

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:

«ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА ДІЛЯНКИ ЗРОШЕННЯ
НА ТЕРИТОРІЇ ЦАРИЧАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ
ДНІПРОВСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Виконала здобувачка
вищої освіти
групи БЦІ-1-22

(підпис) Владислава ЯКОВЛЄВА

Керівник

(підпис) Тарас ДУБОВ

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
Яковлєвій Владиславі Антонівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Організація і технологія будівництва ділянки зрошення на території Царичанської територіальної громади Дніпровського району Дніпропетровської області» затверджена наказом ректора від 24.04.2026 р. №820.
2. Термін здачі закінченої роботи: «15» червня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: план ділянки масиву зрошення, характеристика господарської діяльності підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1 Характеристика району та умов будівництва ділянки зрошення; 2 Інженерно-технічна характеристика об'єкту досліджень; 3 Технологічна карта виробництва робіт з будівництва зрошувальної мережі; 4 Організація будівельного виробництва; 5 Охорона праці та техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях; 6 Оцінка впливу зрошуваного масиву на навколишнє середовище; 7 Техніко-економічне обґрунтування 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 _____ (Тарас ДУБОВ)
(підпис)

Завдання прийняла до виконання _____ (Владислава ЯКОВЛЄВА)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1 Характеристика району та умов будівництва ділянки зрошення	квітень 2026 р.	
2	2 Інженерно-технічна характеристика об'єкту досліджень	травень 2026 р.	
3	3 Технологічна карта виробництва робіт з будівництва зрошувальної мережі	травень 2026 р.	
4	4 Організація будівельного виробництва	травень 2026 р.	
5	5 Охорона праці та техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях	травень 2026 р.	
6	6 Оцінка впливу зрошуваного масиву на навколишнє середовище	червень 2026 р.	
7	7 Техніко-економічне обґрунтування будівництва масиву зрошення	червень 2026 р.	
8	Вступ, Висновки, Список літератури	червень 2026 р.	
9	Підготовка презентації, попередній захист кваліфікаційної роботи на кафедрі	червень 2026 р.	

Здобувачка вищої освіти _____ (Владислава ЯКОВЛЄВА)

(підпис)

Керівник роботи _____ (Тарас ДУБОВ)

(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ТА УМОВ БУДІВНИЦТВА ДІЛЯНКИ ЗРОШЕННЯ	9
1.1 Характеристика кліматичних умов району будівництва	9
1.2 Геоморфологічна характеристика району	15
1.3 Геологічні та гідрогеологічні умови території будівництва ...	16
1.4 Ґрунтовий покрив на території будівництва	17
1.5 Загальна характеристика джерела зрошення	18
2 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ	20
2.1 Діяльність та господарське використання земельного фонду .	20
2.2 Гідравлічний розрахунок параметрів роботи зрошувальної мережі	22
2.3 Технічна характеристика гідротехнічних елементів зрошувальної мережі	24
3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВИРОБНИЦТВА РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	27
3.1 Розрахунок об'єму земляних і будівельно-монтажних робіт .	27
3.2 Технологія будівельного виробництва	33
3.3 Вибір комплексу будівельних машин та механізмів для будівництва закритої зрошувальної мережі	35
3.4 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні	43
3.5 Графік виробництва земляних і будівельно-монтажних робіт .	45
3.6 Контроль якості виробництва робіт.....	48
3.7 Техніка безпеки при виконанні будівельних робіт.....	50

3.8 Техніко-економічні показники процесу будівництва зрошувальної мережі	51
4 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	53
4.1 Загальні положення процесу організації будівництва	53
4.2 Календарний план будівництва.....	54
4.3 Розробка будівельного генерального плану.....	58
4.3.1 Загальні положення при проектуванні будгенплану ...	58
4.3.2 Розрахунок необхідної кількості і розмірів тимчасових будівель і споруд	59
4.3.3 Розрахунок складів будівельних матеріалів і конструкцій	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
5.1 Основні заходи безпеки і охорони праці при розробці проекту	64
5.2 Основні засоби електрозахисту від ураження струмом	66
5.3 Розрахунок обміну повітря при проведенні фарбувальних робіт	67
6 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗРОШУВАНОВОГО МАСИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	69
6.1. Оцінка впливу на повітряний простір	69
6.2 Оцінка впливу на ґрунтовий покрив	72
6.3 Оцінка впливу на соціальне середовище	72
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ	73
7.1. Техніко-економічне обґрунтування процесу будівництва...	73
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи становить 82 сторінки. Текст містить розрахунково-пояснювальну записку, 12 рисунків і 16 таблиць.

Об'єкт дослідження: технологічні та організаційні процеси будівництва лінійної частини закритої зрошувальної мережі та супутніх гідротехнічних споруд на території Царичанської територіальної громади Дніпровського району Дніпропетровської області.

Мета роботи: розробка оптимальних технологічних та організаційно-технічних рішень із будівництва сучасної вискоєфективної закритої напірної системи зрошення, вибір збалансованого комплексу високопродуктивних будівельних машин і механізмів, а також розрахунок техніко-економічних і трудових показників процесу для підвищення врожайності агрокультур в умовах нестійкого природного зволоження.

Методи дослідження та розрахунку:

- гідравлічний розрахунок з визначенням втрат напору по довжині та підбором оптимальних діаметрів;
- інженерно-геометричний аналіз поздовжніх і поперечних профілів траси для визначення обсягів земляних робіт;
- аналітично-розрахунковий метод підбору будівельних машин за критеріями вильоту стріли, глибини копання та вантажопідйомності;
- ресурсний метод розрахунку трудомісткості та заробітної плати на основі нормативів РЕКН.

Ключові слова: організація і технологія будівництва, закрыта зрошувальна мережа, поліетиленові труби, гідравлічний розрахунок, об'єм земляних робіт, будівельні машини, калькуляція трудовитрат, календарний графік.

ВСТУП

Сільське господарство України традиційно є одним із провідних секторів національної економіки, що забезпечує продовольчу безпеку держави та вагому частку експортного потенціалу. Однак глобальні зміни клімату, які спостерігаються протягом останніх десятиліть, вносять жорсткі корективи в умови ведення аграрного виробництва. На території України фіксується стійке підвищення середньорічної температури повітря, зміщення агрокліматичних зон на північ, збільшення тривалості бездошових періодів та зростання частоти екстремальних погодних явищ (посухи, суховії, пилові бурі). Зона критичного та нестійкого зволоження, яка раніше охоплювала лише Південь України, на сьогодні фактично розповсюдилася на Центральні, Східні та частково Західні регіони країни. Дніпропетровська область, зокрема її північна частина, де розташована Царичанська територіальна громада, за сучасним агрокліматичним районуванням належить до зони вираженого нестійкого зволоження, де середньорічна сума опадів (545 мм) не компенсує інтенсивне випаровування вологи в літні місяці.

У таких умовах штучне зрошення земель стає єдиним гарантованим інструментом мінімізації кліматичних ризиків, стабілізації та суттєвого підвищення врожайності провідних сільськогосподарських культур. Меліорація дозволяє не лише забезпечити оптимальний водний режим рослин у критичні фази їх розвитку, а й суттєво підвищує ефективність унесення мінеральних добрив, активізує мікробіологічні процеси в ґрунті та дозволяє впроваджувати інтенсивні сівозміни.

Поряд із очевидною агрономічною необхідністю, сфера водних меліорацій в Україні стикається із комплексом глибоких інфраструктурних, економічних та екологічних проблем. Головними деструктивними факторами тривалого занепаду зрошувальних систем стали моральне та фізичне старіння міжгосподарських та внутрішньогосподарських мереж, збудованих у другій

половині XX століття. Велика кількість відкритих каналів та сталевих трубопроводів призводить до критичних втрат води на фільтрацію та випаровування (що сягають до 30-40% від об'єму водозабору), а також провокує небезпечні екологічні процеси – підтоплення прилеглих територій та вторинне засолення родючих чорноземів.

Крім того, катастрофічні наслідки для вітчизняного меліоративного комплексу мало повномасштабне вторгнення, зокрема руйнування Каховського водосховища у 2023 році, що повністю паралізувало найбільші зрошувальні системи Півдня України. Це перемістило вектор актуальності розвитку гідротехнічного будівництва та меліорації у центральні регіони, зокрема в басейн річки Дніпро. Сучасний етап розвитку зрошення вимагає принципово нових підходів: повної відмови від відкритих земляних русел та переходу на закриті напірні трубопроводи з полімерних матеріалів (ПЕ-100), застосування високоефективних та енергоощадних широкозахватних дощувальних машин кругової та фронтальної дії, а також тотального впровадження засобів автоматизації водорозподілу.

Реалізація таких проєктів, як будівництво ділянки зрошення в Царичанській громаді із парком машин Reinke та джерелом живлення з каналу Дніпро–Донбас, є прикладом модернізації локальної меліоративної інфраструктури. Проєктування та успішне зведення таких об'єктів безпосередньо залежить від детального опрацювання організації та технології будівельного виробництва, точного розрахунку обсягів земляних робіт, правильного вибору механізованого комплексу та суворого контролю якості, що й зумовило вибір теми цієї кваліфікаційної роботи.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ТА УМОВ БУДІВНИЦТВА ДІЛЯНКИ ЗРОШЕННЯ

1.1 Характеристика кліматичних умов району будівництва

Проектна ділянка, на якій передбачається будівництво закритої зрошувальної мережі (рис. 1.1), розташована поблизу с. Щербинівка в межах Царичанської селищної територіальної громади Дніпровського району Дніпропетровської області.

Для виконання будівельно-монтажних робіт передбачено застосування комплекту будівельних машин і механізмів, зокрема землерийної техніки (екскаватори, бульдозери) та вантажопідіймальних (автомобільних) кранів. Основними конструктивними елементами та матеріалами системи є:

- поліетиленові напірні труби різних діаметрів (відповідно до ДСТУ EN 12201-2:2018);
- збірні залізобетонні елементи оглядових колодязів (згідно з ДСТУ Б В.2.6-106:2010);
- запірно-регулювальна арматура;
- інертні матеріали (будівельний пісок, щебінь).

Транспортна логістика об'єкта ґрунтується на принципах мінімізації відстаней перевезень. Доставку будівельної техніки планується здійснювати з найближчих баз механізації підрядних будівельних організацій. Постачання трубної продукції, запірної арматури та збірного залізобетону економічно доцільно виконувати з підприємств-виробників, розташованих у м. Кам'янське. Інертні матеріали постачатимуться автотранспортом із найближчих місцевих кар'єрів.

Безперебійне транспортне сполучення з об'єктом будівництва, розташованим у сільській місцевості, забезпечується автомобільною дорогою національного значення Н-31 (Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка, колишня Р-52), яка має капітальне асфальтобетонне покриття.

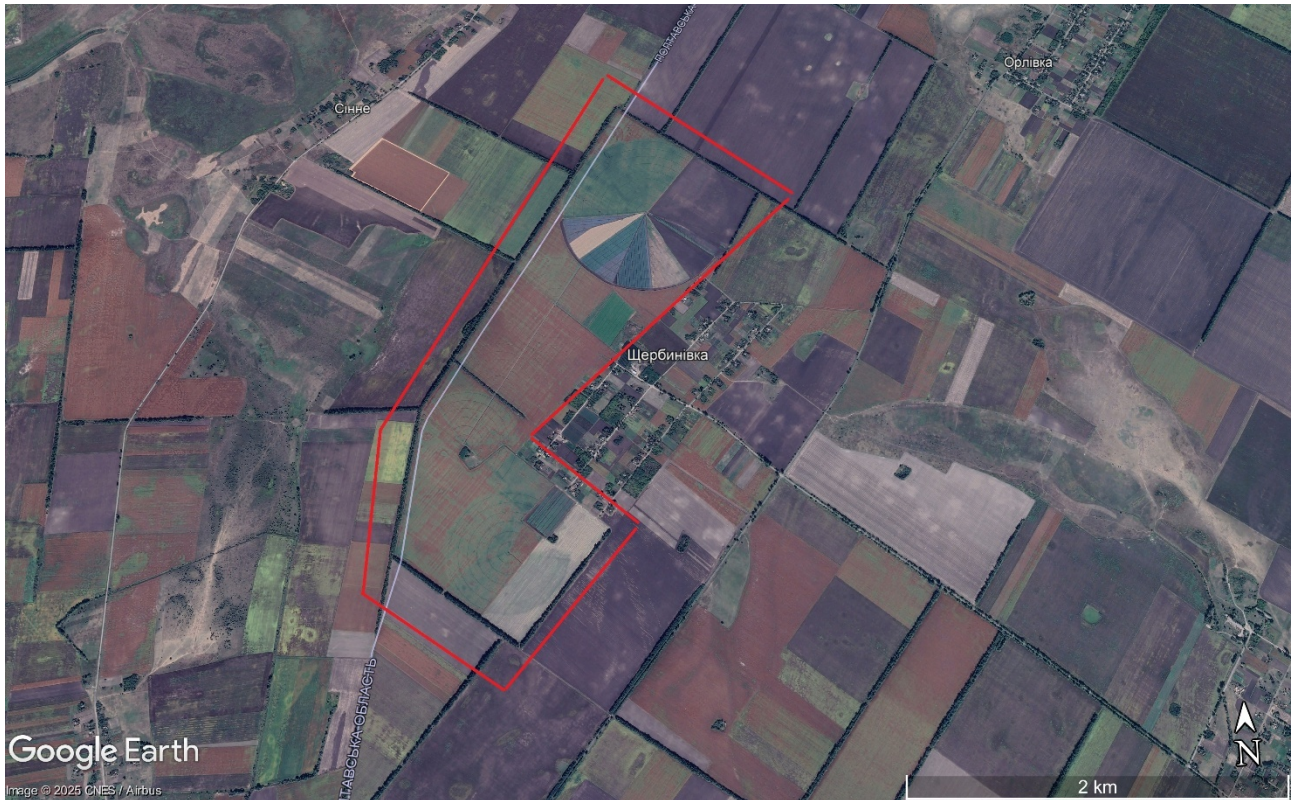


Рисунок 1.1 – Оглядова карта розташування ділянки зрошення (виділено червоним кольором) поблизу с. Щербинівка Царичанської громади.

Район будівництва розташований у степовій зоні з помірно-континентальним кліматом, який характеризується спекотним і сухим літом та помірно холодною зимою. Формування кліматичних умов зумовлене впливом повітряних мас, що надходять з Атлантичного океану, Арктичного басейну, а також формуються над великими територіями Євразії.

У зимовий період спостерігається активна циклонічна діяльність. Перехід до холодного періоду пов'язаний із вторгненням арктичного повітря, унаслідок чого над територією найчастіше встановлюється вплив відрогів антициклону з підвищеним атмосферним тиском. Характерною рисою

зимового періоду є відлиги, спричинені переміщенням циклонічних утворень з Атлантики, Середземного та Чорного морів. У квітні та травні можливі повернення холодів і заморозки, зумовлені вторгненням арктичних повітряних мас. Улітку такі вторгнення майже повністю припиняються. У цей період переважає погода, сформована Азорським антициклоном, із великою кількістю безхмарних і сонячних днів. Це сприяє інтенсивному прогріванню повітря, а також виникненню пилових бур і суховіїв. Літні атмосферні процеси тривають орієнтовно до середини серпня, після чого характер циркуляції різко змінюється. У жовтні–листопаді вплив Азорського антициклону слабшає, і замість нього розвивається Сибірський. Через це зростає повторюваність туманів, часто спостерігається похмура погода з опадами у вигляді мряки. У другій половині осені посилюється діяльність південних і західних циклонів, які зумовлюють значну кількість похмурих днів, обложні опади та тумани.

Температурний режим території (рис. 1.2) описується базовими показниками згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Середньобагаторічна температура повітря становить $+8,1^{\circ}\text{C}$. Найтепліший місяць – липень (середня температура становить $+20,7^{\circ}\text{C}$), найхолодніший – січень ($-6,1^{\circ}\text{C}$). Абсолютний максимум температури ($+40^{\circ}\text{C}$) зафіксовано в червні, абсолютний мінімум (-37°C) – у лютому. Весняний перехід середньодобових температур повітря через 0°C до додатних значень відбувається зазвичай 19 березня, через $+5^{\circ}\text{C}$ – 7 квітня. Осінній перехід через $+5^{\circ}\text{C}$ спостерігається 27 жовтня, через 0°C до від’ємних значень – 20 листопада. Тривалість безморозного періоду в середньому становить 169 днів (максимальна – 204 дні, мінімальна – 129 днів). Сума активних температур (вище $+10^{\circ}\text{C}$) становить 3005°C , що є важливим агротехнічним показником для розрахунку режиму роботи зрошувальної мережі.



Рисунок 1.2 – Карта температур повітря у Дніпропетровській області

Атмосферні опади. Атмосферні опади відіграють ключову роль у формуванні як поверхневого, так і підземного стоку. Територія будівництва (відповідно до агрокліматичного районування України) належить до зони нестійкого зволоження, що є головним обґрунтуванням необхідності спорудження зрошувальної мережі.

У літній період часто спостерігаються посушливі бездощові періоди. Тривалість таких періодів понад 20 діб фіксується в середньому двічі на рік, понад 30 діб – щорічно, а тривалістю 40 діб – від 6 до 9 разів на десятиліття. Середньорічна сума опадів (згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010) становить 545 мм, з яких протягом теплого періоду (квітень–жовтень) випадає 333 мм (близько 60% від річної норми), а в холодний період (листопад–березень) – 212 мм. Мінімальна кількість опадів припадає на жовтень (31 мм), максимальна – на червень (69 мм).

Абсолютний місячний максимум опадів було зафіксовано на рівні 206 мм. Літні опади мають переважно зливовий характер. У середньому за рік частка рідких опадів становить 73%, твердих – 12%, змішаних – 15%.

Сніговий покрив. Терміни утворення та сходження снігового покриву залежать від метеорологічних умов і характеризуються значною міжрічною мінливістю. Через часті зимові відлиги, що супроводжуються дощами, сніговий покрив є нестійким, часто спостерігається його повне танення

посеред зими. Стійкий сніговий покрив у регіоні відсутній приблизно у 17% зим. Середня тривалість залягання снігового покриву становить 78 діб.

Загальні кліматичні показники району будівництва наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика кліматичних умов району 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
10. Число днів з швидкістю вітру > 15 м/с	0,7	1,4	1,7	1,7	1,4	0,5	0,6	1	0,2	0,6	0,9	1,2	6,0	5,9	11,9
11. Повторюваність вітрів по напрямкам, %															
- Пн	9	9	12	11	14	15	18	16	14	11	7	7	14	9	12
- ПнС	14	12	13	14	15	17	16	18	14	15	11	12	16	12	14
- С	16	15	16	18	18	13	11	12	13	17	25	17	15	18	16
- ПдС	18	19	14	16	13	13	7	9	12	12	21	20	12	18	14
- Пд	11	11	12	11	10	10	5	7	9	9	10	13	9	11	10
- ПдЗ	8	9	10	8	9	7	7	6	8	9	8	9	8	9	8
- З	12	11	10	8	8	10	15	12	14	12	9	12	11	11	11
- ПнЗ	12	14	13	14	13	15	21	20	16	15	9	10	16	12	14
- штиль	4	5	5	7	6	9	11	11	12	9	6	6	9	5	8

Вологісний режим повітря. Динаміка вологості повітря визначається атмосферними циркуляційними процесами та характером підстильної

поверхні й оцінюється за показниками абсолютної та відносної вологості. Абсолютна вологість має яскраво виражений річний хід. Найменших значень вона досягає в січні – 4,0 гПа (мб), навесні показник поступово підвищується, а максимуму досягає в липні – 15,1 гПа (мб). Середньорічний показник абсолютної вологості становить 8,7 гПа (мб). Відносна вологість характеризується зворотною динамікою: найбільші значення фіксуються в зимові місяці (88%), найменші – у літній період (60–61%), тоді як середньорічний показник становить 74%.

Вітровий режим. Повітряний режим регіону характеризується високою мінливістю напрямків вітру протягом року, що зумовлено загальною циркуляцією атмосфери. Відповідно до кліматичних даних (за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), у теплий період року переважають вітри північно-східних румбів, у холодний – східних. Улітку часто формуються суховії – інтенсивні сухі та гарячі вітри, які критично збільшують випаровування вологи з ґрунту. Напрвесні, після танення снігового покриву та за умови слабого розвитку рослинності, існує високий ризик виникнення пилових бур.

Середньобагаторічна швидкість вітру становить 4,2 м/с. Місяцем із найбільшою вітровою активністю є березень (5,0 м/с), із найменшою – вересень (3,2 м/с). Середня кількість днів із сильним вітром (швидкість понад 15 м/с) становить 11,9 на рік, максимально зафіксована – 28 днів на рік. Щорічно фіксуються вітри зі швидкістю до 19 м/с, а з розрахунковою ймовірністю один раз на 20 років можливі шквальні пориви до 24 м/с.

Аналіз вітрового та вологісного режимів є обов'язковим критерієм для проєктування системи зрошення, оскільки наявність суховіїв підвищує норми водоспоживання сільськогосподарських культур, а висока швидкість вітру (понад 5 м/с) суттєво знижує рівномірність розподілу води під час роботи дощувальних машин.

1.2 Геоморфологічна характеристика району

Досліджуваний район, як і загалом Дніпропетровська область, характеризується рівнинним типом рельєфу. Проектна територія розташована на Лівобережжі річки Дніпро в межах Придніпровської низовини. У геоморфологічному відношенні це лесова слабкорозчленована денудаційно-аккумулятивна рівнина, яку перетинають долини річок Оріль та Самара. Найвища позначка цієї макроструктури сягає 187 м (на північному сході області). Безпосередньо на ділянці будівництва абсолютні позначки поверхні землі коливаються в межах 68–80 м у Балтійській системі висот.

У регіоні спостерігається розвиток низки несприятливих фізико-географічних та інженерно-геологічних процесів. Найбільшого поширення набула водна ерозія ґрунтів: на територіях із розчленованим рельєфом розвивається переважно лінійна ерозія, тоді як на Лівобережжі превалює площинна. На підвищених ділянках інтенсивно проявляється вітрова ерозія (дефляція ґрунтів).

Повсюдний характер мають процеси просідання лесових порід, які активізуються в разі їхнього замочування. Крім того, у межах долини Дніпра існують зсувонебезпечні ділянки, а в басейні річки Оріль – території з високим ризиком підтоплення, до яких частково належить і ділянка проєктування.

Наявність просадних ґрунтів та потенційний ризик підтоплення вимагають прийняття відповідних технологічних рішень під час виконання земляних робіт (ретельного пошарового ущільнення ґрунту під час зворотного засипання траншей трубопроводів згідно з вимогами ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти споруд»). Однак загалом, за умови дотримання чинних будівельних норм, геоморфологічні умови масиву є цілком сприятливими для спорудження та надійної експлуатації закритої зрошувальної мережі.

1.3 Геологічні та гідрогеологічні умови території будівництва

У геологічному відношенні ділянка проєктування належить до Придніпровської низовини, яка формується широкою долиною річки Дніпро та системою її надзаплавних терас. Геоструктурно ця територія відповідає Дніпровсько-Донецькій западині. Геологічний розріз району представлений осадовими відкладами, основою яких є кристалічні породи докембрію. Вони перекриваються палеозой-мезозойськими породами, що залягають моноклінально, та майже горизонтальними кайнозойськими утвореннями загальною потужністю від десятків до кількох тисяч метрів. Вододільні простори складені переважно еолово-делювіальними суглинками, неоген-четвертинними червоно-бурими суглинками та неогеновими піщаними відкладами.

Гідрогеологічні умови району проєктування визначаються наявністю водоносних горизонтів і комплексів четвертинних, неогеново-палеогенових, верхньо- та середньоюрських, нижньотріасових і кам'яновугільних відкладів. Район належить до області стоку глибоких водоносних горизонтів палеозою в напрямку долини річки Самара. Перші від поверхні водоносні горизонти приурочені до сучасних алювіальних відкладів, що формують заплави річок і днища балок, а також до середньо- та верхньочетвертинних відкладів. Ґрунтові води в алювіальних та озерно-алювіальних відкладах заплав і надзаплавних терас залягають у дрібнозернистих пісках, супісках, суглинках і мулах на глибині від 5,0 до 17,5 м. Водообільність цих горизонтів незначна через дрібнозернистість і високу глинистість водовмісних порід. Дебіт свердловин чи колодязів зазвичай не перевищує 0,4 л/с за умови зниження рівня на 2,1 м, а питомі дебіти коливаються в межах 0,005–0,2 л/с. Добовий водовідбір із колодязів не перевищує 2,5 м³. Мінералізація ґрунтових вод становить від 0,3 до 6,4 г/дм³. За хімічним складом води належать до змішаного типу: переважно

сульфатно-хлоридні, кальцієво-натрієві, натрієво-магнієві та гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-натрієві.

Глибина залягання ґрунтових вод (понад 5 м) є сприятливим фактором для виконання земляних робіт під час прокладання закритої зрошувальної мережі, оскільки виключає необхідність застосування систем штучного водопониження (водовідливу) у траншеях. Водночас наявність суглинків та супісків у верхніх шарах розрізу вимагає обов'язкового дотримання нормативних кутів укосів траншей (згідно з ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві») для запобігання обвалу стінок під час монтажу трубопроводів.

1.4 Ґрунтовий покрив на території будівництва

Ґрунтовий покрив регіону характеризується чітко вираженою зональністю. Північна частина області, де розташований об'єкт проєктування, охоплена смугою чорноземів звичайних глибоких, середньо- та малогумусних, що за гранулометричним (механічним) складом є пилювато-середньосуглинковими або пилювато-важкосуглинковими. Південніше їх змінюють чорноземи звичайні пилювато-середньосуглинкові малогумусні на лесових породах із включенням ділянок середньогумусних чорноземів.

Інтразональні типи ґрунтів формуються переважно в річкових долинах, зокрема Дніпра, Самари та Орелі. Вони представлені лучно-чорноземними поверхнево-солонцюватими ґрунтами в комплексі із солонцями, чорноземами солонцюватими на важких глинах, а також дерновими переважно оглєсними піщаними та супіщаними ґрунтами на алювіальних відкладах.

Реакція ґрунтового розчину (рН) чорноземних і лучно-чорноземних ґрунтів варіює від нейтральної до слабколужної, солонцюватих – середньолужна, солонців – лужна. Показник бонітету ґрунтів знижується в

напрямку з півночі на південь. Безпосередньо на ділянці проєктування переважають чорноземи звичайні середньогумусні середньосуглинкові, які вирізняються високою природною родючістю та інтенсивно використовуються в сільськогосподарському виробництві для вирощування зернових і технічних культур (соняшник, ріпак, цукровий буряк, озимі).

Ураховуючи високу агрономічну цінність ґрунтів на ділянці проєктування, під час виконання земляних робіт обов'язковою умовою є попереднє зняття, збереження та подальше нанесення родючого шару ґрунту (рекультивація). Крім того, за важкістю розроблення механізованим способом (екскаваторами) суглинкові ґрунти належать до II групи, що є базовим параметром для складання калькуляції трудовитрат. Варто також зазначити, що проєктне використання поліетиленових труб для закритої зрошувальної мережі є оптимальним експлуатаційним рішенням, оскільки полімери, на відміну від сталі, абсолютно стійкі до корозії в умовах лужної реакції солонцюватих ґрунтів.

1.5 Загальна характеристика джерела зрошення

Джерелом водопостачання зрошувальної мережі є вода з річки Дніпро, забір якої здійснюється з каналу Дніпро–Донбас системою магістральних трубопроводів. Надалі вода накопичується в регулювальному басейні, звідки за допомогою підкачувальної насосної станції подається безпосередньо на поливні площі.

Основні гідравлічні та геометричні параметри русла каналу: розрахункова витрата води становить $120 \text{ м}^3/\text{с}$, загальна довжина траси – 262,25 км, ширина по дну варіює від 10 до 20 м, гідравлічний похил дна $i=0,0001$.

Канал Дніпро–Донбас бере свій початок із Кам'янського (колишнього Дніпродзержинського) водосховища.

Оскільки канал Дніпро–Донбас є складною відкритою гідротехнічною системою, обов’язковою умовою експлуатації масиву є системний контроль якості поливної води (відповідно до вимог ДСТУ 2730:2015 «Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії»). Належний моніторинг фізико-хімічних показників та рівня мінералізації води дозволяє запобігти засміченню робочих органів зрошувальної техніки та виключає ризики вторинного засолення ґрунтів.

Загальну схему та характеристики каналу наведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Схема та загальна характеристика каналу Дніпро-Донбас

2 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Діяльність та господарське використання земельного фонду

Станом на сьогодні агропромисловий комплекс Царичанської територіальної громади Дніпровського району формують понад 100 сільськогосподарських підприємств різних форм власності. Загальна площа сільськогосподарських угідь громади становить близько 72 748 га. Відповідно до цільової класифікації (згідно із Земельним кодексом України), земельний фонд розподілено таким чином: рілля – 57 762 га; пасовища – 12 059 га; сіножаті – 1 926 га; багаторічні насадження – 999 га.

Структура посівних площ сільськогосподарських культур у регіоні має такий вигляд: зернові та зернобобові культури займають 60,3%; технічні – 22,0%; овоче-баштанні культури та картопля – 7,2%; кормові культури – 5,1%; землі під парами становлять 4,8%.

Досліджуване агропідприємство впровадило чотиріпільну зерно-кормову сівозміну на площі 304,7 га, вирощування якої проєктується виключно в умовах зрошення. Полив здійснюється способом дощування із застосуванням сучасних широкозахватних дощувальних машин кругової дії (типу Pivot) виробництва компанії Reinke. На полях сівозміни передбачено вирощування таких вологолюбних та економічно рентабельних культур: кукурудза на зерно, озима пшениця, овес та просо. Детальна експлікація зрошуваних площ та конфігурація полів наведені в табл. 2.1 та на рис. 2.1.

Впровадження інтенсивної сівозміни із застосуванням автоматизованих дощувальних машин кругової дії Reinke висуває жорсткі вимоги до проєктування системи. Для забезпечення паспортної рівномірності виливу

води та правильної роботи розпилювачів необхідно виконати точний гідравлічний розрахунок мережі, який гарантуватиме безперебійну подачу води із заданим робочим напором до центральних (нерухомих) опор кожної дощувальної машини.



Рисунок 2.1 – План масиву зрошення

Таблиця 2.1 – Експлікація зрошуваних площ підприємства

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа нетто, га	Площа брутто, га	Площа зрошення, га
1	Кукурудза на зерно	111,4	114,7	91,9
2	Озима пшениця	54,4	56,0	38,2
3	Овес	55,3	57,0	39,6
4	Просо	83,6	86,1	62,2
Всього		304,7	313,8	231,9

2.2 Гідравлічний розрахунок параметрів роботи зрошувальної мережі

Основою для визначення розрахункової витрати води в трубопроводах є максимальна кількість дощувальних машин, що працюють одночасно. Витрату мережі визначають із умови забезпечення номінальним робочим напором максимальної кількості машин, розташованих на найвіддаленіших від вузла водозабору (диктуючих) ділянках. При цьому обов'язково враховується прийнята технологія поливу (зокрема, обслуговування однією дощувальною машиною одного або двох полів сівозміни).

Розрахункова гідравлічна схема мережі наведена на рис. 2.2. Відповідно до технологічних вимог проектування закритих зрошувальних систем, розподільні трубопроводи розраховуються на пропуск витрати води, що забезпечує одночасну роботу не більше ніж трьох дощувальних машин.

Виходячи з цих умов, виконується підбір оптимальних параметрів мережі. Економічно найвигідніший розрахунковий внутрішній діаметр трубопроводів можна визначити за формулою:

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (2.1)$$

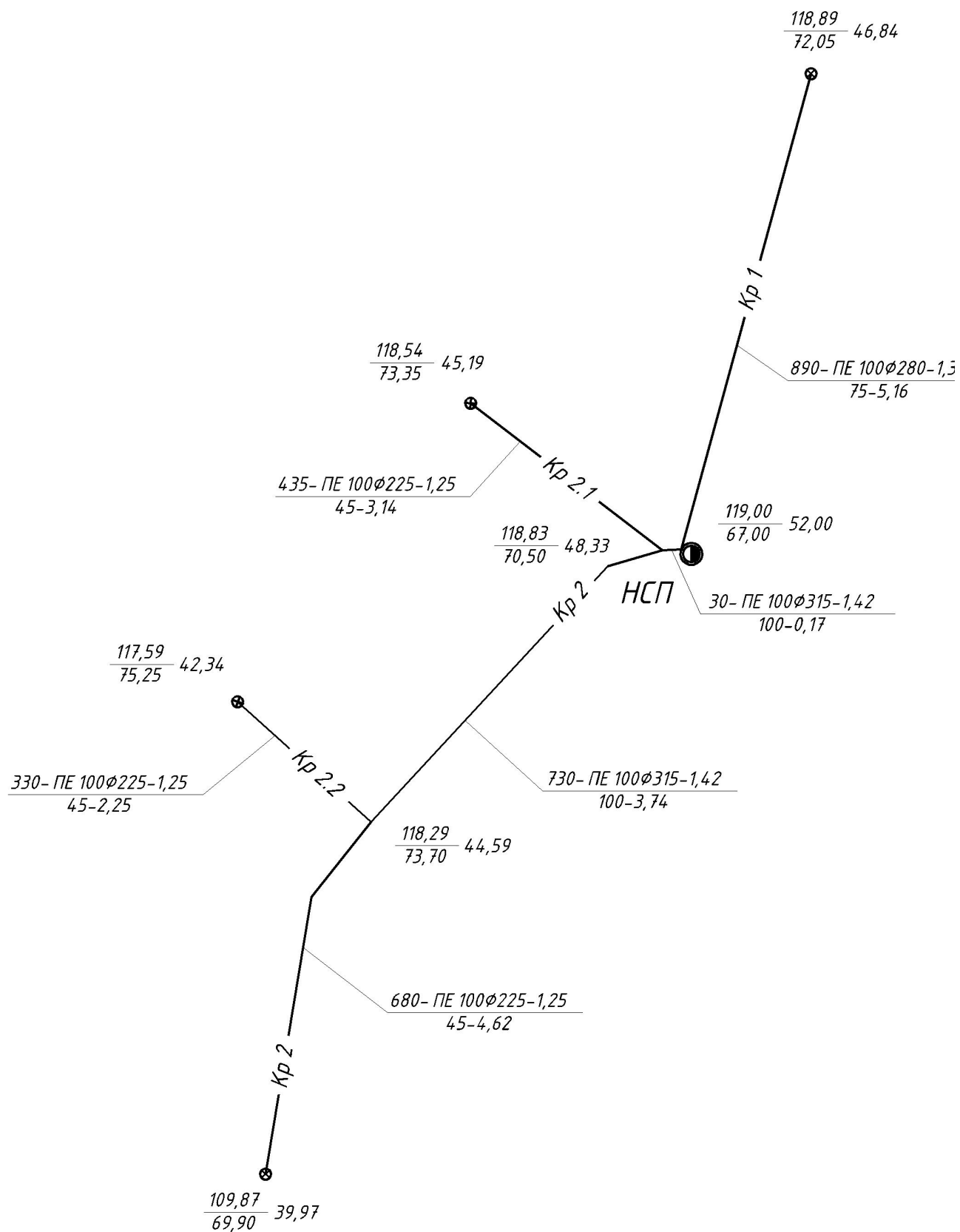


Рисунок 2.2 – Схема до гідравлічного розрахунку зрошувальної мережі

За обчисленим діаметром приймаємо найближчий стандартний діаметр трубопроводу і уточнюємо швидкість руху води

$$V=4Q/(\pi d_{\text{ст}}^2) \quad (2.2)$$

Втрати напору визначаємо за формулою

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.3)$$

де λ – гідравлічний коефіцієнт тертя, для ПЕ труб приймаємо 0,0185-0,019; L – довжина трубопроводу на ділянці, м; V – швидкість руху рідини, м/с.

2.3 Технічна характеристика гідротехнічних елементів зрошувальної мережі

Запроектована замкнута зрошувальна мережа монтується з напірних поліетиленових труб різних діаметрів (марки ПЕ-100 SDR 17), номінальні геометричні параметри яких підібрані на основі виконаного гідравлічного розрахунку.

Окрім лінійних ділянок трубопроводів, для забезпечення безперебійної роботи системи та правильного підключення дощувальних машин передбачено застосування відповідної водопровідної арматури та з'єднувальних фасонних частин (засувки, відводи, трійники, переходи і фланцевих з'єднань). Схема деталювання мережі із зазначенням конфігурації вузлів підключення наведена на рис. 2.3.

СПЕЦИФІКАЦІЯ ТРУБ, АРМАТУРИ ТА ФАСОННИХ ЧАСТИН

№ з/п	Позначення	Назва	один. виміру	кількість	маса, кг
1	ДСТУ Б.В.2.7 - 151:2008	Труба ПЕ-100 SDR 17 Φ 315 мм	м	760	17,8
2	ДСТУ Б.В.2.7 - 151:2008	Труба ПЕ-100 SDR 17 Φ 280 мм	м	890	16,6
3	ДСТУ Б.В.2.7 - 151:2008	Труба ПЕ-100 SDR 17 Φ 225 мм	м	1445	13,4
4	- // - // -	Тріюник ПЕ-100 SDR 17 315 x 225 мм	шт	2	-
5	- // - // -	Тріюник ПЕ-100 SDR 17 280 x 110 мм	шт	2	-
6	- // - // -	Тріюник ПЕ-100 SDR 17 225 x 110 мм	шт	4	-
7	- // - // -	Відвід ПЕ-100 SDR 17 45° Φ 225 мм	шт	1	-
8	- // - // -	Перехід редукційний 315/225 мм	шт	3	-
9	- // - // -	Втулка ПЕ під фланець 110 мм	шт	16	-
10	ГОСТ 12822 - 80	Фланець сталевий 225 мм	шт	6	-
11	ГОСТ 12822 - 80	Фланець сталевий 110 мм	шт	8	-
12	ГОСТ 9544-93	Засувка 30 ч6 др Φ 200 мм	шт	4	125,0
13	ГОСТ 9544-93	Засувка 30 ч6 др Φ 100 мм	шт	6	168,0
14	ГОСТ 12815	Вантуз одинарний Φ 100 мм	шт	4	26

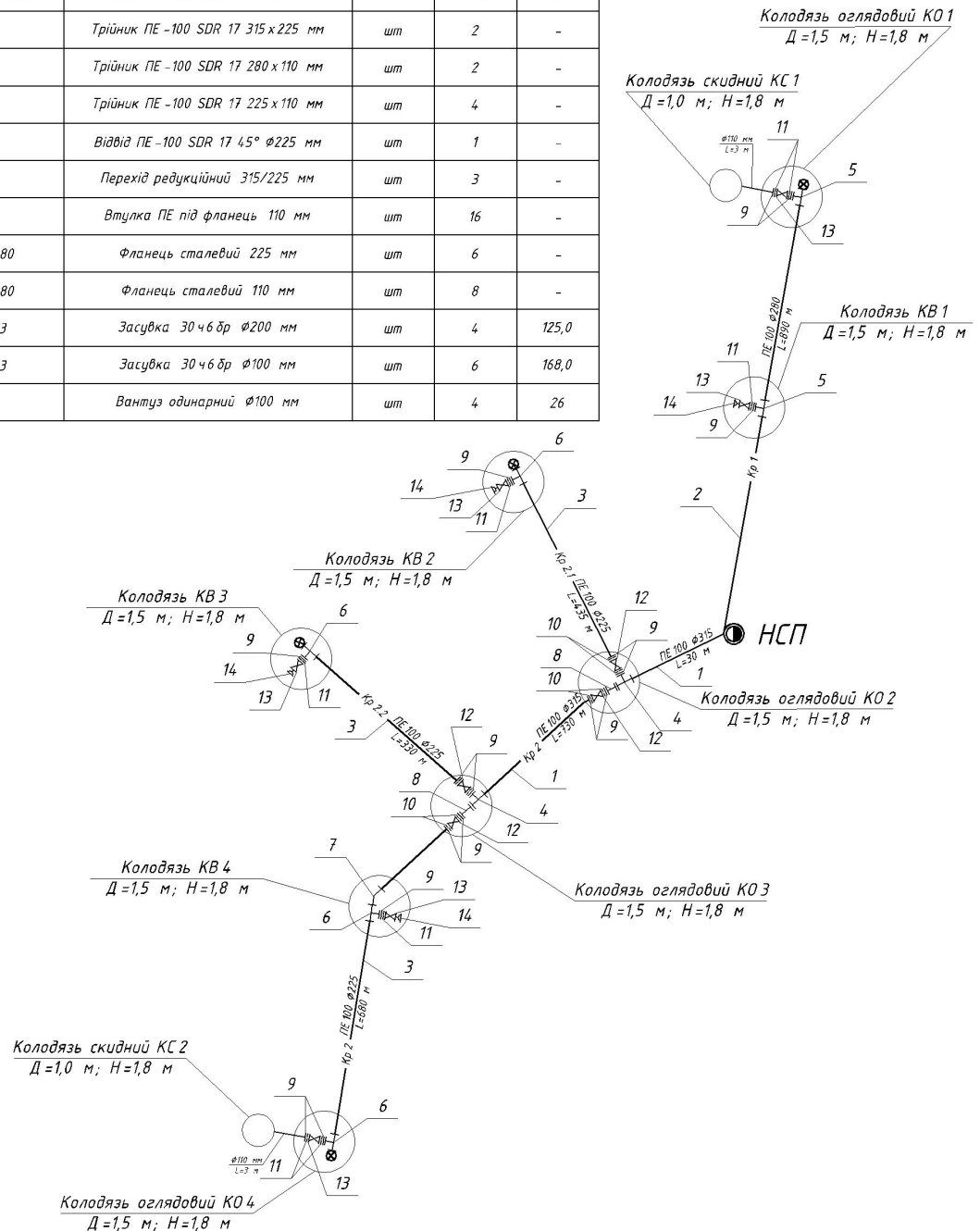


Рисунок 2.3 – Деталювальна схема та специфікація труб, арматури і фасонних частин закритої зрошувальної мережі

Запроектований магістральний трубопровід розрахований на одночасне забезпечення роботи чотирьох дощувальних машин кругової дії виробництва компанії Reinke.

Відповідно до розробленої схеми деталювання, для забезпечення належної експлуатації та обслуговування зрошувальної мережі передбачено влаштування 10 збірних залізобетонних колодязів (із кільцевих елементів згідно з ДСТУ Б В.2.6-106:2010), з яких:

- 8 одиниць – оглядові колодязі (призначені для розміщення вузлів керування, запірно-регулювальної арматури та вантузів для випуску повітря);
- 2 одиниці – водовипускні (скидні) колодязі (призначені для повного спорожнення системи в найнижчих точках рельєфу під час підготовки мережі до зимового періоду та для проведення ремонтних робіт).

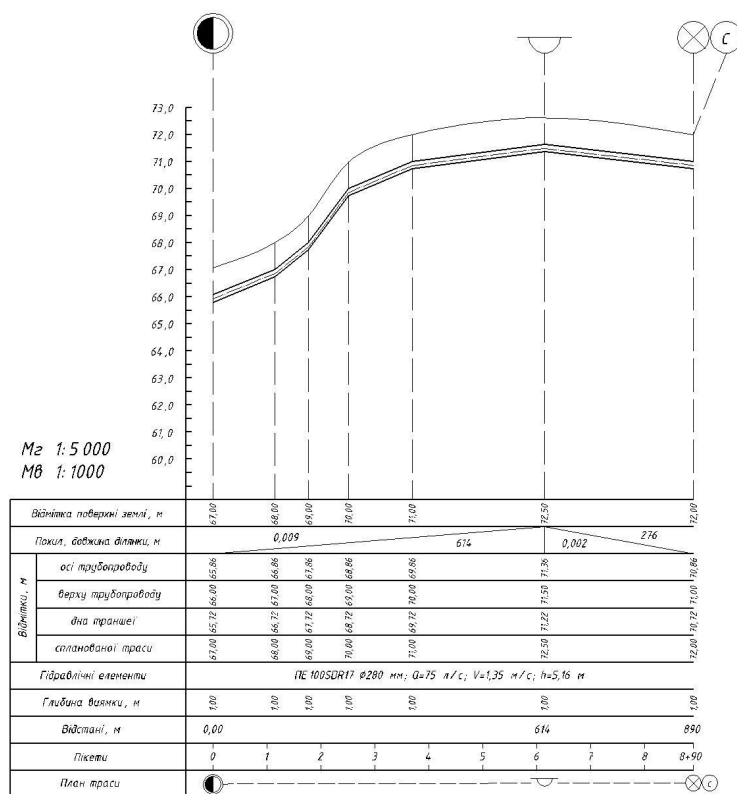
3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВИРОБНИЦТВА РОБІТ З БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок об'єму земляних і будівельно-монтажних робіт

Для розрахунку обсягів земляних робіт зі спорудження закритої зрошувальної мережі виконано побудову поздовжнього та поперечних профілів траси трубопроводів (рис. 3.1). За геодезичними позначками поверхні зрошуваного масиву, отриманими в точках перетину горизонталей із трасою, побудовано поздовжній профіль рельєфу. Креслення виконано у вертикальному масштабі 1:1000 та горизонтальному – 1:5000.

Поперечні профілі траншеї (із зазначенням усіх проєктних позначок та геометричних розмірів) розроблено для двох характерних пікетів у масштабі 1:20 (рис. 3.2). Зважаючи на те, що ґрунти масиву належать до суглинків (II група розроблення), а розрахункова глибина закладання трубопроводу не перевищує 1,5 м, згідно з нормами охорони праці (ДБН А.3.2-2-2009) коефіцієнт закладення укосів траншеї прийнято $m=0$ (траншея з вертикальними стінками). Ширина траншеї по дну визначається залежно від зовнішнього діаметра поліетиленових труб та прийнятої технології виконання монтажних робіт.

КР 1



КР 2

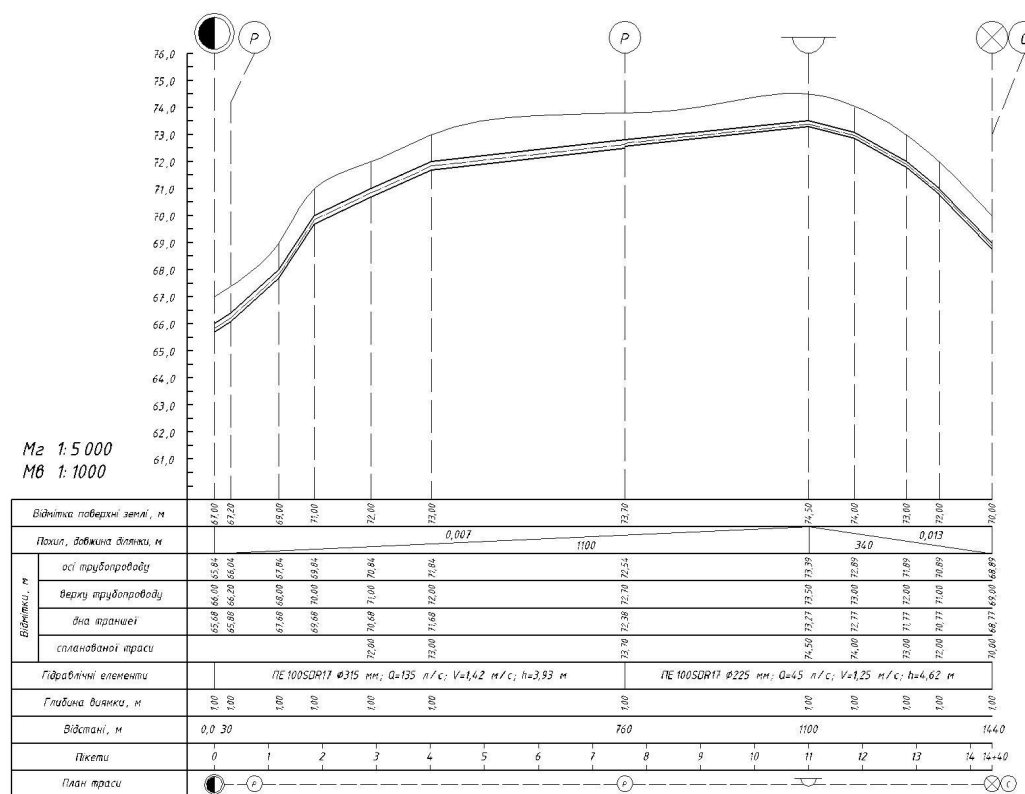


Рисунок 3.1 – Поздовжні профілі трубопроводів КР-1 і КР-2.

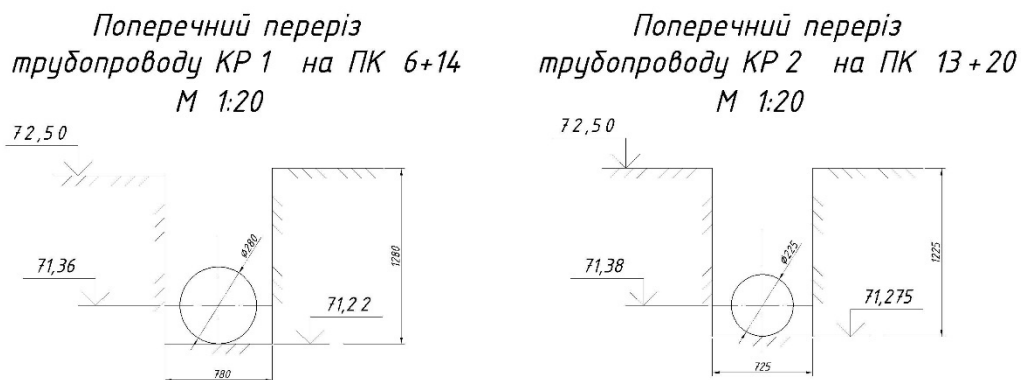


Рисунок 3.2 – Поперечні перерізи зрошувальних трубопроводів

Після побудови профілів трубопроводів розраховуємо об'єми земляних робіт. Спочатку по всій довжині траншеї знімається рослинний ґрунт на всю глибину родючого шару об'ємом $V_{зр.}$:

$$V_{зр.} = L_{тр.} \cdot B_{зр.} \cdot t_{зр.} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (3.1)$$

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

$$V_{зр.} = 3095 \cdot 8 \cdot 0,3 = 7450 \text{ (м}^3\text{)}$$

Площа планування траси траншеї, $F_{пл.}$, складе [16]:

$$F_{пл.} = L_{тр.} \cdot B_{пл.} \text{ (м}^2\text{)}, \quad (3.2)$$

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

$$F_{пл.} = 3095 \cdot 4 = 12400 \text{ (м}^2\text{)}$$

Об'єм розробки ґрунту в траншеї між пікетами складе [16]:

$$V = 0,5 \cdot (F_1 + F_2) \cdot l_i \text{ (м}^3\text{)}, \quad (3.3)$$

де l_i – відстань між пікетами, м; F_1, F_2 – площі сусідніх перерізів траншеї, які розраховують за формулою [16]:

$$F=(B_{\text{тр.}}+m h_{\text{тр}}) (m^2) \quad (3.4)$$

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

$$V_{\text{руч.}}=L_{\text{тр.}} \cdot B_{\text{тр.}} \cdot t_{\text{руч.}} (m^3), \quad (3.5)$$

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

Об'єм ґрунту, що розробляється екскаватором, $V_{\text{мех.}}$, складе [16]:

$$V_{\text{мех.}}=V- V_{\text{руч.}} (m^3), \quad (3.6)$$

Під час підрахунку загальних обсягів земляних робіт додатково враховують об'єми розроблення ґрунту в котлованах для влаштування залізобетонних колодязів та в монтажних приямках для з'єднання стиків поліетиленових труб. Згідно з технологічними нормами, ці показники приймаються в розмірі 3 % та 1 % відповідно від основного об'єму розроблення ґрунту в лінійній траншеї.

Об'єм ґрунту для зворотного засипання траншеї (включно з частковим присипанням трубопроводу) визначається як різниця між загальним об'ємом розробленого ґрунту та об'ємом, який витісняється укладеними трубами й змонтованими спорудами, і становить:

$$V_{\text{част.}}=(0,5 \cdot B_{\text{тр.}} d - \pi \cdot d^2/8) \cdot L_{\text{тр.}} (m^3), \quad (3.7)$$

Об'єм повної засипки траншеї ґрунтом

$$V_{\text{пов.}}= V+ V_{\text{кол.}}+ V_{\text{пр.}}-V_{\text{част.}} \quad (3.8)$$

Розрахунок об'ємів земляних робіт зведено у табл.3.1, а всі види робіт і їх об'єми представлені у табл.3.2.

Таблиця 3.1 – Розрахунок об'ємів земляних робіт при будівництві зрошувального трубопроводу

№ пікету	D, мм	h _{випілки} , м	V _{траншеї} , м	F _{транш.} , м ²	L _{тр.} , м	V _{роз.} , м ³
1	2	3	4	5	6	7
Кр 1						
1	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
2	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
3	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
4	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
5	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
6	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
7	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
8	280	1.0	0.78	1.00	100	99.8
8+90	280	1.0	0.78	1.00	90	89.9
Кр 2						
1	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
2	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
3	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
4	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
5	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
6	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
7	315	1.0	0.815	1.07	100	107.2
7+60	315	1.0	0.815	1.07	60	64.3
8	225	1.0	0.725	0.89	40	35.5
9	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
10	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
11	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
12	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
13	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
14	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
14+40	225	1.0	0.725	0.89	40	35.5
Кр 2.1						
1	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
2	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
3	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
4	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
4+35	225	1.0	0.725	0.89	35	31.1
Кр 2.2						
1	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
2	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
3	225	1.0	0.725	0.89	100	88.8
3+30	225	1.0	0.725	0.89	30	26.6
Всього					3095	3000

Таблиця 3.2 – Відомість об'ємів робіт по будівництву закритої зрошувальної мережі

Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Кількість для трубопроводу				
		Кр 1	Кр 2	Кр 2.1	Кр 2.2	Всього
1	2	3	4	5	6	9
Зрізання рослинного ґрунту з траси трубопроводу шаром 0,3 м	м ³	2140	3460	1050	800	7450
Планування траси трубопроводу	м ²	3565	5765	1745	1325	12400
Розробка ґрунту в траншеї всього в тому числі екскаватором вручну	м ³	890	1420	395	295	3000
	м ³	820	1310	363	271	2765
	м ³	70	110	32	24	235
Розробка ґрунту в прямках під стики труб	м ³	9	14	4	3	30
Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м ³	27	43	12	9	90
Монтаж (укладання) труб (окремо по видам і діаметрам)	(d=315 мм) М	-	760	-	-	760
	(d=280мм) М	890	-	-	-	890
	(d=225мм) М	-	680	435	330	1445
Монтаж засувок	шт.	2	4	2	2	10
Монтаж оглядових і скидних колодязів	шт.	3	5	1	1	10
Монтаж нерухомих опор	шт.	-	-	-	-	4
Монтаж гідрантів ДМ «Rainke»	шт.	1	1	1	1	4
Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	70	110	30	20	230
Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	855	1365	384	285	2890
Відновлення рослинного шару ґрунту	м ³	2140	3460	1050	800	7450

3.2 Технологія будівельного виробництва

Структура будівельного процесу. Відповідно до технології спорудження закритої зрошувальної системи, передбачено виконання такого комплексу послідовних процесів: геодезичне розбивання траси; підготовчі роботи; постачання матеріалів; зняття родючого шару ґрунту; планування траси; розроблення траншей; монтаж поліетиленових трубопроводів (разом із фасонними частинами та арматурою); попереднє гідравлічне випробування; часткове засипання траншей; остаточне випробування; монтаж гідротехнічної арматури та вузлів; остаточне засипання і повернення родючого шару ґрунту (рекультивация).

Підготовчі роботи та зняття ґрунту. Перед початком основних робіт виконується планування ділянки за допомогою бульдозера. Зняття (зрізання) родючого шару ґрунту на трасі трубопроводів виконується на глибину 0,3 м за два проходи бульдозера по одному сліду. Відвал зрізаного ґрунту розміщується з одного боку відносно осі траншеї на відстані не менше 10 м, щоб монтажна зона з іншого боку залишалася вільною для проходу техніки. Планування траси виконується поздовжніми проходами бульдозера.

Постачання матеріалів. Транспортування поліетиленових труб, залізобетонних елементів колодязів та обладнання від баз комплектації до об'єкта здійснюється сучасними бортовими автомобілями та трубовозами (сідловими тягачами з напівпричепами).

Розроблення траншей. Розроблення ґрунту ведеться відповідно до проєктних розмірів поперечного профілю. Для копання лінійної частини траншеї використовується екскаватор (траншеєкопач або одноківшовий екскаватор, обладнаний зворотною лопатою). Екскаватор розробляє ґрунт нижче рівня своєї стоянки рухом «на себе», переміщуючись уздовж осі

траншеї, і відсипає ґрунт в один бік. Позначки дна траншеї контролюються геодезичними приладами або візиркою. Підготовка основи під трубопровід завершується ручним доопрацюванням дна та влаштуванням приймків у місцях з'єднання труб.

Монтаж трубопроводів. Монтаж виконується згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди». Поліетиленові труби розкладають уздовж брівки траншеї. Опускання трубних секцій, а також монтаж важкої запірної арматури та бетонних елементів колодязів здійснюється за допомогою автомобільного крана. Кран переміщується паралельно траншеї на безпечній відстані (не менше 2 м від краю укосу до коліс механізму).

Влаштування колодязів. У місцях розташування вузлових точок одноківшовим екскаватором відриваються котловани з укосами 1:0,5. На дні влаштовується піщано-гравійна підготовка завтовшки 15 см. Монтаж оглядових і скидних колодязів здійснюється автокраном зі збірних залізобетонних кілець (діаметром 1000, 1500 та 2000 мм відповідно до ДСТУ Б В.2.6-106:2010).

Гідравлічні випробування. Трубопроводи підлягають випробуванню на міцність та герметичність гідравлічним способом. Випробування проводять у два етапи:

- попереднє (на міцність) – у відкритій траншеї до встановлення арматури;
- остаточне (на герметичність) – після часткового засипання траншеї, але до встановлення вантузів і гідрантів (замість них монтують глухі фланці).

Випробувальний тиск має перевищувати розрахунковий робочий на 0,3–0,5 МПа. Для підняття тиску використовується пересувний гідравлічний пресувальник.

Засипання траншей та рекультивація. Засипання виконується у два етапи. Перед попереднім випробуванням трубу присипають шаром ґрунту 20–30 см із ретельним ручним ущільненням пазух (для фіксації трубопроводу). Остаточне засипання виконується бульдозером пошарово з

механізованим ущільненням. На завершальному етапі бульдозер виконує насунання попередньо знятого родючого шару ґрунту (рекультивацію).

Монтаж арматури. Для нормальної роботи системи у вузлових колодязях монтується відповідна арматура. Повне спорожнення мережі здійснюється через скидні засувки в найнижчих точках. Випуск та впуск повітря у підвищених точках профілю забезпечується вантузами. Для захисту поліетиленових труб від гідравлічних ударів під час зупинки насосів передбачено встановлення регуляторів тиску та відповідних зворотних клапанів.

3.3 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів для будівництва закритої зрошувальної мережі

Формування комплекту будівельних машин і механізмів здійснюється відповідно до технологічної послідовності та видів робіт, які виконуються під час спорудження зрошувального масиву. Для зняття (зрізання) родючого шару ґрунту, планування траси трубопроводу, а також для зворотного засипання траншей доцільно використовувати бульдозери на гусеничному ході. Головними критеріями підбору оптимальної марки бульдозера є: максимальна відстань переміщення ґрунту, глибина розроблення та необхідна тягова потужність машини.

Відстань переміщення ґрунту визначається технологічними особливостями спорудження лінійної частини зрошувальної мережі. Максимальна відстань переміщення розраховується на основі геометричних параметрів поперечного профілю траншеї та розміщення відвалів, розрахункову схему яких наведено на рис. 3.3.

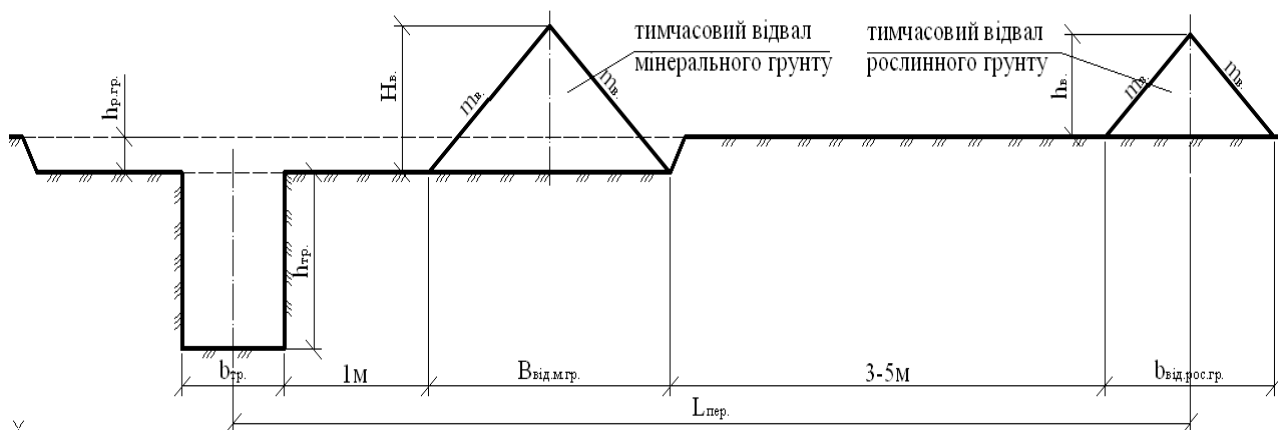


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку відстані переміщення рослинного ґрунту

Відповідно до розрахункової схеми визначаються геометричні параметри траншеї, а також розміри відвалів родючого (рослинного) та мінерального ґрунту. Отримані значення є базовими для подальшого підбору будівельної техніки за її технічними характеристиками.

Згідно з розрахунковою схемою, максимальну відстань переміщення родючого шару ґрунту у поперечному напрямку (убік від осі траншеї) можна визначити за такою геометричною формулою:

$$L = b_{\text{тр.}}/2 + 1 + V_{\text{від.м.гр.}} + (3 \dots 5) \text{ м} + b_{\text{в.р.гр.}}/2 \text{ (м)}, \quad (3.9)$$

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

Ширину тимчасового відвалу по низу визначають за наступним виразом:

$$V_{\text{від.м.гр.}} = 2H_{\text{в.}} \text{ (м)}, \quad (3.10)$$

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

$$H_{в.} = \sqrt{F_{г.}} \text{ (м)}, \quad (3.11)$$

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

$$F_{в.} = F_{тр.} \cdot k_{п} \text{ (м}^2\text{)}, \quad (3.12)$$

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

Для нашого випадку при максимальних показниках отримаємо

$$F_{в.} = 1,38 \cdot 1,25 = 1,725 \text{ м}^2,$$

$$f_{в.} = 3,0 \cdot 1,2 = 6,4 \text{ м}^2,$$

$$H_{в.} = \sqrt{1,725} = 1,31 \text{ м},$$

$$h_{в.} = \sqrt{6,4} = 2,52 \text{ м},$$

$$B_{від.м.гр.} = 2 \cdot 1,31 = 2,64 \text{ м},$$

$$b_{в.р.гр.} = 2 \cdot 2,52 = 5,04 \text{ м},$$

$$L = 0,95/2 + 1 + 2,64 + 3 + 5,04/2 = 9,64 \approx 10,0 \text{ м}.$$

За результатами розрахунку, максимальна відстань переміщення родючого шару ґрунту становить 10,0 м, а проєктна глибина зрізання, як було визначено раніше, дорівнює 0,3 м. З огляду на ці технологічні параметри, а також зважаючи на необхідність роботи із суглинковими ґрунтами (II група за важкістю розроблення), оптимальним технічним рішенням є застосування важкого бульдозера на базі гусеничного трактора тягового класу 10 (наприклад, поширеної модифікації Т-170). Вибір саме цієї машини

обґрунтовується її високою експлуатаційною продуктивністю під час переміщення ґрунтових мас на відстані до 50 м та достатньою потужністю для пошарового зрізання щільних ґрунтів без необхідності їхнього попереднього розпушування.

Основні техніко-експлуатаційні характеристики обраного бульдозера наступні. Бульдозер марки Т-170, змонтований на базовому гусеничному шасі, що належить до 10-го тягового класу. Конструктивна маса машини становить 15000 кг. Завдяки гусеничному рушію з поздовжньою базою 2517 мм та шириною колії 1880 мм, питомий тиск техніки на ґрунт не перевищує 0,076 МПа, що забезпечує високу прохідність і стабільність роботи на об'єкті.

Силова установка бульдозера генерує номінальну потужність 125 кВт (170 к.с.). Габаритні розміри машини становлять: довжина – 4600 мм, ширина – 2480 мм, висота – 3180 мм. Основним робочим органом є поворотний відвал із габаритами 2800×990 мм, конструкція якого дозволяє ефективно виконувати пошарове зрізання, переміщення та планування ґрунтових мас під час спорудження зрошувальної мережі.

Підбір оптимальної марки екскаватора здійснюється на основі розрахунку необхідних експлуатаційних параметрів для виконання робіт із розроблення лінійної траншеї для зрошувального трубопроводу, а також локальних котлованів під оглядові та скидні колодязі.

Необхідна розрахункова максимальна глибина розроблення ґрунту визначається з урахуванням геометричних параметрів підземних споруд за формулою:

$$h_{\text{роз.}} = h_{\text{т}} + h_{\text{пл.}} \text{ (м)}, \quad (3.13)$$

де $h_{\text{т}}$ – глибина траншеї, м; $h_{\text{пл.}}$ – висота платформи екскаватора (0,335 м).

В нашому випадку отримаємо

$$h_{\text{роз.}}=1,315+0,335=1,65 \text{ (м)}$$

Максимальний радіус розвантаження визначається:

$$R_{\text{роз.}}=b_{\text{тр.}}/2 + 1+B_{\text{в.м.г.}}/2 \text{ (м)}, \quad (3.14)$$

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

В нашому випадку отримаємо

$$R_{\text{роз.}}=0,95/2+1+ 2,64/2=2,8 \text{ (м)}$$

Максимальну висоту розвантаження визначають за формулою

$$H_{\text{розв.}}=H_{\text{в.м.г.}}+0,2, \quad (3.15)$$

В нашому випадку отримаємо

$$H_{\text{розв.}}=1,31+0,2=1,51 \text{ (м)}$$

На основі отриманих розрахункових значень (необхідної глибини розроблення та обсягів робіт) для виконання земляних робіт із копання траншей та котлованів обрано гідравлічний екскаватор марки ЕТ-16 на гусеничному шасі. Експлуатаційна маса машини становить 15,2 т. Габаритні розміри техніки (довжина – 8200 мм, ширина – 3150 мм, висота – 3000 мм) та гусенична база забезпечують високу стійкість і прохідність під час роботи на суглинкових ґрунтах.

Силовa установка екскаватора генерує номінальну потужність 77,0 кВт. Зважаючи на конструктивні особливості гусеничного рушія, максимальна швидкість пересування машини становить 2,4 км/год, що є достатнім для маневрування в межах робочої зони будівельного майданчика.

Основним робочим органом екскаватора є ківш (типу «зворотна лопата») місткістю 0,5 м³, який встановлено на стрілі з робочою рукояттю завдовжки 1,9 м. Такі параметри робочого обладнання забезпечують високі

кінематичні характеристики: максимальний радіус копання сягає 7,97 м, а максимальна глибина розроблення ґрунту становить 5,11 м. Цей показник із значним запасом перекирає нашу розрахункову потребу (1,65 м), гарантуючи безпечне та ефективне виконання робіт. Максимальна висота розвантаження становить 5,56 м, а робочий кут повороту платформи дорівнює 173°, що дозволяє безперешкодно відсипати розроблений ґрунт у відвал на необхідній нормативній відстані від краю траншеї.

Підбір оптимальної марки автомобільного крана для виконання вантажно-розвантажувальних робіт, а також монтажу поліетиленових трубопроводів і збірних елементів залізобетонних колодязів здійснюється на основі розрахунку його потрібних робочих параметрів. До основних визначальних параметрів належать: необхідна вантажопідйомність, висота підйому гака та робочий виліт стріли крана.

Необхідна вантажопідйомність крана визначається за формулою:

$$Q_{кр} = Q_{ел} + Q_{ос} \text{ (кг)}, \quad (3.16)$$

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

У нашому випадку отримаємо

$$Q_{кр} = 320 + 45 = 365 \text{ (кг)}.$$

Висота підйому гаку не розраховується, тому що роботи виконуються на рівні стоянки крану. Виліт гака крану розраховується по формулі:

$$L_{кр} = C / 2 + a + b \text{ (м)} \quad (3.17)$$

де C – база крану, м; a – відстань від шасі крану до бровки траншеї, м;
 b – відстань від бровки траншеї, котловану до осі монтує мого елемента, м.

В нашому випадку отримаємо

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

На основі визначених розрахункових параметрів для виконання вантажно-розвантажувальних і будівельно-монтажних робіт прийнято автомобільний стріловий кран марки КС-5576Б. Машину змонтовано на базовому автомобільному шасі МАЗ-630303 та оснащено дизельним двигуном ЯМЗ-236БЕ2 із номінальною потужністю 184 кВт (250 к.с.). Максимальна швидкість пересування крана сягає 60 км/год, що забезпечує високу мобільність техніки під час перебазування. Повна експлуатаційна маса крана з основною стрілою становить 24,62 т.

Габаритні розміри машини в транспортному положенні становлять: довжина – 11 600 мм, ширина – 2 500 мм, висота – 3 950 мм.

Максимальна вантажопідйомність механізму становить 32 т. Основне робоче обладнання представлене телескопічною стрілою, довжина якої варіює в діапазоні від 9,9 до 30,7 м, що забезпечує робочий виліт від 3,0 до 26,0 м. Максимальна висота підйому вантажу на основній стрілі становить 31,3 м, а в разі застосування додаткового ґратчастого подовжувача (гуська) завдовжки 7,15 м цей показник збільшується до 37,3 м. Номінальна робоча швидкість підйому та опускання вантажу дорівнює 7,0 м/хв.

Застосування крана підвищеної вантажопідйомності (32 т) є технологічно виправданим рішенням для даного об'єкта. Завдяки великому запасу стійкості та значному вильоту стріли, кран здатний монтувати відразу кілька секцій трубопроводу або елементів колодязів з однієї стоянки. Крім того, це дозволяє розташовувати шасі крана на значній та безпечній відстані від краю траншеї, виключаючи ризик створення критичного навантаження на призму обвалення ґрунту.

Для забезпечення об'єкта будівельними матеріалами застосовується два типи вантажних автомобілів: для транспортування інертних матеріалів (піску та щебеню для основи траншей) використовуються автомобілі-самоскиди

вантажопідйомністю 15–20 т (наприклад, МАЗ-5516 або сучасні аналоги), а для безпечного перевезення поліетиленових труб і залізобетонних кілець – бортові автомобілі або сідлові тягачі з напівпричепами. Підсумовуючи наведені розрахунки, виконання будівельно-монтажних робіт зі спорудження закритої зрошувальної мережі забезпечуватиметься таким комплексним загоном машин і механізмів (рис. 3.4):

- бульдозер гусеничний Т-170 (для зняття родючого шару, планування траси та остаточного засипання траншей);
- екскаватор гідравлічний одноківшовий ЕТ-16 (для розроблення лінійних траншей та локальних котлованів);
- кран автомобільний стріловий КС-5576Б (для виконання вантажно-розвантажувальних робіт та монтажу конструкцій);
- автомобілі-самоскиди та бортові вантажівки (для логістичного забезпечення об'єкта).



Бульдозер Т-170



Екскаватор ЕТ-16



Кран КС-5576Б



Автомобілі-самоскид МАЗ-5516

Рисунок 3.4 – Загальний вигляд обраної землерийної та будівельно-монтажної техніки

Окрім основної важкої техніки, для виконання будівельного процесу передбачено застосування засобів малої механізації (ручні бензинові вібротрамбівки для пошарового ущільнення ґрунту в траншеях), пресувального обладнання для гідравлічних випробувань, сучасних геодезичних приладів (нівеліри, теодоліти, лазерні рулетки, візирні рейки), а також стандартного ручного шанцевого та монтажного інструменту (лопати, ломы, гайкові ключі, такелажні стропа тощо).

3.4 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні

Після підрахунку обсягів робіт за кожною технологічною операцією під час будівництва зрошувальної мережі складається калькуляція трудових витрат у табличній формі (табл. 3.6).

Склад ланки та норму часу приймаємо за відповідними збірниками РЕКН (Ресурсні елементні кошторисні норми), вказуючи відповідні статті та параграфи. Трудомісткість виконання робіт визначають за формулою:

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{V_{\text{од}} \cdot 8,2} \quad (3.18)$$

де: V – загальний обсяг роботи за проектом у відповідних одиницях виміру (м^3 , шт., м тощо); $H_{\text{ч}}$ – норма часу на виконання одиниці обсягу роботи; $V_{\text{од}}$ – одиниця обсягу роботи згідно з РЕКН (наприклад, 1 м^3 , 100 м^3 тощо); $8,2$ – нормативна тривалість робочої зміни в годинах.

Розрахунок заробітної плати виконується у два етапи. На першому етапі здійснюється розрахунок умовно-постійних показників заробітної плати, які залежать від рівня середньої заробітної плати, а також середньої норми робочого часу за даними профільного міністерства.

Розрахунок заробітної плати робітників виконується за усередненою вартістю людино-години, яка визначається за формулою:

$$C_y = \frac{ЗП_{сер}}{t_{міс}} \quad (3.19)$$

де: $ЗП_{сер}$ – середня місячна заробітна плата в будівництві одного робітника в еквіваленті повної зайнятості (у Дніпропетровській області на 2026 рік прийнята на рівні 32000 грн); $t_{міс}$ – середня норма робочого часу в будівництві на одного працівника за місяць (становить 167,67 год).

Таким чином, базова усереднена вартість людино-години становить:

$$C_y = 32000 / 167,67 = 190,85 \text{ грн/год.}$$

Фактична усереднена вартість людино-години для конкретної роботи визначається за формулою:

$$C_{фy} = C_y \cdot \frac{K_i}{K_{сер}} \quad (3.20)$$

де: K_i – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду роботи, що виконується; $K_{сер}$ – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду виконання робіт у будівництві (дорівнює 3,8).

Середній розряд роботи визначається за формулою:

$$P_{сер} = \frac{\sum (P_i \cdot N_i)}{N_{заг}} \quad (3.21)$$

де: P_i – тарифний розряд i -того робітника; N_i – кількість робітників із відповідним розрядом; $N_{заг}$ – загальна кількість робітників у ланці.

На другому етапі розраховується загальний фонд заробітної плати за виконання всього обсягу робіт:

$$\text{ЗП} = C_{\text{фy}} \cdot Q \cdot t_{\text{зм}} \quad (3.22)$$

де: Q – загальна трудомісткість виконання роботи, люд.-дн.; $t_{\text{зм}}$ – нормативна тривалість зміни, що дорівнює 8,2 год.

Таким чином, відповідно до підсумків таблиці 3.6, на будівництво закритої зрошувальної мережі буде витрачено 106,2 люд.-дн. Приймаючи середній розряд робіт наближеним до нормативного, загальна розрахункова заробітна плата робітників за цей комплекс робіт становитиме 162128 грн.

3.5 Графік виробництва земляних і будівельно-монтажних робіт

Базою для розроблення календарного графіка виконання робіт є попередньо складена калькуляція трудових витрат та розрахункова потреба в часі роботи будівельних машин і механізмів. Календарний графік чітко відображає прийняту технологічну послідовність, терміни тривалості та взаємозв'язок усіх будівельних процесів під час спорудження закритої зрошувальної мережі. Графік проектується за нормативно встановленою формою і наведений у табл. 3.7.

Таблиця 3.6 – Розрахунок калькуляції трудових витрат та заробітної платні при будівництві зрошувальної мережі

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця вимір	Кіл-ть	Параграф РЕКН	Склад ланки		Одиниця вимір	Норма часу	Трудомістк.	С _{фу}	З/п, грн.
					спеціальн., розряд	кіл-ть					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зрошувальна мережа											
1	Зрізка рослинного шару ґрунту	м³	7450	Е2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0.5	4.7	260.1	10024.25
2	Планування траси траншеї	м²	12400	Е2-1-35	маш. 6 розр.	1	1000	0.29	0.4	260.1	853.128
3	Розробка траншеї екскаватором на повний профіль	м³	2765	Е2-1-13	маш. 6 розр.	1	100	2.6	9.0	260.1	19195.38
4	Ручна розробка ґрунту	м³	235	Е2-1-47	землек 2 розр.	2	1	0.85	25.0	150.8	30914
5	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі та стики труб	м³	120	Е2-1-11	маш. 6 розр.	1	100	2.8	0.4	260.1	853.128
6	Укладка труб Д-315 мм	м	760	В12-3-50	монт. 3,4 розр.	3	100	8.4	8.0	180.4	11834.24
7	Д-280 мм	м	890	В12-3-50	монт. 3,4 розр.	3	100	7.5	13.5	180.4	19970.28
8	Д-225 мм	м	1445	В12-3-50	монт. 3,4 розр.	3	100	5.2	5.0	180.4	7396.4
9	Монтаж оглядових і скидних колодязів	шт	10	Е9-2-29	монт. 3,4 розр.	3	1	7.8	9.8	180.4	14496.94
10	Монтаж засувок	шт	10	Е9-2-16	монт. 3,4 розр.	3	1	4.2	5.3	180.4	7840.184
11	Монтаж нерухомих опор	шт	4	Е9-2-18	монт. 3,4 розр.	3	1	1.2	0.6	180.4	887.568
12	Монтаж вантузів	шт	4	Е9-2-18	монт. 3,4 розр.	3	1	0.73	0.4	180.4	591.712
13	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м³	230	Е2-1-58	землек 2 розр.	2	1	0.73	21.0	180.4	31064.88
14	Попереднє гідравлічне випробування	м	3095	Е9-2-16	монт. 3,4 розр.	2	100	0.16	0.6	180.4	887.568
15	Повна засипка траншеї ґрунтом	м³	2890	Е2-1-34	маш. 6 розр.	1	100	0.35	1.3	260.1	2772.666
16	Кінцеве гідравлічне випробування	м	3095	Е9-2-14	монт. 3,4 розр.	2	100	0.25	1.0	180.4	1479.28
17	Відновлення рослинного шару ґрунту	м³	7450	Е2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0.05	0.5	260.1	1066.41
	Всього								106,2		162128

Під час розроблення календарного графіка необхідно передбачати максимальне суміщення будівельних процесів у часі (організація потокового методу виконання робіт). Склад ланки для виконання окремих операцій, що формується з робітників відповідних професій та кваліфікації, а також її оптимальна чисельність приймаються згідно з вимогами РЕКН. Зважаючи на технологічні умови об'єкта, змінність робіт приймається рівною одній зміні на добу.

3.6 Контроль якості виробництва робіт

Будівельно-монтажні організації зобов'язані забезпечувати належну якість і надійність будівель та споруд шляхом здійснення комплексу технічних, економічних і організаційних заходів щодо ефективного управління якістю на всіх стадіях створення будівельної продукції. Ці заходи включають сукупність методів і засобів, спрямованих на забезпечення відповідності виконаних будівельно-монтажних робіт і закінчених будівництвом об'єктів вимогам чинних нормативних документів та затвердженої проєктної документації.

Контроль якості будівельно-монтажних робіт і закінченої будівельної продукції здійснюють атестовані служби контролю якості. Вони мають бути оснащені відповідними технічними засобами, що забезпечують необхідну достовірність і повноту контролю, і можуть входити до складу будівельно-монтажних організацій або залучатися на договірних засадах.

Крім того, контроль якості здійснюється замовником (у порядку технічного нагляду), проєктними організаціями (у порядку авторського нагляду), органами державного архітектурно-будівельного контролю та іншими уповноваженими органами державного нагляду. Допустимі відхилення під час розроблення траншей та котлованів наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Допустимі відхилення під час розроблення земляних виїмок

№ з/п	Технічні вимоги (параметр, що контролюється)	Граничні відхилення	Метод і обсяг контролю
1	Відхилення позначок дна виїмок від проєктних під час чорнового розроблення: а) екскаваторами «зворотна лопата» з механічним приводом; б) екскаваторами з гідравлічним приводом; в) екскаваторами, оснащеними планувальним ковшем; г) бульдозерами; д) траншейними екскаваторами.	+15 см +10 см +10 см +10 см +10 см	Вимірювальний. Кількість вимірів на приймальну ділянку повинна бути не меншою ніж: 10 10 15 10 10
2	Відхилення позначок дна виїмок від проєктних: а) недобори; б) перебори.	10 см 20 см	Вимірювальний. Мінімум 20 вимірів у найвищих точках.
3	Відхилення позначок після доопрацювання недоборів і відновлення переборів	±5 см	Вимірювальний. У місцях розташування колодязів та не рідше ніж через кожні 50 м у траншеях.
4	Вид і характеристика ґрунту природної основи під споруди та трубопроводи	Повинні відповідати проєкту. Не допускається розмив, розм'якшення або промерзання ґрунту основи завтовшки понад 3 см.	Технічний (візуальний) огляд.
5	Відхилення від проєктного поздовжнього похилу дна траншеї	Не повинні перевищувати ±0,0005	Вимірювальний. У місцях поворотів, розташування колодязів та не рідше ніж через кожні 50 м.
6	Відхилення похилу спланованої поверхні від проєктного	+0,001	Вимірювальний, геодезичний.

Під час приймального контролю обов'язково проводиться перевірка якості виконаних робіт і відповідальних конструкцій. Роботи, які

приховуються наступними етапами будівництва (наприклад, улаштування піщаної основи, монтаж труб до їх засипання), підлягають обов'язковому огляду зі складанням Актів огляду прихованих робіт. Такий акт складається на завершений технологічний процес безпосередньо перед початком наступних робіт. Забороняється виконання наступних етапів робіт за відсутності оформлених актів огляду попередніх прихованих робіт. Огляд прихованих робіт і приймання відповідальних конструкцій повинні здійснюватися з урахуванням особливих вказівок і технічних умов робочого проєкту, що обов'язково відображається у відповідній документації.

3.7 Техніка безпеки при виконанні будівельних робіт

Виконання робіт із будівництва зрошувальної мережі здійснюється згідно з вимогами ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». До основних заходів із забезпечення безпеки праці належать:

- 1) Підготовка майданчика: початок робіт допускається лише після облаштування огорожень будівельного майданчика (захисних або сигнальних) та закріплення геодезичної розбивочної основи.
- 2) Організація руху: для безпечного переміщення техніки вздовж траси влаштовуються проїзди завширшки не менше 4,5 м. Рух машин дозволяється виключно поза межами призми обвалення ґрунту траншей та котлованів. Гранична швидкість руху транспорту позначається відповідними дорожніми знаками згідно з ДСТУ 4100:2021.
- 3) Переходи та проходи: для пішохідного переходу через траншеї встановлюються інвентарні містки завширшки не менше 0,8 м, обладнані поручнями та бортовими дошками (для запобігання падінню інструментів). У темну пору доби місця переходів обов'язково освітлюються.

- 4) Спуски в котловани: спуск у траншеї та котловани здійснюється за допомогою інвентарних трапів з поручнями або влаштованих у ґрунті ступінчастих спусків завширшки не менше 1,5 м.
- 5) Захист виїмок: усі колодязі, шурфи та інші виїмки повинні бути закриті міцними щитами, кришками або огорожені сигнальною стрішкою чи огороженнями з електричними сигнальними лампами (напругою не вище 42 В) у темну пору доби.
- 6) Робота машин поблизу траншей: робота будівельних машин (екскаваторів, автокранів) поблизу неукріплених укосів дозволяється лише за межами призми обвалення ґрунту. Відстань визначається проектом виконання робіт (ПВР) залежно від кута внутрішнього тертя ґрунту.
- 7) Пожежна безпека та медичне забезпечення: тимчасові склади пально-мастильних матеріалів влаштовуються відповідно до вимог «Правил пожежної безпеки в Україні». Кожне робоче місце має бути укомплектоване аптечкою першої медичної допомоги, за стан якої відповідає призначений керівником робіт працівник, що пройшов відповідний інструктаж.
- 8) Атестація умов праці: відповідно до вимог чинного законодавства, робочі місця на об'єкті підлягають обов'язковій атестації. Особлива увага приділяється місцям, де технологічний процес, обладнання або будівельні матеріали є джерелами шкідливих чи небезпечних виробничих факторів (шум, вібрація, пил, ризик травмування при роботі з важкою технікою).

3.8 Техніко-економічні показники процесу будівництва зрошувальної мережі

Для оцінки ефективності проектування зрошувальної системи було розраховано ключові техніко-економічні показники (табл. 3.9), до яких належать загальна трудомісткість, тривалість будівництва, середня

чисельність персоналу, продуктивність праці та рівень оплати робіт. Згідно з виконаними розрахунками, процес будівництва мережі загальною площею 304,7 га триватиме 112 робочих днів. Загальна трудомісткість робіт становить 106,2 люд.-дн. При загальному фонді оплати праці, розрахованому виходячи з поточних галузевих тарифів на 2026 рік, середня заробітна плата становить 1565 грн на один людино-день.

Таблиця 3.9 – Техніко-економічні показники

№ п/п	Найменування показників	Формула розрахунку	Одиниця виміру	Показник
1	Трудомісткість	$\sum T_p^i$	люд.-дн.	106,2
2	Тривалість робіт	$N_{\text{роб.дні}}$	дн.	112
3	Середнє число робітників	$n = \frac{\sum T_p^i}{N_{\text{роб.дні}}}$	люд.	1
4	Виробітка	$V_p = \frac{V}{\sum T_p^i}$	м³/люд.-дн.	198
5	Середня заробітна плата	$z_{nc} = \frac{z_n}{\sum T_p^i}$	грн./люд.-дн.	1529,5

Отримані дані підтверджують доцільність обраної технології будівництва та оптимальність підбору комплексу машин, що дозволяє мінімізувати витрати при дотриманні нормативних строків введення системи в експлуатацію.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

4.1 Загальні положення процесу організації будівництва

Організація будівництва зрошувальної мережі базується на забезпеченні цілеспрямованості технічних і технологічних рішень для введення об'єкта в експлуатацію з належною якістю та у встановлені терміни. Виконанню будівельно-монтажних робіт передуює комплекс підготовчих заходів, що включає організаційно-технічну підготовку, облаштування майданчика та розроблення проєктно-технологічної документації, зокрема проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт. В основу організації виробництва покладено принципи потоковості, технологічної послідовності суміщення процесів, комплексного забезпечення ресурсами, застосування індустриальних методів зведення споруд та використання сучасних інформаційних технологій. Окрему увагу приділено дотриманню норм охорони праці, пожежної безпеки, санітарно-гігієнічних вимог та захисту навколишнього середовища. Для меліоративних об'єктів, що розташовані на значній відстані, передбачено використання мобільних будівельних формувань або вахтового методу з попереднім спорудженням необхідної виробничої та побутової інфраструктури. Процес будівництва супроводжується веденням обов'язкової документації, що включає загальний і спеціальні журнали робіт, акти огляду прихованих робіт, проміжного приймання конструкцій, результати випробувань мереж, а також виконавчу документацію із зафіксованими змінами до робочих креслень.

4.2 Календарний план будівництва

Основним документом, що регламентує організацію будівництва, є календарний план (рис. 4.1). Він визначає технологічну послідовність робіт, їх тривалість та взаємозв'язок у часі, гарантуючи завершення об'єкта у директивні строки. При розробці плану вирішуються такі завдання:

- визначення оптимальної технологічної послідовності та обґрунтоване суміщення окремих процесів.
- розрахунок необхідної кількості робітників та будівельних машин для кожного виду робіт.
- встановлення строків виконання робіт у робочих і календарних днях.
- формування графіків потреби в трудових та матеріально-технічних ресурсах.

Основою для планування є проєктні обсяги робіт та нормативи трудомісткості. Розрахунки проводяться поетапно: спочатку визначається обсяг робіт і витрати праці (у людино-годинах та машино-годинах) згідно з нормативними збірниками, а потім – тривалість виконання кожного процесу. При цьому враховується змінність роботи техніки та склад будівельних ланок. Тривалість робіт у календарних днях розраховується з урахуванням вихідних і святкових періодів.

Графічна частина плану відображає тривалість робіт у вигляді ліній, масштаб яких відповідає календарним дням. При побудові графіка дотримуються принципу технологічної послідовності: незалежні процеси плануються паралельно, а пов'язані – послідовно. Важливим завданням є забезпечення поточності робіт, за якої ланки робітників та техніка безперервно переходять з однієї ділянки на іншу.

Завершальним етапом є побудова графіка потреби в трудових ресурсах. Його рівномірність свідчить про якість планування. На основі фінального графіка формуються техніко-економічні показники проєкту, які порівнюють плановий термін будівництва з нормативним, що дозволяє оцінити ефективність організації виробництва.

Розрахунок показників календарного плану:

1) Тривалість будівництва:

- за нормою $T_n = 124$ днів;

- за планом $T_{пл} = 104$ дні;

2) Скорочення строків будівництва

$T_n - T_{пл} = 20$ днів.

3) Загальні трудові витрати:

- за нормою $Q = 106.1$ люд.-днів;

- за планом $Q = 98.1$ люд.-днів;

4) Підвищення продуктивності праці визначаємо за формулою

$\Pi = (Q_n - Q_{пл}) / Q_n \cdot 100 \% = 7.5\%$.

5) Виконання норми виробітку

$V = Q_n / Q_{пл} \cdot 100 \% = 108.0\%$.

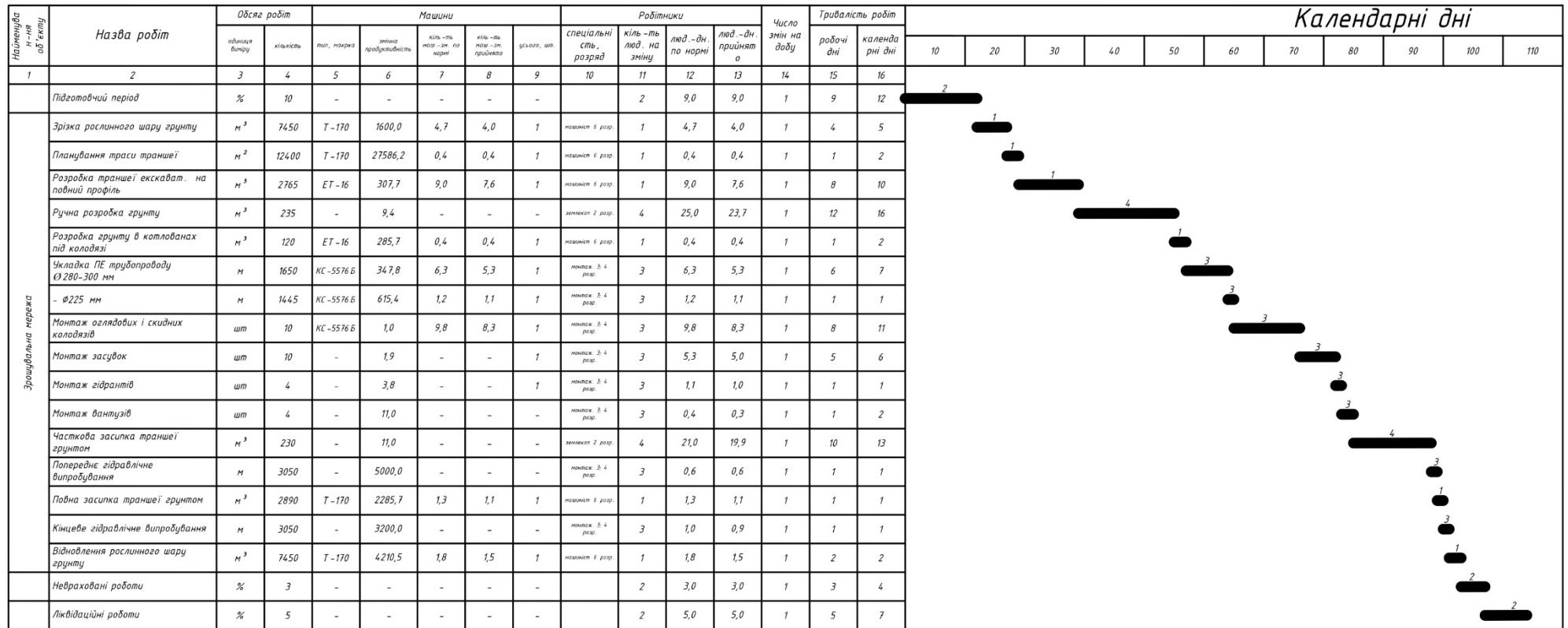
6) Питомі трудові витрати

$q = Q_{пл} / F_{нт} = 0.32$ люд.-дн/га.

За розрахунковими даними, загальна тривалість будівництва зрошувальної мережі становить 104 робочі дні, а сумарні витрати праці – 98.1 люд.-дн.

Таблиця 4.1 - Календарний план виробництва робіт

	Назва робіт	Обсяг роботи		Машини					Робітники					Тривалість роботи	
		Один. виміру	Кіл-ть	тип і марка	змінна продуктивність	кіль-ть маш.-зм.		усього, шт.	спец., розряд	люд. в добу	люд.-дн. по нормі	люд.-дн. прийнято	Кіл-ть змін в добу	робочі	календарні
						по нормі	прийнято								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Зрошувальна мережа	Підготовчий період	%	8							2	9,0	9,0	1	9	12
	Зрізка рослинного шару ґрунту	100м³	7450	Т-170	1600,0	4,7	4,0	1	маш. 6 розр.	1	4,7	4,0	1	4	5
	Планування траси траншеї	1000м²	12400	Т-170	27586,2	0,4	0,4	1	маш. 6 розр.	1	0,4	0,4	1	1	2
	Розробка траншеї екскаватором на повний профіль	100 м³	2765	ЕТ-16	307,7	9,0	7,6	1	маш. 6 розр.	1	9,0	7,6	1	8	10
	Ручна розробка ґрунту	1 м³	235	-	9,4	-	-	-	землекоп 2 розр.	4	25,0	23,7	1	12	16
	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	100 м³	120	ЕТ-16	285,7	0,4	0,4	1	маш. 6 розр.	1	0,4	0,4	1	1	2
	Укладка труб D=315 мм	100м	760	КС-5576Б	347,8	2,2	1,9	1	маш. 6 р, монт. 3,4 р.	3	2,2	1,9	1	2	2
	Укладка труб D=285 мм	100м	890	КС-5576Б	347,8	4,1	3,5	1	маш. 6 р, монт. 3,4 р.	3	4,1	3,5	1	4	5
	Укладка труб D=225 мм	100м	1445	КС-5576Б	615,4	1,2	1,1	1	маш. 6 р, монт. 3,4 р.	3	1,2	1,1	1	1	1
	Монтаж оглядових і скидних колодязів	1шт	10	КС-5576Б	1,0	9,8	8,3	1	маш. 6 р, монт. 3,4 р.	3	9,8	8,3	1	8	11
	Монтаж засувок	1шт	10	-	1,9	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	5,3	5,0	1	5	6
	Монтаж нерухомих опор	1 шт	4	-	3,8	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	1,1	1,0	1	1	1
	Монтаж вантузів	1 шт	4	-	11,0	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	0,4	0,3	1	1	2
	Часткова засипка траншеї ґрунтом	1 м³	230	-	11,0	-	-	-	землекоп 2 розр.	4	21,0	19,9	1	10	13
	Попереднє гідравлічне випробування	100м	3095	-	5000,0	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	0,6	0,6	1	1	1
	Повна засипка траншеї ґрунтом	100 м³	2890	Т-170	2285,7	1,3	1,1	1	маш. 6 розр.	1	1,3	1,1	1	1	1
	Кінцеве гідравлічне випробування	100м	3095	-	3200,0	-	-	-	монт. 3,4 розр.	3	1,0	0,9	1	1	1
	Відновлення рослин. шару ґрунту	100 м³	7450	Т-170	4210,5	1,8	1,5	1	маш. 6 розр.	1	1,8	1,5	1	2	2
	Невраховані роботи	%	3							2	3,0	3,0	1	3	4
	Ліквідаційні роботи	%	5							2	5,0	5,0	1	5	7
											106,1	98,1		80	104



Техніко – економічні показники календарного плану:

- Загальна трудомісткість, за нормою – 10 6,1 люд.-дн.
за планом – 98,1 люд.-дн.
- Тривалість робіт – 80 роб.днів
- Тривалість будівництва – 104 кал.дні
- Нормативна тривалість – 124 дні
- Скорочення строків будівництва – 20 днів
- Підвищення продуктивності праці – 7,5 %
- Норма виробітку – 108,0 %
- Питомі трудовитрати – 0,32 люд.-дн./га



Рисунок 4.1 – Календарний план будівництва зрошувальної мережі

4.3 Розробка будівельного генерального плану

4.3.1 Загальні положення при проєктуванні будгенплану

Проектування будівельного генерального плану (БГП) має на меті створення оптимальних умов для виконання робіт із мінімальними витратами ресурсів. Ключовим принципом БГП є максимальне використання існуючих та новозбудованих об'єктів для потреб будівництва, що дозволяє уникнути зайвого перебазування тимчасових споруд. Розміщення тимчасових будівель, комунікацій та виробничих установок здійснюється з урахуванням мінімізації відстаней транспортування матеріалів та енергоносіїв до місць їх споживання. Організація вантажопотоків передбачає мінімізацію перевантажень за рахунок використання комплексної механізації.

Усі рішення, що закладаються в БГП, повинні суворо відповідати нормам протипожежної безпеки, охорони праці, санітарії та захисту навколишнього середовища. Генплан має створювати умови для потокової організації робіт через раціональне розміщення складів, зон укрупнення конструкцій та пішохідних шляхів, що забезпечують зручний доступ до робочих місць і побутових приміщень.

Вихідними даними для розробки БГП слугують результати інженерно-геологічних вишукувань, календарний план будівництва, зведений кошторисний розрахунок та розрахунки потреб у тимчасових об'єктах. Графічна частина БГП оформлюється у вигляді креслення, що містить план майданчика, експлікацію об'єктів, умовні позначення та основні техніко-економічні показники. Процес проєктування починається з прив'язки монтажних механізмів, складів та дорожньої мережі, після чого визначаються місця для виробничої бази.

Економічна ефективність БГП оцінюється через обсяги та вартість витрат на тимчасове господарство, частку цих витрат у загальній кошторисній вартості об'єкта, а також трудомісткість і тривалість організації будівельного майданчика. Слід зауважити, що тимчасові споруди (інженерні мережі, шляхи, навіси, контори) зводяться виключно для потреб конкретного будівництва і не передбачають подальшого використання, що вимагає ретельного розрахунку їхньої необхідної кількості та розмірів на стадії проектування.

4.3.2 Розрахунок необхідної кількості і розмірів тимчасових будівель і споруд

Для визначення потреби в тимчасових будівлях (побутових приміщеннях, офісах тощо) необхідно знати загальну кількість персоналу, що одночасно перебуває на майданчику. Оскільки в календарному плані зазвичай вказано лише чисельність робітників, загальний контингент (включаючи ІТР, службовців та молодший обслуговуючий персонал) розраховується з урахуванням нормативних коефіцієнтів.

Розрахункову чисельність робітників за добу визначають на основі загальної трудомісткості робіт та запланованої тривалості будівництва (у робочих днях) за формулою:

$$N_p = \frac{\sum Q}{T} K, \quad (4.3)$$

де $\sum Q$ – загальна трудомісткість будівельно-монтажних робіт, люд-дн;
 T – тривалість будівництва об'єкту, днів; K – коефіцієнт нерівномірності використання трудових ресурсів протягом усього строку будівництва ($K=1,5 \dots 1,7$).

Для визначення потреби в тимчасових спорудах необхідно врахувати загальний склад персоналу, що працює на об'єкті. Чисельність окремих

категорій (інженерно-технічні працівники, службовці, обслуговуючий персонал та охорона) визначається відповідно до типових структур для меліоративного будівництва. Загальна облікова кількість працівників обчислюється множенням розрахункової чисельності на коефіцієнт 1,06, який нівелює втрати робочого часу через відпустки, хвороби та інші причини.

Розрахунок площ адміністративно-побутових приміщень базується на чисельності працюючих. Оскільки ці дані часто є динамічними, для проєктних розрахунків прийнято використовувати такі припущення: для робітників у найбільш численну зміну приймається 70% від загального списку; для інших категорій персоналу – до 80% від чисельності кожної групи.

Комплекс тимчасових будівель (побутові приміщення, офіси, склади, пункти харчування) обирається залежно від специфіки об'єкта та віддаленості майданчика від міської інфраструктури. На основі нормативних показників площі на одного працюючого складається відомість (табл. 4.2), що дозволяє визначити загальну необхідну площу споруд та підібрати відповідну кількість інвентарних (мобільних) приміщень контейнерного або збірно-розбірного типу. Цей розрахунок є кінцевим етапом визначення потреб у господарстві будівництва перед його розміщенням на будівельному генеральному плані.

Таблиця 4.2 – Розрахунок площі тимчасових будівель і споруд

Будівлі	Розрахункове число працюючих, люд.	Норма площі на 1 люд., м ²	Необхідна площа, м ²	Кількість інвентарних приміщень
1	2	3	4	5
Контора виконроба	1	4	4	1
Побутове приміщення	10	1,0	10,0	1
Приміщення для вживання їжі та відпочинку	10	1,0	10,0	1
Буфет	10	0,7	7,0	1
Медпункт	10	0,15	1,5	1
Туалет	10	0,1	1,0	1
Гардеробна	10	0,95	9,5	1
Душова	10	0,6	6,0	1

Таким чином отримали, що на будівельному майданчику заплановано розміщення 8 тимчасових будівель, призначених для потреб працівників загальною площею 52,0 м².

4.3.3 Розрахунок складів будівельних матеріалів і конструкцій

Організація складського господарства є невід'ємною частиною проєктування будівельного майданчика, що передбачає встановлення місця розташування, виду та розмірів складів на основі зведеної відомості матеріальних ресурсів. Площа складських приміщень розраховується з урахуванням потреби в матеріалах, термінів їх використання згідно з календарним графіком будівництва та встановлених норм запасу, які складають від 2 до 5 днів при автотранспортному постачанні та 10 днів при залізничному. Для коректного визначення розмірів складів враховуються коефіцієнти нерівномірності постачання, що становлять 1,1–1,2 залежно від виду транспорту, та коефіцієнт виробничої нерівномірності споживання, рівний 1,3. Результати розрахунків для кожного виду номенклатури зводяться у таблицю, на основі якої площа складів наноситься на генеральний план у вигляді прямокутників із дотриманням вимог щодо проїздів для вантажної техніки та розвантажувальних механізмів, забезпечуючи раціональне та безпечне зберігання конструкцій і матеріалів.

Кількість матеріалів і конструкцій, які підлягають складуванню, $Q_{ск}$ розраховують за формулою

$$Q_{ск} = \frac{Q_{об}}{T} T_n K_1 K_2, \quad (4.4)$$

Необхідну площу складу визначають за формулою:

$$F_{скл} = \frac{Q_{скл}}{qK_3}, \quad (4.5)$$

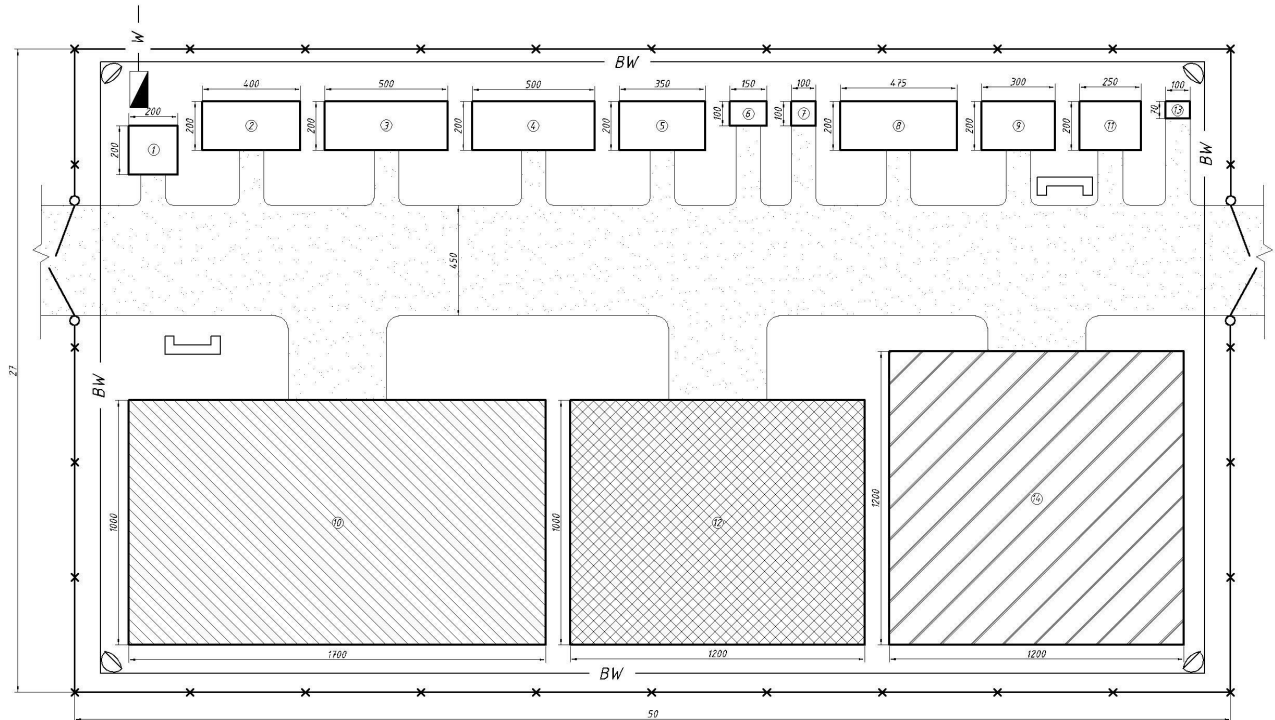
де q – норма складування матеріалів і виробів на 1 м^3 площі складу; K_3 – коефіцієнт, що враховує проходи і проїзди на площі складу, дорівнює 1,3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок складів будівельних матеріалів і конструкцій

Найменування матеріалів, конструкцій	Одиниця вимірювання	Загальна потреба матеріалів і конструкцій, $Q_{об}$	Час використання матеріалів і конструкцій, T , дн	Норма запасу, T , дн	Коефіцієнт нерівномірності надходження, K_1	Коефіцієнт нерівномірності споживання, K_2	Кількість матеріалів і конструкцій, які підлягають складуванню, $Q_{ск}$	Норма складування, на 1 м^2 , q	Коефіцієнт використання складу, K_3	Розрахункова площа складу, $F_{скл}$, м^2	Тип складу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труби ПЕ d=225-315мм	т	60,04	14	3	1,1	1,3	17,7	0,2	0,5	170,0	навіс
З/б елементи конструкцій	м^3	3,0	11	5	1,1	1,3	2,38	0,8	0,6	5,0	відкритий
Щебінь	м^3	400	22	5	1,1	1,3	128,1 0	1,5	0,7	120,0	відкритий
Арматура водопровідна	т	1,508	8	5	1,1	1,3	0,68	1,6	0,65	0,7	закритий

Згідно з виконаними розрахунками потреб у складських приміщеннях, встановлено, що найбільшу площу займають поліетиленові (ПЕ) труби з комплектуючими фасонними частинами (170 м^2), які потребують зберігання під навісом для захисту від ультрафіолетового випромінювання та атмосферних опадів. Також значну частину території займає відкритий майданчик для зберігання щебеню (120 м^2). Ці об'єкти, разом з іншими елементами тимчасового господарства, нанесені на будівельний генеральний план (рис. 4.2) із дотриманням вимог щодо логістики та безпеки, забезпечуючи оптимальний зв'язок між складами та зоною проведення монтажних робіт.

Важливо, щоб розташування цих майданчиків на плані враховувало ширину проїздів для вантажної техніки та радіуси обслуговування монтажних механізмів, мінімізуючи переміщення вантажів по майданчику.



Умовні позначення:

	тимчасові дороги		тимчасова огорожа
	майданчик для техніки		розподільчий щит
	відкритий майданчик для щеденю		підвідний кабель
	навіс для ПЕ труб		повітряна тимчасова електромережа
	протипожежний щит		освітлювальна вишка
			ворота в їзду

Рисунок 4.2 – Схематичне зображення будгенплану

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні заходи безпеки і охорони праці при розробці проекту

Будь-яке будівництво здійснюється на основі проекту організації будівництва (ПОБ) та проекту виконання робіт (ПВР), які розробляються відповідно до вимог ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». Ведення будівельних робіт без затвердженого ПВР суворо заборонено. Заходи охорони праці відображаються в усіх розділах проектної документації та поділяються на три групи: загальномайданчикові (огороження, освітлення, санітарно-побутове обслуговування), технологічні (безпечне виконання робіт, захист від електротравматизму, пожежна безпека) та спеціальні (урахування специфічних географічних або метеорологічних умов).

Під час розробки будівельного генерального плану (будгенплану) визначаються межі небезпечних зон. У підготовчий період будівельний майданчик звільняють від завад, влаштовують тимчасові дороги, підкранові колії, водовідведення та освітлення. Відповідно до ДСТУ Б В.2.8-46:2015, територія будівництва обов'язково огорожується. Об'єкти вздовж вулиць загального користування обладнуються суцільними парканами з захисними козирками (під кутом 20° до горизонту, виліт не менше 1,25 м, висота борту від 0,15 м) та тротуарами шириною не менше 1,2 м.

Для безпеки на висоті робочі місця та проходи, розташовані на висоті 1,3 м і більше за відстані менше 2 м від межі перепаду, обладнуються інвентарними запобіжними огороженнями згідно з ДСТУ Б В.2.8-43:2011. Висота поручнів має бути не менше 1,1 м, висота бортової дошки – не менше 0,15 м, а відстань

між елементами – не більше 0,40 м. Робочі місця забезпечуються питною водою, яка відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10. Тимчасові комунікації в місцях перетину з дорогами захищаються настилами або заглиблюються. Вантажно-розвантажувальні роботи виконуються під контролем водія, але його залучення до безпосереднього виконання цих робіт заборонено.

5.2 Основні засоби електрозахисту від ураження струмом

Для захисту від ураження електричним струмом застосовують: ізоляцію струмопровідних частин, захисне заземлення, занурення, використання малої напруги (до 42 В відповідно до норм безпеки), електричне розділення мереж, огорожувальні пристрої, блокування (електричне та механічне) і засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Електрозахисні засоби поділяють на основні (діелектричні рукавички, ізольований інструмент, покажчики напруги в установках до 1000 В) та додаткові (діелектричні калоші, килимки, підставки).

Класифікацію приміщень за вибухопожежною небезпекою здійснюють відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016, а вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон – згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) (табл. 5.1).

Класифікація небезпечних зон за ПУЕ:

- 1) Вибухонебезпечні зони: клас В-I (вибухонебезпечні суміші газів/парів утворюються за нормальної роботи); Клас В-Ia (суміші можливі лише внаслідок аварій); Клас В-Iб (аналогічно В-Ia, але нижня межа займання $\geq 15\%$ або об'єм суміші $\leq 5\%$ приміщення); Клас В-Iг (простір біля зовнішніх установок із ЛЗР); Клас В-II (вибухонебезпечний пил/волокна за нормальної роботи); Клас В-IIa (пил/волокна лише внаслідок аварій).
- 2) Пожежонебезпечні зони: клас П-I (приміщення з ЛЗР, спалах $> 61^\circ\text{C}$); Клас П-II (горючий пил/волокна, межа поширення $> 65 \text{ г/м}^3$); Клас П-IIa

(тверді горючі речовини); Клас П-III (зовнішні установки з горючими рідинами чи матеріалами).

Таблиця 5.1 – Категорія приміщень за вибухопожежною небезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин та умов середовища (за НАПБ Б.03.002-2007)
А (Вибухо-пожежонебезпечна)	Горючі гази, ЛЗР з температурою спалаху до 28 °С у кількості, що здатна створювати вибухонебезпечні суміші з розрахунковим надлишковим тиском вибуху понад 5 кПа. Речовини, що вибухають/горять при взаємодії з водою чи киснем.
Б (Вибухо-пожежонебезпечна)	Горючий пил, волокна, ЛЗР з температурою спалаху понад 28°С, що утворюють вибухонебезпечні пило-або пароповітряні суміші з тиском вибуху понад 5 кПа.
В (Пожежонебезпечна)	Горючі та важкогорючі рідини, тверді речовини та матеріали, які здатні лише горіти за умови, що приміщення не належать до категорій А чи Б.
Г	Негорючі речовини в гарячому, розжареному чи розплавленому стані, обробка яких супроводжується виділенням тепла, іскор; горючі гази, рідини, що спалюються як паливо.
Д	Негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

У вибухонебезпечних зонах використовується обладнання у вибухозахищеному виконанні, а електропроводка прокладається у металевих трубах або застосовується броньований кабель. На входних дверях приміщень обов'язково розміщують знаки категорій та класів зон за ПУЕ.

5.3 Розрахунок обміну повітря при проведенні фарбувальних робіт

Повітрообмін у приміщеннях необхідний для видалення шкідливих речовин, надлишкової вологи та тепла. Для розрахунку прийнято такі вихідні дані: розчинник – толуол, геометричні розміри приміщення – 5,5×6,5×3,5 м.

Кількість летких розчинників, що виділяються в повітря, визначається за формулою:

$$G = (a \cdot A \cdot m) / 100 \quad (5.1)$$

де a – середня продуктивність фарбування одним робітником (при ручному нанесенні пензлем $a = 12 \text{ м}^2/\text{год}$); A – витрата лакофарбових матеріалів ($A = 200 \text{ г/м}^2$); m – вміст летких розчинників у матеріалі ($m = 92\%$).

$$G = (12 \cdot 200 \cdot 92) / 100 = 2208 \text{ г/год.}$$

Необхідний об'єм припливного повітря визначається за формулою:

$$L = (G \cdot 1000) / (P_z - P_p) \quad (5.2)$$

де P_z – гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони (для толуолу 50 мг/м^3); P_p – максимально можлива концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі ($0,6 \text{ мг/м}^3$).

$$L = (2208 \cdot 1000) / (50 - 0,6) = 44696 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Внутрішній об'єм приміщення V_p становить:

$$V_{\Pi} = 6,5 \cdot 5,5 \cdot 3,5 = 125,125 \text{ м}^3$$

Кратність повітрообміну K (год⁻¹) визначається за формулою:

$$K = L / V_{\Pi} \quad (5.3)$$

$$K = 44696 / 125,125 = 357 \text{ год}^{-1}.$$

Розраховане значення кратності повітрообміну свідчить про високу концентрацію шкідливих виділень, що вимагає обов'язкового облаштування ефективної системи штучної загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції для забезпечення безпечних умов праці.

6 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗРОШУВАНОВОГО МАСИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) планованої діяльності фермерського господарства (ФГ) «Україна» розроблена відповідно до вимог ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)». Головною метою ОВНС є визначення екологічної доцільності, прийнятності реалізації проєкту та обґрунтування комплексу захисних заходів для забезпечення екологічної безпеки території.

Основними завданнями ОВНС є: надання загальної характеристики екологічного стану району розташування об'єкта; оцінка альтернативних варіантів реалізації діяльності; прогнозування масштабів, рівнів та динаміки можливих впливів на складники біосфери; розробка інженерно-технічних рішень щодо мінімізації негативних наслідків та встановлення прийнятності залишкових екологічних впливів.

У періоди будівництва та подальшої експлуатації зрошуваного масиву фіксується техногенний вплив на повітряний простір, ґрунтовий покрив, а також поверхневі та підземні гідрологічні ресурси.

6.1 Оцінка впливу на атмосферне повітря

Під час проведення будівельно-монтажних робіт на об'єкті задіяна дорожньо-будівельна техніка з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), яка є джерелом викидів забруднюючих речовин (оксид вуглецю CO, діоксид азоту NO₂, вуглеводні CH, сажа C, діоксид сірки SO₂, формальдегід CH₂O, бенз(α)пірен БП).

Показники годинних та валових викидів забруднюючих речовин за видами спецтехніки зведено в таблиці 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1 – Показники годинних викидів забруднюючих речовин будівельними машинами

Будівельна машина	Потужність, кВт	Група	CO, г/год	NO ₂ , г/год	CH, г/год	C, г/год	SO ₂ , г/год	CH ₂ O, г/год	БП, г/год
Бульдозер Т-170	125	Б	775	1200	363	63	150	15	0,0015
Екскаватор ЕТ-16	77	Б	477	739	223	39	92	9	0,0009
Автокран КС-5576Б	184	Б	1141	1766	534	92	221	22	0,0022

Таблиця 6.2 – Валовий викид забруднюючих речовин за період будівництва

Будівельна машина	Час роботи, год	CO, кг	NO ₂ , кг	CH, кг	C, кг	SO ₂ , кг	CH ₂ O, кг	БП, кг
Бульдозер Т-170	55,3	43	66	20	3	8	1	0,0001
Екскаватор ЕТ-16	64,0	31	47	14	2	6	1	0,0001
Автокран КС-5576Б	163,5	187	289	87	15	36	4	0,0004
Усього	282,8	260	402	122	21	50	5	0,0006

Характеристика впливу викидів шкідливих речовин: 1) Масштаб впливу: загальна маса викидів становить: CO – 260 кг; NO₂ – 402 кг; CH – 122 кг; C – 21 кг; SO₂ – 50 кг; CH₂O – 5 кг; бенз(α)пірен – 0,6 г. 2) Інтенсивність впливу: середньодобові значення надходжень: CO – 2.17 кг; NO₂ – 3.35 кг; CH – 1.02 кг;

C – 0.175 кг; SO₂ – 0.42 кг; CH₂O – 0.04 кг; бенз(α)пірен – 0.005 г на добу. 3) Динамічність впливу: стабільний характер розподілу на весь період будівництва. 4) Тривалість впливу: тимчасовий, обмежений терміном виконання робіт (4 місяці / 120 днів).

Масова витрата відпрацьованих газів дизельних двигунів представлена в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Оцінка загальних об'ємно-масових параметрів відпрацьованих газів

Будівельна машина	Час, год	Питома витрата палива, г/(кВт·год)	G, кг/с	Q, м³/с	Валовий вихід газів	
					тон	млн м³
Бульдозер Т-170	55,3	218	0,238	0,662	47	0,13
Екскаватор ЕТ-16	64,0	112	0,075	0,209	17	0,05
Автокран КС-5576Б	163,5	81	0,130	0,362	76	0,21
Усього					141	0,39

Загальна екологічна характеристика потоку газів: 1) Масштаб впливу: загальний вихід відпрацьованих газів – 141 т (0,39 млн м³). 2) Інтенсивність впливу: середньодобовий рівень – 1.175 т/добу (3,25 тис. м³/добу). 3) Динамічність і тривалість: вплив стабільний протягом усього періоду будівництва (4 місяці).

6.2 Оцінка впливу на ґрунтовий покрив

У зоні ведення робіт переважають чорноземи звичайні середньогумусні. Механічний вплив на ґрунти зумовлений земляними роботами під час прокладання закритих зрошувальних трубопроводів загальною довжиною 3095 м. Сумарна площа порушення становить 2,5 га, а об'єм розробки ґрунту – 10,570 тис. м³.

З метою охорони ґрунтів проектом регламентовано проведення роздільної розробки та тимчасового відвалу родючого (рослинного) і мінерального шарів із подальшим пошаровим відновленням (рекультивацією) профілю. Параметри впливу на земельні ресурси: 1) Масштаб: 2,5 га порушених угідь; 10,570 тис. м³. 2) Інтенсивність: середня швидкість трансформації – 0,625 га/міс та 2,64 тис. м³/міс. 3) Динамічність та тривалість: стабільно в межах будівельного періоду тривалістю 4 місяці.

6.3 Оцінка впливу на соціальне середовище

Будівництво об'єкта забезпечується комплексною будівельною бригадою чисельністю 10 осіб, до складу якої входять: 3 машиністи 6-го розряду, 3 монтажники (4-го і 3-го розрядів) та 4 землекопи 2-го розряду. Склад бригади та рівень фінансування визначено на основі кошторисної документації проекту та календарного плану. Соціально-економічні показники проекту: 1) Масштаб впливу: залучення 10 працівників із загальним кошторисним фондом оплати праці 162,128 тис. грн. 2) Інтенсивність: рівень оплати праці становить 30590 грн/міс на одного працівника. 3) Тривалість і динамічність: стабільне забезпечення робочими місцями протягом усього періоду будівництва (4 місяці).

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ

7.1 Техніко-економічне обґрунтування процесу будівництва

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) є ключовим розділом кваліфікаційної роботи, який дозволяє комплексно оцінити доцільність інвестицій, фінансові показники та загальну ефективність запропонованих організаційно-технологічних рішень із будівництва ділянки зрошення на території Царичанської територіальної громади Дніпровського району Дніпропетровської області. Спорудження закритої зрошувальної мережі загальною протяжністю 3095 м покликане нівелювати негативний вплив посушливих кліматичних умов Степової зони та забезпечити стабільний приріст урожайності сільськогосподарських культур.

Економічне обґрунтування базується на порівнянні величини необхідних капітальних вкладень (кошторисна вартість будівництва) із прогнозованим додатковим чистим прибутком від інтенсифікації рослинництва на масиві зрошення.

Кошторисна вартість будівництва є основою для визначення обсягу капіталовкладень і розраховується відповідно до чинних нормативних документів на основі прямих витрат, накладних витрат, кошторисного прибутку та адміністративних витрат підрядної організації.

Прямі витрати (ПВ) обчислюються за формулою:

$$\text{ПВ} = \text{ЗП} + \text{В}_{\text{мм}} + \text{В}_{\text{мат}} \quad (7.1)$$

де ЗП – основна заробітна плата робітників-будівельників згідно з калькуляцією трудових витрат, яка становить 162128 грн; $V_{\text{мм}}$ – витрати на експлуатацію будівельних машин і механізмів (включаючи заробітну плату машиністів), прийняті на основі часу роботи техніки (екскаватори, бульдозери, кран КС-5576Б) у розмірі 540 000 грн; $V_{\text{мат}}$ – вартість будівельних матеріалів, конструкцій та виробів (поліетиленові напірні труби різних діаметрів загальною довжиною 3095 м, залізобетонні елементи колодязів, запірна арматура, гідранти тощо), що становить 3 250 000 грн.

Підставивши значення, отримаємо суму прямих витрат:

$$\text{ПВ} = 162128 + 540000 + 3250000 = 3952128 \text{ грн.}$$

Накладні витрати (НВ) враховують витрати на управління та обслуговування будівельного виробництва і розраховуються усереднено як 8% від прямих витрат:

$$\text{НВ} = 3952128 \cdot 0,08 = 316170 \text{ грн.}$$

Кошторисний прибуток (ПР) – це кошти, що спрямовуються на розвиток будівельної організації, і приймаються в розмірі 4% від суми прямих та накладних витрат:

$$\text{ПР} = (3952128 + 316170) \cdot 0,04 = 170732 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати (АВ) пов'язані з обслуговуванням та управлінням будівельною компанією в цілому й становлять 1% від прямих витрат:

$$\text{АВ} = 3952128 \cdot 0,01 = 39521 \text{ грн.}$$

Загальна вартість будівельних робіт без урахування ПДВ ($V^{\text{без ПДВ}}$) становить:

$$V_{\text{ПДВ}}^{\text{без}} = 3952128 + 316170 + 170732 + 39521 = 4478551 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість (ПДВ = 20%):

$$\text{ПДВ} = 4478551 \cdot 0,20 = 895710 \text{ грн.}$$

Повна кошторисна вартість будівництва об'єкта (загальний обсяг капіталовкладень, К) дорівнює:

$$K = 4478551 + 895710 = 5374261 \text{ грн.}$$

Зведений розрахунок кошторисної вартості будівництва наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва зрошувальної мережі

№ з/п	Статті кошторисних витрат	Сума, грн
1	Основна заробітна плата робітників (ЗП)	162128
2	Експлуатація будівельних машин і механізмів ($V_{\text{мм}}$)	540000
3	Вартість будівельних матеріалів та конструкцій ($V_{\text{мат}}$)	3250000
4	Всього прямих витрат (ПВ)	3952128
5	Накладні витрати (НВ = 8% від ПВ)	316170
6	Кошторисний прибуток (ПР = 4% від ПВ + НВ)	170732
7	Адміністративні витрати (АВ = 1% від ПВ)	39521
8	Разом вартість будівельних робіт без ПДВ	4478551
9	Податок на додану вартість (ПДВ = 20%)	895710
10	Загальна кошторисна вартість будівництва (Капіталовкладення, К)	5374261

Для аналізу економічної ефективності проекту розраховують питомі капіталовкладення на одиницю потужності (на 1 м довжини мережі та на 1 га площі масиву зрошення).

1. Питомі капіталовкладення на 1 погонний метр зрошувальної мережі (K_m):

$$K_m = K / L = 5374261 / 3095 = 1736,43 \text{ грн/м.}$$

2. Питомі капіталовкладення на 1 гектар площі масиву зрошення ($K_{га}$):

$$K_{га} = K / S = 5374261 / 231,9 = 23175 \text{ грн/га.}$$

Впровадження зрошення забезпечує суттєве підвищення врожайності основних сільськогосподарських культур сівозміни (кукурудза на зерно, соя, соняшник), що генерує додатковий чистий дохід. На основі ринкових цін та витрат на експлуатацію дощувальних машин, питомий додатковий чистий дохід від реалізації продукції з 1 га зрошуваних земель оцінюється в розрахунковому розмірі $\Delta D_{\text{пит}} = 5500 \text{ грн/га.}$

Щорічні експлуатаційні витрати на утримання та обслуговування системи ($E_{\text{експ}}$) містять амортизаційні відрахування, витрати на оплату праці поливальників, витрати на електроенергію для подачі води та поточні ремонти. Вони приймаються в обсязі 8% від вартості капітальних вкладень:

$$E_{\text{експ}} = K \cdot 0,08 = 5374261 \cdot 0,08 = 429941 \text{ грн/рік.}$$

Річний додатковий чистий прибуток від функціонування масиву зрошення ($\Delta\Pi$) визначається як різниця між загальним додатковим доходом та річними експлуатаційними витратами:

$$\Delta\Pi = S \cdot \Delta D_{\text{пит}} - E_{\text{експ}} \quad (7.2)$$

$$\Delta\Pi = 231,9 \cdot 1500 - 429941 = 3594450 - 429941 = 845509 \text{ грн/рік.}$$

Термін окупності капітальних інвестицій (T_o) розраховується за формулою:

$$T_o = K / \Delta\Pi \quad (7.3)$$

$$T_o = 5374261 / 845509 = 6,4 = 7 \text{ років.}$$

Отриманий розрахунковий термін окупності проекту становить 7 років, що є прийнятним показником для гідротехнічних споруд меліоративного призначення у сільському господарстві. Це свідчить про достатню економічну ефективність та доцільність практичної реалізації запропонованого проекту будівництва масиву зрошення на території Царичанської територіальної громади.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на основі комплексного аналізу природно-кліматичних, інженерно-геологічних та господарських умов Царичанської територіальної громади виконано повне організаційно-технологічне та інженерне проектування ділянки закритого зрошення. За результатами проведених досліджень та розрахунків сформовано такі розгорнуті висновки:

1. Масив зрошення організовано для агропідприємства, що впроваджує інтенсивну чотирьохпільну зерно-кормову сівозміну на загальній площі 304,7 га (нетто), 313,8 га (брутто). Фактична площа безпосереднього штучного зволоження за допомогою технічних засобів становить 231,9 га. Розподіл площ за культурами та технологічними ділянками становить:
 - поле №1 (кукурудза на зерно): площа нетто – 111,4 га; площа брутто – 114,7 га; площа зрошення – 91,9 га.
 - поле №2 (озима пшениця): площа нетто – 54,4 га; площа брутто – 56,0 га; площа зрошення – 38,2 га.
 - поле №3 (овес): площа нетто – 55,3 га; площа брутто – 57,0 га; площа зрошення – 39,6 га.
 - поле №4 (просо): площа нетто – 83,6 га; площа брутто – 86,1 га; площа зрошення – 62,2 га.

Полив здійснюється механізованим способом дощування із залученням сучасних широкозахватних дощувальних машин кругової дії типу Pivot від компанії Reinke.

2. Для подачі води від регулювального басейну каналу Дніпро-Донбас запроектовано закриту напірну мережу загальною довжиною 3095 метрів. Мережа розподілена на окремі гілки та змонтована з довговічних, стійких до корозії поліетиленових труб марки ПЕ-100 SDR 17 наступної номенклатури:
 - трубопровід Кр 1 (діаметр $d=280$ мм) – протяжність 890 м;

- трубопровід Кр 2 (діаметр $d=315$ мм – 760 м; діаметр $d=225$ мм – 680 м) – сумарна протяжність 1440 м;
- трубопровід Кр 2.1 (діаметр $d=225$ мм) – протяжність 435 м;
- трубопровід Кр 2.2 (діаметр $d=225$ мм) – протяжність 330 м.

На мережі передбачено влаштування 10 збірних залізобетонних колодязів (8 оглядових для запірної арматури і вантузів та 2 скидних для спорожнення системи в найнижчих точках рельєфу), а також 10 одиниць регулювальних засувок, 4 нерухомі опори та 4 гідранти підключення ДМ Reinke.

3. На основі інженерних профілів траси та з урахуванням закладення укосів $m=0$ (вертикальні стінки траншеї заглибшки до 1,5 м у суглинках II групи розробки) обчислено точні обсяги робіт:

- зрізання родючого шару ґрунту бульдозером (товщина шару 0,3 м, ширина смуги зрізання 8 м) – 7450 м³;
- поздовжнє планування траси траншеї (ширина смуги 4 м) – 12400 м²;
- сумарна розробка мінерального ґрунту в траншеї – 3000 м³. З них механізованим способом (екскаватором рухом «на себе») розробляється 2765 м³ (92,2%), ручне доопрацювання дна та зачищення – 235 м³ (7,8%);
- додаткова розробка ґрунту під монтажні приямки (1% від лінійного обсягу) – 30 м³, під котловани колодязів (3%) – 90 м³;
- часткова засипка траншеї вручну для фіксації пластикових труб перед випробуваннями – 230 м³;
- повна зворотна засипка мінерального ґрунту бульдозером із пошаровим механізованим ущільненням – 2890 м³;
- рекультивація (насування раніше знятого родючого шару ґрунту) – 7450 м³.

4. На основі розрахунків робочих параметрів та геометричних умов розробки обрано таку техніку:

- бульдозер Т-170: тяговий клас 10, маса 15 т, потужність 125 кВт, відвал 2800×990 мм. Забезпечує переміщення рослинного ґрунту у відвал на розраховану за формулою безпечну відстань $L=10,0$ м;

- екскаватор ЕТ-16: гусеничний, потужність 77 кВт, ківш «зворотна лопата» місткістю 0,5 м³. Розрахункова необхідна глибина копання склала 1,65 м, що повністю покривається паспортним максимумом машини (5,11 м); розрахунковий радіус розвантаження – 2,8 м; висота розвантаження – 1,51 м;
 - автомобільний кран КС-5576Б: на шасі МАЗ-630303, вантажопідйомність 32 т, стріла 9,9–30,7 м. Розрахунковий виліт стріли склав $L_{кр}=4,5$ м, а потрібна вантажопідйомність – 365 кг (маса з/б кільця колодязя 320 кг + оснастка 45 кг), що забезпечує безпечну роботу за межами призми обвалу ґрунту.
5. Відповідно до розробленої калькуляції за збірниками РЕКН, загальна трудомісткість будівництва лінійної частини меліоративної мережі становить 106,2 людино-днів. На основі середньої заробітної плати в будівництві по регіону (32000 грн/місяць) та норми часу (167,67 год) визначено базову усереднену вартість людино-години – 190,85 грн/год. Загальний фонд заробітної плати основних робітників-будівельників та машиністів становить 162128 грн. Запроєктований календарний графік виробництва робіт із впровадженням потокового методу та суміщенням супутніх операцій забезпечує нормативне зведення об'єкта за 112 робочих змін однією ланкою робітників.

Спроєктована закрита зрошувальна мережа повністю відповідає діючим вимогам ДБН В.2.4.1-99, ДБН В.2.5-74:2013 та ДБН В.2.1-10:2018, є технічно збалансованою, економічно виправданою та екологічно безпечною, оскільки мінімізує втрати поливної води та повністю захищає навколишній ґрунтовий покрив від підтоплення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний атлас УСССР. – К.: Урожай, 1964. – 36с.
2. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області / Горб А.С., Дук Н.М. – Д.: ДНУ, 2006. – 204 с.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти споруд. Основні положення / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ : Мінрегіон України, 2018. 46 с. (Державні будівельні норми України).
4. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ : Мінрегіон України, 2013. 181 с. (Державні будівельні норми України).
5. ДСТУ Б В.2.7-151:2008. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 49 с.
6. Канал Дніпро-Донбас [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukdd.davr.gov.ua/>
7. Кір'янов В.М. Організація, планування та управління будівництвом водогосподарських систем / В.М.Кір'янов.–Рівне: НУВГП, 2007.– 244 с.
8. Колісник М.П. Крани будівельні. Технічні характеристики / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашич, С.В. Ракша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 186с. – (Довідник).
9. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.1-99. – К.: Держбуд України, 2000. (Національний стандарт України).
10. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання. Організація і технологія будівництва: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – К.: Держводгосп України. – 1999. – 120 с.

11. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5-2009. – К.: Мінрегіонбуд, 2009.
12. Організація і технологія будівельних робіт. Практикум : навч. посібник / А. А. Білецький, С. В. Клімов, О. І. Ольховик, І. А. Рощик. – Рівне : НУВГП, 2019. – 93 с.
13. 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.
14. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи (РЕКН). Збірники нормативів часу та ресурсів / Держбуд України; Мінрегіон України. Київ : Інпроект, 2001–2021.
15. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.
16. Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві: ДБН А.3.2-2-2009. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2012.
17. Склад і зміст матеріалів ОВНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд: ДБН А 2.2-1-2003. – [Чинний від 2004-04-01]. – К.: Держбуд Укаїни, 2004. – (Національний стандарт України).
18. Труби поліетиленові для подачі холодної води: ДСТУ Б В.2.7-151:2008. – К.: Мінрегіонбуд України, – 2010.
19. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://gorod.dp.ua/inf/region/?pageid=644>
20. 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