

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:

**«Проект будівництва зрошувальної системи у
фермерському господарстві «Урожай» Самарівського
району Дніпропетровської області»**

Виконав здобувач вищої освіти
групи БЦІ-1-22

_____ Павло Воронцов
(підпис)

Керівник

_____ Геннадій ГАПЧ
(підпис)

Рецензент

_____ (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

Воронцову Павлу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проект будівництва зрошувальної системи у фермерському господарстві «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області» затверджена наказом ректора №820 від «24» квітня 2026 р.

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

3. Вихідні дані до роботи: план ділянки території та характеристика господарської діяльності підприємства; нормативно-довідникова література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1 Природно-кліматичні та господарські умови об'єкта проектування; 2 Аналіз господарської діяльності підприємства; 3 Режим зрошення сільськогосподарських культур і техніка поливу; 4 Гідравлічний розрахунок зрошувальної системи; 5 Технологічна карта на виконання робіт з будівництва дренажної мережі; 6 Технологічна карта на виконання робіт з будівництва зрошувальної мережі; 7 Організація та планування будівельного виробництва; 8 Охорона навколишнього природного середовища; 9 Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву 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 ГАПІЧ)
 (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (Павло ВОРОНЦОВ)
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1 Природно-кліматичні та господарські умови об'єкта проєктування	квітень 2026 р.	
2	2 Аналіз господарської діяльності підприємства	травень 2026 р.	
3	3 Режим зрошення сільськогосподарських культур і техніка поливу	травень 2026 р.	
4	4 Гідравлічний розрахунок зрошувальної системи	травень 2026 р.	
5	5 Технологічна карта на виконання робіт з будівництва дренажної мережі	травень 2026 р.	
6	6 Технологічна карта на виконання робіт з будівництва зрошувальної мережі	червень 2026 р.	
7	7 Організація та планування будівельного виробництва	червень 2026 р.	
8	8 Охорона навколишнього природного середовища	червень 2026 р.	
9	9 Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву зрошення	червень 2026 р.	
10	Вступ, Висновки, Список літератури, Додатки, Паспорт проєкту	червень 2026 р.	
11	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	червень 2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ (Павло ВОРОНЦОВ)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ТА ГОСПОДАРСЬКІ УМОВИ ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	10
1.1 Географічне розташування та рельєф району будівництва	10
1.2 Кліматична характеристика території досліджень	11
1.3 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови	15
1.4 Ґрунтові умови та їх меліоративна оцінка	16
2 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	20
2.1 Загальні відомості та організаційно-правовий статус підприємства ...	20
2.2 Виробничий напрямок та спеціалізація господарства	21
2.3 Економічна ефективність та ресурсний потенціал	24
3 РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ТЕХНІКА ПОЛИВУ	26
3.1 Визначення норм і строків поливу культур у ФГ «Урожай»	26
3.2 Обґрунтування способу і техніки зрошення	32
3.3 Розрахунок і побудова графіків поливів с.-г. культур	33
4 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	36
4.1 Конструкція зрошувальної мережі	36
4.2 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосного обладнання.....	37
4.3 Проектування поздовжніх профілів трубопроводів	41
4.4 Гідротехнічні споруди та арматура на мережі	41
5 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ	43
5.1 Розрахунок обсягів робіт	43

5.2 Вибір комплексу будівельних машин та механізмів	47
5.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної плати	48
5.4 Графік виконання робіт	49
5.5 Технологія гідротехнічного будівництва дренажної мережі	50
6 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	52
6.1 Розрахунок обсягів робіт	52
6.2 Калькуляція трудових витрат і заробітної плати	56
6.3 Графік виконання робіт	57
6.4 Вибір комплексу будівельних машин	58
7 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ...	60
7.1 Загальні засади організації будівельно-монтажних робіт	60
7.2 Розробка календарного плану будівництва	62
7.3 Техніко-економічні показники календарного плану	63
8 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	66
8.1 Вплив на клімат і мікроклімат	67
8.2 Вплив на ґрунтовий покрив та заходи з його охорони	67
8.3 Охорона поверхневих вод	69
8.4 Охорона підземних вод	70
9 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ	71
9.1 Методика розрахунку та капітальні вкладення	71
9.2 Розрахунок вартості валової продукції	72
9.3 Експлуатаційні та сільськогосподарські витрати	73
9.4 Економічна ефективність та термін окупності	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	78

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: 79 сторінок друкованого тексту, 11 рисунків, 18 таблиць, 13 джерел літератури.

Мета роботи – розробка комплексного високотехнологічного, екологічно безпечного та економічно обґрунтованого інженерного проєкту будівництва зрошувальної системи для забезпечення стабільної та високої врожайності зерно-кормової сівозміни в умовах ризикованого землеробства та дефіциту природної вологи.

Об'єкт дослідження – процес розробки технологічних рішень та організації будівництва закритої зрошувальної та дренажної мереж у фермерському господарстві «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області.

Предмет дослідження – агро меліоративні, гідравлічні, технологічні, організаційні та фінансово-економічні параметри функціонування меліоративної системи при інтенсифікації рослинництва на площі 934,6 га.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати природно-кліматичні, гідрогеологічні, ґрунтові та господарські умови району будівництва.
2. Розробити та обґрунтувати структуру шестипільної зерно-кормової сівозміни, розрахувати режими зрошення, строки та норми поливу сільськогосподарських культур для розрахункового сухого року 75 % забезпеченості.
3. Обґрунтувати вибір способу та техніки штучного зволоження з використанням широкозахватних дощувальних машин кругової ДМУ “Фрегат”.

4. Виконати гідравлічний розрахунок закритої напірної зрошувальної мережі, визначити оптимальні та економічно вигідні діаметри трубопроводів та підібрати обладнання насосної станції підкачки.
5. Розробити технологічні та організаційні рішення щодо будівництва закритих зрошувальних мереж та супутньої системи закритого горизонтального дренажу, скласти календарний план виконання будівельно-монтажних робіт.
6. Оцінити потенційний вплив меліоративної системи на навколишнє природне середовище та запропонувати комплекс охоронних, агрохімічних і рекультиваційних заходів.
7. Розрахувати економічну ефективність інвестиційного проєкту, визначити капітальні вкладення, експлуатаційні витрати та термін окупності за консервативним сценарієм на базі актуальних тарифів.

Ключові слова: зрошувальна система, дощувальні машини, напірний трубопровід, горизонтальний дренаж, режим зрошення, економічна ефективність.

ВСТУП

Сільське господарство України є однією з провідних галузей національної економіки, що забезпечує продовольчу безпеку та потужний експортний потенціал країни. Проте стабільний розвиток агропромислового комплексу, особливо в межах центральних та південних регіонів, зокрема у Дніпропетровській області, останнім часом зазнає суттєвого негативного впливу через глобальні та регіональні зміни клімату. Сучасні тенденції характеризуються стійким зростанням середньорічних температур повітря, тривалими бездощовими періодами у вегетаційну пору, частими суховіями та жорсткими повітряно-грунтовими посухами.

У таких жорстких агрокліматичних умовах ведення богарного (незрошуваного) землеробства стає високоризикованим елементом господарювання. Дефіцит природного зволоження в критичні фенологічні фази розвитку рослин призводить до суттєвого зниження врожайності або навіть до повної загибелі посівів інтенсивних культур (таких як кукурудза чи багаторічні кормові трави).

Штучне зволоження є головним гідромеліоративним важелем, який дозволяє повністю ліквідувати кліматичні ризики, стабілізувати аграрне виробництво та кардинально підвищити продуктивність земель. Впровадження інноваційних технологій зрошення, зокрема широкозахватних дощувальних машин кругової дії типу ДМУ Фрегат, дозволяє раціонально використовувати водні ресурси, знизити питомі енерговитрати завдяки низьконапірним робочим режимам та мінімізувати ризики розвитку іригаційної ерозії.

Одночасно, меліоративне освоєння територій з глибоким, але потенційно мінливим рівнем залягання ґрунтових вод потребує обов'язкового супроводження системами регулюючого закритого горизонтального дренажу для попередження процесів підтоплення та вторинного засолення чорноземів. Таким чином, розробка проєкту будівництва сучасної зрошувальної системи у фермерському господарстві «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області є актуальним інженерно-практичним завданням.

1 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ТА ГОСПОДАРСЬКІ УМОВИ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Географічне розташування та рельєф району будівництва

Територія, що відібрана під проєктування та будівництво сучасної зрошувальної мережі розташована у фермерському господарстві «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області. У географічному відношенні ділянка знаходиться на північ від населеного пункту Миколаївка. Даний регіон входить до складу північної степової зони України, яка характеризується інтенсивним розвитком агропромислового комплексу та високим потенціалом для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур за умови застосування штучного зволоження.

Рельєф досліджуваної території у межах господарства є переважно спокійним, рівнинним, що є типовим для Придніпровської низовини. Природні уклони поверхні коливаються у вузьких межах від 0,005 до 0,01. Такі топографічні умови є надзвичайно сприятливими для впровадження механізованого зрошення, зокрема з використанням сучасних широкозахватних дощувальних машин кругової або фронтальної дії (типу ДМУ Фрегат). Рівнинний характер місцевості мінімізує витрати енергії на подолання геодезичних перепадів висот при транспортуванні води, а також суттєво знижує ризик виникнення процесів іригаційної ерозії ґрунтів.

Водночас, на території наявний ряд незначних природних понижень мікрорельєфу. Ці пониження утворюють систему невеликих тальвегів, що спрямовані в бік долини річки Губиниха, яка є місцевим базисом ерозії. Для забезпечення рівномірного розподілу поливної води та запобігання утворенню

блюдець (місць застоювання води, що може призвести до вимокання посівів та локального вторинного засолення), проєктом передбачається проведення капітального планування поверхні. Незначні пониження підлягають вирівнюванню механізованим способом з переміщенням ґрунтових мас. Крім того, вздовж природних шляхів стоку до річки Губиниха передбачено створення системи відкритої та закритої дренажної мережі для перехоплення та відведення надлишкових ґрунтових і поверхневих вод.



Рисунок 1.1 – Оглядова схема району будівництва
та розташування ФГ «Урожай»

1.2 Кліматична характеристика території досліджень

Клімат у зоні будівництва зрошувальної мережі класифікується як помірно-континентальний. Він формується під впливом радіаційних умов та складної циркуляції повітряних мас різного походження. Домінуючим є вплив повітряних мас, що приходять з Атлантичного океану (приносять вологу та пом'якшують температури), Арктичного басейну (зумовлюють різкі похолодання) або формуються безпосередньо над великими

континентальними територіями Євразії (приносять сухе та спекотне повітря влітку і морозне взимку).

Загалом клімат регіону відрізняється жарким, посушливим літом та відносно не дуже холодною, але мінливою зимою. Середня багаторічна температура повітря за рік становить $+8,0^{\circ}\text{C}$. Термічний режим характеризується значними амплітудами як річних, так і добових температур. Абсолютний максимум температур фіксується зазвичай у серпні і становить $+37,8^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температур припадає на лютий і становить $-30,0^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1.1 – Кліматична характеристика району будівництва (за даними опорної метеостанції Губиниха)

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Опади, мм	38	34	33	39	45	69	58	42	39	31	41	46

Перехід до холодного періоду року безпосередньо пов'язаний із початком вторгнення холодного арктичного повітря. Відмінною рисою місцевих зим є часті відлиги, що викликаються переміщенням циклонічних утворень з Атлантики, Середземного та Чорного морів. У квітні і травні часто спостерігається повернення холодів і заморозки. Влітку вторгнення арктичного повітря майже цілком припиняється, що призводить до встановлення стійкої спекотної та сухої погоди з інтенсивним випаровуванням.

Агрокліматичні ресурси території характеризуються високою теплозабезпеченістю. Сума ефективних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ дорівнює 3190°C , а вище $+5^{\circ}\text{C}$ – 2320°C (згідно з відкоригованими даними багаторічних

спостережень). Весняний перехід середньодобових температур повітря через 0°C до позитивних значень відбувається звичайно 19 березня, а через $+5^{\circ}\text{C}$ (початок вегетаційного періоду для багатьох культур) – 7 квітня. Осінній перехід через $+5^{\circ}\text{C}$ відбувається 27 жовтня, а через 0°C до негативних значень – 20 листопада.

Атмосферні опади відіграють істотну роль у процесі формування як поверхневого, так і підземного стоку, а також визначають водний баланс ґрунтів. Територія будівництва відноситься до зони нестійкого та недостатнього зволоження. Річна норма опадів становить 545 мм, із яких за теплий вегетаційний період (квітень-жовтень) випадає 333 мм, що становить близько 60 % від річної кількості. За холодний період (листопад-березень) випадає 212 мм опадів. Найменша кількість атмосферної вологи припадає на жовтень (31 мм), найбільша – на червень (69 мм).

Особливістю літніх опадів є їх переважно зливовий характер. Значна інтенсивність дощів за короткий проміжок часу призводить до того, що волога не встигає всмоктуватися в ґрунт, формуючи поверхневий стік. Внаслідок цього коефіцієнт корисного використання літніх опадів для потреб вегетації сільськогосподарських культур є вкрай незначним. Значний дефіцит вологості повітря у літній період (середня величина випаровування з водної поверхні становить 923 мм, що суттєво перевищує суму опадів) призводить до гострої нестачі вологи в ґрунті. Це є головною причиною нестійких врожаїв при богарному землеробстві і обумовлює безумовну необхідність будівництва зрошувальної системи.

Влітку часто спостерігаються тривалі бездощові періоди (посухи). Періоди без опадів тривалістю понад 20 днів спостерігаються щонайменше двічі на рік. Посухи тривалістю понад 30 днів фіксуються щорічно, а екстремальні посухи тривалістю 40 днів бувають 6-9 разів у кожне десятиліття. Водночас можуть спостерігатися аномальні явища: так, абсолютний місячний максимум опадів був зафіксований у червні 1977 року (206 мм), а абсолютний добовий максимум – 23 серпня 1960 року (82 мм).

У середньому за рік частка рідких опадів складає 73 %, твердих – 12 %, а змішаних – 15 %. У холодний період року це співвідношення дещо змінюється і становить відповідно 43 %, 35 % та 32 %. Строки утворення і сходу снігового покриву сильно залежать від погодних умов конкретного року і значно змінюються. Через часті зимові відлиги сніговий покрив є дуже нестійким. Стійкий сніговий покрив у регіоні взагалі відсутній у 17 % зим, а середнє число днів із сніговим покривом дорівнює 78. Вітровий режим характеризується середньою багаторічною швидкістю вітру близько 5 м/с, при цьому під час проходження фронтів максимальні пориви можуть сягати 24 м/с. Наявність сильних вітрів у посушливі періоди викликає явище суховіїв, які інтенсивно висушують верхній шар ґрунту.

Таблиця 1.2 – Зведена характеристика кліматичних умов території будівництва

Елементи клімату	Місяці												Середнє		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-X	XI-III	за рік
1. Температура повітря, °С	-6,1	-4,7	0,4	9,2	15,9	19,2	20,7	20,0	14,8	7,9	2,0	-2,6	15,4	-2,2	8,1
min - середній	-9,3	-9,0	-4,0	2,9	9,3	12,8	15,0	14,0	8,9	3,4	-1,7	-6,9			3,0
- абсолютний	-34	-37	-27	-11	-4	1	6	4	-6	-20	-24	-28	-20	-37	-37
max - середн.	-3,5	-2,8	3,0	13,7	21,7	25,0	27,4	26,9	21,3	12,6	4,4	-1,5			12,4
- абсолютний	12	12	22	30	33	38	39	40	36	32	22	13	40	22	40
2. Сума опадів, мм															
- середня	48	34	31	40	46	69	58	43	41	36	44	55	333	212	545
- максимальна	135	65	66	90	135	206	140	133	114	142	115	132			841
3. Висота снігового покриву, см															
- середня	5	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6	6
- максимальна	40	50	45	5	-	-	-	-	-	3	15	20	5	50	50
4. Відносна вологість повітря, %	89	88	84	68	60	61	61	60	65	77	87	89	65	87	74
5. Абсолютна вологість повітря, мб.	4,0	4,3	5,0	7,3	10,2	13,6	15,1	14,0	10,6	8,2	6,5	4,8	11,3	4,9	8,7
6. Випаровування з водної поверхні, мм	-	-	8	70	132	139	139	132	93	46	16	-	751	24	775
7. Випаровування з поверхні ґрунту, мм	4	13	36	56	76	82	72	61	47	31	9	2	425	64	489
8. Хмарність, бали	7,5	7,7	7,2	6,2	5,8	5,1	4,5	4,1	4,5	6,1	7,6	8,1	5,2	7,6	6,2
9. Середня швидкість вітру, м/с	4,7	4,9	5	4,5	4,3	3,6	3,5	3,4	3,2	4,0	4,7	4,9	3,8	4,8	4,2

1.3 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови

У геологічному та літологічному відношенні ділянка будівництва зрошувальної мережі представлена потужною товщею четвертинних відкладень. Ці відкладення сформовані переважно еолово-делювіальними процесами і представлені лесоподібними суглинками різного механічного складу – від легких до важких. Загальна потужність цих відкладень становить 10-20 метрів. При цьому максимальна їх потужність спостерігається на вододільних плато, тоді як у межах тальвегів балок залягають перевідкладені делювіальні суглинки з домішками мулу, потужність яких зменшується до 2-4 метрів.

Фільтраційні властивості ґрунтів є визначальними для розрахунку параметрів зрошувальної та дренажної мереж. Коефіцієнт фільтрації для легких і середніх лесоподібних суглинків складає в середньому 0,6-0,8 м/добу, що забезпечує задовільне проникнення води вглиб профілю. Для важких суглинків цей показник значно нижчий і становить близько 0,25 м/добу, що може сприяти тимчасовому застоюванню води при порушенні режиму поливів.

Гідрогеологічні умови території характеризуються порівняно неглибоким заляганням першого від поверхні водоносного горизонту. На більшій частині площі господарства ґрунтові води залягають на глибині від 3,0 до 9,0 метрів від поверхні. Контури з критичною глибиною залягання рівня ґрунтових вод (менше 3 метрів) локалізовані переважно у верхів'ях балок та по днищах тальвегів, де з метою запобігання заболочуванню передбачено прокладання дренажного колектора.

Природна дренаваність території оцінюється як недостатньо задовільна на переважній площі ділянки. Згідно з матеріалами вишукувань, площі з заляганням ґрунтових вод на глибині 5-10 м займають близько 43,9 % досліджуваної площі; ділянки з глибиною 3-5 м – 41,6 %. По днищу балки і на

шлейфах слабопологих схилів рівні ґрунтових вод наближаються до поверхні і становлять 0-1 м (1,3 % площі) та 1-3 м (13,2 % площі).

Таблиця 1.3 – Розподіл площ за глибиною залягання ґрунтових вод

Глибина залягання ґрунтових вод, м	Площа поширення, % від загальної	Оцінка дренаваності
0 – 1	1,3	Незадовільна (потребує дренажу)
1 – 3	13,2	Незадовільна
3 – 5	41,6	Задовільна (зона ризику)
5 – 10	43,9	Задовільна

Хімічний склад підземних вод відіграє критичну роль у виборі будівельних матеріалів. За даними багаторічних гідрохімічних спостережень, середня мінералізація ґрунтових та дренажних вод становить 1,0-2,0 г/л (рідше 2,0-3,0 г/л). Тип хімізму підземних вод класифікується як сульфатно-гідрокарбонатно-натрієво-магнієво-кальцієвий або натрієво-магнієвий. Внаслідок високого вмісту сульфатів, ці ґрунтові води характеризуються як середньоагресивні та сильноагресивні по відношенню до звичайного бетону на портландцементі. Це вимагає закладення у проєкт застосування сульфатостійкого бетону або спеціальної антикорозійної гідроізоляції для всіх підземних споруд, насосних станцій та оглядових колодязів.

1.4 Ґрунтові умови та їх меліоративна оцінка

Ділянка товариства, згідно із загальноприйнятим ґрунтово-географічним районуванням України, розташована в межах підзони Степу північного, Дніпровсько-Донецької провінції, Лівобережно-Дніпровського ґрунтового

округу. Територія за характером рельєфу належить до давньої терасової рівнини без виражених замкнутих западин. Розчленованість рельєфу водною ерозією є низькою; основними елементами ландшафту виступають вирівняні ділянки плато.

Грунтоутворюючими породами на об'єкті виступають еолово-делювіальні лесоподібні суглинки переважно легкоглинистого механічного складу. Важливою меліоративною характеристикою є те, що породи в межах верхньої двометрової товщі (зони аерації) є незасоленими (щільний залишок становить 0,084-0,098 %, тип хімічного складу солей – сульфатно-гідрокарбонатний і сульфатний). У товщі порід зони аерації яскраво виражені сольові максимуми на переважній частині території відсутні, тому самі ґрунти класифікуються як незасолені.

Грунтовий покрив ділянки проєктування представлений переважно двома фоновими ґрунтами, які виділяються на підтиповому рівні: чорноземи звичайні, що займають 43,5 % площі, та лучно-чорноземні ґрунти, поширені на 26,0 % території. Підпорядковане значення у структурі ґрунтового покриву мають ґрунти днища балок – переважно лугові ґрунти, які займають близько 2,2 % досліджуваної площі.

На видовому рівні зазначені підтипи чорноземів класифікуються як потужні (де загальна глибина гумусованого профілю сягає 86-110 см) та малогумусні (із вмістом гумусу в орному шарі на рівні 3,5-4,8 %). Слабозмиті види чорноземів відрізняються дещо укороченим гумусованим профілем потужністю 70-80 см, що пов'язано з проявами поверхневого змиву на схилах. Намиті види чорноземів і лучно-чорноземних ґрунтів, які формуються у мікропониженнях, навпаки, мають підвищену потужність гумусового горизонту – до 120-150 см. Крім того, ці ґрунти відрізняються зниженою лінією скипання карбонатів, яка зазвичай проходить глибоко у ґрунтоутворюючій породі.

В агрофізичному відношенні ґрунти ділянки характеризуються досить сприятливими параметрами: вони мають пухкий і злегка ущільнений склад у верхніх гумусових горизонтах, що забезпечує добру водопроникність, достатню

аерацію та оптимальні умови для розвитку кореневої системи рослин. Однак, вторинним процесам підтоплення, пов'язаним з підйомом іригаційно-грунтових вод, схильні головним чином чорноземи, що виділяються при картуванні як вторинно-луговаті (де рівень ґрунтових вод становить 3-5 м) і вторинно-лугові (1-3 м). Їх частка складає відповідно 14,4 % і 1,6 % площі. Вторинно-лугові види лучно-чорноземних ґрунтів займають ще 10,7 % площі. За рівнем потенційної родючості та ризиками деградації ці масиви вимагають обов'язкового проведення комплексу гідромеліоративних заходів.

Джерелом зрошення для проєктованої системи слугуватиме вода з магістрального каналу Дніпро-Донбас, що самопливом або за допомогою підкачки подаватиметься у спеціально облаштований ставок-накопичувач. За всіма міжнародними та державними іригаційними показниками, вода каналу є цілком придатною для цілей зрошення і не вимагає проведення попередньої хімічної меліорації. Наукові розрахунки показують, що зрошення водою даного класу не викличе незворотних процесів вторинного засолення та осолонцювання ґрунтів.

Тим не менш, під час експлуатації системи можливі періодичні сплески лужності води і верхніх шарів ґрунту, особливо при проведенні інтенсивних поливів у найбільш жаркий час доби (липень-серпень). В якості дієвого профілактичного заходу для зниження лужності агрономічною службою господарства рекомендується широке застосування фізіологічно кислих форм мінеральних добрив. Крім того, для стабілізації та оптимізації вуглекисло-кальцієвої рівноваги у старозрошуваних ґрунтах рекомендується один раз на 10-15 років проводити хімічну меліорацію шляхом внесення гіпсу в розрахункових дозах 1-2 т/га.

Для забезпечення довгострокової екологічної стійкості агроландшафту на всій площі зрошуваної ділянки рекомендується суворе дотримання науково обґрунтованого поливного режиму. Оптимальна передполивна вологість ґрунту повинна підтримуватися на рівні не нижче 0,75 від найменшої вологоємності (НВ). Проєктні поливні норми коливаються у межах 350-450

м³/га. Ідеально вирівняні умови рельєфу дозволяють застосовувати сучасні широкозахватні дощувальні машини кругової дії без небезпеки розвитку процесів іригаційної ерозії, що раніше було проблемою при використанні застарілої техніки.

Можливе деяке експлуатаційне погіршення водопроникності, розпилення структури та ущільнення орних горизонтів зрошуваних ґрунтів легко усувається правильною системою агротехнічних і агрохімічних заходів. Зокрема, для підтримки та підвищення вільної водопроникності ґрунтів рекомендується періодичне проведення глибокої оранки з ґрунтопоглибленням та щілюванням (1 раз на 3-5 років), а також систематичне внесення органічних добрив.

Таким чином, суворе дотримання розрахункового поливного режиму на тлі гарантованої безперебійної роботи дренажної мережі на суміжних ділянках (з підтриманням рівнів ґрунтових вод глибше 5 метрів) сприятимуть довгостроковому збереженню меліоративного стану ґрунтів ФГ «Урожай» на оптимальному рівні та забезпечать отримання стабільно високих врожаїв.

2 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Загальні відомості та організаційно-правовий статус підприємства

Ефективність функціонування будь-якого агропромислового формування значною мірою залежить від його географічного розташування, логістичної інфраструктури та обраної організаційно-правової форми. Фермерське господарство «Урожай», яке виступає об'єктом даного дипломного проєктування, розташоване у Самарівському районі Дніпропетровської області, на відстані 15 км північніше від населеного пункту село Миколаївка.

Важливою перевагою просторового розміщення господарства є розвинена транспортна інфраструктура. З районними та обласними центрами господарство безпосередньо пов'язано мережею автомобільних доріг з твердим (асфальтобетонним) покриттям. Це забезпечує цілорічну транспортну доступність, мінімізує витрати на перевезення вирощеної сільськогосподарської продукції до елеваторів чи переробних підприємств, а також сприяє оперативному постачанню паливно-мастильних матеріалів, добрив та запасних частин.

За своєю організаційно-правовою формою фермерське господарство «Урожай» функціонує як товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ), що повністю відповідає нормам діючого законодавства України. Статус юридичної особи наділяє підприємство відповідною правоздатністю: воно може мати цивільні права, що відповідають цілям і видам діяльності, передбаченим у його статутних документах, і нести пов'язані з цією діяльністю юридичні та фінансові обов'язки.

Головним установчим документом є Статут підприємства. У ньому чітко відбиваються підстави його організації і правовий статус, виконувані функції, права, обов'язки, а також відповідальність засновників. Крім того, Статут регламентує організаційну структуру, форми власності і керування нею, характер взаємовідносин і встановлюваних зв'язків із комерційними партнерами і державними органами. Документом також визначено порядок здійснення виробничо-господарської діяльності, її контролю, механізми збільшення або зменшення розміру статутного фонду, а також порядок можливої реорганізації і ліквідації.

Таблиця 2.1 – Організаційно-правовий профіль підприємства ФГ «Урожай»

Показник	Характеристика
Повна назва	Товариство з обмеженою відповідальністю Фермерське господарство «Урожай»
Локація	Самарівський район, 15 км північніше села Миколаївка
Майновий статус	Має відособлене майно та самостійний баланс
Вищий орган управління	Збори учасників (власників) товариства
Виконавчий орган	Дирекція

2.2 Виробничий напрямок та спеціалізація господарства

Економічна теорія визначає, що спеціалізація сільського господарства – це переважний розвиток однієї або декількох споріднених галузей, спрямованих на виробництво товарної продукції. Цей процес характеризується концентрацією та зосередженням засобів виробництва і робочої сили підприємства на випуску окремих видів товарної продукції з обов'язковим урахуванням конкретних природних, кліматичних та економічних умов

регіону. Рівень спеціалізації господарства об'єктивно характеризується питомою вагою того чи іншого виду сільськогосподарської продукції у загальній структурі грошової виручки.

Згідно із статутними документами, стратегічне завдання товариства полягає в організації та веденні розширеного відтворення, реалізації товарів, робіт та послуг у галузі сільського господарства. Предметом діяльності господарства є безпосередньо сільськогосподарське виробництво, подальша реалізація товарної продукції і сировини, а також часткова переробка сільськогосподарської продукції як власного виробництва, так і придбаної у третіх осіб. Додатковим напрямком є створення і експлуатація різних ремонтних майстерень та розвиток науково-технічних і економічних взаємовідносин з іншими виробниками.

Основний виробничий напрямок досліджуваного господарства є чітко вираженим рослинницьким, з акцентом на вирощування високорентабельних кормових та зернових культур. До базової сівозміни входять: озима пшениця, люцерна, кукурудза на зерно та кукурудза на силос. Крім того, господарство реалізує або використовує для власних потреб соломку як побічну продукцію зернового виробництва.

Такий підбір культур є економічно обґрунтованим, але він висуває жорсткі вимоги до вологозабезпечення. Озима пшениця є головною продовольчою та комерційною культурою, що генерує основний потік грошової виручки. Кукурудза на зерно та силос, а також багаторічні трави (люцерна) формують потужну кормову базу. Водночас, кукурудза та люцерна є культурами інтенсивного типу, які мають високий коефіцієнт транспірації та потребують значних обсягів вологи у критичні фази розвитку (цвітіння, наливання зерна, відростання після укосу). Враховуючи посушливий клімат Самарівського району (проаналізований у Розділі 1), отримання запланованих обсягів зеленої маси та зерна без штучного зрошення є неможливим. Саме це обґрунтовує нагальну необхідність реалізації інвестиційного проєкту з будівництва зрошувальної системи.

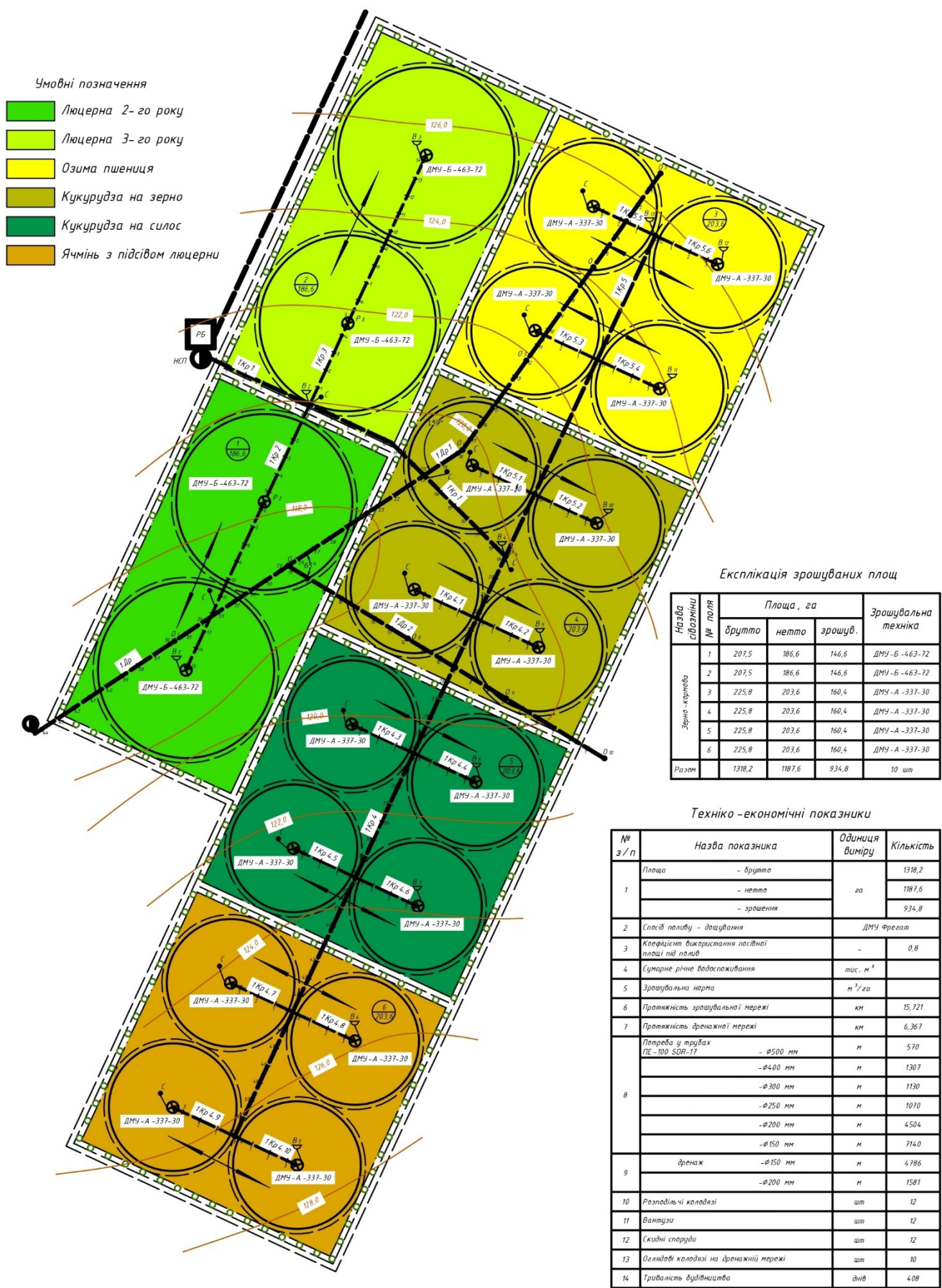


Рисунок 2.1 – Структура посівних площ ФГ «Урожай»

2.3 Економічна ефективність та ресурсний потенціал

Основна задача сільськогосподарського виробництва полягає у забезпеченні подальшого стабільного росту і стійкості виробничих процесів, підвищенні загальної ефективності галузей рослинництва і тваринництва. Кінцевою метою є задоволення постійно зростаючих потреб населення у якісних продуктах харчування, а переробної промисловості – у сільськогосподарській сировині.

На макро- та мікрорівнях економічна ефективність виробництва визначається як відношення одержаних корисних результатів (валової продукції, валового доходу, чистого прибутку) до сукупних витрат засобів виробництва і живої праці, понесених у процесі створення цієї. Ефективність виробництва є узагальнюючою, фундаментальною економічною категорією. Її якісна характеристика та динаміка об'єктивно відображаються у результативності використання живої та механізованої праці, а також у рівні віддачі від застосованих засобів виробництва (землі, техніки, добрив, водних ресурсів).

Для забезпечення прозорості та можливості аналізу, підприємство на постійній основі здійснює поточний оперативний і строгий бухгалтерський облік усіх результатів своєї діяльності. ТОВ ФГ «Урожай» своєчасно надає компетентним державним органам інформацію, яка необхідна для правильного оподаткування, а також для ведення загальнодержавної статистичної системи збору й опрацювання економічної інформації.

Задля підвищення економічної ефективності використання земельного фонду та переходу до гарантованого землекористування, керівництвом господарства було прийнято стратегічне рішення про інвестування в гідромеліоративну інфраструктуру. Інвестиційні витрати спрямовані на нівелювання кліматичних ризиків, збільшення врожайності кормових та

зернових культур у 2-3 рази, та, як наслідок, отримання максимального чистого прибутку на кожний вкладений гектар площі. Детальний розрахунок окупності цих інвестицій та визначення строку повернення капіталовкладень буде наведено у відповідному економічному розділі даної дипломної роботи.

3 РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ТЕХНІКА ПОЛИВУ

3.1 Визначення норм і строків поливу культур у ФГ «Урожай»

Режим зрошення (поливний режим) являє собою науково обґрунтовану сукупність норм, строків та кількості поливів при певних погодних і ґрунтово-агротехнічних умовах. Головним завданням режиму зрошення є створення і підтримка в активному кореневмісному шарі ґрунту оптимального водного режиму, який забезпечує отримання стійкого планового врожаю сільськогосподарських культур за мінімальних витрат зрошувальної води.

Для надійного проектування зрошувальної мережі розрахунок режиму зрошення сільськогосподарських культур виконується для розрахункового сухого року 75 % забезпеченості. Вибір такого року проводять за ретроспективним багаторічним рядом метеорологічних спостережень. Оскільки такі фактори, як атмосферні опади, температура та дефіцит вологості повітря змінюються протягом періодів вегетації, доцільно використовувати їхню узагальнену комплексну характеристику.

Поливна норма (m) – це об'єм води, який необхідно подати на один гектар зрошуваної площі за один полив (вимірюється в м³/га або мм шару води). Розрахункове значення біологічної поливної норми визначають за класичною формулою О. М. Костякова:

$$m = 100 \cdot H \cdot \gamma \cdot (\beta_{не} - \beta_{дон}), \quad (3.1)$$

де H – глибина розрахункового (активного) шару ґрунту, м; γ – щільність розрахункового шару ґрунту, г/см³; $\beta_{нв}$ – вологість ґрунту, що відповідає найменшій вологоємності, %; $\beta_{дон}$ – вологість ґрунту, що відповідає допустимому (нижньому) порогу висушування, %.

При дощуванні поливна норма обов'язково повинна враховувати інтенсивність дощу, здатність ґрунту до вбирання води, рельєф та похил поверхні. Технологічна норма поливу в жодному разі не повинна перевищувати достокову (ерозійно допустиму) норму, яку визначають за формулою М. С. Єрхова:

$$m_{дост} = K_v / (\rho^{0.5} \cdot d), \quad (3.2)$$

де K_v – показник, який враховує всмоктувальну здатність ґрунту (для середніх суглинків $K_v = 50$ мм); ρ – інтенсивність штучного дощу, мм/хв; d – середній діаметр крапель, мм.

Поливні норми, розраховані для всіх фенологічних фаз розвитку культур, зведено до таблиці 3.1. Усі прийняті норми знаходяться в межах ерозійно безпечних значень.

Строки поливів визначаються за інтегральними кривими дефіцитів водоспоживання, розрахованими за біокліматичним методом А. М. та С. М. Алпатьєвих. Сумарне водоспоживання (E) визначається за формулою:

$$E = k_{\delta} \cdot \Sigma d, \quad (3.3)$$

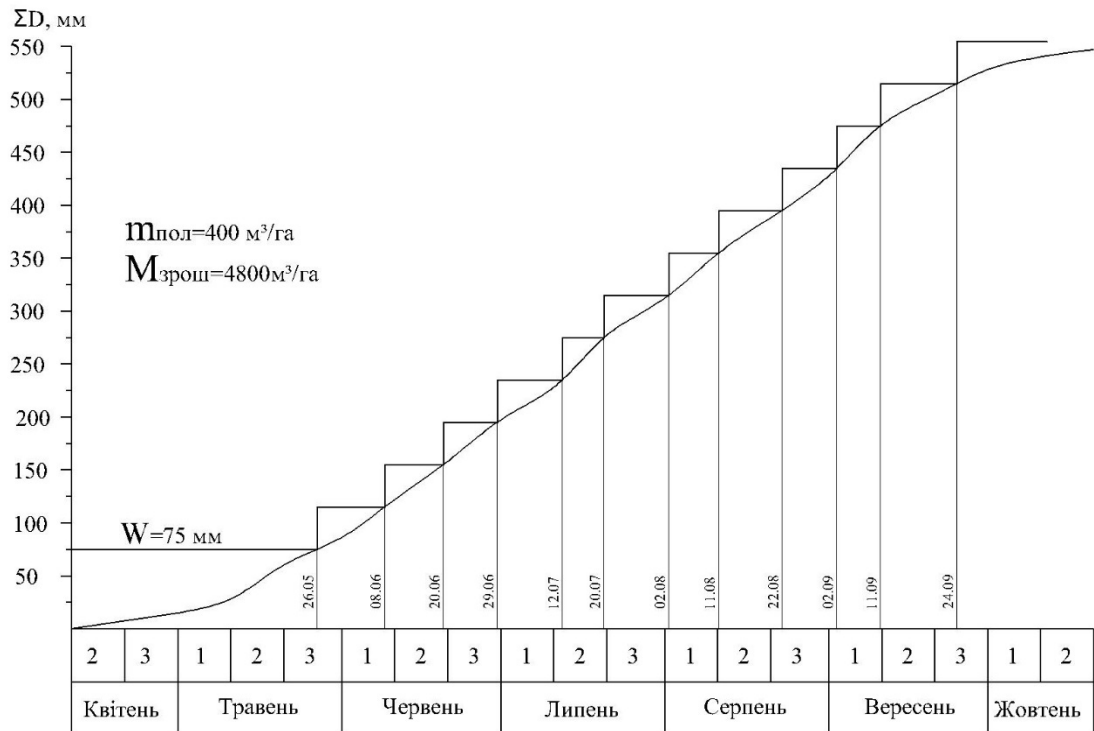
де k_{δ} – біологічний коефіцієнт (витрати вологи на одиницю дефіциту вологості повітря), мм/мб; Σd – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря, мб. Дефіцит водоспоживання (D) розраховується як різниця між потребою у воді та ефективними опадами і запасами вологи:

$$D = E_m - (\mu P + W_{зр}), \quad (3.4)$$

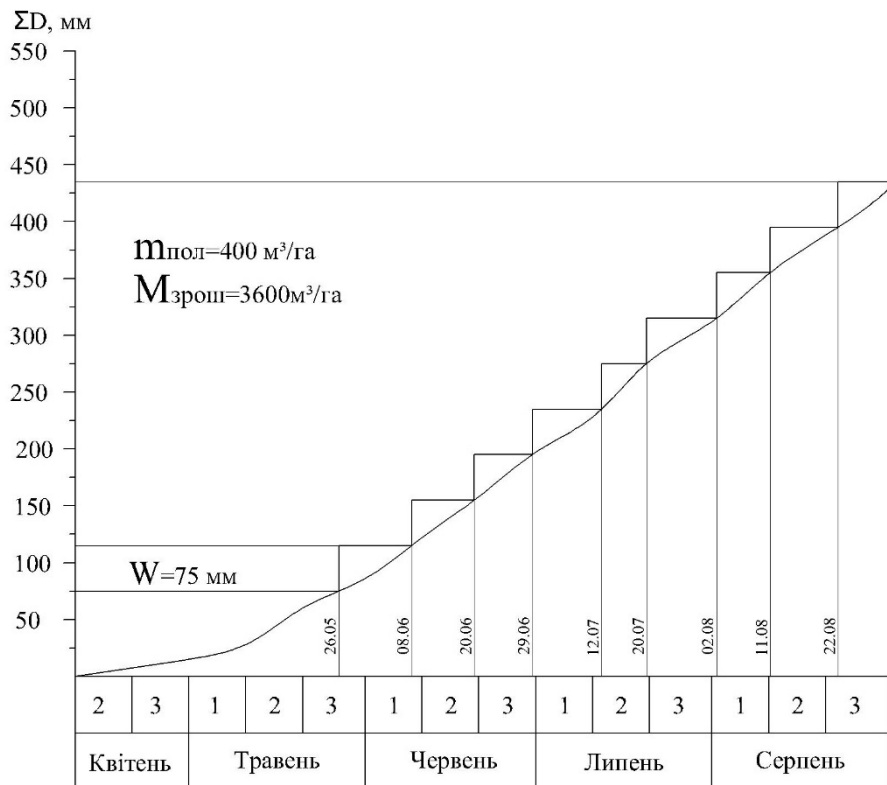
Таблиця 3.1 – Поливні норми сільськогосподарських культур

Фаза розвитку	H, м	γ , г/см ³	$\beta_{\text{нв}}$, %	$\beta_{\text{доп}}$, %	m, м ³ /га	m _{дост} , м ³ /га	m _{прийн} , м ³ /га
Люцерна							
відновлення вегетації	0,8	1,3	23,9	16,7	740	400	400
1-й укос	0,8	1,3	23,9	18,0	614	400	400
відростання	1	1,3	23,6	16,5	914	400	400
2-й укос	1	1,3	23,6	17,7	758	400	400
відростання	1	1,3	23,6	16,5	914	400	400
3-й укос	1	1,3	23,6	17,7	758	400	400
Кукурудза на зерно							
посів	0,3	1,2	26,6	18,6	285	400	400
сходи	0,5	1,25	25,9	18,1	483	400	400
4-й листок	0,5	1,25	25,9	19,5	400	400	400
8-й листок	0,6	1,27	26,1	19,6	491	400	400
викидання волоті	0,9	1,3	23,9	18,0	690	400	400
цвітіння	0,9	1,3	23,9	18,0	690	400	400
молочна стиглість	1	1,3	23,6	16,5	914	400	400
Озима пшениця							
відновлення вегетації	0,5	1,25	25,9	18,1	483	400	400
кущіння	0,6	1,27	26,1	18,3	593	400	400
початок трубкування	0,9	1,3	23,6	17,7	682	400	400
колосіння	0,9	1,3	23,6	17,7	682	400	400
Яровий ячмінь							
посів	0,4	1,25	25,9	18,1	386	400	400
сходи	0,5	1,25	25,9	18,1	483	400	400
кущіння	0,6	1,27	26,1	19,6	491	400	400
початок трубкування	0,6	1,27	26,1	18,3	593	400	400
колосіння	0,7	1,28	25,6	17,9	684	400	400
цвітіння	0,8	1,3	23,6	16,5	731	400	400
Кукурудза на силос							
посів	0,4	1,25	25,9	18,1	386	400	400
сходи	0,5	1,25	25,9	18,1	483	400	400
4-й листок	0,6	1,27	26,1	19,6	491	400	400
8-й листок	0,9	1,3	23,6	17,7	682	400	400
викидання волоті	0,9	1,3	23,6	17,7	682	400	400
цвітіння	1	1,3	23,6	17,7	758	400	400
молочна стиглість	1	1,3	23,6	16,5	914	400	400

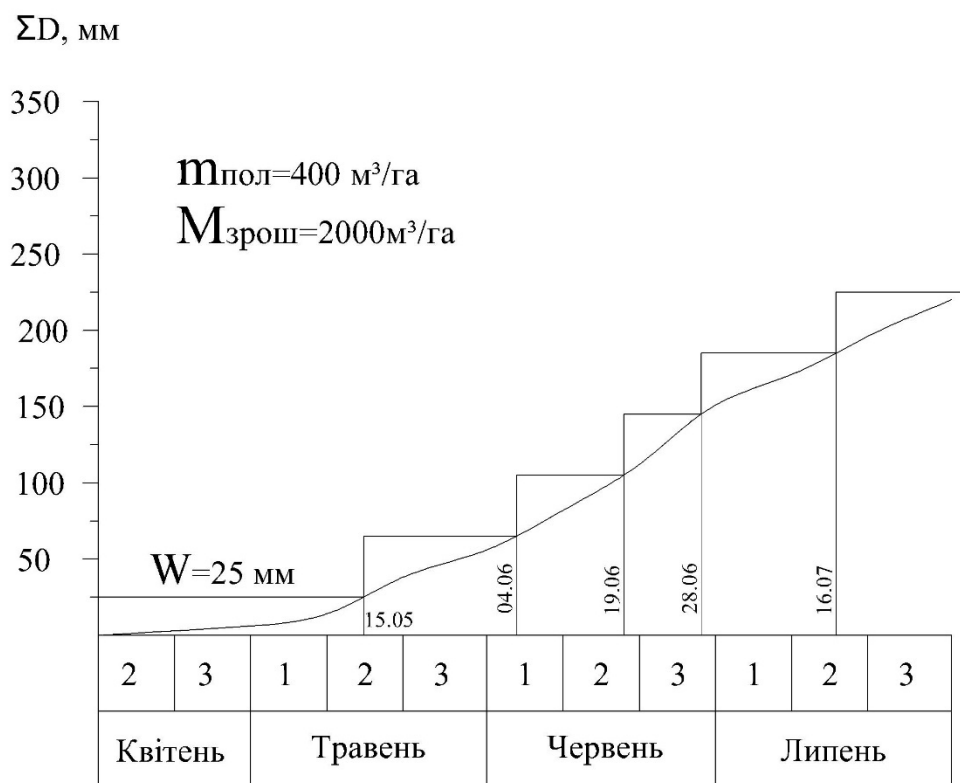
На основі цих розрахунків будуються інтегральні криві дефіциту водоспоживання (рисунки 3.1), на яких відкладаються початкові ефективні вологозапаси для визначення точних дат поливів.



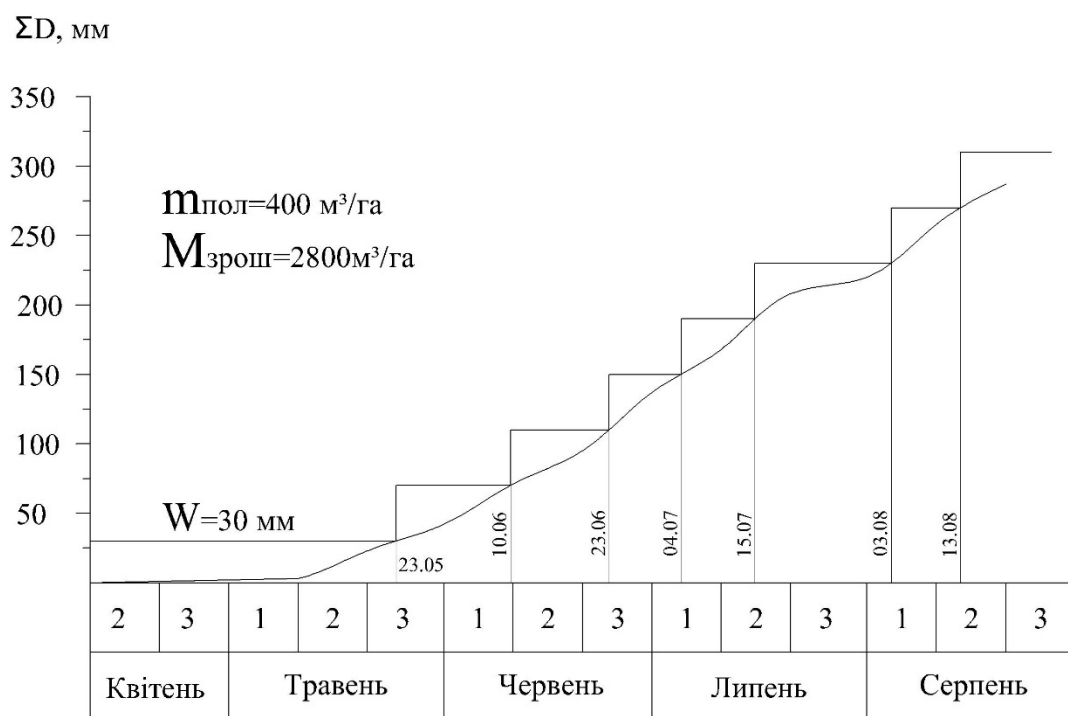
а)



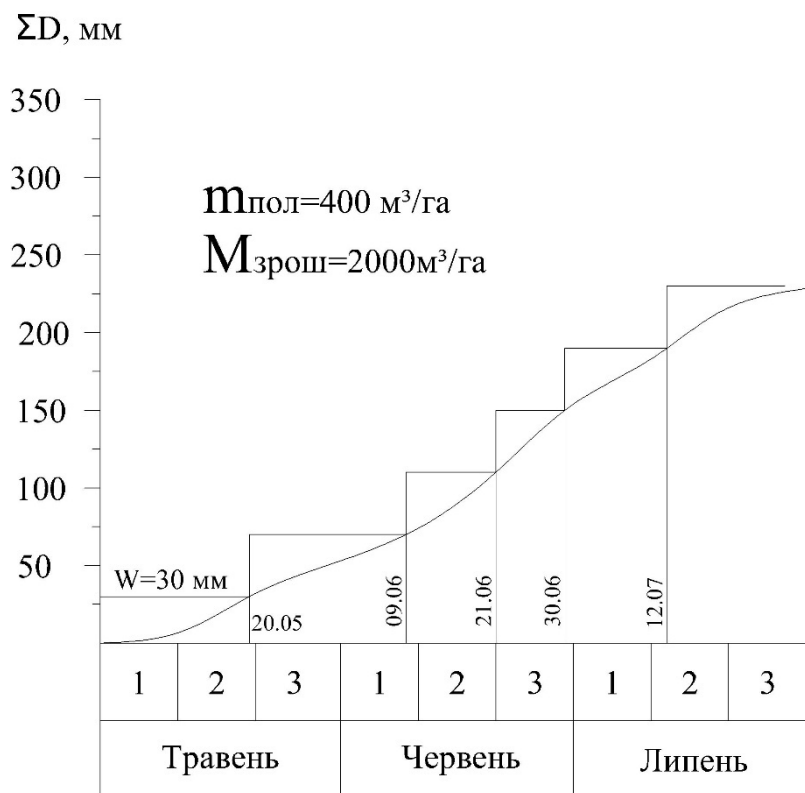
б)



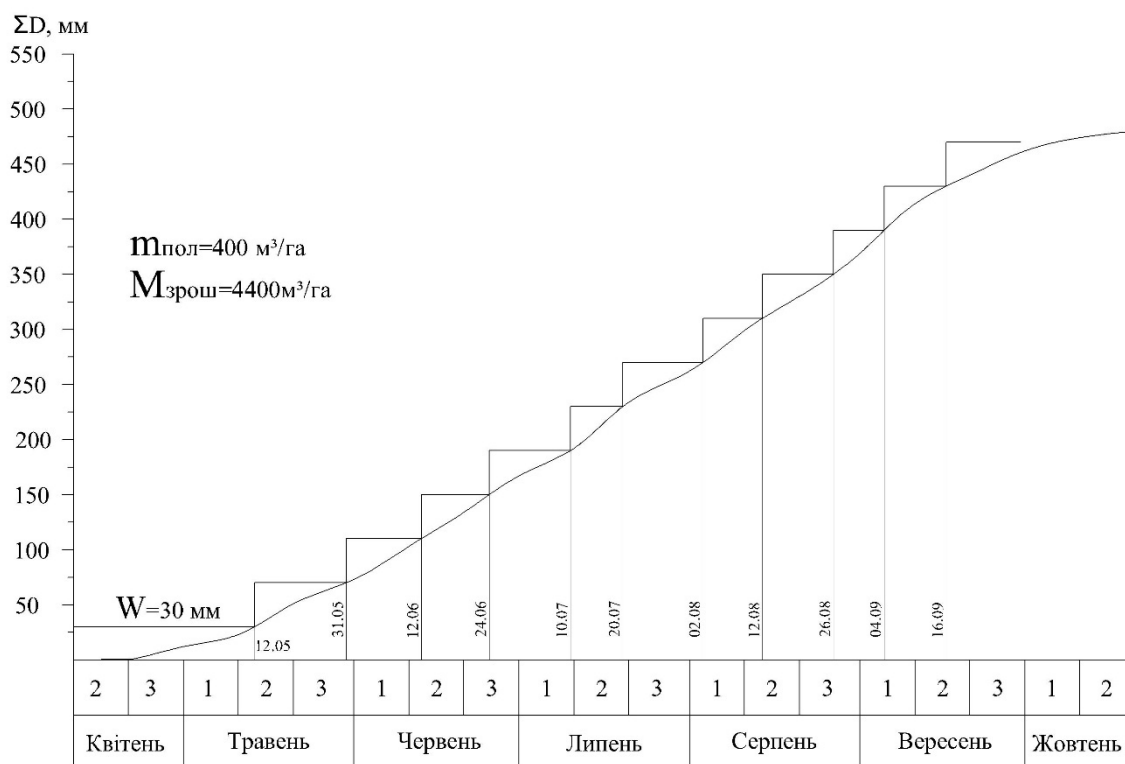
в)



г)



д)



е)

Рисунок 3.1 – Інтегральні криві дефіцитів споживання води с.-г. культур:

а) люцерна другого року; б) люцерна третього року; в) озима пшениця;
 г) кукурудза на зерно; д) кукурудза на силос; е) ячмінь + підсів люцерни

3.2 Обґрунтування способу і техніки зрошення

Вибір способу та техніки поливу залежить від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей сільськогосподарських культур, а також конфігурації поля. За умови вирощування зерно-кормової сівозміни найбільш доцільним способом зрошення є дощування.

Ділянки зрошення мають переважно правильну конфігурацію і рівнинний рельєф, найбільш технологічним і економічно обґрунтованим рішенням є застосування сучасних широкозахватних дощувальних машин кругової дії типу Фрегат. Вибір на користь цього обладнання замість застарілих аналогів вітчизняного виробництва зумовлений низкою суттєвих переваг: високою рівномірністю розподілу води, можливістю роботи при низькому робочому тиску (що суттєво знижує енерговитрати), а також наявністю електричного приводу візків, що забезпечує ідеальний контроль швидкості руху.

Конструкція дощувальних машин типу Фрегат виготовлена з високоякісної оцинкованої сталі, що гарантує їхню довговічність та стійкість до агресивного впливу води. Для обслуговування масиву зрошення, який розбито на 6 полів кормо-зернової сівозміни, проектом передбачається встановлення 6 дощувальних машин відповідного радіусу дії. Це дозволяє оптимізувати навантаження на насосну станцію та гнучко керувати поливними нормами.

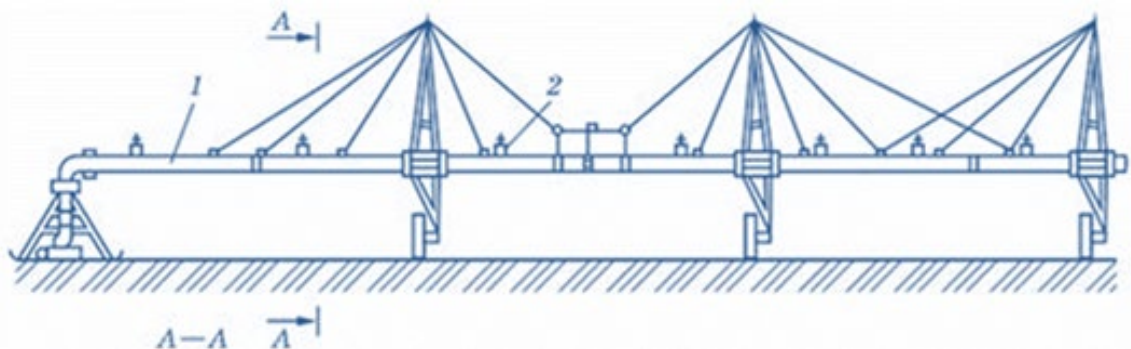


Рисунок 3.2 – Технологічна схема розташування дощувальної машини кругової дії на полі

3.3 Розрахунок і побудова графіків поливів с.-г. культур

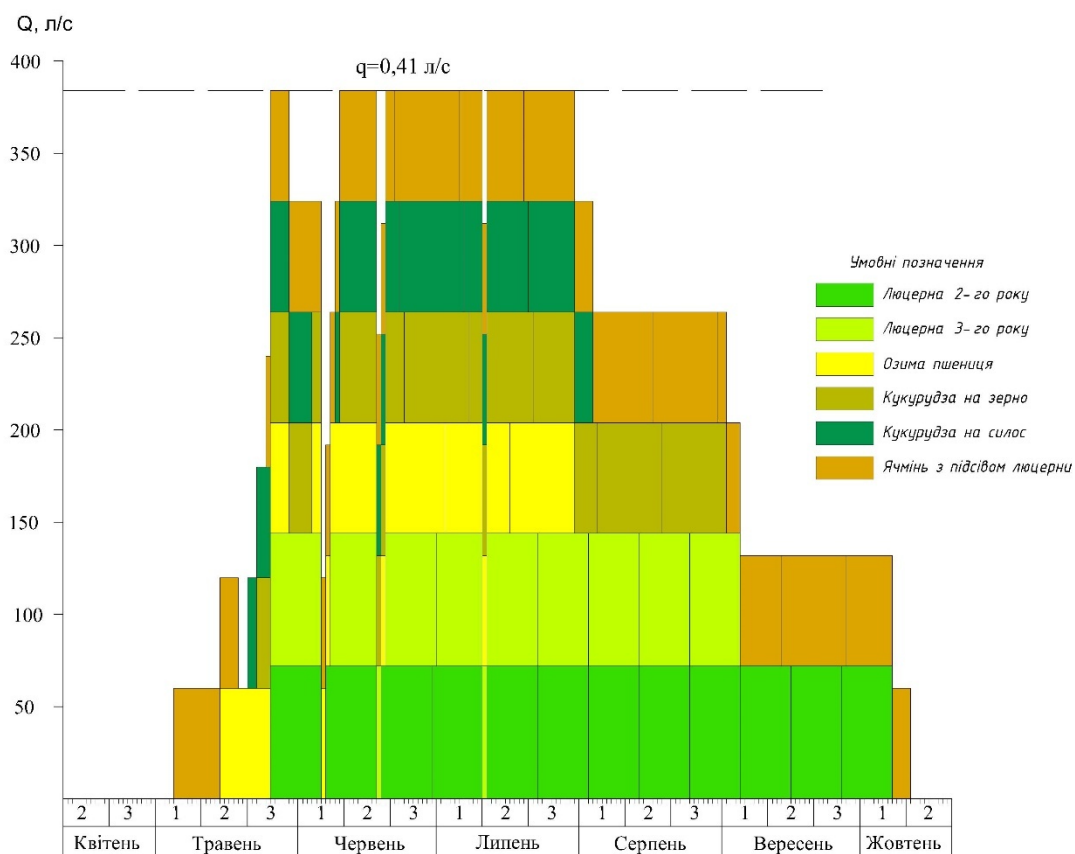
Режим зрошення сівозміни необхідно представити у вигляді укомплектованого графіка поливів, який відображає строки подачі води протягом вегетаційного періоду та відповідні витрати мережі. Отримані розрахункові зрошувальні норми сільськогосподарських культур уточнюються відповідно до вимог ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» і складають:

- Люцерна 2-го року – 4800 м³/га;
- Люцерна 3-го року – 3600 м³/га;
- Озима пшениця – 2000 м³/га;
- Кукурудза на зерно – 2800 м³/га;
- Кукурудза на силос – 2000 м³/га;
- Ячмінь з підсівом люцерни – 4400 м³/га.

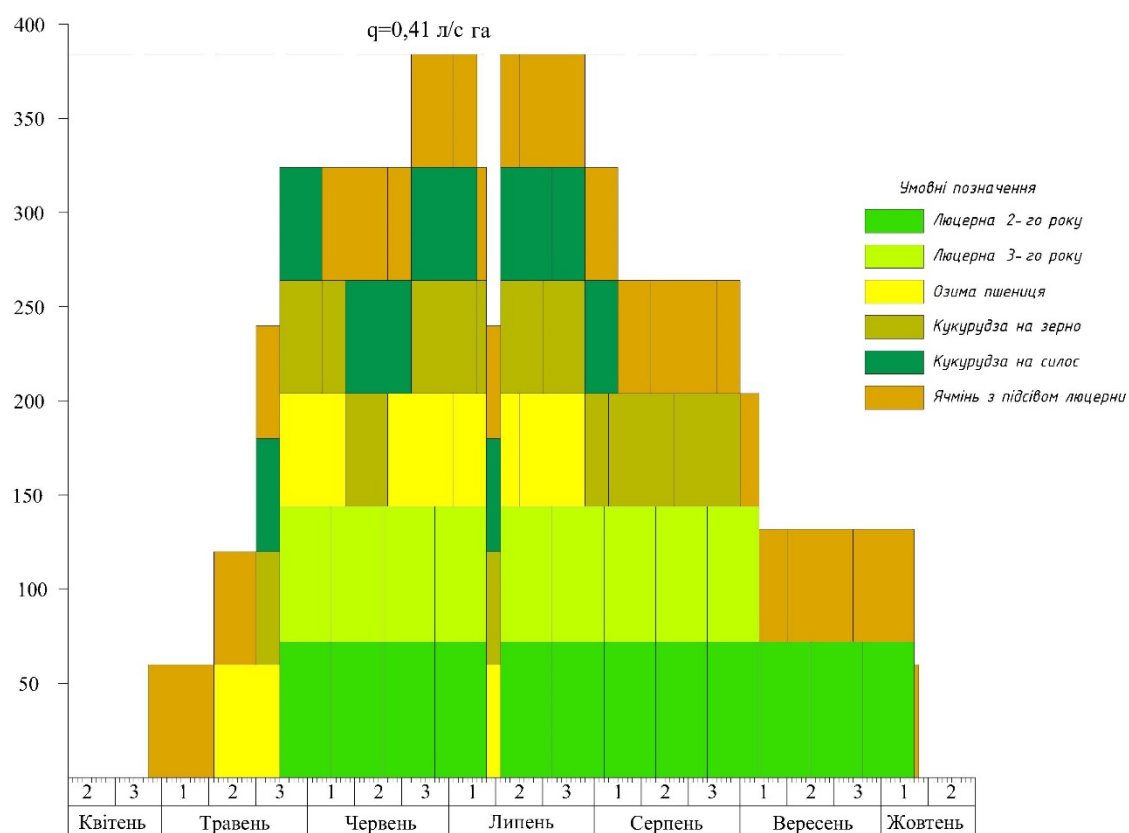
Тривалість поливу (t , діб) одним апаратом визначається за формулою:

$$t = F \cdot m_{op} / (3,6 \cdot Q_m \cdot \tau \cdot \beta_{доб}), \quad (3.6)$$

Комплектування графіка (рис. 3.3) виконується шляхом зміщення строків поливів у межах агротехнічно допустимих відхилень таким чином, щоб уникнути «накладання» пікових навантажень та забезпечити рівномірну роботу насосної станції. На осі ординат графіка відкладаються витрати (Q , л/с), а на осі абсцис – календарні дати вегетаційного періоду.



а)



б)

Рисунок 3.3 – Неукomплектований (а) та укomплектований (б) графіки поливів

Важливим етапом є визначення ординати графіка поливів – гідромодуля. Гідромодуль (q) – це середня витрата води, яку необхідно подати на 1 га зрошуваної площі. Розрахунок виконується за формулою:

$$q = Q / F, \quad (3.7)$$

Для проєктованої системи максимальна розрахункова витрата (Q), яку необхідно подати на масив сівозміни у піковий період, становить орієнтовно 383 л/с. Отже, максимальний гідромодуль складатиме: 0,41 л/(с·га). Це значення відповідає нормативним вимогам і дозволяє підібрати енергоефективне насосне обладнання.

4 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Конструкція зрошувальної мережі

Зрошувальну мережу для поливу сучасними широкозахватними дощувальними машинами кругової дії (типу ДМУ “Фрегат”) проєктують у вигляді закритих напірних трубопроводів. Вибір оптимальної схеми розташування зрошувальної мережі безпосередньо залежить від просторового положення джерела зрошення (насосної станції), рельєфу зрошуваного масиву, а також від технічних параметрів та умов роботи самих дощувальних машин.

Закрита зрошувальна мережа на масиві традиційно складається з магістрального, розподільних різного порядку та польових трубопроводів. У межах даного дипломного проєкту передбачається проєктування зрошувальної мережі для обслуговування однієї кормо-зернової сівозмінної площі 934,6 га. Тому на генеральному плані розміщуються розподільні трубопроводи першого порядку, які транспортують воду від насосної станції підкачки (НСП) та безпосередньо розподіляють її між польовими трубопроводами.

Планове розміщення польових трубопроводів визначається габаритами та радіусом дії прийнятих дощувальних машин ДМУ “Фрегат”. Довжина польових трубопроводів може становити від 500 до 3000 м. Найбільш оптимальним і надійним варіантом є підведення одного польового трубопроводу до центральної опори (півота) на кожному окремому полі сівозмінної. Для забезпечення безперешкодного доступу експлуатаційного персоналу та техніки, траси трубопроводів прокладають переважно вздовж існуючих польових доріг та лісозахисних смуг.

4.2 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосного обладнання

Головною підставою для визначення розрахункових витрат води у трубопроводах є кількість одночасно працюючих дощувальних машин, що жорстко регламентується укомплектованим графіком поливів (Розділ 3). Витрати ділянок мережі визначаються з умови забезпечення одночасної роботи максимальної кількості машин на найбільш віддалених від водозабору полях.

Згідно з попередніми розрахунками, максимальна витрата системи для обслуговування 6 дощувальних машин ДМУ “Фрегат” становить 383 л/с. Коефіцієнт корисної дії (ККД) внутрішньогосподарської закритої мережі приймається на рівні 0,98. Всі розрахунки наведено на рис. 4.1. і 4.2.

Економічно найвигідніший діаметр трубопроводу (D , м) визначається за класичною формулою, виходячи з розрахункової витрати та оптимальної швидкості:

$$D = (4 \cdot Q / (\pi \cdot v))^{0,5} \quad (4.1)$$

де Q – витрата води на ділянці, м³/с; v – економічно оптимальна швидкість руху води (для пластикових та поліетиленових труб приймається 1,0...1,5 м/с). За обчисленим значенням підбирають найближчий стандартний діаметр труби (d_{cm}) та уточнюють фактичну швидкість руху води:

$$v = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d_{cm}^2) \quad (4.2)$$

Втрати напору по довжині трубопроводу (h_l) визначають за формулою Дарсі-Вейсбаха або відповідними емпіричними залежностями для пластикових труб. Втрати напору на подолання місцевих опорів (у фасонних частинах, засувках) для протяжних зрошувальних мереж зазвичай приймають у розмірі 10 % від втрат по довжині ($h_m = 0,1 \cdot h_l$). Тоді загальні втрати напору (h_w) складатимуть:

$$h_w = h_l + h_m \quad (4.4)$$

Гідравлічний розрахунок виконується у два наближення. Спочатку визначається відмітка п'єзометричної лінії (напір) на найвіддаленішому (диктуючому) гідранті мережі:

$$\text{ПІЛ}_k = \text{ПІЗ} + h_o + \Delta h_{\text{маш}} + h_{\text{гидр}} \quad (4.5)$$

де ПІЗ – геодезична відмітка поверхні землі біля диктуючого гідранта, м; h_o – вільний напір, необхідний для нормальної роботи машини ДМУ “Фрегат”, м; $\Delta h_{\text{маш}}$ – втрати напору на подолання геодезичного перепаду по довжині крила машини, м; $h_{\text{гидр}}$ – втрати у самому гідранті, м. Потім, додаючи втрати напору на кожній ділянці (h_w), знаходять необхідну відмітку п'єзометричної лінії на виході з насосної станції (ПІЛ_n).

Повний розрахунковий напір насосної станції (H) визначається як сума геометричної висоти підйому води (H_z), сумарних втрат у мережі (Σh_w) та необхідного вільного напору (h_o):

$$H = H_z + \Sigma h_w + h_o \quad (4.7)$$

Потужність електродвигунів насосної станції (N , кВт) розраховується з урахуванням подачі $Q = 0,383 \text{ м}^3/\text{с}$, середнього проєктного напору $H = 50 \text{ м}$ та коефіцієнта запасу:

$$N = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot 1,03) / (1000 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{дв}}) \quad (4.8)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\eta_n = 0,95$ (ККД сучасного насоса); $\eta_{\text{дв}} = 0,80$ (ККД двигуна).

$$N = (1000 \cdot 9,81 \cdot 0,383 \cdot 50 \cdot 1,03) / (1000 \cdot 0,95 \cdot 0,80) = 254,6 \text{ кВт}.$$

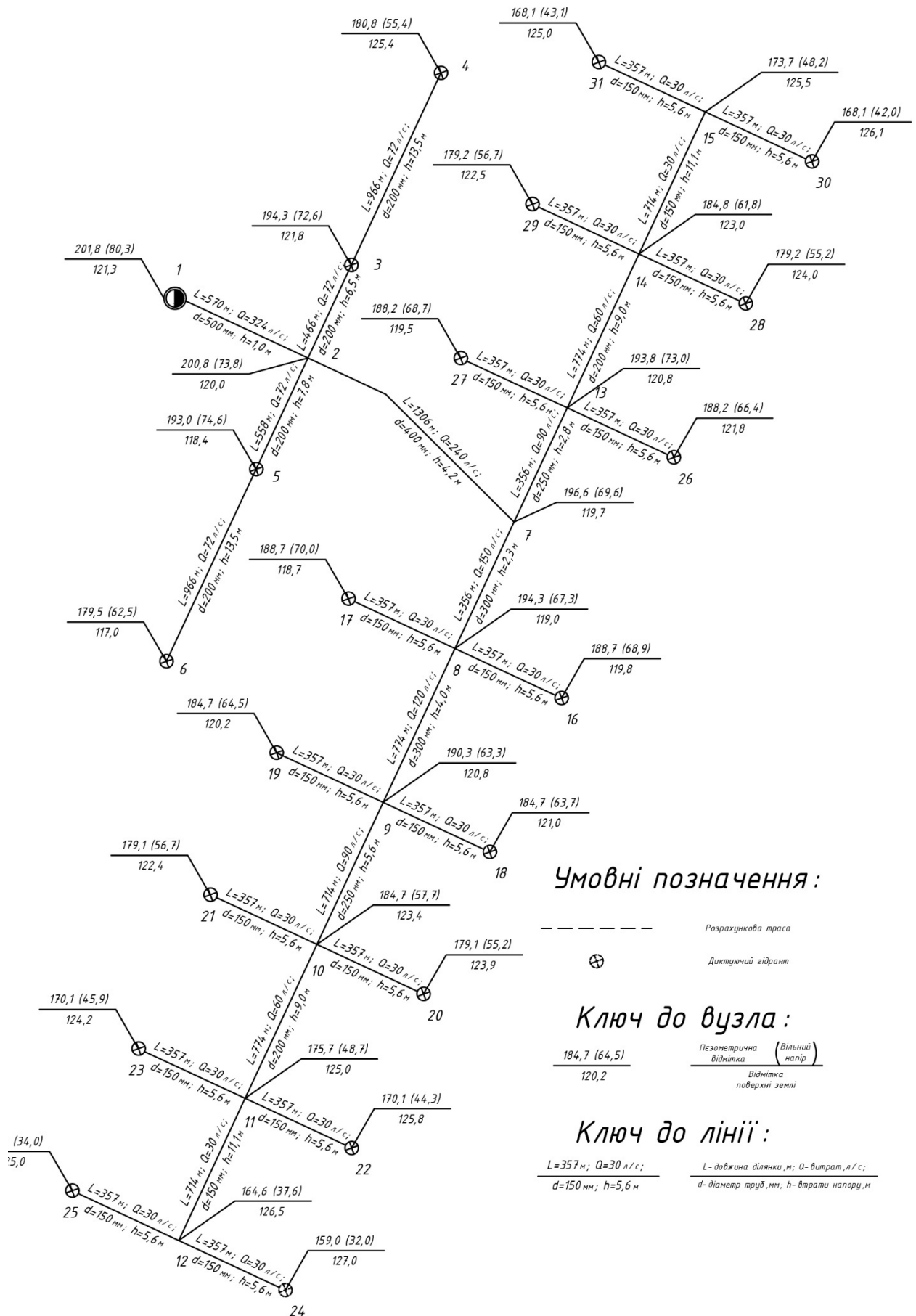
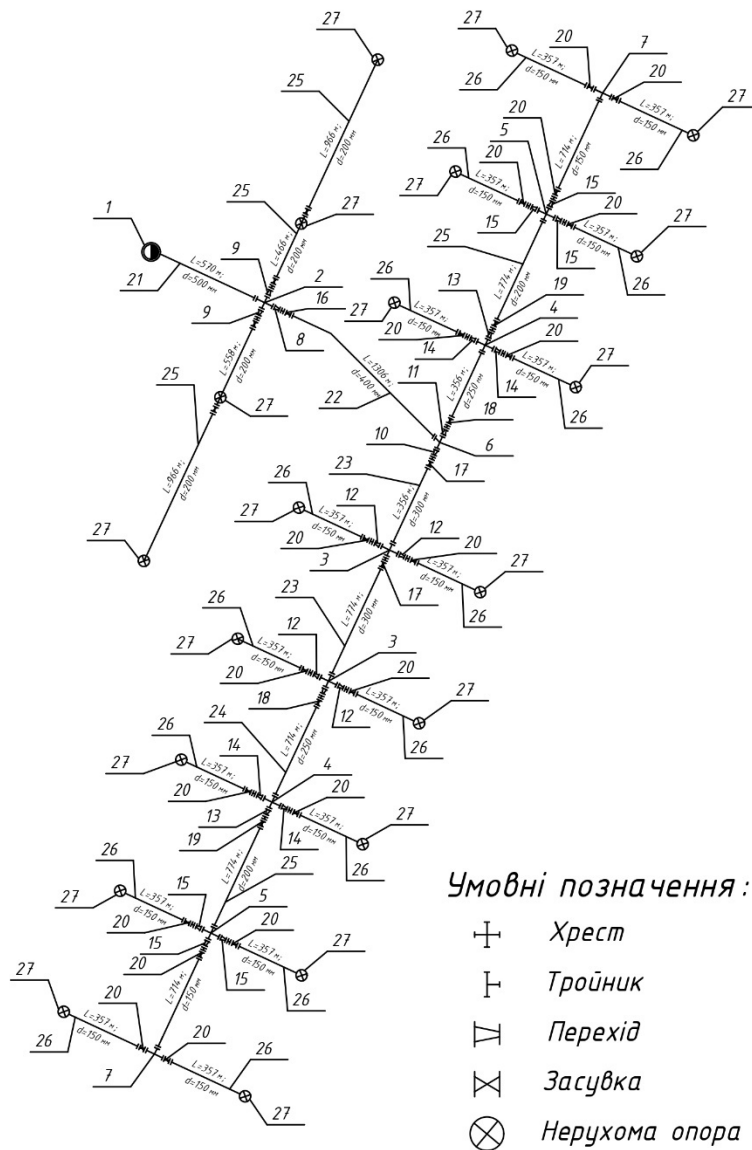


Рисунок 4.1 – Гідравлічний розрахунок трубопроводів



Умовні позначення:

- ⊕ Хрест
- └ Тройник
- ▵ Перехід
- ≡ Засувка
- ⊗ Нерухома опора

Специфікація обладнання, труб та фасонних частин

№	Найменування	Кільк.	Маса од.,кг	Прим.
1	Насосна станція	1		шт
2	Хрест ПЕ $\angle 90^\circ$ d=500	1	54,4	шт
3	Хрест ПЕ $\angle 90^\circ$ d=300	2	36,7	шт
4	Хрест ПЕ $\angle 90^\circ$ d=250	2	12,5	шт
5	Хрест ПЕ $\angle 90^\circ$ d=200	2	7,82	шт
6	Тройник ПЕ $\angle 90^\circ$ d=400	1	33,25	шт
7	Тройник ПЕ $\angle 90^\circ$ d=150	2	3,70	шт
8	Перехід ПЕ d=500 x 400	1	5,98	шт
9	Перехід ПЕ d=500 x 200	2	3,98	шт
10	Перехід ПЕ d=400 x 300	1	2,24	шт
11	Перехід ПЕ d=400 x 250	1	1,75	шт
12	Перехід ПЕ d=300 x 150	4	1,25	шт
13	Перехід ПЕ d=250 x 200	2	0,87	шт
14	Перехід ПНД d=250 x 150	4	0,56	шт
15	Перехід ПНД d=200 x 150	6	0,52	шт
16	Засувка d=400 мм (30 нж 941 нж)	1	640,0	шт
17	Засувка d=300 мм (30 ч6 др)	2	172,0	шт
18	Засувка d=250 мм (30 ч6 др)	2	124,0	шт
19	Засувка d=200 мм (30 ч6 др)	6	66,0	шт
20	Засувка d=150 мм (30 ч6 др)	18	41,0	шт
21	Труба ПЕ d=500	570	43,9	м
22	Труба ПЕ d=400	1307	35,5	м
23	Труба ПЕ d=300	1130	17,4	м
24	Труба ПЕ d=250	1070	11,0	м
25	Труба ПЕ d=200	4504	7,04	м
26	Труба ПЕ d=150	7140	4,51	м
27	Нерухома опора ДМУ "Фрегат"	20		шт

Рисунок 4.2 – Деталювальна схема мережі

4.3 Проектування поздовжніх профілів трубопроводів

Поздовжні профілі зрошувальної мережі розробляються з метою точного визначення відміток дна траншеї, верху і осі трубопроводів; підрахунку об'ємів земляних робіт, а також для встановлення оптимальних місць розташування гідротехнічної арматури. Профіль будується на основі топографічного плану ділянки у масштабах: горизонтальний – 1:10000, вертикальний – 1:100.

Глибина закладення закритих трубопроводів приймається на рівні 1,0–1,5 м. Така глибина є достатньою для захисту поліетиленових або ПВХ труб від механічних пошкоджень сільськогосподарською технікою під час глибокої оранки, а також мінімізує вплив температурних деформацій ґрунту. Відмітка дна траншеї визначається за залежністю:

$$V_{\text{дна_траншеї}} = V_{\text{пов.землі}} - h_{\text{тр}} - D \quad (4.9)$$

При проектуванні профілю категорично не допускається утворення переломних ділянок зі зворотними похилами («мішків»), де може застоюватися вода під час спорожнення системи на зиму. У найнижчих точках профілю обов'язково встановлюються скидні споруди, а у найвищих – вантузи для автоматичного випуску повітря.

4.4 Гідротехнічні споруди та арматура на мережі

Для забезпечення безаварійної та функціональної роботи закритої зрошувальної системи передбачено встановлення комплексу спеціальних гідротехнічних споруд та фасонних частин:

- Розподільні (оглядові) колодязі: призначені для розміщення запірної арматури (засувки), яка регулює подачу води між окремими ланками мережі. Встановлюються у місцях розгалуження трубопроводів (на даній системі передбачено 22 колодязів).
- Гідранти-водовипуски: центральні вузли підключення, через які вода під тиском подається безпосередньо у стояк дощувальної машини ДМУ “Фрегат”. Відповідно до кількості машин на полях сівозміни, проектом передбачено влаштування 20 стаціонарних гідрантів із засувками.
- Скидні колодязі: влаштовуються у понижених точках рельєфу та призначені для повного звільнення трубопроводів від води на зимовий період або на час проведення ремонтних робіт (запроектовано 12 скидних вузлів). Вода відводиться у природні тальвеги або у дренажну мережу.
- Пристрої захисту від гідравлічного удару: встановлюються на напірному колекторі насосної станції безпосередньо за зворотним клапаном. Вони гасять раптові стрибки тиску, що виникають при аварійному вимкненні насосів, захищаючи пластикові труби від розривів.
- Вантузи: Повітряні клапани, які автоматично відводять накопичене повітря з трубопроводу під час його заповнення водою, запобігаючи утворенню повітряних пробок (передбачено 12 одиниць на підвищеннях рельєфу).

5 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ

5.1 Розрахунок обсягів робіт

Для розрахунку обсягів робіт з будівництва дренажної мережі необхідно виконати побудову поздовжнього та поперечного профілів трубопроводів. Побудову поздовжнього профілю розпочинають з детальної розбивки траси пролягання трубопроводу на пікети. За відмітками горизонталей на масиві креслиться профіль поверхні землі по трасі трубопроводу (рекомендований вертикальний масштаб 1:1000, горизонтальний – 1:10000).

Глибину закладення трубопроводів (h_{mp}) визначають за формулою:

$$h_{mp} = d + h \quad (5.1)$$

де d – зовнішній діаметр труби на даній ділянці, м; h – глибина виїмки, м. Відмітки верху, дна та осі трубопроводу розраховуються залежно від відмітки дна траншеї та діаметра застосованої труби. Поперечний переріз траншеї з наявністю всіх відміток та розмірів креслиться на характерних пікетах у масштабі 1:50.

Укладання дренажу проводиться вузькотраншейним способом, тому коефіцієнт закладання укосів $m = 0$, а ширина траншеї по дну B_{mp} становить 0,5 м. Обсяг зрізання рослинного ґрунту ($V_{зр}$) визначають за формулою:

$$V_{зр} = L_{mp} \cdot B_{зр} \cdot t_{зр} \quad (5.2)$$

де $L_{тр}$ – довжина трубопроводу, м; $B_{зр}$ – ширина смуги зрізання (приймається 4,0 м); $t_{зр}$ – товщина шару рослинного ґрунту (0,25 м). Площа планування траси траншеї ($F_{пл}$) складе:

$$F_{пл} = L_{тр} \cdot B_{пл} \quad (5.3)$$

Дренажні полівінілхлоридні (ПВХ) труби діаметром 150 мм укладаються сучасним дреноукладачем ЕТЦ-406 на проектну глибину 2,0...3,5 м і обсипаються гравійно-піщаною сумішшю шаром 0,5 м. Обсяг розробки ґрунту в дренажній траншеї ($V_{д.м}$) обчислюється як:

$$V_{д.м} = (B_{д.тр} + m \cdot h_{д.тр}) \cdot h_{д.тр} \cdot L_{д.м} \quad (5.4)$$

де $h_{д.тр}$ – середня глибина траншеї, м; m – коефіцієнт закладання укосів (дорівнює 0). Обсяг розробки ґрунту в котлованах під оглядові колодязі ($V_{кол}$) приймається у кількості 3 % від загального обсягу ґрунту траншеї. Обсяг засипки дренажних труб фільтром розраховується за формулою:

$$V_{ф} = L_{д.м} \cdot b_{ф} \cdot h_{ф} \quad (5.5)$$

Обсяг повної засипки дренажної траншеї місцевим ґрунтом розраховують за балансовим рівнянням:

$$V_{нов} = V_{д.м} + V_{кол} - V_{ф} - V_{част} \quad (5.6)$$

Усі отримані результати попідкетних розрахунків зведені до загальної відомості обсягів робіт (Таблиця 5.1).

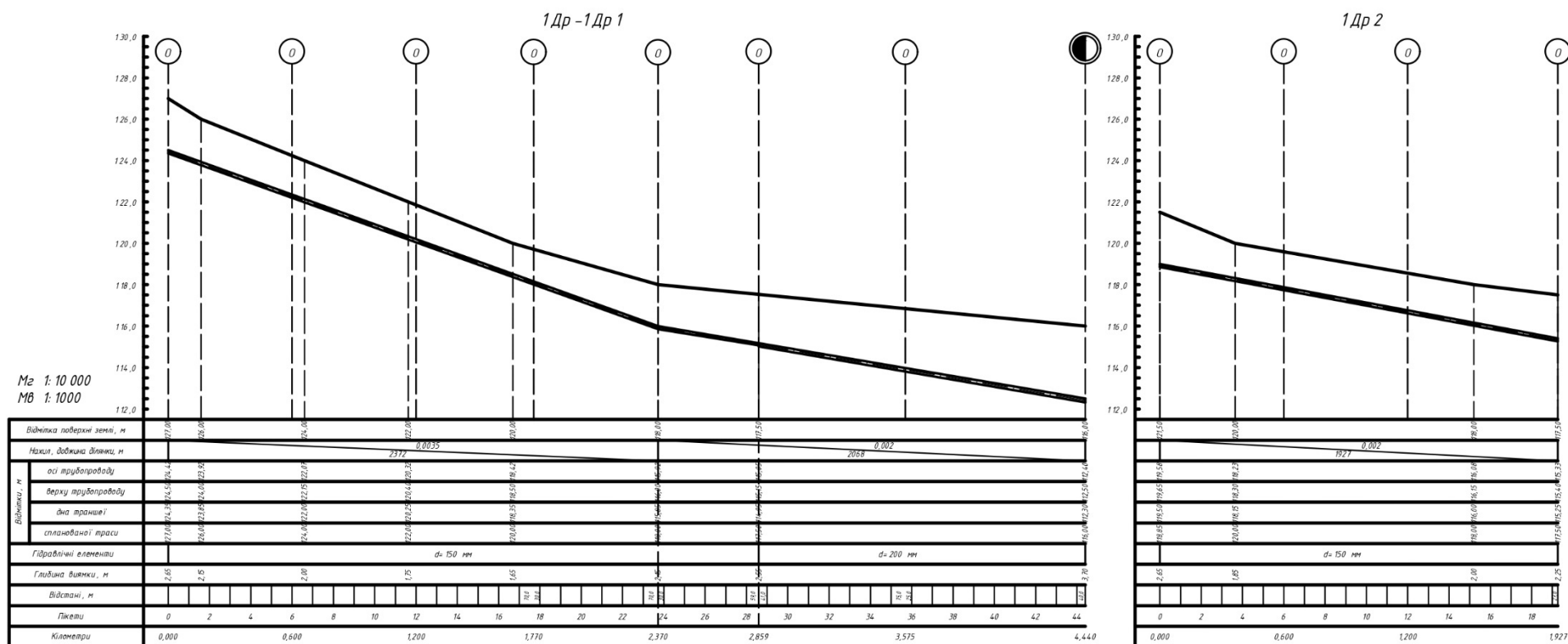


Рисунок 5.1 – Профіль дренажного трубопроводу

Таблиця 5.1 – Розрахунок обсягів земляних робіт дренажної мережі

№ пікету	d, м	h _{гир} , м	B _{гир} , м	F _{гир} , м ²	l _{гир} , м	V, м ³
1-Др						
1	0,15	2,65	0,5	1,33	100	133
2	0,15	2,30	0,5	1,15	100	115
3	0,15	2,15	0,5	1,08	100	108
4	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
5	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
6	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
7	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
8	0,15	1,90	0,5	0,95	100	95
9	0,15	1,85	0,5	0,93	100	93
10	0,15	1,80	0,5	0,90	100	90
11	0,15	1,80	0,5	0,90	100	90
12	0,15	1,75	0,5	0,88	100	88
13	0,15	1,75	0,5	0,88	100	88
14	0,15	1,75	0,5	0,88	100	88
15	0,15	1,75	0,5	0,88	100	88
16	0,15	1,65	0,5	0,83	100	83
17	0,15	1,65	0,5	0,83	100	83
18	0,15	1,85	0,5	0,93	100	93
19	0,15	1,90	0,5	0,95	100	95
20	0,15	1,95	0,5	0,98	100	98
21	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
22	0,15	2,05	0,5	1,03	100	103
23	0,15	2,10	0,5	1,05	100	105
24	0,15	2,15	0,5	1,08	100	108
25	0,15	2,20	0,5	1,10	100	110
26	0,15	2,35	0,5	1,18	100	118
27	0,15	2,40	0,5	1,20	100	120
28	0,15	2,55	0,5	1,28	100	128
28+59	0,15	2,85	0,5	1,43	59	84
29	0,2	2,90	0,5	1,45	41	59
30	0,2	2,95	0,5	1,48	100	148
31	0,2	3,00	0,5	1,50	100	150
32	0,2	3,05	0,5	1,53	100	153
33	0,2	3,10	0,5	1,55	100	155
34	0,2	3,15	0,5	1,58	100	158
35	0,2	3,20	0,5	1,60	100	160
36	0,2	3,25	0,5	1,63	100	163
37	0,2	3,30	0,5	1,65	100	165
38	0,2	3,35	0,5	1,68	100	168
39	0,2	3,40	0,5	1,70	100	170
40	0,2	3,45	0,5	1,73	100	173
41	0,2	3,50	0,5	1,75	100	175
42	0,2	3,55	0,5	1,78	100	178
43	0,2	3,60	0,5	1,80	100	180
44	0,2	3,65	0,5	1,83	100	183
44+40	0,2	3,70	0,5	1,85	40	74
1-Др2						
1	0,15	2,65	0,5	1,33	100	133
2	0,15	2,40	0,5	1,20	100	120
3	0,15	2,15	0,5	1,08	100	108
4	0,15	1,85	0,5	0,93	100	93
5	0,15	1,86	0,5	0,93	100	93
6	0,15	1,87	0,5	0,94	100	94
7	0,15	1,88	0,5	0,94	100	94
8	0,15	1,89	0,5	0,95	100	95
9	0,15	1,90	0,5	0,95	100	95
10	0,15	1,91	0,5	0,96	100	96
11	0,15	1,92	0,5	0,96	100	96
12	0,15	1,93	0,5	0,97	100	97
13	0,15	1,94	0,5	0,97	100	97
14	0,15	1,95	0,5	0,98	100	98
15	0,15	2,00	0,5	1,00	100	100
16	0,15	2,05	0,5	1,03	100	103
17	0,15	2,10	0,5	1,05	100	105
18	0,15	2,15	0,5	1,08	100	108
19	0,15	2,20	0,5	1,10	100	110
19+27	0,15	2,25	0,5	1,13	27	30
Всього					6367	7465

Таблиця 5.2 – Результуюча відомість обсягів робіт з будівництва дренажу

№ з/п	Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Обсяг
1	Зрізання рослинного ґрунту з траси трубопроводу шаром 0,25 м	м ³	6400
2	Планування траси дренажу	м ²	25500
3	Розробка ґрунту в траншеї	м ³	7465
4	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м ³	400
5	Укладання дренажних ПВХ труб d=200 мм	м	1581
6	Укладання дренажних ПВХ труб d=150 мм	м	4786
7	Монтаж оглядових колодязів	шт	10
8	Обсипка дрен зворотним фільтром	м ³	1500
9	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	350
10	Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	5615
11	Монтаж дренажних гирл	шт	1
12	Відновлення рослинного ґрунту	м ³	6400

5.2 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів

Комплект будівельних машин формується згідно з видами робіт, які виконуються при будівництві закритого дренажу на масиві зрошення. Влаштування дренажу здійснюється за допомогою високопродуктивного барового дреноукладача ЕТЦ-406.

Таблиця 5.3 – Технічна характеристика дреноукладача ЕТЦ-406

Характеристика	Параметри
Тип машини	Самохідна
Параметри розроблюваної траншеї (глибина / ширина), м	до 4,0 / 0,5
Глибина укладання дренажних труб, м	2,5...4,0
Діаметр труб, мм	150 мм
Швидкість робочого ходу, км/год	3,5
Конструктивна маса, кг	28000
Потужність двигуна (ЯМЗ-238Д), кВт (к.с.)	243 (330)

Для зрізання рослинного шару ґрунту, планування траси трубопроводу, а також зворотної засипки траншеї використовуються бульдозери (зокрема, Т-170) на гусеничному шасі. Основним критерієм для вибору марки бульдозера є відстань переміщення розроблюваного ґрунту та необхідна потужність. Для розробки ґрунту в котлованах під колодязі використовують одноківшевий екскаватор зі зворотною лопатою (ємність ковша 0,5 м³). Монтаж збірних залізобетонних елементів виконують за допомогою автомобільного крана, а доставку матеріалів – вантажними автомобілями.

5.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної плати

Після розрахунку обсягів робіт складається калькуляція трудових витрат. Склад ланки і норми часу приймаються за відповідними збірниками Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН). Трудомісткість виконання робіт (Q , люд.-дн.) визначається за формулою:

$$Q = (V \cdot H_q) / (N_{od} \cdot 8,2) \quad (5.6)$$

де V – обсяг роботи за проектом; H_q – норма часу за РЕКН; 8,2 – тривалість робочої зміни у годинах.

Розрахунок заробітної плати робітників виконується за усередненою вартістю люд.-години (C_y), яка залежить від середньої місячної зарплати в будівництві у Дніпропетровській області за 2026 рік ($З_m$) та середньої норми робочого часу ($T_m = 167,67$ год):

$$C_y = З_m / T_m \quad (5.7)$$

Фактична усереднена вартість люд.-години роботи (C_{fy}) коригується на міжрозрядні коефіцієнти. Загальний розмір заробітної плати розраховується як:

$$З_n = C_{fy} \cdot Q \cdot t_{zm} \quad (5.8)$$

Відповідно до розрахунків, на будівництво дренажної мережі буде витрачено 182,17 люд.-дн., а фонд заробітної плати робітників становитиме 310 780 грн.

5.4 Графік виконання робіт

Основою для складання календарного графіка виробництва робіт слугує розроблена калькуляція трудових витрат. При складанні графіка передбачається потокове ведення робіт із сумісництвом будівельних процесів для скорочення загального терміну будівництва. Кількість змін роботи на добу приймається рівною одній. Тривалість виконання окремих процесів у днях визначається шляхом ділення загальної трудомісткості на кількісний склад робочої ланки.

Таблиця 5.4 – Графік виробництва робіт

№ з/п	Найменування робіт	Один. виміру	Кіл-ть	Параграф РЕКН	Склад ланки		Один. виміру	Норма часу	Трудо-містк., люд-дн.	Кіл-ть змін	Тривал., дн.
					спеціальн., розряд	кіл-ть					
Дренажна мережа											
1	Зрізка рослинного шару ґрунту з траси дренажу	м³	6400	E2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0,55	4,29	1	5
2	Планування траси дренажу	м²	25500	E2-1-35	маш. 6 розр.	1	1000	0,29	0,90	1	1
3	Розробка ґрунту в дренажній траншеї	м³	7465	E2-1-13	маш. 6 розр.	1	100	2,6	23,67	1	24
4	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м³	400	E2-1-11	маш. 6 розр.	1	100	2,8	1,37	1	3
5	Укладка дренажних ПВХ труб d=200 мм	м	1581	B12-1-29	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	100	0,41	0,79	1	1
6	Укладка дренажних ПВХ труб d=150 мм	м	4786	B12-1-30	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	100	0,37	2,16	1	3
7	Обсіпка дрен зворотнім фільтром	м³	1500	E2-1-58	землекоп 2 розр.	2	1	0,57	104,27	1	105
8	Монтаж оглядових колодязів	шт	10	E9-2-29	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	1	7,8	9,51	1	10
9	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м³	350	E2-1-58	землекоп 2 розр.	2	1	0,73	31,16	1	32
10	Монтаж дренажних гирл	шт	1	E-9-2-19	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	1	1,4	0,17	1	1
11	Повна засипка траншеї ґрунтом	м³	5615	E2-1-34	маш. 6 розр.	1	100	0,35	2,40	1	3
12	Відновлення рослинного шару ґрунту	м³	6400	E2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0,19	1,48	1	2
	Всього								182,17		190

5.5 Технологія гідротехнічного будівництва дренажної мережі

Технологія будівництва закритого горизонтального дренажу на масиві зрошення при розташуванні рівня ґрунтових вод на 0,5 м вище відмітки закладання дрени передбачає таку сувору послідовність операцій:

- Зрізання рослинного ґрунту: проводиться бульдозером Т-170 за поперечною схемою (товщина шару 0,25 м, ширина смуги 4,0 м) по закінченні геодезичної розбивки траси.
- Риття дренажної траншеї та укладання труб: виконується вузькотраншейним способом за допомогою комплексу ЕТЦ-406. Котушки з гофрованими ПВХ трубами доставляються автомобілем та встановлюються автокраном на дреноукладач.
- Монтаж лінії: дреноукладач подається до котловану гирлової споруди. Труба пропускається через напрямні бункера. «Глуха» частина дрени (20–21 м) обгортається поліетиленовою плівкою, труба заякорюється на дні.

З'єднання пластмасових труб виконується за допомогою розрізаних уздовж шматків труб більшого діаметра, стики надійно обгортаються плівкою та скріплюються дротом.

- Улаштування фільтра: у процесі руху дренаукладач одночасно виконує риття траншеї, укладання труби та обсіпання її захисним піщано-гравійним матеріалом. Завантаження суміші у бункер дренаукладача здійснюється автосамоскидами безперервно.
- Зворотна засипка та рекультивація: після укладання проводиться засипка траншеї місцевим ґрунтом з подальшим відновленням родючого рослинного шару.

6 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

6.1 Розрахунок обсягів робіт

Для розрахунку обсягів робіт з будівництва закритої зрошувальної мережі необхідно виконати побудову поздовжнього та поперечного профілів трубопроводів. Побудову поздовжнього профілю розпочинають з детальної розбивки траси пролягання трубопроводу на пікети. За відмітками горизонталей на масиві зрошення креслиться профіль поверхні землі по трасі трубопроводу (вертикальний масштаб 1:1000, горизонтальний масштаб 1:10000). У першому рядку профілю записуються відмітки поверхні по кожному пікету, які визначаються графічно.

Глибину закладення трубопроводів (h_{mp}) визначають за формулою:

$$h_{mp} = d + h_{np} \quad (6.1)$$

де d – зовнішній діаметр труби на даній ділянці, м; h_{np} – глибина промерзання ґрунту (приймається 1,0 м). Відмітки верху, дна та осі трубопроводу розраховуються залежно від відмітки дна траншеї і діаметра труби. Поперечний переріз траншеї креслиться на двох характерних пікетах у масштабі 1:50.

Спочатку по всій довжині майбутньої траншеї знімається рослинний ґрунт на всю глибину родючого шару. Обсяг зрізання ($V_{зр}$) становить:

$$V_{зр} = L_{тр} \cdot B_{зр} \cdot t_{зр} \quad (6.2)$$

де $L_{тр}$ – довжина трубопроводу, м; $B_{зр}$ – ширина смуги зрізання (приймається 8,0 м); $t_{зр}$ – товщина шару рослинного ґрунту (0,25 м). Площа планування траси траншеї ($F_{пл}$) розраховується як:

$$F_{пл} = L_{тр} \cdot B_{пл} \quad (6.3)$$

де $B_{пл}$ – ширина смуги планування, що дорівнює 4,0 м. Загальний обсяг розробки ґрунту в траншеї між пікетами (V) складе:

$$V = 0,5 \cdot (F_1 + F_2) \cdot l_i \quad (6.4)$$

де l_i – відстань між пікетами, м; F_1, F_2 – площі сусідніх перерізів траншеї.

По кожному трубопроводу розраховуються обсяги земляних робіт, які виконуються механізованим способом та вручну. При доопрацюванні ґрунту на дні траншеї вручну обсяг робіт ($V_{руч}$) складе:

$$V_{руч} = L_{тр} \cdot B_{тр} \cdot t_{руч} \quad (6.5)$$

де $t_{руч}$ – шар ґрунту, що розробляється вручну (дорівнює 0,1 м). Обсяг ґрунту, що розробляється екскаватором ($V_{мех}$), визначається як різниця загального та ручного обсягів ($V - V_{руч}$). Додатково враховують обсяги розробки ґрунту в котлованах під колодязі ($V_{кол} \approx 3\%$) і у прямках під стики труб ($V_{пр} \approx 1\%$).

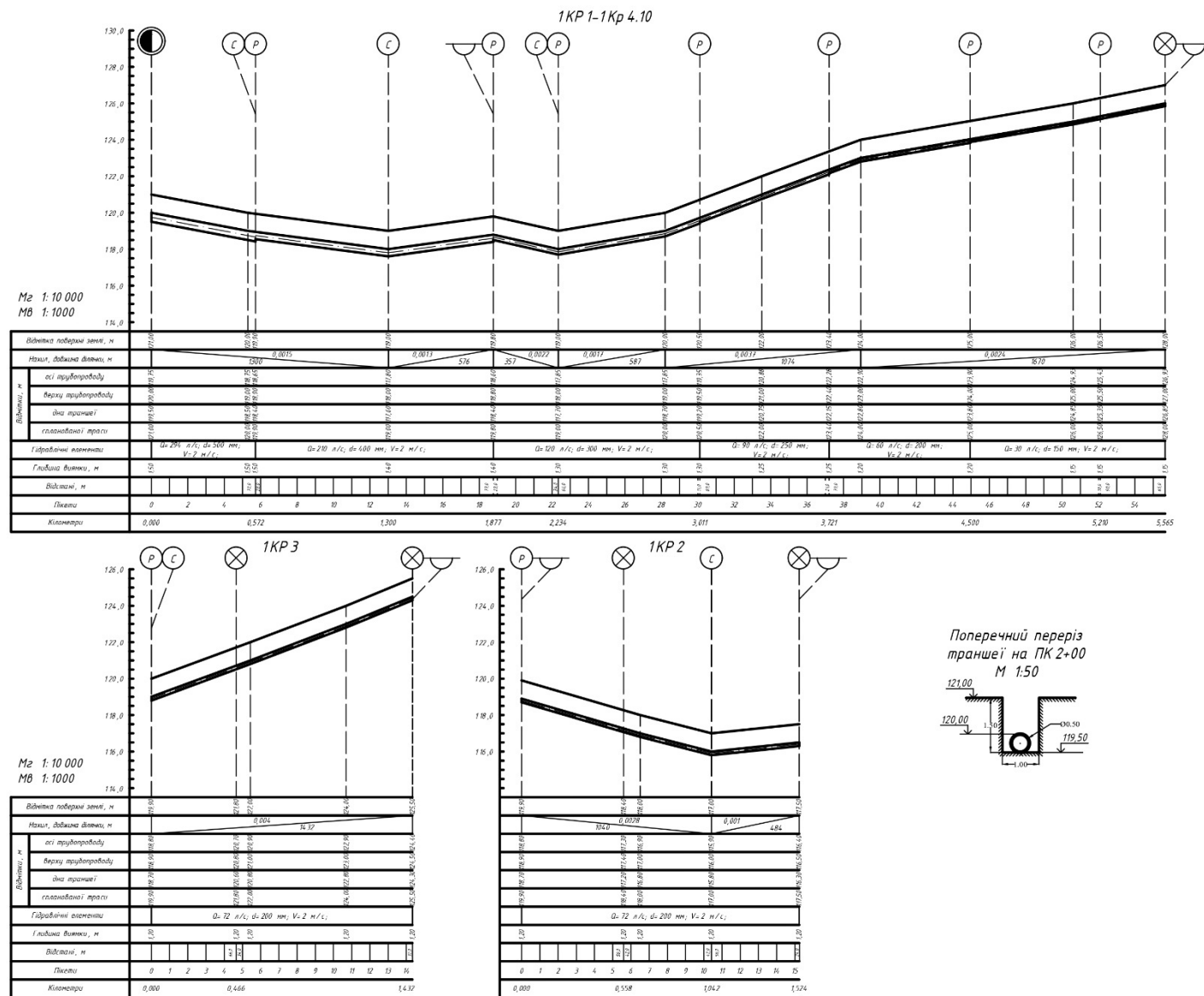


Рисунок 6.1 – Профіль поливного трубопроводу

Таблиця 6.1 – Розрахунок обсягів земляних робіт на зрошувальній мережі

Трубопровід	d, м	h, м	B, м	F, м ²	L, м	V, м ³
1	2	3	4	5	6	7
1Кр1	0,5	1,5	1,00	1,50	570	855
1Кр1	0,4	1,4	0,90	1,26	1306	1646
1Кр2	0,2	1,2	0,70	0,84	1524	1280
1Кр3	0,2	1,2	0,70	0,84	1432	1203
1Кр4	0,3	1,3	0,80	1,04	1130	1175
1Кр4	0,25	1,25	0,75	0,94	714	669
1Кр4	0,2	1,2	0,70	0,84	774	650
1Кр4	0,15	1,15	0,65	0,75	714	534
1КР4.1	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.2	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.3	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.4	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.5	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.6	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.7	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.8	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.9	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1КР4.10	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5	0,25	1,25	0,75	0,94	356	335
1Кр5	0,2	1,2	0,70	0,84	774	650
1Кр5	0,15	1,15	0,65	0,75	714	534
1Кр5.1	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5.2	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5.3	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5.4	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5.5	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
1Кр5.6	0,15	1,15	0,65	0,75	357	267
Всього						13800

Таблиця 6.2 – Зведена відомість обсягів робіт з будівництва зрошувальної мережі

Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Всього
Зрізання рослинного ґрунту з траси трубопроводу (шар 0,25 м)	м³	31 450
Планування траси трубопроводу	м²	63 000
Розробка ґрунту в траншеї екскаватором	м³	12 700
Доопрацювання ґрунту вручну	м³	1 100
Розробка ґрунту в котлованах (під колодязі та стики)	м³	700
Укладання напірних трубопроводів (Ø150 – 500 мм)	м	15 721
Монтаж вантузів (повітряних клапанів)	шт.	8
Монтаж оглядових колодязів та засувок	компл.	8
Монтаж скидних колодязів	шт.	6
Монтаж центральних вузлів (гідрантів) для машин ДМУ “Фрегат”	шт.	6
Часткова засипка траншеї ґрунтом	м³	1 000
Повна засипка траншеї ґрунтом	м³	12 800
Відновлення рослинного шару ґрунту	м³	31 450

6.2 Калькуляція трудових витрат і заробітної плати

Калькуляція трудових витрат складається на основі обсягів робіт по кожній технологічній операції. Склад ланки і норми часу приймаються за відповідними збірниками Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН). Трудомісткість виконання робіт (Q , люд.-дн.) визначають за формулою:

$$Q = (V \cdot H_q) / (N_{od} \cdot 8,2) \quad (6.6)$$

де V – обсяг роботи за проектом, м³; H_q – норма часу на виконання одиниці обсягу роботи; 8,2 – тривалість робочої зміни у годинах.

Розрахунок заробітної плати робітників виконується за усередненою вартістю люд.-години (C_y), яка базується на середній місячній зарплаті в будівництві по Дніпропетровській області за 2026 рік та середній нормі робочого часу (167,67 год/місяць згідно з даними Мінпраці України). Розмір фактичної заробітної плати розраховується з урахуванням міжрозрядних коефіцієнтів (формули 6.11-6.13) за залежністю:

$$З_n = C_{fy} \cdot Q \cdot t_{zm} \quad (6.7)$$

Відповідно до розрахунків, на будівництво зрошувальної мережі буде витрачено 362 люд.-дн., а фонд заробітної плати робітників становитиме 495214 грн.

6.3 Графік виконання робіт

Календарний графік складається за встановленою формою з урахуванням суміщення процесів для оптимізації строків будівництва. Склад ланки і кількість змін роботи на добу (приймається одна зміна) регламентуються нормами. Загальна тривалість будівництва зрошувальної мережі, виходячи з трудомісткості 374 люд.-дн., становитиме орієнтовно 60-70 робочих днів (з урахуванням роботи механізованих ланок).

Таблиця 6.2 – Графік виробництва робіт

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця вимір	Кіл-ть	Параграф РЕКН	Склад ланки		Одиниця вимір	Норма часу	Трудо-містк.	Тривал., дн.
					спеціальн., розряд	кіл-ть				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	Зрізка рослинного шару ґрунту	м ³	31450	E2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0,5	19,18	20
2	Планування траси траншеї	м ²	63000	E2-1-35	маш. 6 розр.	1	1000	0,29	2,23	3
3	Розробка траншеї екскаватором на повний профіль	м ³	12700	E2-1-13	маш. 6 розр.	1	100	2,6	40,27	40
4	Ручна розробка ґрунту	м ³	1100	E2-1-47	землек 2 розр.	2	1	0,85	114,02	115
5	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі та стики труб	м ³	700	E2-1-11	маш. 6 розр.	1	100	2,8	2,39	3
6	Укладка труб Д-500 мм	м	570	B12-3-50	монт. 3,4 розр.	3	100	2,3	1,60	2
	Укладка труб Д-400 мм	м	1307	B12-3-51	монт. 3,4 розр.	3	100	2,1	3,35	4
	Укладка труб Д-300 мм	м	1130	B12-3-52	монт. 3,4 розр.	3	100	1,9	2,62	3
	Укладка труб Д-250 мм	м	1070	B12-3-53	монт. 3,4 розр.	3	100	1,8	2,35	3
	Укладка труб Д-200 мм	м	4504	B12-3-54	монт. 3,4 розр.	3	100	1,7	9,34	10
	Укладка труб Д-150 мм	м	7140	B12-3-50	монт. 3,4 розр.	3	100	1,5	13,06	14
7	Монтаж оглядових і скидних колодязів	шт	24	E9-2-29	монт. 3,4 розр.	3	1	7,8	22,83	23
8	Монтаж засувки	шт	30	E9-2-16	монт. 3,4 розр.	3	1	4,2	15,37	16
9	Монтаж нерухомих опор	шт	20	E9-2-18	монт. 3,4 розр.	3	1	1,2	2,93	3
10	Монтаж вантузів	шт	12	E9-2-18	монт. 3,4 розр.	3	1	0,73	1,07	2
11	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	1000	E2-1-58	землек 2 розр.	2	1	0,73	89,02	90
12	Попереднє гідрравлічне випробування	м	15721	E9-2-16	монт. 3,4 розр.	2	100	0,16	3,07	4
13	Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	12800	E2-1-34	маш. 6 розр.	1	100	0,35	5,46	6
14	Кінцеве гідрравлічне випробування	м	15721	E9-2-14	монт. 3,4 розр.	2	100	0,25	4,79	5
15	Відновлення рослинного шару ґрунту	м ³	31450	E2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0,19	7,29	8
	Всього								362	374

6.4 Вибір комплекту будівельних машин

Комплект будівельних машин формується згідно з обсягами робіт. Для зрізання рослинного шару ґрунту, планування траси та зворотної засипки використовують бульдозери. Відстань переміщення ґрунту (L) визначається з технологічних особливостей прокладання траншеї за формулою:

$$L = b_{тр} / 2 + l + B_{від.м.зр.} + (3...5) + b_{в.р.зр.} / 2 \quad (6.8)$$

Враховуючи ширину тимчасових відвалів мінерального та рослинного ґрунтів, максимальна відстань переміщення становить близько 10,0 м. Найкращим варіантом для виконання цих робіт є бульдозер гусеничний Т-170 (потужність 125 кВт / 170 к.с., маса 15 т).

Для розробки траншеї та котлованів обираємо екскаватор. Максимальна необхідна глибина розробки визначається як:

$$h_{роз} = h_m + h_{пл} \quad (6.9)$$

Розрахункова глибина $h_{роз} = 1,5 + 0,2 = 1,7$ м; необхідний радіус розвантаження $R_{роз} = 2,87$ м. За цими параметрами підбираємо екскаватор на пневмоколісному шасі марки ЕТ-16 (ємність ковша $0,5 \text{ м}^3$, глибина копання до $4,8$ м).

Для монтажу колодязів, засувки та труб використовується автомобільний кран. Необхідна вантажопідйомність ($Q_{кр}$) та виліт стріли ($L_{кр}$) розраховуються за формулами:

$$Q_{кр} = Q_{ел} + Q_{ос} = 300 + 45 = 345 \text{ кг} \quad (6.10)$$

$$L_{кр} = C / 2 + a + b = 1,5 + 2 + 1 = 4,5 \text{ м} \quad (6.11)$$

Приймаємо автомобільний кран марки КС-5576Б (вантажопідйомність 32 т, виліт стріли $3,0\text{--}26,0$ м) на базі МАЗ-630303. Отже, базовий комплект машин: бульдозер Т-170, екскаватор ЕТ-16 та автокран КС-5576Б.

7 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

7.1 Загальні засади організації будівельно-монтажних робіт

Організація будівельного виробництва має забезпечувати цілеспрямованість усіх організаційних, технічних і технологічних рішень для безперебійного виконання зобов'язань за контрактами. Головна мета – введення об'єктів зрошувальної та дренажної мереж в експлуатацію з необхідною якістю і в суворо обумовлені терміни, при дотриманні економічних інтересів усіх учасників будівництва.

Безпосередньому виконанню робіт на об'єкті обов'язково передують комплекс заходів з підготовки будівельного виробництва. Ця підготовка включає загальну організаційно-технічну стадію, підготовку до будівництва конкретного об'єкта, підготовку самої будівельної організації та будівельно-монтажних робіт. Підготовка виробництва в обсязі, необхідному для початку робіт і розгортання їх з необхідною інтенсивністю, повинна бути повністю завершена до початку фактичного будівництва.

Будівництво гідромеліоративного об'єкта здійснюється виключно на основі попередньо розроблених рішень, які відображаються у проектно-технологічній документації (ПТД). Ця документація є невід'ємною частиною загальної документації на будівництво, що діє поряд з проектно-кошторисною документацією та робочими кресленнями. До складу ПТД входять проект організації будівництва (ПОВ) і проект виконання робіт (ПВР). Зміст ПТД встановлюється у контракті залежно від складності об'єкта.

При організації будівельного виробництва повинні безумовно забезпечуватись наступні вимоги:



Рисунок 7.1 – Загальні вимоги до організації будівельного виробництва

При спорудженні лінійних об'єктів, якими є трубопроводи зрошувальної та дренажної мереж, доцільно використовувати мобільні будівельні формування. Вони оснащуються транспортними засобами, пересувними механізованими установками та інвентарними будівлями. У разі техніко-економічної доцільності допускається застосування вахтового методу організації будівництва.

На кожному об'єкті необхідно вести загальний журнал робіт, спеціальні журнали з окремих видів робіт, а також журнал авторського нагляду (за наявності такого). Обов'язково складаються акти на приховані роботи та проміжне прийняття відповідальних конструкцій, оформлюється виконавча документація. Завершення підготовчих робіт підтверджується спеціальним актом за участю замовника, генпідрядника та органів Держнагляду за охороною праці.

7.2 Розробка календарного плану будівництва

Основним оперативним документом, що чітко визначає технологічну послідовність будівельно-монтажних робіт, їхній взаємозв'язок у часі та забезпечує додержання директивних термінів будівництва, є лінійний календарний план виробництва робіт. Він розробляється за встановленою формою на підставі проектних обсягів робіт, розрахункової трудомісткості, витрат часу на роботу машин, а також прийнятих організаційних схем.

При складанні календарного плану уточнюються: раціональна послідовність робіт, кількість працюючих машин і робітників, терміни виробництва (у робочих і календарних днях) для кожної споруди та системи загалом. Особлива увага приділяється рівномірному розподілу робіт у часі та побудові графіків потреби у працівниках.

Трудомісткість на виконання всього об'єму робіт для робітників ($Q_{\text{люд.-зм.}}$) та машин ($Q_{\text{маш.-зм.}}$) визначається за нормативними формулами:

$$Q_{\text{люд.-зм.}} = (V \cdot H_{\text{ер}} \cdot n) / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2) \quad (7.1)$$

$$Q_{\text{маш.-зм.}} = (V \cdot H_{\text{ер}}) / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2) \quad (7.2)$$

де V – виконуваний об'єм робіт; $H_{вр}$ – норма часу за ДБН (люд.-год, маш.-год); n – кількість робітників; $V_{ДБН}$ – одиниця об'єму робіт за ДБН; 8,2 – тривалість зміни у годинах.

Кількість працюючих машин приймається від 1 до 2 одиниць. Для ручних робіт трудовитрати машин не враховуються. Число змін за добу для механізованих робіт приймається 1 або 2. Тривалість виконання механізованого процесу у днях визначається діленням трудомісткості в машино-змінах на кількість змін роботи машини за добу. Для ручних процесів трудомісткість ділиться на кількість змін та кількість робітників у.

Тривалість процесу в календарних днях визначається множенням тривалості у робочих днях на коефіцієнт 1,3 (для врахування вихідних і святкових днів). Від загальної суми трудовитрат по основних видах робіт додатково закладаються резерви: для підготовчого періоду – 8 %, для неврахованих робіт – 3 %, для ліквідаційного періоду – 5 %.

Узгодження графіка вимагає суворого дотримання принципів: непов'язані роботи виконуються паралельно, а пов'язані – послідовно. Важливо забезпечити плавні переходи ланок з ділянки на ділянку для збереження поточності.

7.3 Техніко-економічні показники календарного плану

Після побудови лінійного графіка та його оптимізації розраховуються ключові техніко-економічні показники (ТЕП) будівництва, які підтверджують доцільність прийнятих організаційних рішень. Термін будівництва за планом ($T_{пл}$) визначається за графіком і охоплює весь період від підготовчих робіт до здачі об'єкта, тоді як нормативний термін (T_n) встановлюється за ДБН.

Таблиця 7.1 – Зведені техніко-економічні показники будівництва

№ з/п	Найменування показника	Один. виміру	Значення
1	Тривалість будівництва за нормою (T_n)	днів	430
2	Тривалість будівництва за планом ($T_{пл}$)	днів	408
3	Скорочення строків будівництва ($T_n - T_{пл}$)	днів	22
4	Загальні трудові витрати за нормою (Q_n)	люд.-днів	642,6
5	Загальні трудові витрати за планом ($Q_{пл}$)	люд.-днів	587,0
6	Підвищення продуктивності праці (I)	%	8,6
7	Виконання норми виробітку (B)	%	109,5
8	Питомі трудові витрати на 1 га площі (q)	люд.-дн/га	1,88

Таким чином, розрахунки підтверджують, що завдяки використанню сучасної техніки та правильному суміщенню будівельних процесів будівництво зрошувальної (із встановленням гідрантів для машин ДМУ “Фрегат”) та дренажної мережі на площі 934,6 га триватиме 408 календарних днів, при цьому загальні планові трудові витрати складуть 587,0 люд.-днів.

8 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини є невід'ємною умовою стійкого економічного і соціального розвитку держави. З цією метою на рівні підприємств здійснюється екологічна політика, направлена на збереження безпечного навколишнього середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, а також раціональне відтворення природних ресурсів.

Основними принципами охорони довкілля при проектуванні гідромеліоративних систем є:

- ✓ пріоритетність вимог екологічної безпеки та обов'язковість дотримання нормативів використання природних ресурсів;
- ✓ гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- ✓ попереджувальний характер заходів з охорони природи;
- ✓ екологізація виробництва на основі впровадження нових, безпечних технологій (зокрема, енергоощадних дощувальних машин);
- ✓ науково обґрунтоване нормування впливу господарської діяльності на екосистеми.

Зрошуваний масив ФГ «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області як у період будівництва, так і під час експлуатації здійснює певний вплив на ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, а також атмосферне повітря. Цей вплив характеризується масштабом (у межах 934,6 га), інтенсивністю, динамічністю і тривалістю.

8.1 Вплив на клімат і мікроклімат

Територія проектування розташована у Північному Степу з помірно-континентальним кліматом, що відрізняється жарким і сухим літом. Клімат формується під впливом повітряних мас з Атлантики, Арктичного басейну та континенту Євразії.

Впровадження зрошення суттєво змінює локальний мікроклімат, роблячи його більш вологим порівняно з незрошуваними ділянками богарного землеробства. Безпосередньо над зрошуваним полем температура повітря влітку може бути нижчою на 6-8 °С, температура поверхні ґрунту знижується на 20-25 °С, а дефіцит вологості повітря падає на 30-35 мб. Загальна зволоженість території штучно збільшується на величину зрошувальної норми (близько 220 мм на рік або 2200 м³/га).

- ✓ Масштаб впливу: площа 934,6 га.
- ✓ Інтенсивність впливу: подача додаткових 220 мм вологи на рік.
- ✓ Динамічність і тривалість: вплив фіксується у теплий період року і є постійним на весь період експлуатації системи.

8.2 Вплив на ґрунтовий покрив та заходи з його охорони

У районі будівництва масиву зрошення переважають чорноземи звичайні легкосуглинкові, малогумусні, які займають понад 43,5 % площі. Вони мають типовий профіль, високу вбирну здатність (насичені кальцієм на 90-95 %), нейтральну або слабко лужну реакцію ґрунтового розчину. Вміст гумусу становить 3,5-4,8 %, а потужність гумусового горизонту сягає 86-110 см.

На ґрунтовий покрив впливають наступні види проектної діяльності:

1. Будівельні земляні роботи: улаштування закритих трубопроводів протяжністю 15,7 км призводить до механічного порушення ґрунтового покриву. Для мінімізації шкоди проектом передбачено обов'язкове роздільне знімання родючого шару ґрунту (на глибину 0,25 м) із переміщенням його у тимчасові бурти та подальшою рекультивацією (відновленням) по завершенні монтажу труб.
2. Штучне зволоження: полив дощувальними машинами кругової дії ДМУ "Фрегат". Для запобігання іригаційній ерозії, ущільненню та утворенню ґрунтової кірки інтенсивність штучного дощу підтримується на рівні, що не перевищує природну водовсмоктувальну здатність ґрунтів.
3. Інтенсифікація землеробства: зрошення різко підвищує врожайність, що призводить до прискореного виносу біогенних елементів (N, P, K, Mg). Без компенсації їх вміст у ґрунті може за 5-8 років зменшитись майже вдвічі. Тому разом з поливом необхідно вносити мінеральні та органічні добрива.

Таблиця 8.1 – Норми внесення мінеральних і органічних добрив для сівозміни

№ поля	Сільськогосподарська культура	Норма в діючій речовині, кг/га			Перегній, т/га
		N	K ₂ O	P ₂ O ₅	
1	Люцерна 2-го року	0	45	50	-
2	Люцерна 3-го року	0	45	50	-
3	Озима пшениця	80	80	30	30
4	Кукурудза на зерно	180	120	30	30
5	Кукурудза на силос	180	120	30	30
6	Ячмінь з підсівом люцерни	120	120	45	30
В середньому на сівозміну		94	89	40	20

8.3 Охорона поверхневих вод

Найближчим до зрошувальної ділянки водним об'єктом є річка Губиниха. Негативний вплив на неї може здійснюватися через скид поверхневих (снігових і дощових) та дренажних вод, що можуть бути забруднені продуктами ерозії, мінеральними добривами і пестицидами. Концентрація забруднюючих речовин (нітратів та амонієвого азоту) у поверхневому стоці залежить від об'єму стоку (W) та специфічних ґрунтових коефіцієнтів:

$$C_{NO_3} = (B_N \cdot 10^6 \cdot \alpha) / (W \cdot \Phi) \quad (8.1)$$

$$C_{NH_4} = (B_N \cdot 10^6 \cdot \beta) / (W \cdot \Phi) \quad (8.2)$$

Таблиця 8.2 – Об'єм виносу біогенних речовин та їх концентрація в поверхневому стоці

№ поля	Площа, га	Річний винос, кг/га			Концентрація в стоці, мг/л			
		N	P	K	NO ₃	NH ₄	P	K
1-2	146,6	0,371	0,181	1,514	7,974	0,633	1,005	8,410
3	160,4	0,409	0,181	1,520	8,784	0,697	1,006	8,442
4-5	160,4	0,443	0,181	1,521	9,519	0,756	1,006	8,449
6	160,4	0,431	0,181	1,521	9,274	0,736	1,006	8,449
В середньому:		0,247	0,109	0,911	5,304	0,421	0,603	5,061
ГДК (допустимо):		-			40,0	0,50	0,10	50,0

Як видно з розрахунків, концентрації фосфору та подекуди амонійного азоту в неочищеному стоці можуть перевищувати ГДК. Для запобігання забрудненню вод передбачено комплекс заходів:

- ✓ Організаційно-господарчі: суворе дотримання правил транспортування, зберігання і внесення добрив; заборона внесення добрив по сніговому покриву; обмеження використання авіації поблизу водойм.
- ✓ Агротехнічні: застосування оптимальних доз добрив; внесення азоту дробовими дозами для максимального засвоєння рослинами; використання гранульованих пестицидів короткочасної дії.
- ✓ Гідротехнічні та лісомеліоративні: улаштування прибережних захисних смуг, висадка водоохоронних лісосмуг, організація можливого акумулювання дренажного стоку перед його скидом або повторне використання.

8.4 Охорона підземних вод

Підземні води в районі досліджень формуються у четвертинних відкладеннях (суглинках) загальною потужністю 10-20 м. На більшій частині території рівень ґрунтових вод залягає на безпечній глибині від 3,0 до 9,0 м. Однак, впровадження зрошення неминуче змінює складові водного балансу території, що може викликати локальне підняття рівня ґрунтових вод та вторинне засолення.

Для гарантованого запобігання підтопленню та відведення надлишкової вологи проектом передбачено будівництво системи закритого горизонтального дренажу. Глибина його закладання становить 2,5-3,5 м, а загальна протяжність мережі – 6367 м. Ця мережа ефективно дренує усю площу із максимальною розрахунковою витратою відведення дренажних вод 0,82 л/с, що забезпечує стабільний меліоративний стан усього масиву.

9 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ

9.1 Методика розрахунку та капітальні вкладення

Економічна ефективність введення у фермерському господарстві «Урожай» зрошуваної сівозміни характеризується приростом валової продукції і додатковим чистим прибутком. Зрошення земель дозволить інтенсифікувати сільськогосподарське виробництво, в результаті чого зросте валовий збір продукції у порівнянні з тим об'ємом, який отримують з тієї ж площі у богарних умовах. Для об'єктивної оцінки інвестиційного проєкту використовується консервативний (песимістичний) сценарій, який враховує високі поточні ціни на ресурси та стримані прогнози щодо приросту врожайності.

Для визначення економічної ефективності порівнюються витрати на вирощування сільськогосподарської продукції та її загальна вартість до початку будівництва (на богарі) та після його завершення (при зрошенні).

Згідно з розробленим та затвердженим зведеним кошторисним розрахунком, загальний обсяг цільових капітальних вкладень (інвестицій) у будівництво сучасної зрошувальної системи складає 11 136,975 тис. грн. Відповідно, питомі капітальні вкладення на 1 гектар зрошуваної площі (із загальних 934,6 га) становлять 11 916,3 грн/га. Ці кошти враховують вартість сучасного обладнання, будівельно-монтажні роботи, прокладання мереж та пусконаладжувальні роботи.

9.2 Розрахунок вартості валової продукції

Освоєння зрошувальної сівозміни пов'язане зі збільшенням виробничих витрат, проте воно гарантує стабільно прогнозований рівень урожайності. Для розрахунків використані актуальні прогнозні середньоринкові ціни реалізації сільськогосподарської продукції в Україні станом на 2026 рік, а приріст урожайності закладено на помірному рівні для мінімізації фінансових ризиків.

Таблиця 9.1 – Валова продукція та її вартість до будівництва зрошення

Назва сільськогоспода рської культури	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн (2026 р.)	Вартість валової продукції, грн
Люцерна 2-го року (сіно)	146,6	30	4 398	400,0	1 759 200,0
Люцерна 3-го року (сіно)	146,4	30	4 392	400,0	1 756 800,0
Озима пшениця	160,4	40	6 416	750,0	4 812 000,0
Кукурудза на зерно	160,4	55	8 822	650,0	5 734 300,0
Кукурудза на силос	160,4	200	32 080	150,0	4 812 000,0
Ячмінь	160,4	30	4 812	600,0	2 887 200,0
Всього	934,6	-	60 920	-	21 761 500,0

Таблиця 9.2 – Валова продукція та її вартість після будівництва зрошення

Назва сільськогосподар ської культури	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн (2026 р.)	Вартість валової продукції, грн
Люцерна 2-го року (сіно)	146,6	60	8 796	400,0	3 518 400,0
Люцерна 3-го року (сіно)	146,4	60	8 784	400,0	3 513 600,0
Озима пшениця	160,4	55	8 822	750,0	6 616 500,0
Кукурудза на зерно	160,4	85	13 634	650,0	8 862 100,0
Кукурудза на силос	160,4	350	56 140	150,0	8 421 000,0
Ячмінь	160,4	45	7 218	600,0	4 330 800,0
Всього	934,6	-	103 394	-	35 262 400,0

9.3 Експлуатаційні та сільськогосподарські витрати

На зрошуваних землях витрати на вироблену продукцію визначені на базі високих тарифів 2026 року. У кошторис включено високу вартість електроенергії (близько 6,5–7,0 грн/кВт·год), паливно-мастильних матеріалів (дизельне паливо – близько 60 грн/л), значний тариф на подачу води каналом Дніпро-Донбас та зростаючі витрати на оплату праці кваліфікованих операторів.

З огляду на інтенсифікацію виробництва, суттєво зросли витрати на мінеральні добрива, засоби захисту рослин (ЗЗР) та амортизаційні

відрахування на дороге насосне обладнання й магістральні мережі. Це призводить до того, що собівартість продукції залишається високою навіть при більших валових зборах.

До початку будівництва загальні сільськогосподарські витрати на вирощування, збір та транспортування врожаю орієнтовно складають 75 % від вартості валової продукції, що у грошовому вимірі становить 16 321 125,0 грн на рік.

Після будівництва (зрошення), враховуючи консервативний сценарій, де ціни на воду, енергоносії та добрива є максимальними, загальні виробничі витрати сягають понад 81 % від вартості вирощеної продукції і складають 28 584 584,0 грн на рік.

9.4 Економічна ефективність та термін окупності

Доцільність проведення меліоративних заходів визначається шляхом розрахунку додаткового чистого доходу від введення зрошувальної системи.

Таблиця 9.3 – Загальна економічна ефективність інвестиційного проєкту

Економічні показники	До зрошення	Після зрошення
Загальна площа сівозміни, га	934,6	934,6
Цільові капітальні вкладення, грн	-	11 136 975,0
Вартість валової продукції, грн/рік	21 761 500,0	35 262 400,0
Загальні витрати (агрономічні + меліоративні), грн/рік	16 321 125,0	28 584 584,0
Чистий прибуток господарства, грн/рік	5 440 375,0	6 677 816,0
Додатковий чистий прибуток (Δ), грн/рік	1 237 441,0	

Термін окупності капітальних вкладень визначається як відношення загальної суми інвестицій до суми додаткового щорічного чистого прибутку, згенерованого проєктом.

$$T_{ок} = 11\,136\,975 \text{ грн} / 1\,237\,441 \text{ грн/рік} = 9,0 \text{ років.}$$

Згідно з консервативним прогнозом на 2026 рік, який враховує високі тарифи на електроенергію, воду, паливо та значні амортизаційні відрахування, будівництво зрошувальної мережі у ФГ «Урожай» окупиться рівно за 9 років. Такий термін окупності є абсолютно реалістичним і безпечним показником для масштабних агропромислових інфраструктурних проєктів, адже він доводить життєздатність бізнес-моделі навіть за умов стриманого зростання врожайності та високих експлуатаційних ризиків.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті на основі проведених інженерних, гідравлічних, технологічних та економічних розрахунків розроблено комплексне рішення щодо будівництва сучасної зрошувальної системи у фермерському господарстві «Урожай» Самарівського району Дніпропетровської області. Результати роботи дозволяють зробити такі загальні висновки:

1. Аналіз кліматичних параметрів Самарівського району підтвердив, що тривалі бездошові періоди, високі літні температури та значний дефіцит вологи у ґрунті є головними лімітуючими факторами для стабільного ведення богарного землеробства. Для нівелювання цих ризиків впроваджено проєкт меліоративного освоєння масиву загальною площею 934,6 га під 6-пільну зерно-кормову сівозміну із таким розподілом полів: люцерна 2-го року (146,6 га), люцерна 3-го року (146,4 га), озима пшениця (160,4 га), кукурудза на зерно (160,4 га), кукурудза на силос (160,4 га) та ячмінь (160,4 га).
2. На основі водно-фізичних властивостей чорноземів звичайних легкосуглинкових розраховано режим зрошення для сухого року 75% забезпеченості. Оптимальні поливні норми прийнято в межах 350–450 м³/га з підтримкою передполивного порогу вологості не нижче 0,75 НВ. На основі топографічних умов та конфігурації полів обґрунтовано відмову від застарілих систем на користь вискоєфективних широкозахватних дощувальних машин кругової дії типу ДМУ Фрегат. Це забезпечує високу рівномірність розподілу штучного дощу, ерозійну безпеку та зниження енерговитрат завдяки роботі при низькому тиску.
3. Проєктована закрыта напірна зрошувальна мережа загальною протяжністю 15,7 км розрахована на транспортування максимальної секундної витрати води у пікові періоди вегетації. Проведено підбір економічно найвигідніших діаметрів пластикових трубопроводів (Ø150–500 мм) та розраховано повний напір і оптимальну потужність насосної

станції підкачки. На мережі передбачено влаштування сучасної гідротехнічної арматури (20 гідрантів для підключення дощувальних машин, 22 оглядових колодязя із запірними засувками, 12 скидних споруд та 12 автоматичних вантузів для випуску повітря).

4. Розроблено детальні технологічні карти на будівництво закритого дренажу і зрошувальної мережі. Для відведення надлишкових ґрунтових вод та попередження процесів підтоплення на локальних ділянках ризику спроектовано систему закритого горизонтального дренажу протяжністю 6367 м із використанням гофрованих ПВХ-труб. Довжина зрошувальної мережі трубопроводів – 15,7 км. Визначено раціональний комплект будівельних машин. Складений лінійний календарний план будівельно-монтажних робіт передбачає загальну тривалість будівництва системи 408 днів, що забезпечує скорочення нормативних строків на 22 дні при підвищенні продуктивності праці на 8,6%.
5. У проєкті закладено комплекс екологічних заходів для довгострокового збереження родючості ґрунтів та охорони водних ресурсів. Передбачено обов'язкове роздільне знімання рослинного шару ґрунту (0,25 м) під час земляних робіт із подальшою рекультивацією трас трубопроводів. На основі розрахунків виносу біогенних елементів у поверхневий стік обґрунтовано норми внесення добрив (у середньому 94 кг/га азоту, 89 кг/га калію, 40 кг/га фосфору та 20 т/га перегною), а також заходи щодо захисту прибережної смуги річки Губиниха від забруднення.
6. Фінансово-економічні розрахунки, виконані за консервативним сценарієм на базі актуальних тарифів та ринкових цін, довели високу спроможність проєкту. При загальному обсязі цільових капітальних вкладень у розмірі понад 11 млн. грн перехід на зрошення дозволяє збільшити валовий збір культур сівозміни і підняти сумарну вартість валової продукції господарства до 35 млн. грн/рік. Очікуваний додатковий щорічний чистий прибуток від впровадження меліоративних заходів становитиме 1,237 млн. грн/рік, що забезпечує термін окупності інвестицій тривалістю 9 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 82 с.
2. ДБН Д.2.2-1-99. Збірник 1. Земляні роботи. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. – К.: Держбуд, 2000. – 186 с.
3. 2019. – 93 с.
4. 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.
5. ДБН Д.2.7-2000. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. – Київ.-2001.-337с.
6. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.1-99. – К.:Держбуд України, 2000.
7. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіон України, 2016. 50 с.
8. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – Держводгосп України. Київ 1999.
9. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 162 с.
10. Організація і технологія будівельних робіт. Практикум : навч. Посібник / А. А. Білецький, С. В. Клімов, О. І. Ольховик, І. А. Рощик. – Рівне : НУВГП,

11. 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
12. 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.
13. Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник.– К.: Видавництво Ліра-К, 2016.– 390 с.