

Об'єм повної засипки траншеї ґрунтом:

$$V_{\text{пов}} = V + V_{\text{кол.}} + V_{\text{пр}} - V_{\text{част.}} \quad (5.9)$$

Усі види робіт і їх об'єми заносимо у табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Відомість об'ємів робіт по будівництву системи краплинного зрошення

Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Всього
1	2	3
Зрізання рослинного ґрунту з траси трубопроводу шаром 0,3 м	м ³	2000
Планування траси трубопроводу	м ²	4500
Розробка ґрунту в траншеї екскаватором	м ³	400
Розробка ґрунту в траншеї вручну	м ³	35
Розробка ґрунту в прямках під стики труб	м ³	5
Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м ³	15
Монтаж трубопроводу	(d=180мм) м	360
	(d=160мм) м	270
	(d=110мм) м	464
Монтаж засувок	шт.	16
Монтаж оглядових колодязів	шт.	6
Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	20
Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	415
Відновлення рослинного шару ґрунту	м ³	2000

5.2. Розрахунок калькуляції трудових витрат і фонду заробітної платні

На основі обчислених обсягів робіт для кожної окремої технологічної операції розробляється зведена калькуляція трудових витрат та фонду заробітної плати, результати якої систематизовано у табличній формі (табл. 5.3, 5.4). Визначення оптимального кількісного та кваліфікаційного складу робочих ланок, а також обґрунтування нормативних витрат часу

здійснюється на базі чинних Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН). Для забезпечення прозорості та обґрунтованості розрахунків усі посилення на відповідні нормативні збірники, конкретні статті та параграфи чітко зафіксовані в окремих графах калькуляційних таблиць.

Обчислення фонду заробітної плати здійснюється у два послідовні етапи. На першому з них визначаються умовно-постійні складові оплати праці. Їх розрахунок базується на затвердженому базовому рівні середньої заробітної плати та актуальних показниках середньої норми робочого часу, що регламентуються офіційними даними профільного відомства (Міністерства соціальної політики / Міністерства економіки України).

5.3. Графік виконання земляних і будівельно-монтажних робіт

Базою для розроблення календарного графіка виконання робіт є попередньо складена калькуляція трудових витрат та фонду заробітної плати. Графік формується за стандартизованою формою з обов'язковим плануванням паралельного (суміщеного) виконання суміжних технологічних процесів, що дозволяє оптимізувати загальний строк будівництва. Професійно-кваліфікаційний і кількісний склад робочих ланок для кожної операції приймається відповідно до нормативів РЕКН. Проектом передбачено однозмінний режим роботи.

Таблиця 5.4 – Розрахунок фонду заробітної плати при улаштуванні системи краплинного зрошення

№ з/п	Найменування робіт	Трудомістк., люд.-дн.	Склад ланки		Середній розряд	Міжрозрядний коеф.	С _ф	З _п
			спеціальн., розряд	кіл-ть				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Зрізка рослинного шару ґрунту	1,22	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	2706,1
2	Планування траси траншеї	0,16	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	354,9
3	Розробка траншеї екскаватором на повний профіль	1,27	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	2817,0
4	Ручна розробка ґрунту	3,63	землек 2 розр.	2	2	1,087	160,2	4768,5
5	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі та стики труб	0,05	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	110,9
6	Укладка труб ПНД d=180 мм	0,53	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	827,5
	Укладка труб ПНД d=160 мм	0,40	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	624,5
	Укладка труб ПНД d=110 мм	0,62	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	968,0
	Укладка труб ПНД d=63 мм	0,56	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	874,3
	Укладка стрічки Aqua-TraXX 16mm	16,78	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	26198,3
7	Монтаж оглядових колодязів	5,71	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	8914,9
8	Монтаж засувок	2,93	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	4574,6
9	Монтаж плити під фільтри	0,33	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	515,2
10	Установка фільтрів	1,73	монт. 3,4,5р.	3	4	1,337	190,4	2701,0
11	Часткова засипка траншеї ґрунтом	1,78	землек 2 розр.	2	2	1,087	160,2	2338,3
12	Повна засипка траншеї ґрунтом	0,18	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	399,3
15	Відновлення рослинного шару ґрунту	1,04	маш. 6 розр.	1	6	1,793	270,5	2306,8
	Всього							62000,0

5.4. Вибір комплексу будівельних машин і механізмів для виробництва будівельних робіт

Формування парку будівельних машин здійснюється залежно від специфіки та обсягів робіт, передбачених проектом облаштування зрошувального масиву. Для зняття верхнього родючого шару ґрунту, вертикального планування траси трубопроводу, а також для виконання зворотної засипки траншей застосовують бульдозери на гусеничному або пневмоколісному ході різних модифікацій. Ключовими критеріями під час вибору конкретної марки машини є глибина розробки, необхідна тягова потужність та розрахункова відстань переміщення розроблюваного ґрунту. Ця відстань зумовлюється технологічною схемою будівництва зрошувальної мережі і (у випадку зворотної засипки траншеї) розраховується за такою формулою:

$$L = b_{\text{тр.}}/2 + 1 + B_{\text{від.м.гр.}} + (3 \dots 5)m + b_{\text{в.р.гр.}}/2, \quad (5.10)$$

де $b_{\text{тр.}}$ – ширина траншеї по дну, м; $B_{\text{від.м.гр.}}$ – ширина тимчасового відвалу ґрунту по низу, який розробляється в траншеї, м; $b_{\text{в.р.гр.}}$ – ширина по низу відвалу рослинного ґрунту, знятого з траси прокладання трубопроводу, м.

Ширину тимчасового відвалу по низу визначають за наступним виразом

$$B_{\text{від.м.гр.}} = 2H_{\text{в.}}, \quad (5.11)$$

де $H_{\text{в.}}$ – висота тимчасового відвалу мінерального ґрунту,

$$H_{\text{в.}} = \sqrt{F_{\text{с.}}} . \quad (5.12)$$

де $F_{\text{с.}}$ – площа поперечного перерізу відвалу мінерального ґрунту, м^2 ,

$$F_{в.}=F_{тр.} \cdot k_{п}, \quad (5.13)$$

де $F_{тр.}$ – площа поперечного перерізу траншеї, $м^2$; $k_{п}$ – коефіцієнт початкового збільшення об'єму ґрунту при розрихленні (для суглинків – 1,25; для рослинного ґрунту – 1,2).

Для нашого випадку при максимальних показниках отримаємо

$$F_{в.}=1,18 \cdot 1,25=1,48 \text{ м}^2,$$

$$f_{в.}=0,48 \cdot 1,2=0,6 \text{ м}^2,$$

$$H_{в.}=1,48=1,22 \text{ м},$$

$$h_{в.}=0,6=0,77 \text{ м},$$

$$B_{від.м.гр.}=2 \cdot 1,22=2,44 \text{ м},$$

$$b_{в.р.гр.}=2 \cdot 0,77=1,54 \text{ м},$$

$$L=1/2+1+2,44+3+1,54/2=6,71 \approx 10,0 \text{ м}.$$

Отже, розрахункова відстань переміщення рослинного шару ґрунту становить 10,0 м за попередньо визначеної глибини зрізання 0,25 м. З огляду на ці технологічні параметри, найбільш доцільним та обґрунтованим рішенням є застосування бульдозера марки ДЗ-101, який належить до 10-го тягового класу. Конструктивна маса машини становить 15000 кг. Бульдозер оснащений силовою установкою потужністю 125 кВт (170 к.с.). Габаритні розміри техніки (довжина, ширина та висота) складають 4600×2480×3180 мм відповідно, при цьому поздовжня база дорівнює 2517 мм, а ширина колії – 1880 мм. Основним робочим органом є поворотний відвал із габаритами 2800×990 мм. Завдяки конструктивним особливостям гусеничного рушія, питомий тиск машини на ґрунт становить 0,076 МПа.

Для обґрунтованого вибору марки екскаватора необхідно визначити його ключові експлуатаційні параметри, які забезпечать ефективну розробку траншей під зрошувальні трубопроводи та котлованів для монтажу оглядових колодязів. Визначальним технологічним критерієм у цьому процесі є необхідна максимальна глибина розробки ґрунту. Розрахунок цього показника виконується за формулою:

$$h_{\text{роз.}} = h_{\text{т}} + h_{\text{пл.}}, \quad (5.14)$$

де $h_{\text{т}}$ – глибина траншеї, м; $h_{\text{пл.}}$ – висота платформи екскаватора (0,2 м).

В нашому випадку отримаємо:

$$h_{\text{роз.}} = 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ м.}$$

Максимальний радіус розвантаження визначається як:

$$R_{\text{роз.}} = b_{\text{тр.}}/2 + 1 + B_{\text{в.м.г.}}/2, \quad (5.15)$$

де $B_{\text{в.м.г.}}$ – ширина тимчасового відвалу мінерального ґрунту.

В нашому випадку отримаємо

$$R_{\text{роз.}} = 1/2 + 1 + 2,74/2 = 2,87 \text{ м.}$$

Максимальну висоту розвантаження визначають за формулою:

$$H_{\text{розв.}} = H_{\text{в.м.г.}} + 0,2, \quad (5.16)$$

В нашому випадку отримаємо

$$H_{\text{розв.}} = 1,37 + 0,2 = 1,59 \text{ м.}$$

За отриманими розрахунковими значеннями підбираємо екскаватор марки ЕТ-16 на пневмоколісному базовому шасі. Технічні параметри обраної машини є такими: експлуатаційна маса становить 12,5 т, а основним робочим органом виступає ківш об'ємом 0,5 м³. Екскаватор оснащений силовою установкою потужністю 81 к.с. та стрілою з довжиною рукояті 1,9 м. Робочі характеристики обладнання дозволяють виконувати розробку ґрунту з максимальною глибиною копання до 4,8 м і радіусом копання до 7,8 м. Максимальний радіус розвантаження ґрунту досягає 3,6 м, при цьому робочий кут повороту становить 120 градусів. Завдяки пневмоколісній базі машина відзначається високою мобільністю і здатна розвивати максимальну швидкість транспортного пересування до 22,5 км/год.

Обґрунтування вибору марки автомобільного крана для виконання робіт із монтажу трубопроводів та збірних елементів оглядових колодязів базується на визначенні його ключових експлуатаційних характеристик (рис. 5.1). До основних розрахункових параметрів, які забезпечують безпечне та ефективне виконання монтажних операцій, належать: необхідна вантажопідйомність, висота підйому гака та робочий виліт стріли. Необхідна вантажопідйомність крана визначається за формулою:

$$Q_{кр} = Q_{ел} + Q_{ос}, \quad (5.17)$$

де $Q_{ел}$ – маса монтажного елемента (наприклад, з/б кільце оглядового колодязя), кг; $Q_{ос}$ – маса вантажозахватної оснастки.

У нашому випадку отримаємо:

$$Q_{кр} = 300 + 45 = 345 \text{ кг}$$

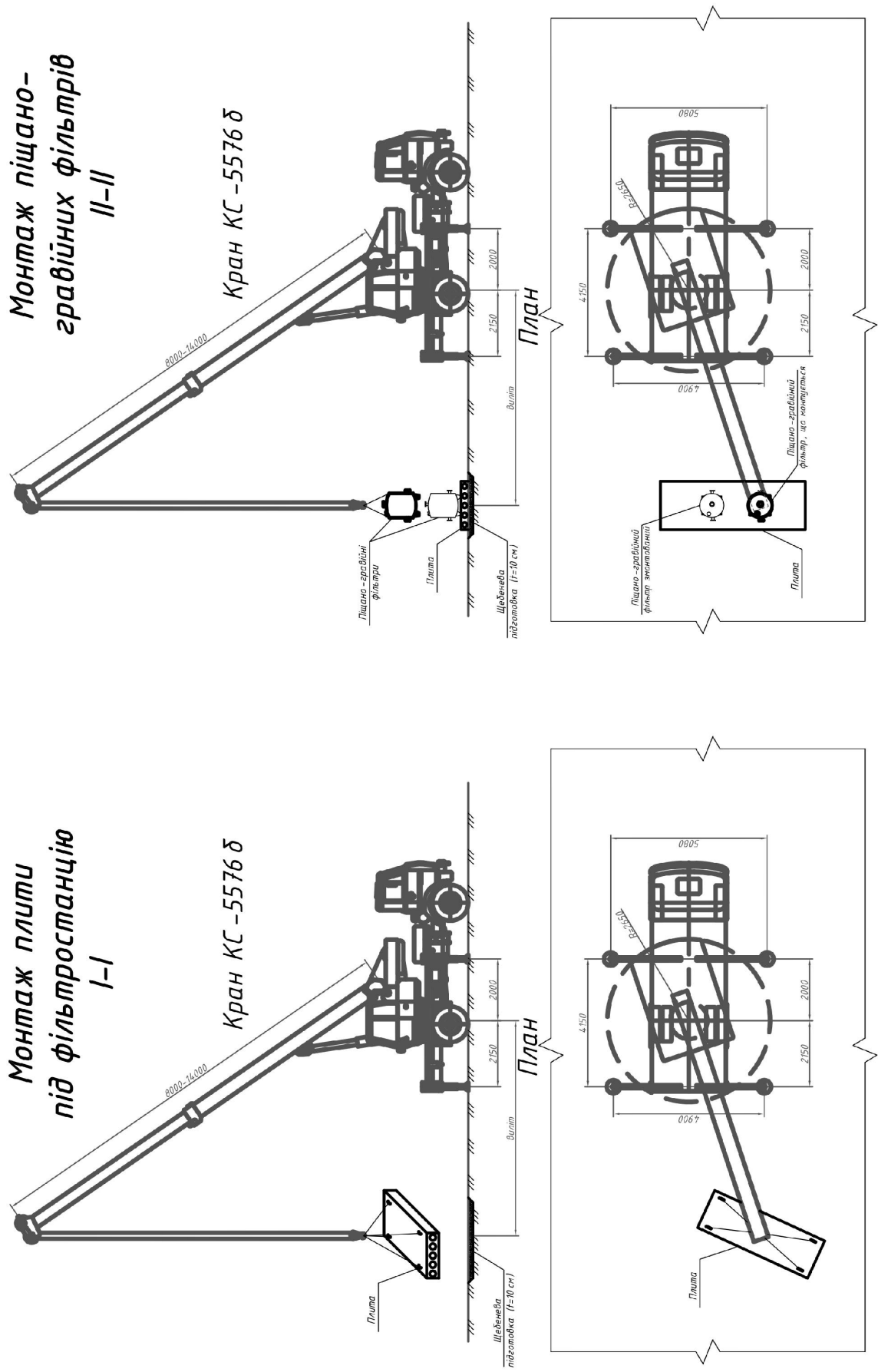


Рисунок 5.1 – Технологічна схема улаштування фільтростанції

Оскільки монтажні роботи (опускання труб та елементів колодязів) здійснюються у траншеях або котлованах, тобто нижче або безпосередньо на рівні стоянкової площадки техніки, окремий розрахунок необхідної висоти підйому гака не виконується. Натомість критично важливим експлуатаційним параметром є робочий виліт гака крана. Він має забезпечувати точне подавання вантажу на проектну вісь із дотриманням безпечної відстані від краю земляної виїмки, щоб запобігти обваленню укосів. Робочий виліт гака крана розраховується за формулою:

$$L_{\text{кр}} = C / 2 + a + b, \quad (5.18)$$

де C – база крану, м; a – відстань від шасі крану до бровки траншеї, м; b – відстань від бровки траншеї, котловану до осі монтуємого елементу, м.

В нашому випадку отримаємо

$$L_{\text{кр}} = 3/2 + 2 + 1 = 4,5 \text{ м.}$$

З огляду на визначені розрахункові параметри, для виконання будівельно-монтажних робіт проектом передбачено застосування автомобільного крана марки КС-5576Б, змонтованого на вантажному базовому шасі МАЗ-630303. Дана спецтехніка укомплектована дизельним двигуном ЯМЗ-236БЕ2 потужністю 184 кВт (250 к.с.). Номінальна вантажопідйомність машини становить 32 тони. Основним робочим обладнанням є телескопічна стріла зі змінною довжиною від 9,9 до 30,7 м, що дозволяє забезпечити робочий виліт гака в діапазоні від 3,0 до 26,0 м. Максимальна висота підйому вантажу основною стрілою досягає 31,3 м, а за умови використання додаткового гуська довжиною 7,15 м цей показник зростає до 37,3 м. Швидкість підйому та опускання вантажу становить 7,0 м/хв. У транспортному положенні кран має такі габаритні розміри: довжина – 11600 мм, ширина – 2500 мм, висота – 3950

мм. Повна експлуатаційна маса машини з базовою стрілою дорівнює 24,62 т, при цьому вона здатна розвивати транспортну швидкість до 60 км/год.

Окрім залучення основної великогабаритної спецтехніки, технологія будівельного виробництва передбачає використання широкого спектра геодезичних приладів, ручного інструменту та допоміжного інвентарю, серед яких: теодоліти та нівеліри для просторової прив'язки і контролю відміток, мірні рейки та стрічки, ручні трамбівки для ущільнення ґрунту в місцях, недоступних для техніки, а також лопати, відра тощо.

Підсумовуючи наведені вище розрахунки та обґрунтування, комплексне виконання земляних і будівельно-монтажних робіт під час прокладання закритої зрошувальної мережі та облаштування супутньої ґрунтової дороги здійснюватиметься таким оптимальним комплектом машин:

- бульдозер на гусеничному шасі марки ДЗ-101 (для зняття рослинного шару та зворотного засипання траншей);
- пневмоколісний одноківшовий екскаватор марки ЕТ-16 (для розробки траншей і котлованів);
- стріловий автомобільний кран марки КС-5576Б (для монтажу трубопроводів та елементів оглядових колодязів).

5.5. Організація процесу будівельного виробництва при улаштуванні зрошувальної системи

Організація будівельного виробництва має забезпечувати цілеспрямованість і скоординованість організаційних, технічних та технологічних рішень. Головною метою є безумовне виконання договірних зобов'язань щодо зведення об'єктів (введення їх в експлуатацію із забезпеченням належної якості та у чітко визначені терміни) за умови

дотримання виробничо-господарських та економічних інтересів усіх учасників будівництва.

Безпосередньому виконанню будівельно-монтажних робіт (БМР) передують комплекс заходів із підготовки будівельного виробництва. Цей етап гарантує можливість розгортання робіт із необхідною інтенсивністю відповідно до умов підрядних контрактів. Підготовчий процес класифікується на: загальну організаційно-технічну підготовку, підготовку до будівництва конкретного об'єкта, підготовку будівельної організації та підготовку до виконання безпосередньо БМР. Увесь обсяг підготовчих заходів, необхідний для старту робіт на пусковому комплексі, має бути повністю завершений до моменту фактичного початку будівництва.

Зведення об'єкта здійснюється виключно на основі попередньо затверджених рішень з організації будівництва та технології виконання робіт, які фіксуються у проектно-технологічній документації (ПТД). ПТД є невід'ємною складовою загального пакета документів, нарівні з проектно-кошторисною документацією та робочими кресленнями. Основними елементами ПТД є проект організації будівництва (ПОБ) та проект виконання робіт (ПВР). Обсяг і зміст цієї документації визначаються умовами будівельного контракту залежно від специфіки об'єкта, його складності та формату взаємодії сторін.

Згідно з нормативними вимогами, на кожному будівельному об'єкті в обов'язковому порядку необхідно:

- ✓ вести загальний журнал робіт за встановленою формою, а також спеціальні журнали з окремих видів робіт (їх перелік затверджується генпідрядником за погодженням із замовником та субпідрядними організаціями);
- ✓ вести журнал авторського нагляду (за наявності відповідного супроводу з боку проектно-технологічної організації) відповідно до чинного положення про авторський нагляд за будівництвом підприємств, будівель та споруд;

- ✓ своєчасно складати акти огляду прихованих робіт, проміжного прийняття відповідальних конструкцій, а також акти індивідуального та комплексного випробування змонтованого устаткування, інженерних систем і мереж;
- ✓ своєчасно оформлювати виконавчу документацію – комплект робочих креслень із відмітками відповідальних виконавців БМР щодо фактичної відповідності виконаних у натурі робіт цим кресленням (або з відмітками про погоджені із замовником та проектувальником зміни);
- ✓ вести іншу супутню виробничу документацію, регламентовану чинними Державними будівельними нормами (ДБН).

Крім того, під час виконання будівельно-монтажних робіт вимагається суворе та неухильне дотримання державних будівельних норм, правил охорони праці, а також норм пожежної безпеки.

5.6. Календарне планування виробництва робіт

Головним оперативним документом, який регламентує технологічну послідовність, часовий взаємозв'язок будівельно-монтажних операцій та гарантує дотримання директивних строків зведення об'єкта, є лінійний календарний план (графік) виконання робіт. Його розробляють за стандартизованою формою (табл. 5.5) на основі попередньо розрахованих проектних обсягів робіт, нормативної трудомісткості, потреби в машино-змінах, а також затверджених організаційно-технологічних схем.

Під час формування календарного плану вирішуються та деталізуються такі ключові завдання:

- ✓ обґрунтування раціональної технологічної послідовності виконання будівельних процесів;

- ✓ визначення оптимальної чисельності робітників та кількості будівельних машин для кожної технологічної операції;
- ✓ розрахунок фактичної тривалості виконання робіт (у робочих і календарних днях) як для окремих конструктивних елементів, так і для зрошувальної системи загалом;
- ✓ забезпечення рівномірного та безперервного розподілу робіт у часі, що наочно відображається у графічній частині плану;
- ✓ побудова оптимізованих графіків потреби в робочих кадрах та розкладу експлуатації основних будівельних машин.

Сформований календарний план будівельного виробництва оформлюється як єдиний комплексний документ за встановленою нормативною формою, що органічно поєднує розрахунково-табличну та лінійно-графічну частини.

Трудомісткість на виконання всього об'єму робіт при будівництві системи краплинного зрошення визначають за наступними формулами

$$Q_{\text{люд.-зм.}} = V \cdot H_{\text{вр.}} \cdot n / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (5.19)$$

$$Q_{\text{маш.-зм.}} = V \cdot H_{\text{вр.}} / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (5.20)$$

де V – об'єм робіт що виконується (м^2 , м^3 , шт., т.); $H_{\text{вр}}$ – норматив затрат часу на виконання одиниці об'єму робіт у відповідності до ДБН, люд.-год, маш.-год.; n – загальна кількість людей зайнятих на виконання певної технологічної операції; $V_{\text{ДБН}}$ – одиниці ця об'єму робіт за ДБН; 8,2 – тривалість однієї робочої зміни, год.

Розрахунок тривалості робіт та потреби в ресурсах. Кількість залучених будівельних машин приймається в межах 1–2 одиниць, залежно від директивної тривалості виконання робіт (для суто ручних процесів у відповідній графі ставиться прочерк). Режим роботи техніки встановлюється одно- або двозмінний, виходячи із загального обсягу робіт. Добова потреба в робітниках

обчислюється як добуток нормативної чисельності ланки на кількість змін та кількість залучених машин.

Тривалість виконання механізованих процесів (у робочих днях) визначається шляхом ділення нормативної трудомісткості, вираженої в машино-змінах, на кількість робочих змін техніки за добу. Відповідно, для ручних робіт цей показник розраховується як відношення загальної трудомісткості (у людино-змінах) до добутку кількості змін і чисельності робітників у ланці. Для переведення розрахункових робочих днів у календарні застосовується коефіцієнт 1,3, який враховує вихідні та святкові дні. Отримане значення тривалості в календарних днях округлюється з точністю до 0,5 або до цілого числа.

Формування структури календарного плану. Після заповнення розрахункової частини для основних будівельних процесів підбиваються підсумки за відповідними графами. На основі цих базових сум розраховуються показники для супутніх етапів будівництва: підготовчого періоду (8%), неврахованих робіт (3%) та ліквідаційного періоду (5%), які послідовно заносяться до загальної таблиці.

Графічне зображення КП та принципи його оптимізації. У графічній частині документа терміни виконання кожної операції відображаються горизонтальними лініями (рис. 5.2). Їхня довжина відповідає тривалості робіт у календарних днях у заданому масштабі (двозмінний режим роботи візуалізується двома паралельними лініями). Безпосередньо над лініями вказується кількість робітників, задіяних у даному процесі. Розробка графічної моделі базується на таких принципах ув'язки та суміщення робіт:

- ✓ суворе дотримання технологічної послідовності виконання процесів у натурі;
- ✓ паралельне (суміщене) виконання технологічно незалежних робіт та послідовне – для взаємопов'язаних;
- ✓ забезпечення рівномірного розподілу трудових ресурсів для організації безперервного потокового переходу робочих ланок між захватками.

Контроль та техніко-економічні показники. Коректність побудови календарного графіка перевіряється за допомогою епюри (графіка) потреби в робітниках, яка будується під основним планом і має бути максимально рівномірною. На завершальному етапі до плану додаються техніко-економічні показники (з детальним розрахунком у пояснювальній записці). Ключовими критеріями є плановий ($T_{пл}$) та нормативний (T_n) терміни будівництва зрошувального масиву. Плановий термін визначається безпосередньо за лінійним графіком і охоплює весь період від початку підготовчих до завершення ліквідаційних робіт. Нормативний термін обчислюється методом інтерполяції згідно з чинними Державними будівельними нормами (ДБН).

Розрахункові показники календарного плану для умов нашого дослідження:

1) Тривалість будівництва:

- за нормою $T_n = 70$ днів;
- за планом $T_{пл} = 84$ дні;

2) Скорочення строків будівництва

$$T_n - T_{пл} = 14 \text{ днів.}$$

3) Загальні трудові витрати:

- за нормою $Q = 64,4$ люд.-днів;
- за планом $Q = 56,5$ люд.-днів;

4) Підвищення продуктивності праці визначаємо за формулою

$$\Pi = (Q_n - Q_{пл}) / Q_n \cdot 100 \% = 12,2 \ \%.$$

5) Виконання норми виробітку

$$В = Q_n / Q_{пл} \cdot 100 \% = 114,0 \ \%.$$

6) Питомі трудові витрати

$$q = Q_{пл} / F_{нт} = 2,26 \text{ люд-дн/га.}$$

Отже, ми отримали, що будівництво системи краплинного зрошення триватиме 70 днів, при цьому загальні трудові витрати складуть 56,5 люд.-днів.

Таблиця 5.5 – Календарний план виробництва робіт при улаштуванні системи краплинного зрошення

№	Назва робіт		Обсяг роботи		Машини					Робітники				Кількість змін в добу	Тривалість роботи	
			одиниця виміру	кільк іст	тип і марка	змінна продуктивність	кіль-ть маш.-зм.		усьог, шт.	спец., розряд	люд. в добу	люд.-дн. по нормі	люд.-дн. ррий-нято		Робо-чі	Кален-дарні
							по нормі	прий-нято								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-	Зрошувальна мережа	Підготовчий період	%	8							4	12,0	10,2	1	11	14
1		Зрізка рослинного шару ґрунту	100м³	2000	ДЗ-101	1600,0	1,3	1,1	1	маш. 6 розр.	1	1,3	1,1	1	2	3
2		Планування траси траншеї	1000м²	4500	ДЗ-101	27586,2	0,2	0,1	1	маш. 6 розр.	1	0,2	0,1	1	1	1
3		Розробка траншеї екскаватором на повний профіль	100 м³	400	ЕТ-16	307,7	1,3	1,1	1	маш. 6 розр.	1	1,3	1,1	1	2	3
4		Ручна розробка ґрунту	1 м³	35	-	9,4	-	-	-	землекоп 2 розр.	2	3,7	3,5	1	4	5
5		Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	100 м³	15	ЕТ-16	285,7	0,1	0,1	1	маш. 6 розр.	1	0,1	0,1	1	1	2
6		Укладка труб ПНД d=180 мм	100м	360	-	544,3	-	-	-	монт. 3,4 р.	3	0,7	0,6	1	1	2
7		Укладка труб ПНД d=160 мм	100м	270	-	562,2	-	-	-	монт. 3,4 р.	3	0,5	0,4	1	1	2
8		Укладка труб ПНД d=110 мм	100м	464	-	589,4	-	-	-	монт. 3,4 р.	3	0,8	0,7	1	1	2
9		Укладка труб ПНД d=63 мм	100м	480	-	605,1	-	-	-	монт. 3,4 р.	3	0,8	0,7	1	1	2
10		Укладка стрічки Aqua-TraXX 16mm	100м	250100	-	2000,0	-	-	-	монт. 3,4 р.	6	20,8	17,7	2	9	12
11		Монтаж оглядових колодязів	1шт	6	КС-55765	1,0	5,9	5,0	1	маш. 6 р. монт. 3,4 р.	3	5,9	5,0	1	5	6
12		Монтаж засувки	1шт	16	-	1,9	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	8,4	8,0	1	8	10
13		Монтаж плит для фільтрувальної станції	1 шт	2	КС-55765	3,8	0,8	0,7	1	маш. 6 р. монт. 3,4 р.	3	0,5	0,5	1	1	1
14		Монтаж фільтрів	1 шт	2	КС-55765	11,0	0,9	0,8	1	маш. 6 р. монт. 3,4 р.	3	0,2	0,2	1	1	2
15	Часткова засипка траншеї ґрунтом	1 м³	25	-	11,0	-	-	-	землекоп 2 розр.	2	2,3	2,2	1	3	4	

Продовження табл. 5.5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16		Попереднє гідравлічне випробування	100м	1094	-	5000,0	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	0,2	0,2	1	1	1
17		Повна засипка траншеї ґрунтом	100 м³	415	ДЗ-101	2285,7	0,2	0,2	1	маш. 6 розр.	1	0,2	0,2	1	1	1
18		Кінцеве гідравлічне випробування	100м	1094	-	3200,0	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	0,3	0,3	1	1	1
19		Відновлення рослинного шару ґрунту	100 м³	2000	ДЗ-101	4210,5	0,5	0,4	1	маш. 6 розр.	1	0,5	0,4	1	1	1
Невраховані роботи			%	3							1	1,5	1,3	1	1	2
Ліквідаційні роботи			%	5							2	2,4	2,1	1	2	3
Всього												64,4	56,5		73	84

6. СИСТЕМА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Служба охорони праці під час експлуатації системи краплинного зрошення

Функціонування сучасної системи краплинного зрошення передбачає виконання комплексу механізованих, електротехнічних та агрохімічних робіт, що вимагає створення надійної системи управління охороною праці (СУОП). Відповідно до Закону України «Про охорону праці» та Типового положення про службу охорони праці, структура цієї служби формується залежно від масштабу сільськогосподарського підприємства:

- ✓ 50 і більше працівників: роботодавець зобов'язаний створити самостійну службу охорони праці (ОП).
- ✓ від 20 до 49 працівників: функції служби ОП можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які пройшли відповідне навчання та перевірку знань.
- ✓ менше 20 працівників: для виконання функцій служби ОП доцільно залучати сторонніх профільних спеціалістів (організацій) на договірних засадах (аутсорсинг охорони праці).

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю (керівнику підприємства). За своїм статусом, посадою і рівнем заробітної плати керівники та спеціалісти служби ОП прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних підрозділів. Ліквідація служби допускається виключно у разі повної ліквідації самого підприємства.

В умовах сьогодення діяльність служби ОП базується на ризик-орієнтованому підході (відповідно до принципів стандарту ISO 45001), що передбачає перехід від реагування на наслідки до превентивного управління ризиками. До основних функцій служби належать:

- ✓ специфічні (експлуатаційні) завдання: контроль за безпечною експлуатацією насосного обладнання, електромереж, фільтрувальних станцій та вузлів фертигації (внесення мінеральних добрив через систему зрошення), забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) під час роботи з агрохімікатами.
- ✓ організаційно-методичні: розробка ефективної системи управління ОП, проведення вступних інструктажів, організація навчання персоналу та перевірка знань посадових осіб.
- ✓ аналітичні: проведення аудиту робочих місць, паспортизація ділянок, оцінка професійних ризиків, облік та аналіз мікротравм, нещасних випадків чи аварійних ситуацій.
- ✓ нормативні: розробка внутрішніх інструкцій, регламентів та технологічних карт, що враховують безпечні методи роботи в полі (зокрема, захист від теплового удару в літній період).

З огляду на сучасні реалії України, повноваження та обов'язки служби охорони праці суттєво розширені. Сьогодні служба додатково забезпечує:

- ✓ мінну безпеку: організацію навчання працівників правилам поведінки у разі виявлення вибухонебезпечних предметів (ВНП) під час земляних робіт, прокладання траншей чи огляду полів.
- ✓ цивільний захист: розробку та впровадження алгоритмів дій персоналу під час сигналу «Повітряна тривога», облаштування безпечних місць укриття біля насосних станцій чи адміністративних будівель.
- ✓ психосоціальну підтримку: впровадження програм запобігання стресу та вигоранню працівників на робочому місці.

Спеціалісти служби охорони праці здійснюють постійний контроль за дотриманням працівниками вимог законодавства, своєчасним проходженням медичних оглядів (особливо для осіб, що працюють з електроустановками та добривами), а також за правомірним використанням праці жінок і неповнолітніх осіб. Для ефективного виконання своїх обов'язків спеціалісти служби ОП мають право:

- 1) Безперешкодно та в будь-який час доби відвідувати виробничі об'єкти (насосні станції, магістральні трубопроводи, зрошувані поля) для перевірки стану безпеки.
- 2) Видавати керівникам підрозділів обов'язкові для виконання приписи щодо усунення виявлених порушень (скасувати такий припис має право лише роботодавець).
- 3) Зупиняти роботу насосних агрегатів, механізмів або виконання польових робіт, якщо виявлені порушення створюють пряму загрозу життю та здоров'ю працівників (наприклад, пошкодження ізоляції кабелів, витік хімікатів, робота під час грози).
- 4) Відсторонювати від роботи осіб, які не пройшли медичний огляд, інструктаж з ОП або перебувають у стані алкогольного/наркотичного сп'яніння, та ініціювати притягнення їх до відповідальності.

6.2. Безпека при виробництві земляних і будівельно-монтажних роботах на системі краплинного зрошення

Виконання комплексу будівельно-монтажних та земляних робіт під час облаштування систем краплинного зрошення вимагає суворого дотримання нормативних вимог охорони праці, промислової безпеки, а в сучасних умовах – ще й мінної безпеки.

Перед початком будь-яких земляних робіт територія майбутнього зрошуваного масиву та траси прокладання трубопроводів обов'язково підлягає обстеженню на наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП). Дозвіл на роботу техніки надається виключно після складання відповідного акту про розмінування або безпечність ділянки. Крім того, інженерно-технічний персонал зобов'язаний узгодити місця проведення розкопок із

представниками служб, що експлуатують підземні комунікації (кабелі зв'язку, електромережі, газопроводи), для запобігання їх пошкодженню.

Вимоги до роботи землерийної техніки:

- 5) Кожна одиниця землерийної техніки має бути оснащена справною гальмівною системою, замком запалювання, а також звуковою та світловою сигналізацією. Алгоритм подачі сигналів повинен бути доведений до всіх членів бригади під розпис.
- 6) Працівникам суворо забороняється перебувати ближче ніж за 5 м від робочої зони екскаватора чи бульдозера, а також стояти з боку забою (напрямку різання ґрунту).
- 7) При одночасній роботі двох і більше механізмів дистанція між ними повинна становити не менше 5 м.
- 8) Робота в охоронних зонах повітряних ліній електропередач (ЛЄП) виконується виключно за нарядом-допуском із дотриманням безпечних відстаней від крайнього проводу.
- 9) Під час розробки глибоких траншей із влаштуванням уступів їхня ширина має бути не меншою за 2,5 м.

Оскільки сучасні системи краплинного зрошення здебільшого монтуються з поліетиленових труб (ПНД), застосовуються специфічні правила термічного або стикового зварювання. Монтаж та стикування труб у підвішеному стані без використання надійних підкладок категорично забороняється. На похилих ділянках рельєфу для зварювання облаштовують спеціальні горизонтальні монтажні майданчики. Під час атмосферних опадів, сильного вітру або надмірної сонячної інсоляції зварювальні роботи та ізоляцію стиків проводять виключно під захисними накриттями (наметами, парасолями). Під час грози будь-які монтажні роботи на відкритій місцевості негайно припиняються. Перед опусканням трубної пліти (батога) траншея має бути повністю очищена від обваленого ґрунту, каміння та сміття. У місцях встановлення котушок, запірної арматури або кривих вставок траншею розширюють на 1,25 м по обидва боки від осі трубопроводу на довжині 3 м.

Безпосередньо під зварним стиком викопують приямок глибиною не менше 0,5 м для зручності та безпеки зварювальника.

Вантажозахоплювальні пристрої кожні півроку проходять випробування статичним навантаженням, що на 25% (1,25) перевищує номінальне робоче, із занесенням результатів до спеціального журналу. Перебувати під піднятим вантажем або направляти його руками категорично заборонено.

На монтаж великогабаритного обладнання розробляється окремий ПВР, що регламентує безпечну розстановку персоналу та техніки. Фундаменти під обладнання передаються генпідряднику за офіційним актом.

Монтаж фільтростанцій виконується ланкою у складі щонайменше двох осіб під наглядом майстра (виконавця робіт). Робоча зона обов'язково огорожується або позначається попереджувальними знаками для недопущення сторонніх. Мінімальні нормативні габарити (проходи) для безпечного обслуговування повинні бути наступними:

- ✓ між агрегатами (при напрузі електродвигунів до 1000 В) – 1,0 м;
- ✓ між агрегатами (при напрузі понад 1000 В) – 1,2 м;
- ✓ між рухомими частинами теплових двигунів – 1,2 м;
- ✓ між компресорами – 1,5 м;
- ✓ між агрегатом і стіною: у штатних будівлях насосних станцій – 0,7 м, в інших приміщеннях – 1,0 м;
- ✓ між нерухомими виступаючими елементами обладнання – 0,7 м.

Додаткові вимоги безпеки при монтажі можуть включати наступний перелік. Доставку та розвантаження важких деталей (елементів фільтрів) здійснюють максимально близько до проектного місця. Для горизонтального переміщення застосовують інвентарні ковзанки та міцні дощаті настили. Категорично заборонено переміщати і встановлювати важкі елементи вручну або кріпити талі (лебідки) до елементів будівельних конструкцій без письмового дозволу проектанта/виконавця робіт. Для освітлення робочих зон всередині металевих ємностей та колодязів застосовують лише безпечні переносні світильники з напругою не вище 12 В. Робочий інструмент повинен зберігатися у спеціальних сумках-поясах або інструментальних

ящиках. Залишати інструмент на краях траншей, риштуваннях чи сходах суворо заборонено через ризик його падіння на працівників знизу. Обладнання до монтажу повинно зберігатися на стійких дерев'яних підкладках висотою 10–15 см.

7. ОЦІНКА ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЦЕСУ РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ

7.1. Загальна оцінка впливу на компоненти навколишнє середовище

Метою розробки даного розділу є обґрунтування екологічної доцільності планованої діяльності та визначення комплексу заходів, що гарантують безпеку довкілля. Впровадження системи краплинного зрошення має мінімальний техногенний вплив, який класифікується як локальний і тимчасовий, тоді як загальний результат проекту носить виражений позитивний характер. Вплив проектного об'єкта на навколишнє середовище поділяється на два етапи: період будівництва та період експлуатації.

Екологічна безпека під час будівельно-монтажних робіт. На етапі будівництва основними факторами впливу є земляні роботи та експлуатація важкої спецтехніки. Для мінімізації негативних наслідків Проектом організації будівництва (ПОБ) передбачено такі заходи:

- 1) Охорона ґрунтів: перед риттям траншей обов'язково знімається верхній родючий (рослинний) шар ґрунту. Він складається у тимчасові відвали з подальшим використанням для зворотної рекультивації поверхні після укладання труб.
- 2) Поводження з відходами та ПММ: категорично забороняється зливання відпрацьованих мастил і залишків палива на ґрунт. Усі нафтопродукти збираються у спеціальні ємності для подальшої утилізації чи регенерації.

- 3) Захист водойм: миття будівельних машин і механізмів дозволяється виключно на спеціально обладнаних майданчиках, що унеможлиблює потрапляння забруднених стоків у відкриті водойми чи ґрунтові води.
- 4) Захист атмосферного повітря: викиди відпрацьованих газів від будівельної техніки носять короткочасний характер і припиняються по завершенню монтажних робіт.

Після закінчення будівництва всі ділянки, де було порушено рельєф (місця стоянок техніки, тимчасові склади), підлягають обов'язковому технічному та біологічному плануванню.

Вплив на довкілля під час експлуатації системи. В процесі експлуатації система краплинного зрошення не здійснює негативного впливу на повітряне, техногенне чи соціальне середовище. Натомість взаємодія з водним та ґрунтовим середовищем суворо контролюється:

- 1) Гідрогеологічний баланс: застосування мікрозрошення виключає надлишкові витрати води та унеможлиблює водну ерозію ґрунтів. Наявна колекторно-дренажна мережа підтримує рівень ґрунтових вод на безпечних глибинах, запобігаючи вторинному засоленню земель.
- 2) Агрохімічна безпека: проектом передбачено відмову від поверхневого розкидання добрив. Усі поживні речовини вносяться дозовано разом із поливною водою (фертигація) згідно з потребами рослин.
- 3) Поводження з пестицидами: транспортування і зберігання агрохімікатів здійснюється виключно у спеціалізованій тарі на захищених майданчиках. Застосовуються лише дозволені препарати короткочасної дії, що швидко розкладаються у ґрунті.

Комплексні аспекти реалізації проекту. Загалом, заміна традиційного дощування на систему краплинного зрошення кардинально покращує стан довкілля та умови господарювання за трьома основними аспектами:

- ✓ екологічний аспект: впровадження вологозберігаючих технологій дозволяє ефективно регулювати мікроклімат у посушливій зоні, зберігає структуру ґрунту та забезпечує позитивний баланс гумусу.
- ✓ економічний аспект: перехід до принципів точного землеробства (точний розрахунок норм води, добрив та енергії на запланований врожай) гарантує високу раціональність використання природних ресурсів.
- ✓ соціальний аспект: забезпечення стабільних, не залежних від погодних умов, врожаїв підвищує продовольчу безпеку промислового регіону та створює комфортні робочі місця.

7.2. Оцінка впливу на мікроклімат території

Проектована ділянка площею 25 га розташована в степовій зоні з помірно-континентальним кліматом, для якого характерні високі літні температури (до $+36^{\circ}\text{C}$), дефіцит атмосферних опадів (річна норма 412,2 мм) та часті тривалі бездощові періоди. Впровадження системи краплинного зрошення забезпечує постійний позитивний вплив на локальний мікроклімат у теплий період року (вегетацію), додаючи в середньому 20 мм зволоження ґрунту щорічно. На відміну від методів, що спричиняють значні непродуктивні втрати води, краплинне зрошення забезпечує точне дозування вологи безпосередньо в кореневу зону. Це сприяє стабілізації температури ґрунтового горизонту, захищаючи корисну мікрофлору, та підвищує вологість приземного шару повітря, що суттєво пом'якшує дію суховіїв і знижує термічний стрес сільськогосподарських культур. Таким чином, система краплинного зрошення діє як ефективний інструмент оптимізації водно-повітряного балансу агроценозу, мінімізуючи кліматичні ризики та створюючи оптимальні умови для вегетації рослин у посушливих умовах степу.

7.3. Вплив на ґрунтовий покрив території досліджень

Ґрунтоутворюючими породами на ділянці є еолово-делювіальні легкоглинисті суглинки (вміст фізичної глини 42,3–44,3%). Породи характеризуються задовільними фізичними властивостями: об'ємна маса – 1,41-1,45 г/см³, пористість – 45,9-47,2%, коефіцієнт фільтрації – 0,46 м/добу. Через неглибоке залягання підґрунтових вод породи мають слабкий ступінь сульфатного засолення (сухий залишок 0,213-0,455%).

Основним типом ґрунтів є чорноземи південні малогумусні (вміст гумусу 3,4-4,5%, потужність гумусового горизонту 30-35 см). Ґрунти важкосуглинкові, середньоущільнені, з оптимальними показниками аерації (18,9%) та активної вологи (21,6-22,9 об.%).

Будівельні роботи передбачають риття траншей під трубопроводи та дрени. Для збереження родючості ґрунту застосовується технологія роздільної розробки, рослинний шар знімається та складається у тимчасові відвали з подальшою рекультивацією.

- ✓ Масштаб впливу: площа – 4,5 га, обсяг робіт – 2,0 тис. м³.
- ✓ Інтенсивність: 1,5 га/міс (0,7 тис. м³/міс).
- ✓ Тривалість: 3 місяці (період будівництва).

Вплив є локальним, тимчасовим та керованим, що виключає довгострокову деградацію ґрунтового покриву.

Впровадження прогресивних методів краплинного зрошення виключає надлишкові витрати води та запобігає розвитку водної ерозії. Для підтримки та підвищення родючості ґрунту передбачено систему удобрення, що базується на точних розрахунках (внесення добрив, у тому числі методом фертигації) (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. - Норми внесення мінеральних і органічних добрив

№ поля	Найменування сільськогосподарської культури	Норми внесення в діючій речовині, кг/га			Перегній, т/га
		N	K ₂ O	P ₂ O	
1	Томати	180	78	313	30
2	Огірки	90	75	150	30
3	Перець	180	120	190	30
В середньому на сівозміну		150	91	218	30

Масштаб впливу: вся площа зрошення – 25 га.

Режим удобрення (норми): Азот (N): 150 кг/га;

Калій (K₂O): 91 кг/га;

Фосфор (P₂O₅): 218 кг/га;

Органічні добрива (перегній): 30 т/га.

Внесення добрив здійснюється періодично (під зяблеву оранку, перед посівом та під час вегетації). Така система забезпечує постійний позитивний баланс поживних речовин, що разом із регульованим зволоженням гарантує стабільну продуктивність ґрунтів протягом усього періоду експлуатації об'єкта.

7.4. Вплив на поверхневі та підземні води

Оцінка впливу на гідросферу базується на розрахунках виносу біогенних елементів (азоту, фосфору, калію) поверхневим стоком за стандартними методологіями. Забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів є ключовим завданням проекту, оскільки розрахунки показали, що при плановому внесенні добрив концентрація амонійного азоту та фосфору в поверхневому стоці може локально перевищувати гранично допустимі рівні.

При призначеній системі внесення мінеральних та органічних добрив, концентрації деяких речовин у поверхневому стоці (амонійний азот і фосфор) перевищують гранично допустимі, тому необхідно застосовувати відповідні

заходи для зменшення виносу біогенних речовин поверхневим стоком.

Масштаб впливу: на всій площі зрошення 25 га;

Інтенсивність впливу: річний винос речовин: N – 0,128 кг/га, K₂O – 0,456 кг/га, P₂O – 0,0,55 кг/га; концентрація речовин у поверхневому стоці: NO₃ – 2,745 мг/л, NH₄ – 0,218 мг/л, P – 0,304 мг/л, K – 2,533 мг/л;

Динамічність впливу: максимум під час танення снігу і випадіння дощів;

Тривалість впливу: постійно на весь період експлуатації.

Для усунення ризиків забруднення водних ресурсів проект передбачає впровадження інтегрованої системи захисту.

1. Агротехнічні заходи:

- ✓ перехід на точне внесення добрив з урахуванням потреби культур (фертигація).
- ✓ заборона внесення добрив по сніговому покриву та застосування мінімально рухомих форм азоту (сульфат амонію, сечовина).
- ✓ обов'язкове закладення добрив у ґрунт під час оранки.

2. Гідротехнічні та лісомеліоративні заходи:

- ✓ мтворення водоохоронних лісосмуг та лугових смуг вздовж берегів водойм для утримання стоку.
- ✓ встановлення буферних зон (не менше 30–100 м) для орних угідь залежно від ухилу місцевості.
- ✓ організація водойм-акумуляторів для знезаражування дренажного стоку перед скидом.

3. Експлуатаційний контроль:

- ✓ суворе регулювання інтенсивності поливу, що виключає появу поверхневого стоку зрошувальної води.
- ✓ застосування пестицидів короткочасної дії та гранульованих форм препаратів.

Вплив на підземні води. В межах ділянки ґрунтові води залягають на глибині 1,6–2,6 м (мінералізація 3–5 г/л). Впровадження саме краплинного зрошення є найбільш екологічно безпечним рішенням для даної території. Завдяки дозований подачі води безпосередньо в кореневу зону (на відміну від дощування), ризик підйому рівня ґрунтових вод, їх вторинного засолення та заболочування території зведений до мінімуму, яким у розрахунках можна знехтувати.

Таким чином, реалізація проекту при дотриманні вищезазначених обмежень та сучасних методів поливу не створює загроз для водних об'єктів регіону.

8. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА СИСТЕМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

8.1. Визначення капіталовкладень на будівництво масиву краплинного зрошення

Капітальні вкладення (K) у будівництво системи краплинного зрошення на ділянці площею 25 га включають усі витрати, необхідні для придбання обладнання, проведення будівельно-монтажних робіт, проєктування та введення системи в експлуатацію. Розрахунок капітальних вкладень є базовим етапом економічного обґрунтування проєкту, оскільки від нього залежить рівень майбутніх амортизаційних відрахувань та термін окупності.

Загальна сума капіталовкладень (табл. 8.1) розраховується за формулою:

$$K = K_{\text{обл}} + K_{\text{буд}} + K_{\text{проєкт}} + K_{\text{інш}}, \quad (8.1)$$

де: $K_{\text{обл}}$ – витрати на придбання основного обладнання (насосна станція, вузол фертигації, трубопроводи, крапельна стрічка); $K_{\text{буд}}$ – вартість будівельно-монтажних робіт (земляні роботи, монтаж трубопроводів); $K_{\text{проєкт}}$ – витрати на розробку проєктно-кошторисної документації; $K_{\text{інш}}$ – інші витрати (транспортування, складські витрати, непередбачені витрати, що прийняті на рівні 8% від суми).

Таблиця 8.1. – Калькуляція капітальних вкладень для будівництва системи

краплинного зрошення

Стаття витрат	Од. вим.	К-ть	Ціна, грн	Сума, грн
1. Основне обладнання				
Насосний агрегат (Д200-906)	шт.	1	70000	70000
Фільтрувальна станція	компл.	1	270000	270000
Крапельна стрічка AquaTraXX	м	250100	9,50	2375950
Трубопроводи ПНД (d – 180/160/110/63 мм)	м	2506	415	1039990
Фітинги та арматура	шт.	18	780	14040
2. Будівельно-монтажні роботи				
Земляні та монтажні роботи	-	-	2150000	2150000
3. Проектні та інші витрати				
Розробка проекту та кошторису	послуга	1	450000	450000
Транспортні та непередбачені витрати	%	8%	-	509598
Загальна сума капітальних вкладень (К, грн)				6879578

На підставі проведених розрахунків, загальний обсяг капітальних вкладень (К) на будівництво системи краплинного зрошення площею 25 га у фермерському господарстві «Агропрогрес» становить близько 6,88 млн. грн. Дані інвестиції дозволять перевести господарство на інтенсивні методи вирощування овочевих культур, забезпечити точне дозування води та добрив, а також мінімізувати втрати ресурсів, що є ключовим фактором підвищення економічної ефективності виробництва в умовах Степової зони України.

8.2. Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву зрошення

Економічна ефективність впровадження системи краплинного зрошення визначається шляхом порівняння отриманого чистого прибутку з розміром капітальних інвестицій. Розрахунок базується на прогнозованих показниках врожайності та ринкових цінах на сільськогосподарську продукцію. Валова виручка (табл. 8.2) розраховується за спрощеним варіантом як добуток площі посіву, врожайності та середньоринкової ціни реалізації:

$$R = S \cdot Y \cdot P, \quad (8.2)$$

де S – площа (га), Y – врожайність (т/га), P – ціна (грн/т).

таблиця 8.2 – Розрахунок валової виручки від реалізації с.-г. продукції

Культура	Площа, га	Врожайність, т/га	Ціна, грн/т	Виручка, тис. грн
Томати	6,26	60	25000	9390
Огірки	9,38	30	20000	5628
Перець	9,40	30	30000	8460
Всього				23478

Щорічні експлуатаційні витрати включають витрати на електроенергію, добрива, оплату праці та амортизацію системи. Вони представлені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 - Щорічні експлуатаційні витрати для системи краплинного зрошення

Стаття витрат	Сума, тис. грн
Електроенергія та ПММ	1250
Добрива та пестициди	9200
Оплата праці робітників	6500
Амортизація обладнання (10% від К)	688
Всього витрат (С):	17638

Чистий річний прибуток (Р) розраховується за формулою:

$$P = R - C, \quad (8.3)$$

$$P = 23478 - 17638 = 5840 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = K / P, \quad (8.4)$$

$$T = 6879,6 / 5840 \approx 2 \text{ років}$$

Високий показник чистого прибутку та короткий термін окупності свідчать про високу економічну ефективність проекту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне обґрунтування організаційно-технологічних параметрів будівництва системи краплинного зрошення в фермерському господарстві «Агропрогрес» (Криворізький район, Дніпропетровська обл.).

1. Природні та агротехнічні умови. Аналіз природних умов виявив високу посушливість клімату (річна норма опадів 412,2 мм при випаровуваності 890 мм/рік), що зумовлює необхідність штучного зволоження для отримання стабільно високих врожаїв. Ґрунтовий покрив ділянки (чорноземи південні малогумусні) з рівнем підґрунтових вод 1,6–2,6 м є цілком придатним для краплинного зрошення.

2. Параметри та режим зрошення. Запроектована система на площі 25 га для вирощування томатів, огірків та перцю забезпечує оптимізацію водно-повітряного режиму:

- загальний обсяг водоспоживання 4125 м³.
- розрахункова ордината гідромодуля: 0,8 л/(с·га).
- запроектовано використання крапельної стрічки AquaTraXX (товщина 0,2 мм, вилив 1,2 л/год при тиску 0,7 атмосфер).

3. Гідравлічні параметри системи. Система обслуговується насосним агрегатом типу Д200-90Б, що гарантує стабільний тиск у мережі. На основі гідравлічного розрахунку встановлено оптимальні діаметри трубопроводів із поліетилену (ПЕ-100, SDR-17):

- магістральний трубопровід: 180 мм.
- розподільчі (розводка): 160/110 мм.
- робочі (поливні): 63 мм.

4. Організація та технологія будівництва. Розроблена технологічна карта будівництва базується на використанні комплексу машин: бульдозер ДЗ-101, екскаватор ЕТ-16, кран КС-5576Б. Загальна тривалість будівництва

становить 84 робочі зміни. Сумарні трудовитрати сягають 4789 люд.-год. Підвищення продуктивності праці на 12,2% за рахунок паралельного виконання монтажу розподільчих мереж та укладання стрічки.

5. Охорона праці та екологічна безпека. Запропоновані заходи забезпечують відповідність вимогам безпеки при проведенні земляних робіт та монтажу обладнання. Екологічний моніторинг підтверджує мінімальний техногенний вплив на ґрунти та водні об'єкти при дотриманні запропонованих норм фертигації.

6. Економічна ефективність. Техніко-економічне обґрунтування підтверджує високу інвестиційну привабливість проекту:

- капітальні вкладення 6,88 млн. грн.
- валова виручка від реалізації продукції 2,35 млн. грн.
- щорічні експлуатаційні витрати: 17,64 млн. грн.
- чистий річний прибуток 5,84 грн.
- термін окупності капіталовкладень становить близько 2 років.

Впровадження системи краплинного зрошення на площі 25 га у ФГ «Агропрогрес» є економічно доцільним та високоефективним заходом. Перехід до інтенсивних методів овочівництва з точним дозуванням води та поживних речовин дозволяє не лише забезпечити повне покриття капітальних витрат за один сезон, але й суттєво підвищити рентабельність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний атлас УССР. – К.: Урожай, 1964. – 36с.
2. Атлас ґрунтів УССР. – К.: Урожай, 1979. – 160 с.
3. Географічна енциклопедія України: В 3-х т. / Маринич О.М. та ін. – К.: Українська Радянська Енциклопедія ім. Бажана
4. ДБН Д.2.2-1-99. Збірник 1. Земляні роботи. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. – К.: Держбуд, 2000. – 186 с.
5. ДБН Д.2.7-2000. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. – Київ.-2001.-337с.
6. Корюненко В. М. Краплинне зрошення овочевих та цінних технічних культур у від-критому ґрунті / В. М. Корюненко, О. Г. Матвієць, А. П. Шатковський [та ін.]/Таврійський науковий вісник.–2005.–№ 39.–С.182–185.
7. Крани будівельні. Технічні характеристики: Довідник / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашич, С.В. Ракша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 186 с.
8. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.1-99. – К.:Держбуд України, 2000.
9. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – Держводгосп України. Київ 1999.
10. Організація будівництва. Навчальний посібник для студентів з елементами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу (для підготовки бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форм навчання) / Укл.: О.В. Лізунков, В.В. Дарієнко, І.О. Скриннік. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 145с.
11. Організація і технологія будівельних робіт. Практикум : навч. посібник / А. А. Білецький, С. В. Клімов, О. І. Ольховик, І. А. Рощик. – Рівне : НУВГП, 2019. – 93 с.
12. Охорона праці в агропромисловому комплексі: підручник / [А. С. Беліков, К. М. Сухий, А. С. Кобець та ін.]; МОН України; УДУНТ; ДДАЕУ; під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро: Журфонд, 2025. – 644 с.

13. Посібник з розробки проектів організації будівництва і проектів виконання робіт (до ДБН А.3.1-5-96 Організація будівельного виробництва). Частина 1. Технологічна та виконавча документація.
14. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів: ДБН Д.2.7-2000. – Київ, 2001.-337с.
15. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення.– К.: Світ, 2000. – 114 с.
16. Системи краплинного зрошення: [навчальний посібник] / М.І. Ромащенко, В.І. Доценко, Д.М. Онопрієнко, О.І Шевелєв - Дніпропетровськ: ООО ПКФ «Оксамит-текст», 2007. – 175с.
17. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с
18. Склад і зміст матеріалів ОВНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А 2.2-1-2003
19. Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник.– К.: Видавництво Ліра-К, 2016.– 390 с.
20. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України / [Ромащенко М. І., Корюненко В. М., Матвієць О. Г. та ін.]; за ред. М. І. Ромащенка. – К. : Укр. ін-т гідротех. і меліор., 2006. – 123 с
21. Технологія будівельного виробництва: Підручник / М. Г. Ярмоленко, Є. Г. Романушко, В. І. Терновий та ін.; За ред. М. Г. Ярмоленка. 2-ге вид., допов. і переробл. К.: Вища шк., 2005. - 342 с.
22. Шевченко Т. О. Насосні та повітродувні станції : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / Т. О. Шевченко. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 131 с
23. Якименко О. В. Земляні роботи : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 157 с