

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

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

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

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:

**«Обґрунтування організаційно-технологічних параметрів
будівництва зрошувально-дренажної системи у фермерському
господарстві «Самара» Павлоградського району
Дніпропетровської області»**

Виконав здобувач вищої освіти
групи БЦІ-1-22

_____ Денис БОЙЧЕНКО
(підпис)

Керівник

_____ Геннадій ГАПЧ
(підпис)

Дніпро 2026

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

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

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Бойченко Денису Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування організаційно-технологічних параметрів будівництва зрошувально-дренажної системи у фермерському господарстві «Самара» Павлоградського району Дніпропетровської області» затверджена наказом ректора від «24» квітня 2026 р. №820.
2. Термін здачі закінченої роботи: «15» червня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: план ділянки території та характеристика господарської діяльності підприємства; нормативно-довідникова література.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1 Природні умови району будівництва зрошувально-дренажної системи; 2 Загальна характеристика об'єкту будівництва; 3 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву дренажної мережі; 4 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву зрошувальної мережі; 5 Організація будівельного виробництва; 6 Охорона праці та техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях; 7 Розрахунок показників економічної ефективності будівництва зрошувально-дренажної системи; Вступ; Висновки; Список літератури.
5. Перелік графічного матеріалу: Додатки у вигляді креслень на аркушах формату А3; презентація у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

Керівник роботи

_____ (Геннадій ГАПІЧ)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (Денис БОЙЧЕНКО)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1 Природні умови району будівництва зрошувально-дренажної системи	квітень 2026 р.	
2	2 Загальна характеристика об'єкту будівництва	травень 2026 р.	
3	3 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву дренажної мережі	травень 2026 р.	
4	4 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву зрошувальної мережі	травень 2026 р.	
5	5 Організація будівельного виробництва	травень 2026 р.	
6	6 Охорона праці та техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях	червень 2026 р.	
7	7 Розрахунок показників економічної ефективності будівництва зрошувально-дренажної системи	червень 2026 р.	
8	Вступ, Висновки, Список літератури, Додатки, Паспорт проєкту	червень 2026 р.	
9	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	червень 2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ (Денис БОЙЧЕНКО)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	7
1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНО-ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ	9
1.1 Кліматичні умови території будівництва	9
1.2 Геологічні та гідрогеологічні умови	12
1.3 Характеристика ґрунтового покриву на будівельному майданчику	14
1.4 Джерело зрошення та його характеристика.....	14
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА	16
3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ	20
3.1 Розрахунок об'ємів земляних робіт	20
3.2 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів для будівництва дренажної мережі	25
3.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні	26
3.4 Графік виконання робіт по будівництву дренажної мережі .	28
3.5 Технологія будівництва дренажної мережі	28
3.6 Контроль якості будівництва дренажної мережі	31
3.7 Техніка безпеки при виконанні робіт.....	33
4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	34
4.1 Розрахунок об'єму земляних робіт при улаштуванні зрошувальної мережі	34
4.2 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів для будівництва зрошувальної мережі.....	39

4.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні.....	42
4.4 Графік виконання робіт зрошувальної мережі	43
4.5 Технологія будівництва зрошувальної мережі	46
4.6 Контроль якості будівництва зрошувальної мережі	53
4.7 Техніка безпеки при виконанні робіт.....	55
5 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	57
5.1 Загальні положення при організації будівництва	57
5.2 Календарне планування робіт	60
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
6.1 Основи безпеки при будівництві закритої зрошувально-дренажної мережі	64
6.2 Безпека проведення земляних робіт при розробці траншеї, монтажу і укладанні трубопроводів	65
6.3 Розрахунок бічного тиску ґрунту на стінку траншеї.....	67
7 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНО-ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ	69
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: 78 сторінок друкованого тексту, 12 рисунків, 16 таблиць, 17 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – процеси будівельного виробництва при зведенні та монтажі елементів інженерної гідромеліоративної інфраструктури.

Предмет дослідження – організаційні, технологічні, технічні та економічні параметри і взаємозв'язки будівельних процесів при улаштуванні закритої зрошувально-дренажної системи.

Мета роботи – інженерне обґрунтуванні організаційно-технологічних параметрів та розробка проектно-технологічних рішень для будівництва закритої зрошувально-дренажної системи у фермерському господарстві «Самара» Павлоградського району Дніпропетровської області на площі 519,0 га.

Методи дослідження – аналітичні та графоаналітичні методи просторового планування, методи математичного моделювання фізико-механічних властивостей ґрунтів, методи техніко-економічного аналізу та організаційно-календарного планування потокового будівництва.

Ключові слова: зрошувальна мережа, закритий дренаж, будівельне виробництво, технологічна карта, будівельна техніка, дощувальні машини, трубопровід, економічна ефективність, техніка безпеки.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний стан аграрного сектору України, особливо в умовах глобальних кліматичних змін, вимагає впровадження високоефективних та екологічно безпечних методів інтенсифікації землеробства. Степова зона України, зокрема Дніпропетровська область, відноситься до регіонів із вираженим посушливим кліматом та ризикованим зволоженням угідь. Часті тривалі бездощові періоди, повітряні посухи та суховії суттєво обмежують потенціал родючості місцевих чорноземів звичайних, роблячи отримання стабільних високих врожаїв сільськогосподарських культур неможливим без штучного регулювання водно-повітряного режиму ґрунту.

Водночас, інтенсивне напірне зрошення на важких за механічним складом суглинках може викликати небезпеку вторинного засолення та підняття рівня ґрунтових вод. Саме тому сучасне меліоративне будівництво має базуватися на комплексному підході – поєднанні напірних закритих зрошувальних мереж із системами горизонтального дренажу. Успішна реалізація таких капіталомістких проектів безпосередньо залежить від техніко-економічного обґрунтування їх організаційно-технологічних параметрів, правильного вибору комплектів будівельних машин, оптимізації календарних графіків та мінімізації трудовитрат, що зумовлює високу актуальність теми кваліфікаційної роботи.

Мета роботи полягає в інженерному обґрунтуванні організаційно-технологічних параметрів та розробці проектно-технологічних рішень для будівництва закритої зрошувально-дренажної системи на масиві площею 519,0 га в умовах фермерського господарства «Самара» Павлоградського району Дніпропетровської області для забезпечення його стабільного та рентабельного функціонування.

Для досягнення поставленої мети у роботі були вирішені такі **завдання**:

- проаналізувати природно-кліматичні, геологічні та гідрогеологічні умови району будівництва, а також дати агрофізичну характеристику ґрунтового покриву та джерела зрошення;
- сформувати загальну характеристику об'єкта будівництва, обґрунтувати вибір закритих трубопроводів із поліетиленових труб ПЕ-100 SDR 17 та підібрати парк дощувальної техніки;
- розробити технологічну карту та розрахувати об'єми земляних і будівельно-монтажних робіт при улаштуванні закритого горизонтального дренажу;
- розробити технологічну карту на улаштування закритої зрошувальної мережі з обґрунтуванням вибору комплексів будівельних машин;
- скласти лінійний календарний план будівництва об'єкта, побудувати графік руху робочої сили та оптимізувати загальну тривалість виконання процесів;
- опрацювати заходи з охорони праці, промислової безпеки та пожежної безпеки відповідно до діючих національних стандартів, виконавши розрахунок активного бічного тиску ґрунту на стінки траншей;
- розрахувати основні техніко-економічні показники проекту та економічну ефективність капітальних вкладень.

Об'єкт дослідження – процеси будівельного виробництва при зведенні та монтажі елементів інженерної гідромеліоративної інфраструктури.

Предмет дослідження – організаційні, технологічні, технічні та економічні параметри, показники та взаємозв'язки будівельних процесів при улаштуванні закритих зрошувальних і дренажних мереж.

Методи дослідження. При виконанні роботи використано аналітичні та графоаналітичні методи побудови поздовжніх і поперечних профілів, методи математичного моделювання фізико-механічних взаємодій у ґрунтах, а також методи техніко-економічного аналізу, календарного планування та комплексної механізації процесів на основі чинної нормативної бази України (ДБН, ДСТУ, РЕКН).

1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНО-ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ

1.1 Кліматичні умови території будівництва

Територія будівництва зрошувально-дренажної мережі розташована в Павлоградському районі Дніпропетровської області, яка лежить у північній підзоні Степової зони України. Цей регіон характеризується помірно-континентальним кліматом, якому притаманне жарке, посушливе літо та відносно м'яка, малосніжна зима. Формування кліматичних умов значною мірою зумовлене циркуляцією повітряних мас: морських і тропічних з Атлантики, континентальних з глибинних районів Євразії та холодних вторгнень з Арктичного басейну.

Взимку над територією району активно розвивається циклонічна діяльність. Перехід до холодного періоду зазвичай пов'язаний із початком вторгнення арктичного повітря – у цей час тут найчастіше розташовується центральна частина відрогів антициклону з підвищеним атмосферним тиском. Відмінною рисою місцевих зим є часті відлиги, що викликаються переміщенням теплих циклонічних мас з Атлантики, Середземного та Чорного морів. У квітні та травні нерідко спостерігається повернення холодів і пізні весняні заморозки через раптові вторгнення арктичного повітря.

Влітку вплив арктичних мас майже цілком припиняється. Переважає безхмарна, суха погода, сформована Азорським антициклоном, із великою кількістю ясних і сонячних днів. Це сприяє інтенсивному прогріву повітря і ґрунту, а також виникненню негативних агрокліматичних явищ – пилових бур та суховіїв. Літній характер атмосферних процесів триває приблизно до

середини серпня, після чого циркуляція різко змінюється. У жовтні-листопаді Азорський антициклон руйнується, поступаючись місцем відрога Сибірського антициклону. У зв'язку з цим збільшується повторюваність туманів, встановлюється похмура погода з мрячними опадами. У другу половину осені посилюється вплив південних і західних циклонів, що зумовлюють обложні опади.

Середньо багаторічна температура повітря становить $+8,5^{\circ}\text{C}$. Найбільш жаркий місяць – липень із середньою температурою $+21,3^{\circ}\text{C}$, найбільш холодний – січень із показником мінус $5,6^{\circ}\text{C}$. Абсолютний температурний максимум сягав $+41^{\circ}\text{C}$ (у серпні), а абсолютний мінімум опускався до мінус 37°C (у лютому). Весняний перехід середньодобових температур через 0°C до позитивних значень відбувається зазвичай 16 березня, через $+5^{\circ}\text{C}$ – 4 квітня. Осінній перехід через $+5^{\circ}\text{C}$ фіксується 31 жовтня, а через 0°C до негативних значень – 25 листопада.

Тривалість безморозного періоду в середньому дорівнює 174 дням (найбільша – 223 доби, найменша – 144 доби). Сума ефективних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ у середньому становить 1320°C , вище $+5^{\circ}\text{C}$ – 2330°C . Сума активних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ складає 3055°C , вище $+5^{\circ}\text{C}$ – 3340°C . В останні десятиліття спостерігається стала тенденція до поступового підвищення середньорічної температури повітря, що збільшує потребу сільськогосподарських культур у волозі.

Атмосферні опади відіграють ключову роль у формуванні як поверхневого, так і підземного стоку. Район будівництва відноситься до зони ризикованого (нестійкого) зволоження, що робить зрошення обов'язковою умовою стабільного землеробства. Влітку регулярно фіксуються тривалі бездощові періоди: тривалістю понад 20 днів – двічі на рік, понад 30 днів – щорічно, понад 40 днів – 6-9 разів на десятиліття.

Середньо багаторічна річна норма опадів становить 499 мм. З них на теплий вегетаційний період (квітень – жовтень) припадає 310 мм (близько 62% від річної кількості), на холодний період (листопад – березень) – 188 мм.

Найменша кількість опадів характерна для лютого і жовтня (по 33 мм), у березні та квітні випадає 34-35 мм. Максимум опадів традиційно припадає на червень (70 мм), проте вони часто мають зливовий характер і погано засвоюються ґрунтом. Узагальнена кліматична характеристика наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Кліматична характеристика району будівництва (опорна метеостанція Павлоград)

Найменування показників	Місяці												По сезонах		За
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VI-X	XI-III	рік
1. Температура повітря, °C:															
- середня,	-5,6	-4,1	1,0	9,7	16,1	19,6	21,3	20,3	14,9	8,1	2,6	-1,9	15,7	-1,6	8,5
- min.: - середній	-8,8	-8,6	-3,3	3,1	9,6	13,0	15,3	14,0	9,1	3,3	-1,3	-6,0			3,3
- абсолютний	-34	-37	-29	-10	-4	1	6	3	-6	-21	-25	-28	-21	-37	-37
- max.: - середній	-2,8	-1,9	4,1	14,7	22,7	26,0	28,6	27,6	22,1	13,6	5,5	-0,3			13,3
- абсолютний	13	15	22	30	35	40	40	41	36	33	23	16	41	23	41
2. Сумма опадів, мм:															
- середня,	45,083	32,556	35,383	33,844	40,922	69,767	58,644	38,506	35,767	32,694	39,806	35,667	310,144	188,494	498,639
- максимальна,	133	63,8	81,7	120,8	155,5	147	172	139,3	120,3	84,1	91,8	109,1	542,2	363,3	753,7
- рік	1966	1953	2000	2008	1961	2005	1976	1963	2000	1950	1977	1966	1976	1966	1976
- макс. добова,	26,0	26,5	39,2	38,6	37,0	68,3	39,0	81,0	46,6	42,0	37,0	22,8	81,0	39,2	81,0
3. Висота снігового покриву, см:															
- середня,	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	3
- максимальна,	25	35	42	10	-	-	-	-	-	3	5	12			42
4. Вологість повітря:															
- відносна, %	87	85	81	67	60	62	61	62	66	77	84	87	65	85	73
- абсолютна, мб.	4,0	4,2	5,0	7,3	10,3	13,7	15,6	14,5	11,0	8,3	6,5	4,9	11,5	4,9	8,8
5. Хмарність, бали															
	7,6	7,7	7,1	6,0	5,3	4,6	4,0	3,8	4,2	5,8	7,6	8,2	4,8	7,6	6,0
6. Випаровування з поверхні, мм:															
- водної,	-	-	23	47	102	133	156	148	102	55	15	-	743	38	781
- ґрунту,	4	13	36	56	76	82	74	61	47	31	9	2	427	64	491
7. Середня швид-															
кість вітру, м/с	4,6	4,8	5,0	4,4	4,1	3,2	3,1	3,0	2,8	3,5	4,3	4,7	3,4	4,7	4,0
8. Число днів із швидкістю															
вітру >15 м/с	1,2	2,3	2,3	1,8	1,6	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	1,2	1,5	5,3	8,5	13,8
9. Повторюваність напрямлення вітрів															
і штилей, %: Пн	6	7	8	9	12	15	17	14	11	7	6	4	12,1	6,2	9,7
ПнСх	13	11	12	13	14	14	14	15	14	13	10	13	13,9	11,8	13,0
Сх	17	16	17	21	19	13	12	16	12	17	21	19	15,7	18,0	16,7
ПдСх	20	20	18	17	14	13	9	11	14	17	26	24	13,6	21,6	16,9
Пд	10	9	10	10	9	8	4	6	8	8	10	11	7,6	10,0	8,6
ПдЗ	11	12	11	9	10	10	7	6	9	10	8	9	8,7	10,2	9,3
З	12	13	11	8	8	10	14	12	12	12	9	9	10,9	10,8	10,8
ПнЗ	11	12	13	13	14	17	23	20	20	16	10	11	17,6	11,4	15,0
Штиль	10	10	8	12	16	19	22	22	25	20	12	9	19,4	9,8	15,4

Сніговий покрив. Терміни утворення та сходження снігового покриву значною мірою залежать від поточних погодних умов і демонструють суттєву

міжрічну мінливість. Через регулярні зимові відлиги, що часто супроводжуються дощами, сніговий покрив відрізняється нестійкістю; поширені випадки його повного танення серед зими. Приблизно в 30% зим стійкий сніговий покрив у регіоні взагалі не формується.

Середня кількість днів із наявним сніговим покривом становить 77. Висота снігу невелика і вкрай нерівномірна, у середньому сягаючи 3-4 см, хоча в аномально сніжні роки може становити до 42 см. Щільність снігу динамічно змінюється, її середня багаторічна величина при максимальній декадній висоті дорівнює $0,25 \text{ г/см}^3$ при запасах води близько 36 мм.

Вологісний та повітряний режим. Вологість повітря тісно пов'язана з атмосферною циркуляцією. Абсолютна вологість найменша у січні (4,0 мб), а максимальна – у липні (15,6 мб), становлячи в середньому за рік 8,8 мб. Відносна вологість має зворотну динаміку: взимку вона найвища (85-87%), а у травні-серпні падає до 60-62%.

У теплий період переважають вітри східних і північно-західних напрямків, у холодний – південно-східних та східних. Влітку часто дмуть суховії, які різко знижують вологість ґрунту. Ранньою весною за відсутності густого трав'яного покриву можливі пилові бурі. Середньо багаторічна швидкість вітру становить 4,0 м/с. Найвітряніший місяць – березень (5,0 м/с), найспокійніший – вересень (2,8 м/с). Шквальні вітри зі швидкістю понад 15 м/с спостерігаються в середньому 13,8 днів на рік.

1.2 Геологічні та гідрогеологічні умови

Зрошувана ділянка територіально розміщена в межах водороздільного плато. Рельєф території ускладнений: на північ та південь від масиву розташовані глибокі балки, а зі східної сторони проходить долина річки Вовча. Місцеві похили поверхні спрямовані переважно у північному та південно-

східному напрямках. Абсолютні відмітки висот у межах водороздільного плато коливаються від 120,0 до 142,0 м, знижуючись у долині річки Вовчої до 70,0 – 80,0 м. На схилах водорозділу спостерігаються процеси площинного змиву ґрунтів під дією водної ерозії, що вимагає впровадження ґрунтозахисних заходів.

У геоструктурному відношенні район робіт знаходиться в межах південно-східного крила Дніпровсько-Донецької западини. Геологічна будова представлена глибоким комплексом кристалічних порід докембрію, перекритим потужною корою вивітрювання та товщею осадових утворень палеогенової й четвертинної систем. Докембрійські породи (сірі та рожеві граніти) залягають на значній глибині (60,0 – 136,0 м). Кора вивітрювання кристалічних порід складена первинними сірими каолінами товщиною 7,0 – 10,0 м.

Палеогенові утворення включають бучацькі піски та піщаники з прошарками глин (потужність 20,0 – 40,0 м), київські піщаники (10,0 – 20,0 м) та харківські піски. Пліоценові та нижньочетвертинні утворення покривають давніші відкладення скрізь, окрім річкових долин та великих балок, і представлені щільними червоно-бурими глинами на глибині 20,0 – 30,0 м, які відіграють роль водотриву.

Четвертинні відкладення мають повсюдне поширення і поділяються на алювіальні, алювіально-делювіальні та еолово-делювіальні. В основі ґрунтового профілю лежать важкі темно- та червоно-бурі карбонатні суглинки, вище яких залягають легші суглинки.

Гідрогеологічний стан. Напірні водоносні горизонти залягають глибоко і не впливають на меліоративний стан ділянки. Однак рівень ґрунтових вод (перший від поверхні безнапірний горизонт) знаходиться на глибині 5,0 – 10,0 м у південній частині масиву та 10,0 – 13,8 м у північній. Мінералізація ґрунтових вод становить від 0,5 до 10,0 г/л (тип хімізму переважно сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієво-магнієвий). Оскільки ґрунтові води залягають відносно неглибоко, при інтенсивному зрошенні існує ризик їх підняття та вторинного засолення ґрунтів, що обґрунтовує необхідність будівництва ефективної дренажної мережі.

1.3 Характеристика ґрунтового покриву на будівельному майданчику

Ґрунтовий покрив зрошуваного масиву представлений переважно чорноземами звичайними середньопотужними, малогумусними, важкосуглинковими. Вони сформувалися під впливом різнотравної та типчаково-ковилової степової рослинності в умовах посушливого клімату. Потужність гумусового горизонту дещо менша порівняно з типовими лісостеповими чорноземами і становить у середньому 60–80 см. Підстилаючими породами є мінеральні суглинки та глини.

Завдяки сприятливим агрофізичним властивостям та високій потенційній родючості, ці чорноземи є універсальними для вирощування всіх районованих сільськогосподарських культур. Однак їх важкосуглинковий механічний склад обумовлює відносно низьку водопроникність, тому при проектуванні зрошення необхідно суворо контролювати поливні норми, щоб уникнути поверхневого стоку та руйнування структури ґрунту.

1.4 Джерело зрошення та його характеристика

Надійне водозабезпечення є основою функціонування будь-якої гідромеліоративної системи. Джерелом зрошення для проектованого масиву слугує існуюча штучна водойма (водосховище), збудована у заплаві річки Мала Терса. Характеристики об'єкта підтверджують його здатність акумулювати достатні запаси води для покриття дефіциту вологи у вегетаційний період. Основні гідрологічні та морфометричні показники водойми наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.5 – Характеристика водойми для зрошення

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	Повний об'єм при нормальному підпірному рівні (НПР)	тис. м ³	5 700
2	Площа водного дзеркала при НПР	га	222
3	Відмітки розрахункових горизонтів води: - НПР (нормальний підпірний рівень) - РМО (рівень мертвого об'єму)	м м	70,5 68,7
4	Глибина водойми: - максимальна - середня	м м	4,0 2,6
5	Корисна водовіддача (активна ємність)	тис. м ³	3 000

Наповнення акумулюючої водойми здійснюється за допомогою існуючої насосної станції, що здійснює забір води безпосередньо з русла річки Мала Терса. З метою забезпечення безперебійного водопостачання в умовах жорсткого дефіциту води в Малій Терсі (особливо в маловодні роки з низьким весняним стоком), проектом передбачена резервна лінія подачі води з більш повноводної річки Вовча. Таке комплексне використання водних ресурсів гарантує високу надійність роботи зрошувальної системи.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА

Проектований масив зрошення охоплює загальну площу 519,0 га. Для забезпечення стабільного зволоження сільськогосподарських угідь розроблено проект сучасної гідромеліоративної системи. Надійне водозабезпечення об'єкта здійснюється з поверхневого джерела – річки Мала Терса.

Технологічна схема подачі води має наступний вигляд: забір води з річки здійснюється насосною станцією перекачки (НСП), яка транспортує розрахункові об'єми води до відкритого регулюючого басейну. З басейну, за допомогою насосної станції підкачки, вода під необхідним напором нагнітається у головний розподільний трубопровід (1Кр). Далі, через розгалужену мережу польових трубопроводів різного діаметру, вода транспортується безпосередньо до водовипускних гідрантів, до яких підключається дощувальна техніка (рис. 2.1).

З метою мінімізації фільтраційних втрат, раціонального використання водних ресурсів та підвищення коефіцієнта корисної дії системи, на масиві запроектована закрыта напірна зрошувальна мережа (аркуш 1). Трубопроводи виконані із сучасних високонадійних поліетиленових труб марки ПЕ-100 SDR 17. Специфікація трубопроводів за діаметрами та протяжністю наведена у таблиці 2.1.

Для рівномірного розподілу штучних опадів та ефективного поливу різних сільськогосподарських культур передбачається застосування різнотипної високоефективної дощувальної техніки. Парк машин включає (рис. 2.2):

- три дощувальні машини фронтальної дії ДФ «Дніпро-120-17» із витратою води 120 л/с та робочою довжиною захвату 460 м;
- дві дощувальні машини кругової дії ДМУ «Фрегат» А-337-65 із витратою води 65 л/с.

Основні техніко-економічні показники			
№ з/п	Назва	Кількість	Примітка
1	Площа зрошення, гектар	548,0	гектар
2	Коефіцієнт земельного використання	0,94	гектар
3	Коефіцієнт зрошення	0,85	
4	Трубопровід, Ø450 мм	760	м
	Ø400 мм	460	м
	Ø250 мм	568	м
5	Дренажний трубопровід ПВХ Ø100мм	2325	м
6	Насосна станція	1	шт.
7	Регулюючий басейн	1	шт.
8	Допоміжна машина ДФ "Дніпро"	2	шт.
9	Допоміжна машина ДМУ "Фрегат"	2	шт.

Сівозміна:

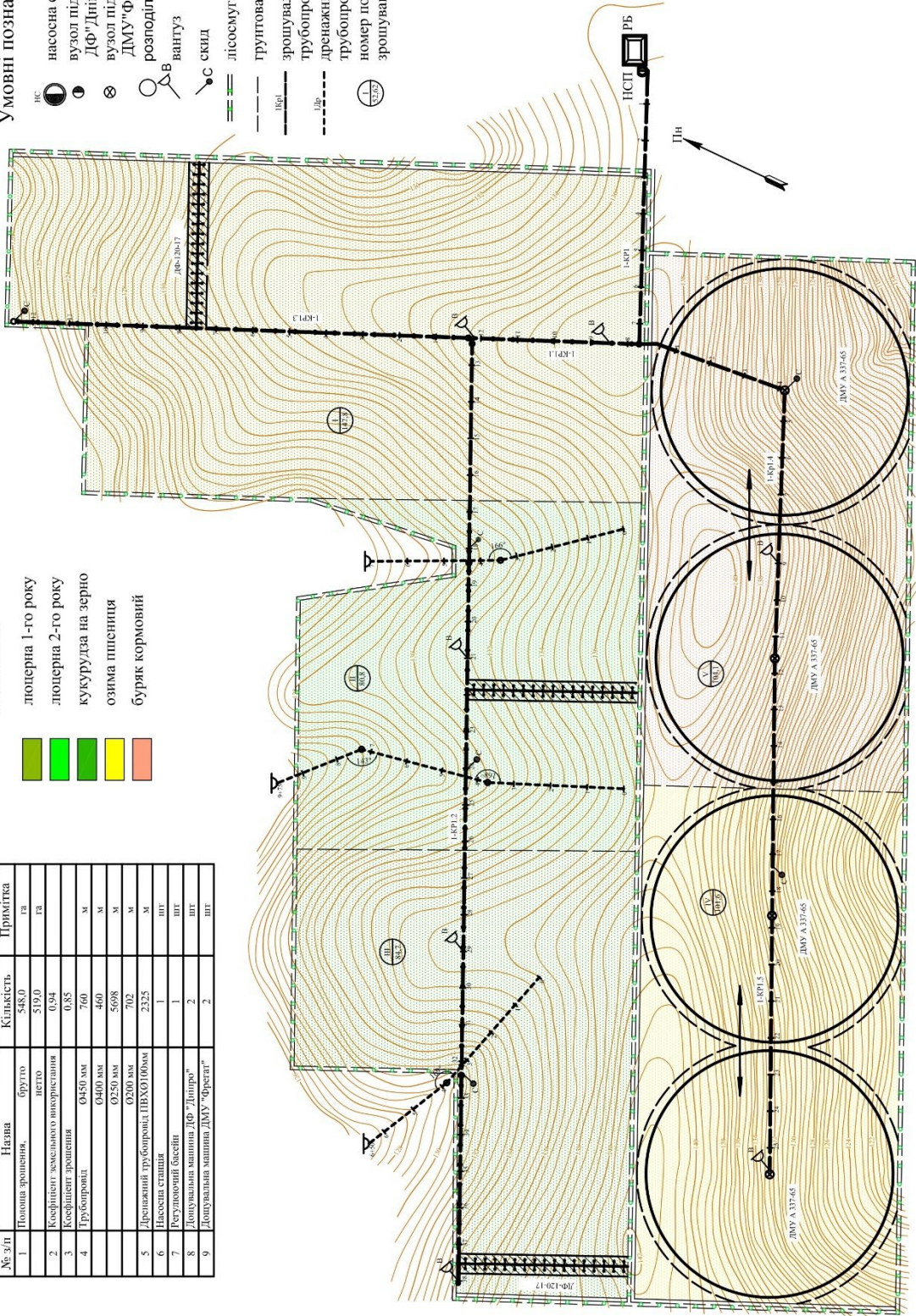
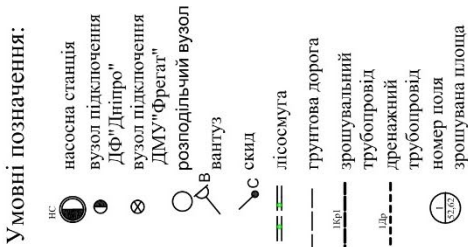
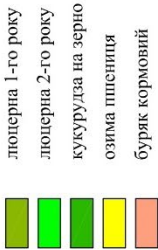


Рисунок 2.1. Оглядова схема масиву зрошення

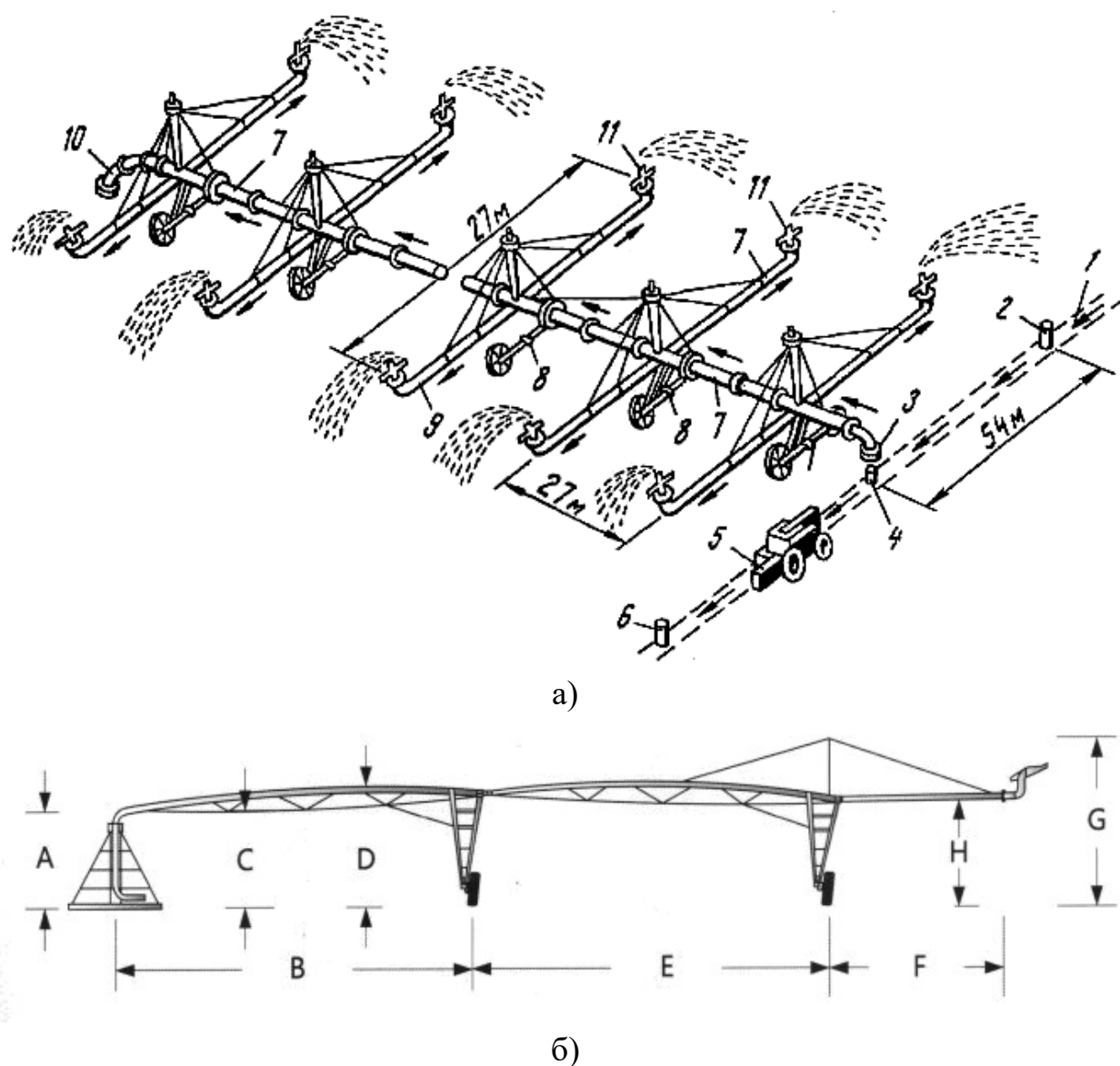


Рисунок 2.2. Схематичне зображення парку дощувальних машин:

а) ДФ-120 «Дніпро»; б) ДМУ «Фрегат»

Таблиця 2.1 – Специфікація закритої зрошувальної мережі

№ з/п	Діаметр трубопроводу, мм	Матеріал труб	Загальна довжина, м
1	450	ПЕ-100 SDR 17	760
2	400	ПЕ-100 SDR 17	460
3	250	ПЕ-100 SDR 17	5 698
4	200	ПЕ-100 SDR 17	702

Безпечна та стабільна експлуатація гідротехнічної інфраструктури забезпечується комплексом спеціальних споруд та трубопровідної арматури. До складу інженерного обладнання мережі входять: розподільчі та скидні колодязі в кількості 10 шт. для управління потоками води; запірні засувки (11 шт.) для перекриття окремих ділянок; нерухомі металеві опори для підключення машин ДМУ «Фрегат» (4 шт.); водовипускні гідранти для підключення машин ДФ «Дніпро-120», що встановлюються з інтервалом 54 м (загалом 72 шт.). Для захисту трубопроводів від гідравлічних ударів та автоматичного випуску повітряних пробок передбачено встановлення 8 вантузів.

Враховуючи геоморфологічні особливості ділянки та ймовірність підняття рівня ґрунтових вод під час інтенсивного поливного сезону, проектом розроблено комплекс природоохоронних заходів. У понижених місцях (мікрозниженнях) рельєфу, для запобігання процесам підтоплення, заболочення та небезпеці вторинного засолення ґрунтів, запроектовано улаштування системи закритого горизонтального дренажу. Дренажна лінія монтується з перфорованих труб ПВХ діаметром 100 мм. Для здійснення постійного моніторингу за меліоративним станом земель, спостереження за рівнем ґрунтових вод та проведення профілактичних промивок мережі, на кутах повороту траси дренажного колектора передбачено 4 оглядових колодязі.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок об'ємів земляних робіт

Для обґрунтованого розрахунку об'ємів робіт із будівництва елементів зрошувально-дренажної мережі необхідно виконати точну побудову поздовжнього та поперечного профілів проектуємих трубопроводів (рис. 3.1). Побудову поздовжнього профілю розпочинають із геодезичної розбивки траси прокладання трубопроводу на пікети.

За відмітками горизонталей на зрошуваному масиві виконується побудова профілю поверхні землі по трасі трубопроводу. Графічна побудова здійснюється у вертикальному масштабі 1:1000 та горизонтальному масштабі 1:5000 за відмітками, що отримані в точках перетину горизонталей із проектованою трасою. У перший рядок профілю записують відмітки поверхні по кожному пікету, які визначаються графічним шляхом.

Глибину закладення трубопроводів h_{mp} визначають за формулою:

$$h_{mp} = d + h_{np} , \quad (3.1)$$

де d – зовнішній діаметр труби на даній ділянці, м; h_{np} – нормативна глибина промерзання ґрунту, м (приймається за довідковими даними).

Відмітки верху, дна та осі трубопроводу розраховуються залежно від проектної відмітки дна траншеї та діаметра труби. Поперечний переріз траншеї з нанесенням усіх відміток та розмірів креслять на двох характерних

пiкетах у масштабі 1:50. Оскільки укладання дренажу проводиться вузькотраншейним (або безтраншейним) способом за допомогою спеціалізованої техніки, коефіцієнт закладання укосів приймається $m = 0$, а ширина траншеї по дну становить $B_{mp} = 0,5$ м.

Об'єм зрізання рослинного шару ґрунту визначається за формулою:

$$V_{зр} = L_{mp} \cdot B_{зр} \cdot t_{зр}, \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

де L_{mp} – загальна – довжина трубопроводу, м; $B_{зр}$ – ширина смуги зрізання (приймається рівною 10 м); $t_{зр}$ – товщина рослинного шару ґрунту (становить 0,3 м).

Площа планування траси траншеї $F_{пл}$ складає:

$$F_{пл} = L_{mp} \cdot B_{пл}, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

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

Дренажні полівінілхлоридні (ПВХ) труби діаметром 100 мм укладаються дреноукладачем ЕТЦ–406 на проектну глибину 2,0...3,5 м і обсипаються гравійно-піщаною сумішшю шаром 0,3 м. Об'єм розробки ґрунту в дренажній траншеї $V_{д.м.}$ складає:

$$V_{д.м.} = (B_{д.тр.} + m \cdot h_{д.тр.}) \cdot h_{д.тр.} \cdot L_{д.м.}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де $B_{д.тр.}$ – ширина дренажної траншеї по дну (0,5 м); $h_{д.тр.}$ – глибина дренажної траншеї, м; m – коефіцієнт закладання укосів (0); $L_{д.м.}$ – довжина дренажу, м.

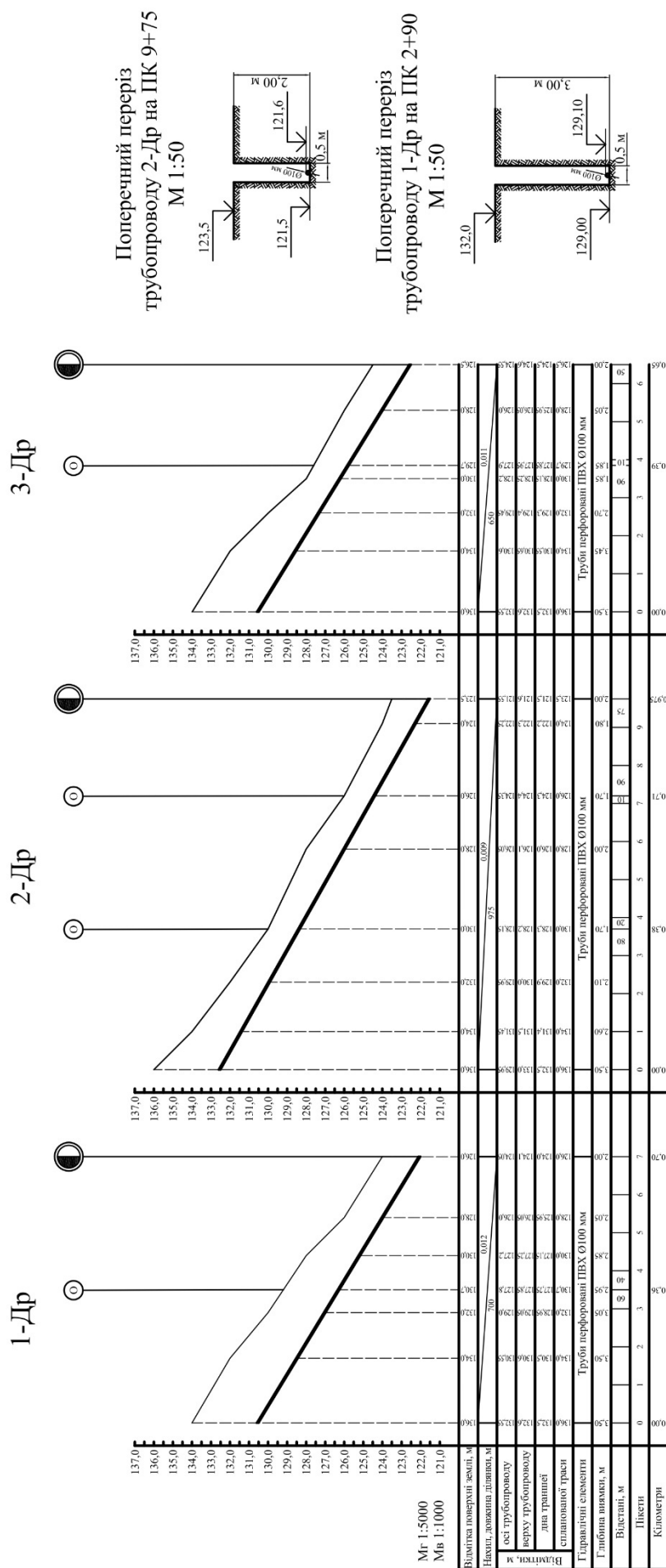


Рисунок 3.1. Поздовжній профіль та поперечні перерізи дренажного трубопроводу

Детальні дані щодо розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Об'єми розробки ґрунту в дренажних траншеях

№ пікету	d, м	h _{пр.} , м	B _{тр.} , м	F _{тр.} , м ²	l _i , м	V, м ³
Колектор 1-Др						
1	0.1	3.50	0.5	1.75	100	175.00
2	0.1	3.50	0.5	1.75	100	175.00
3	0.1	3.05	0.5	1.64	100	163.75
4	0.1	2.95	0.5	1.50	100	150.00
5	0.1	2.85	0.5	1.45	100	145.00
6	0.1	2.05	0.5	1.23	100	122.50
7	0.1	2.00	0.5	1.01	100	101.25
Колектор 2-Др						
1	0.1	3.50	0.5	0,88	100	87,50
2	0.1	2.60	0.5	1.53	100	152.50
3	0.1	2.10	0.5	1.18	100	117.50
4	0.1	2.05	0.5	1.04	100	103.75
5	0.1	2.00	0.5	1.01	100	101.25
6	0.1	1.80	0.5	0.95	100	95.00
7	0.1	1.80	0.5	0.90	100	90.00
8	0.1	1.90	0.5	0.93	100	92.50
9	0.1	1.90	0.5	0.95	100	95.00
9+75	0.1	2.00	0.5	0.98	75	73.13
Колектор 3-Др						
1	0.1	3.50	0.5	0.88	100	87.50
2	0.1	3.45	0.5	1.74	100	173.75
3	0.1	2.70	0.5	1.54	100	153.75
4	0.1	1.85	0.5	1.14	100	113.75
5	0.1	2.05	0.5	0.98	100	97.50
6	0.1	2.00	0.5	1.01	100	101.25
6+50	0.1	2.00	0.5	1.00	50	50.00
Всього:					2325	2820

Об'єм розробки ґрунту в котлованах під оглядові колодязі $V_{\text{кол}}$ приймається у кількості 3% від загального об'єму ґрунту траншеї. Об'єм засипки дренажних труб гравійно-піщаною сумішшю шаром 0,3 м розраховується за формулою:

$$V_{\phi} = L_{\text{д.т.}} \cdot b_{\phi} \cdot h_{\phi}, \text{ м}^3, \quad (3.5)$$

де b_{ϕ} – ширина шару фільтра (дорівнює 0,5 м); h_{ϕ} – шар гравійно-піщаної суміші (0,3 м). Об'єм повної зворотної засипки дренажної траншеї ґрунтом розраховують за формулою:

$$V_{\text{нов}} = V_{\text{д.т.}} + V_{\text{кол}} - V_{\phi} - V_{\text{част}}, \text{ м}^3, \quad (3.6)$$

Усі зведені розрахункові дані щодо обсягів робіт структуровані у відомості (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Відомість об'ємів робіт по будівництву дренажної мережі

№ з/п	Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Об'єм
1	Зрізання рослинного ґрунту з траси трубопроводу шаром 0,3 м	м ³	6975,0
2	Планування траси дренажу	м ²	9300,0
3	Розробка ґрунту в траншеї	м ³	2820,0
4	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м ³	85,0
5	Укладання дренажних ПВХ труб d=100 мм	м	2325,0
6	Монтаж оглядових колодязів	шт.	4
7	Обсипка дрен зворотним фільтром	м ³	350,0
8	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	115,0
9	Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	2440,0
10	Монтаж дренажних гирл	шт.	3
11	Відновлення рослинного ґрунту	м ³	6975,0

3.2 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів для будівництва дренажної мережі

Оптимальний комплект будівельних машин складається відповідно до видів робіт, обсягів та ґрунтових умов, що характерні для будівництва дренажу на масиві зрошення. Основною машиною для улаштування дренажу визначено траншейний екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-406А, який забезпечує виконання робіт у єдиному технологічному циклі (відриття вузької траншеї, укладання труб та первинне обсіпання). Технічна характеристика та зовнішній вигляд машини наведені в таблиці 3.3 і рис. 3.2.

Таблиця 3.3 – Характеристика дреноукладача ЕТЦ-406А

Характеристика	Параметри
Тип машини	самохідна на гусеничному ході
Параметри траншеї (глибина / ширина), м	до 4,0 / 0,5
Глибина укладання дренажних труб, м	2,5 ... 4,0
Тип дренажних труб	гофровані з поліетилену / ПВХ
Діаметр труб, мм	до 150
Швидкість робочого ходу, км/год	3,5
Конструктивна маса, кг	28 000
Габаритні розміри (довжина / ширина / висота), мм	14760 / 3450 / 5300
Двигун	ЯМЗ-238Д
Потужність, кВт (к.с.)	243 (330)
Питомий тиск на ґрунт, гусениці, мм	колія 2300, ширина гусениці 750



Рисунок 3.2. Загальний вигляд дреноукладача ЕТЦ-406А

Для зняття родючого шару ґрунту, попереднього планування траси трубопроводу, а також для здійснення зворотної повної засипки траншеї передбачено використання бульдозерів на гусеничному шасі (наприклад, Т-170). Критерієм вибору бульдозера є дальність переміщення ґрунту, категорія ґрунту та тяговий клас машини. Для розробки ґрунту в котлованах під колодязі використовують однокішшевий екскаватор (ЕО-4121 або аналоги) зі зворотною лопатою об'ємом ковша $0,5 \text{ м}^3$. Монтаж збірних залізобетонних елементів (оглядових колодязів) виконується автомобільним краном вантажопідйомністю 10 т.

3.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні

На основі визначених об'ємів робіт по кожній технологічній операції розробляється детальна калькуляція трудових витрат. Склад будівельної ланки та норму часу приймають згідно з відповідними збірниками Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН), що вказуються у відповідних графах розрахункових таблиць (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Розрахунок калькуляції трудових витрат та заробітної платні на будівництво дренажної мережі

№ з/п	Найменування робіт	Один. виміру	Кіл-ть	Параграф ЕНіРу	Склад ланки		Один. виміру	Норма часу	Трудо-містк.	С _{фу}	З/п, грн..
					спеціальн., розряд	кіл-ть					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дренажна мережа											
1	Зрізка рослинного шару ґрунту з траси дренажу	м³	6975	Е2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0.55	4.8	206.5	8127.84
2	Планування траси дренажу	м²	9300	Е2-1-35	маш. 6 розр.	1	1000	0.29	0.3	206.5	507.99
3	Розробка ґрунту в дренажній траншеї	м³	2820	Е2-1-13	маш. 6 розр.	1	100	2.6	9.2	206.5	15578.36
4	Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м³	85	Е2-1-11	маш. 6 розр.	1	100	2.8	0.3	206.5	507.99
5	Укладка дренажних ПВХ труб d=100 мм	м	2325	В12-1-29	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	100	0.37	1.1	129.5	1168.09
6	Обсипка дрен зворотнім фільтром	м³	350	Е2-1-58	землекоп 2 розр.	2	1	0.57	24.9	129.5	26441.31
7	Монтаж оглядових колодязів	шт.	4	Е9-2-29	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	1	7.8	3.9	129.5	4141.41
8	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м³	115	Е2-1-58	землекоп 2 розр.	2	1	0.73	10.5	129.5	11149.95
9	Монтаж дренажних гирл	шт.	3	Е-9-2-19	маш. 6 р., монт 3,4 р	3	1	1.4	0.5	129.5	530.95
10	Повна засипка траншеї ґрунтом	м³	2440	Е2-1-34	маш. 6 розр.	1	100	0.35	1.1	206.5	1862.63
11	Відновлення рослинного шару ґрунту	м³	6975	Е2-1-22	маш. 6 розр.	1	100	0.19	1.7	206.5	2878.61
Всього									58.3	-	72895.13

Трудовістість виконання робіт Q , люд.-дн., розраховують за формулою:

$$Q = (V \cdot H_q) / (N \cdot 8,2) , \quad (3.7)$$

де V – проектний об'єм роботи; H_q – норма часу на одиницю роботи за РЕКН; N – одиниця виміру роботи; 8,2 – нормативна тривалість робочої зміни в годинах.

Згідно з розрахунковими даними (зведеними у табл. 3.4), на весь цикл будівництва дренажної мережі буде витрачено 58,3 люд.-днів.; заробітна плата – 72895.13 грн.

3.4 Графік виконання робіт по будівництву дренажної мережі

Для забезпечення ритмічності будівництва розробляється календарний графік виробництва робіт (табл. 3.5). Основою для його складання слугує розрахована раніше калькуляція трудових витрат. При формуванні графіка особлива увага приділяється суміщенню будівельних процесів для скорочення загальної тривалості робіт.

3.5 Технологія будівництва дренажної мережі

Технологічний процес будівництва закритого горизонтального дренажу жорстко регламентується галузевими нормативними документами. Проектом передбачається укладання полівінілхлоридних гофрованих труб діаметром 100 мм на глибину 2,0–3,5 м з обсіпанням піщано-гравійною сумішшю (рис. 3.3).

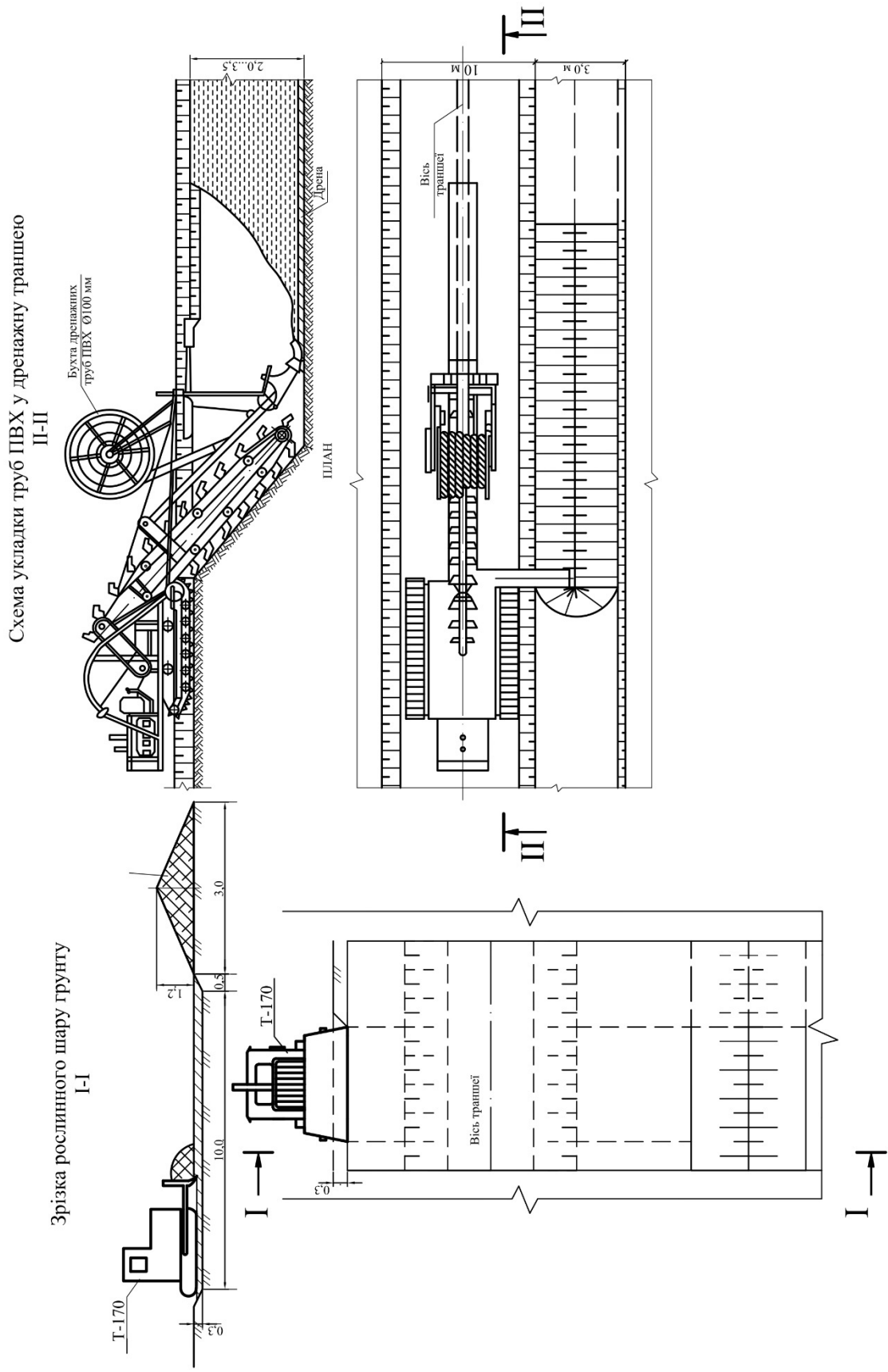


Рисунок 3.3. Технологічна схема улаштування дренажу

Таблиця 3.5 – Графік виробництва робіт при будівництві дренажної мережі

№	Найменування робіт	Один. вим.	Об'єм	Параграф РЕКН	Склад ланки (розряд, к-ть)	Трудомістк., люд.-дн.	К-ть змін	Тривал., днів
1	Зрізка рослинного шару ґрунту	м ³	6975	E2-1-22	маш. 6 розр. (1)	4,8	1	5
2	Планування траси дренажу	м ²	9300	E2-1-35	маш. 6 розр. (1)	0,3	1	1
3	Розробка ґрунту в дренажній траншеї	м ³	2820	E2-1-13	маш. 6 розр. (1)	9,2	1	10
4	Розробка ґрунту в котлованах	м ³	85	E2-1-11	маш. 6 розр. (1)	0,3	1	1
5	Укладка дренажних ПВХ труб d=100 мм	м	2325	B12-1-29	маш. бр., монт. 3,4р. (3)	1,1	1	2
6	Обсипка дренажних зворотних фільтром	м ³	350	E2-1-58	Землекоп 2 розр. (2)	24,9	1	25
7	Монтаж оглядових колодязів	шт.	4	E9-2-29	маш. бр., монт. 3,4р. (3)	3,9	1	4
8	Часткова засипка траншеї ґрунтом	м ³	115	E2-1-58	Землекоп 2 розр. (2)	10,5	1	11
9	Монтаж дренажних гирл	шт.	3	E9-2-19	маш. бр., монт. 3,4р. (3)	0,5	1	1
10	Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	2440	E2-1-34	маш. 6 розр. (1)	1,1	1	2
11	Відновлення рослинного шару ґрунту	м ³	6975	E2-1-22	маш. 6 розр. (1)	1,7	1	2
Всього:						58,3	-	64

Основні етапи технології будівництва включають:

1. Попереднє зрізання родючого шару ґрунту по трасі дрени бульдозером (товщина шару 0,3 м, ширина смуги 10 м).
2. Розробку вузької дренажної траншеї дреноукладачем.
3. Укладання дренажної труби за допомогою дреноукладача з одночасною подачею матеріалу фільтра.
4. Обсипання труби піщано-гравійним захисним фільтром.
5. Зворотну засипку траншеї місцевим ґрунтом.
6. Рекультивацію (відновлення) родючого шару ґрунту.

Роботи виконуються багатоковшевим дреноукладачем ЕТЦ-406А, який забезпечує точне дотримання заданого похилу за допомогою системи натягнутого копірного троса або лазерного нівеліра. Котушки з полімерними трубами доставляються на об'єкт автомобілями самоскидами та встановлюються на машину за допомогою автокрана. У процесі руху дреноукладача безперервно формується траншея, на її дно змотується труба, яка одразу ж засипається фільтруючим матеріалом, що подається з бункера машини.

3.6 Контроль якості будівництва дренажної мережі

Забезпечення проектної якості будівельно-монтажних робіт здійснюється шляхом постійного поопераційного контролю. Основні параметри контролю наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Контроль якості виробництва робіт при улаштуванні дренажу

Процеси, що контролюються	Предмет контролю	Інструмент та спосіб	Періодичність	Відповідальний	Технічні критерії оцінки якості
Зрізка рослинного шару	Ширина смуги, товщина шару, правильність складування	Мірна стрічка, візуально	У процесі робіт	Майстер	Зовнішній огляд, пробний замір (допуск ± 5 см)
Підготовка до укладання дрени	Правильність установки копірного троса	Нівелір, мірна стрічка	До початку роботи дренаукладача	Геодезист, майстер	Допустимі відхилення: висота опор ± 5 мм; відстань між опорами $\pm 0,2$ м; провисання троса до 5 мм
Влаштування дренажної лінії	Положення осі, проектний похил, глибина укладання, товщина фільтра	Нівелір, щуп, рівень	У процесі укладання	Виконроб, геодезист	Відхилення: вісь дрени ± 1 м; поздовжній похил $\pm 0,0005$; відмітка дна траншеї ± 3 см
Відновлення ґрунту	Рівномірність розподілу рослинного шару	Лінійка, візуально	По завершенню	Майстер	Відхилення товщини родючого шару не більше $\pm 10\%$

3.7 Техніка безпеки при виконанні робіт

Організація будівельного майданчика та виконання земляних робіт повинні суворо відповідати вимогам ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», правилам електробезпеки та пожежної безпеки. До керування будівельними машинами (екскаваторами, бульдозерами, дреноукладачами) допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію та пройшли цільовий інструктаж із техніки безпеки.

Основні вимоги безпеки на об'єкті:

- 1) Виконувати роботи дозволяється виключно на технічно справних машинах, обладнаних звуковою та світловою сигналізацією.
- 2) Забороняється залишати машини з працюючим двигуном без нагляду. При стоянці відвал бульдозера повинен бути повністю опущений на ґрунт.
- 3) Ремонт техніки або навісного обладнання при працюючому двигуні категорично заборонено.
- 4) Робоча зона роботи екскаватора повинна бути вільною від сторонніх осіб на радіус дії стріли плюс 5 метрів.
- 5) Будівельний майданчик та небезпечні зони траншей мають бути огорожені або позначені попереджувальними знаками, що добре видимі в темну пору доби.
- 6) Паливно-мастильні матеріали слід зберігати у спеціальній герметичній металевій тарі на безпечній відстані, дотримуючись правил протипожежної безпеки.

4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

4.1 Розрахунок об'єму земляних робіт при улаштуванні зрошувальної мережі

Будівництво сучасної закритої зрошувальної мережі є складним інженерно-технічним комплексом, що вимагає детального проектування кожного етапу виробничого циклу. Надійність, тривалість експлуатації та гідравлічна ефективність системи безпосередньо залежать від точності виконання земляних робіт, дотримання проектних глибин закладення трубопроводів та якісної підготовки основи. Основою для розрахунку точних об'ємів земляних робіт є побудова поздовжніх і поперечних профілів усіх проєктованих ліній трубопроводів. Даний процес виконується аналогічно до проектування дренажної мережі, але має свої специфічні особливості, зумовлені більшими діаметрами труб, вищими робочими тисками у мережі та необхідністю встановлення специфічної запірно-регулюючої арматури.

Поздовжній профіль поверхні землі будується за результатами детальної геодезичної зйомки масиву зрошення. Профіль відкладається у вертикальному масштабі 1:2000 та горизонтальному масштабі 1:10000. На основі отриманих точок перетину горизонталей рельєфу із проектними осями трас визначаються природні відмітки землі на кожному пікеті та характерних зламах рельєфу. Поперечні перерізи траншеї, що відображають контури майбутньої виїмки, геометричні розміри, товщину шарів ґрунту та відмітки закладення елементів, виконуються для характерних пікетів у масштабі 1:20 (рис. 4.1, 4.2). Це дозволяє детально візуалізувати взаємне розташування трубопроводу, шарів підсипки, зон ручного доопрацювання та відвалів ґрунту.

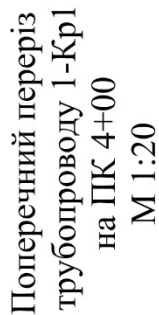


Рисунок 4.1. Поздовжній профіль та поперечний переріз трубопроводів 1-KP1.1 – 1-KP1.2

Зважаючи на використання високоефективного сучасного одноківшевого екскаватора та виконання робіт у стійких зв'язних ґрунтах (важких суглинках) за сприятливих гідрогеологічних умов (глибоке залягання безнапірного водоносного горизонту в межах плато), коефіцієнт закладення укосів траншеї приймається рівним нулю ($m=0$). Це означає, що траншея розробляється з вертикальними стінками, що суттєво мінімізує загальний обсяг виїмки мінерального ґрунту, знижує трудовитрати на зворотну засипку та зменшує площу порушення земельних угідь. Ширина траншеї по дну диференціюється залежно від зовнішнього діаметра проєктованого трубопроводу для забезпечення нормальних умов монтажу, зварювання стиків та якісного пошарового ущільнення пазух.

Технологічний регламент передбачає, що перед початком основних екскаваційних робіт по всій довжині траси здійснюється попереднє зрізання родючого шару ґрунту (чорнозему звичайного) на повну його глибину. Товщина зрізання становить 0,3 м, а ширина смуги зрізання приймається рівною 10 м. Цей захід є обов'язковою вимогою природоохоронного законодавства України щодо збереження родючості земель та рекультивації. Об'єм зрізання рослинного ґрунту розраховується за формулою:

$$V_{zp} = L_{mp} \cdot B_{zp} \cdot t_{zp}, \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

де L_{mp} – загальна довжина проєктованого трубопроводу на відповідній ділянці, м.

Наступним етапом є планування траси траншеї для забезпечення безперешкодного і безпечного руху екскаватора та іншої гусеничної техніки. Ширина смуги планування приймається рівною 4 м, а площа планування визначається за залежністю:

$$F_{nl} = L_{mp} \cdot B_{nl}, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Для недопущення пошкодження структури природної основи дна траншеї робочими органами механізованих машин, розробка ґрунту екскаватором здійснюється з недобором по глибині на величину 0,1 м. Цей залишковий шар розробляється безпосередньо вручну ланкою землекопів безпосередньо перед укладанням труб. Таким чином, загальний проектний об'єм виїмки в траншеї розподіляється на механізований та ручний способи розробки:

$$V_{руч} = L_{тр} \cdot B_{тр} \cdot t_{руч}, \text{ м}^3 \quad (4.3)$$

$$V_{мех} = V - V_{руч}, \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

Крім об'єму лінійної частини траншеї, при розрахунках враховують додаткові об'єми розробки ґрунту для улаштування прямих під стики труб у кількості 1% від лінійного об'єму траншеї, а також об'єми виїмки під котловани для монтажу збірних залізобетонних оглядових, розподільчих та скидних колодязів, що приймаються в розмірі 3% від об'єму траншеї. Після укладання трубопроводу виконується його часткова засипка та підбиття пазух вручну м'яким ґрунтом з метою фіксації проектного положення. Об'єм такої часткової засипки визначається з урахуванням геометричного об'єму витіснення тіла труби:

$$V_{част} = (0,5 \cdot B_{тр} \cdot d - \pi \cdot d^2 / 8) \cdot L_{тр}, \text{ м}^3 \quad (4.5)$$

де d – зовнішній діаметр поліетиленової труби, м. Кінцева повна зворотна засипка траншеї мінеральним ґрунтом після проведення попередніх гідравлічних випробувань здійснюється механізованим способом за допомогою бульдозера:

$$V_{нов} = V + V_{кол} + V_{нр} - V_{част}, \text{ м}^3 \quad (4.6)$$

Повний попикетний розрахунок геометричних параметрів виїмок, площ поперечних перерізів та лінійних об'ємів ґрунту по кожному окремому розподільчому трубопроводу масиву (лінії 1-1Кр1, 1-1Кр1.1, 1-1Кр1.2, 1-1Кр1.3, 1-1Кр1.4, 1-1Кр1.5) було детально виконано у проектній відомості. Загальна протяжність напірної мережі становить 7 620 метрів, а сумарний лінійний об'єм розробки ґрунту в траншеях складає 7 560 м³. Повний зведений перелік усіх видів земляних, будівельних та монтажних процесів із розбивкою по ділянках напірних ліній та сумарними показниками детально структуровано у підсумковій відомості об'ємів робіт, яка наведена нижче у таблиці 4.1.

4.2 Вибір комплекту будівельних машин та механізмів для будівництва зрошувальної мережі

Ефективність та темпи виконання будівельних процесів безпосередньо залежать від техніко-економічного обґрунтування вибору провідних та допоміжних машин. Склад комплексного механізованого загону підбирається виходячи з фізико-механічних властивостей розроблюваних ґрунтів, геометричних параметрів траншей, технологічних відстаней переміщення тимчасових кавальєрів та вагових характеристик монтажних елементів. Основним критерієм для підбору бульдозерної техніки є розрахункова схема розміщення відвалів мінерального та рослинного ґрунту. Відповідно до розрахунків, площа поперечного перерізу відвалу розпушеного мінерального ґрунту становить 1,725 м² (з урахуванням коефіцієнта початкового розпушення важких суглинків 1,25), а площа відвалу рослинного ґрунту досягає 6,4 м² (коефіцієнт розпушення 1,2). Розрахункова висота тимчасового мінерального відвалу становить 1,31 м, а рослинного відвалу – 2,52 м.

Таблиця 4.1 – Відомість об’ємів робіт по будівництву зрошувальної мережі

Найменування будівельного процесу	Один. виміру	Кількість для розподільчих трубопроводів мережі						Всього
		1-1Кр1	1-1Кр1.1	1-1Кр1.2	1-1Кр1.3	1-1Кр1.4	1-1Кр1.5	
Зрізання рослинного ґрунту шаром 0,3 м	м³	2280	1380	7764	3720	5610	2106	22860
Планування траси трубопроводу	м²	3040	1840	10352	4960	7480	2808	30480
Розробка ґрунту в траншеї (всього)	м³	1047	580	2427	1163	1753	590	7560
– у тому числі екскаватором	м³	975	539	2233	1070	1613	541	6970
– у тому числі вручну (підчищення)	м³	72	41	194	93	140	49	590
Розробка ґрунту в прямках під стики	м³	10	6	24	12	18	6	75
Розробка ґрунту під котловани колодязів	м³	31	17	74	35	54	18	230
Укладання поліетиленових труб (разом)	м	760	460	2588	1240	1870	702	7620
– діаметром 450 мм	м	760	-	-	-	-	-	760
– діаметром 400 мм	м	-	460	-	-	-	-	460
– діаметром 250 мм	м	-	-	2588	1240	1870	-	5698
– діаметром 200 мм	м	-	-	-	-	-	702	702
Монтаж запірних засувок та вантузів	шт.	3	3	1	1	2	9	19
Монтаж збірних залізобетонних колодязів	шт.	1	2	2	2	2	1	10
Монтаж монолітних нерухомих опор ДМУ Фрегат	шт.	-	-	-	-	2	2	4
Монтаж водовипускних гідрантів ДФ Дніпро	шт.	-	8	41	23	-	-	72
Часткова засипка траншеї вручну	м³	102	54	180	86	130	38	590
Повна зворотна засипка бульдозером	м³	987	549	2346	1124	1694	575	7275
Зворотне відновлення рослинного шару	м³	2280	1380	7764	3720	5610	2106	22860

На основі цих геометричних параметрів та з урахуванням забезпечення призми стійкості, нормативних зазорів безпеки (1 м) і технологічної зони проходу будівельників, максимальна дальність переміщення ґрунту бульдозером від осі траншеї становить $L = 9,64$ м (приймається округлено 10,0 м). Виходячи з необхідності зрізання шару 0,3 м, переміщення його на відстань до 10 м та виконання подальшої важкої зворотної засипки суглинком, у якості провідної машини прийнято гусеничний бульдозер Т-170 (або його сучасні аналоги аналогічного технічного класу). Ця машина відноситься до 10-го тягового класу, має конструктивну масу 15 000 кг та базу 2517 мм із колією 1880 мм. Бульдозер оснащений надійним дизельним двигуном потужністю 125 кВт (170 к.с.) та поворотним типом відвалу з габаритними розмірами 2800×990 мм. Завдяки широким гусеницям питомий тиск на ґрунт становить лише 0,076 МПа, що запобігає надмірному ущільненню підстилаючих шарів та забезпечує високу прохідність на спланованій території.

Для виконання основного обсягу екскаваційних робіт (риття лінійної частини траншеї та котлованів) підбирається однокішшевий екскаватор. Розрахункова максимальна глибина розробки з урахуванням висоти платформи екскаватора (0,2 м) становить 1,65 м. Максимальний радіус розвантаження ґрунту у відвал згідно з технологічною схемою становить 2,8 м, а необхідна висота розвантаження ковша над вершиною відвалу – 1,51 м. За вказаними технологічними параметрами обрано універсальний гусеничний екскаватор марки ЕТ-16. Дана машина має експлуатаційну масу 15,2 т та оснащена робочим органом типу "зворотна лопата" з оптимальним об'ємом ковша $0,5 \text{ м}^3$. Технічні можливості екскаватора значно перевищують мінімальні проектні вимоги: максимальний радіус копання становить 7,97 м, гранична глибина копання – 5,11 м, а максимальна висота розвантаження досягає 5,56 м. Кут повороту платформи складає 173 градуси, потужність силової установки – 77,0 кВт. Екскаватор обладнаний рукояттю довжиною 1,9 м та має максимальну швидкість самостійного пересування 2,4 км/год, що гарантує високу маневреність та швидке переміщення вздовж фронту робіт.

Для монтажу елементів збірних залізобетонних колодязів (вага найбільш масивного елемента – стінового кільця КЦ-10 становить 300 кг) та укладання зварених батогів труб визначено параметри автомобільного крана. Розрахункова необхідна вантажопідйомність крана з урахуванням маси вантажозахватного пристрою та строп (75 кг) становить 950 кг. Висота підйому гака не є критичною, оскільки розвантаження та опускання виконуються нижче рівня стоянки машини. Розрахунковий виліт стріли крана від його осі до осі колодязя в траншеї з урахуванням бази шару, безпечної відстані до бровки виїмки та ширини траншеї становить 4,5 м. Для виконання цих операцій прийнято високопродуктивний автомобільний кран КС-5576Б на базі тривісного повнопривідного шасі МАЗ-630303. Кран оснащений двигуном ЯМЗ-236БЕ2 потужністю 184 кВт (250 к.с.). Довжина чотирьохсекційної телескопічної стріли змінюється від 9,9 до 30,7 м, а виліт стріли може становити від 3,0 до 26,0 м, що повністю задовольняє проектні вимоги. Транспортування довгомірних поліетиленових труб, залізобетонних кілець, фасонних частин, люків, а також підвезення щебеню та піску здійснюється автосамоскидами. Додатково будівельний загін комплектується інструментами та засобами малої механізації: геодезичними приладами (теодоліти, електронні та лазерні нівеліри для контролю похилів), мірними стрічками, ручними лопатами, ломами, вібраційними плитами та трамбівками для пошарового ущільнення пазух траншей.

4.3 Калькуляція трудових витрат і заробітної платні

Розрахунок витрат праці, машинного часу та фонду заробітної плати робітників-будівельників виконано на основі чинних Ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН). Калькуляція відображає витрати часу на кожну окрему технологічну операцію. Трудомісткість робіт та

фонд заробітної плати визначається аналогічно до розрахунків у попередньому розділі по будівництву дренажної мережі. За результатами детальних розрахунків, на будівництво зрошувальної мережі буде витрачено 210,3 люд.-днів, а сумарний фонд заробітної плати складе 228956,3 грн. Повна розгорнута калькуляція за процесами наведена в таблиці 4.2.

4.4 Графік виконання робіт зрошувальної мережі

Планування та організація будівельного виробництва базуються на принципах поточності, безперервності та максимального суміщення суміжних процесів у часі. Графік розроблено з урахуванням нормативної тривалості робочих змін, чисельності сформованих ланок робітників та технічної продуктивності задіяних будівельних машин. Весь комплекс робіт виконується в одну денну зміну тривалістю 8,2 години, що виключає необхідність додаткових витрат на штучне висвітлення великих площ у нічний час та знижує ризики травматизму. Для розрахунку тривалості механізованих процесів значення нормативної трудомісткості в машино-змінах ділиться на кількість одночасно працюючих одиниць техніки. Для ручних робіт тривалість у днях розраховується шляхом ділення загальних людино-днів на кількісний склад ланки. Завдяки паралельному виконанню процесів (наприклад, розробка траншеї розпочинається на третій день після початку зрізання рослинного ґрунту, а монтаж труб ведеться безпосередньо слідом за екскаватором із відставанням у 2-3 пікети), загальний термін будівництва об'єкта оптимізовано до 221 робочого дня. Детальний календарний графік послідовності та тривалості виконання процесів наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Розрахунок калькуляції трудових витрат та заробітної платні

№ з/п	Найменування будівельних робіт	Один. вим.	Об'єм робіт	Шифр норми	Склад ланки за розрядами	К-ть у ланці	Норма часу, люд.-год	Трудовісткість, люд.-дн.	Ставка Сфу, грн	Фонд з/п, грн
1	Зрізка рослинного шару бульдозером	м³	22860	E2-1-22	Машиніст 6 розр.	1	0,5 / 100 м³	14.3	206.5	24214.19
2	Планування траси траншеї бульдозером	м²	30480	E2-1-35	Машиніст 6 розр.	1	0,29 / 1000 м²	1.1	206.5	1862.63
3	Розробка траншеї екскаватором ЕТ-16	м³	6970	E2-1-13	Машиніст 6 розр.	1	2,6 / 100 м³	22.7	206.5	38437.91
4	Ручна розробка ґрунту (доопрацювання)	м³	590	E2-1-47	Землекоп 2 розр.	2	0,85 / 1 м³	62.7	103.5	53213.49
5	Розробка котлованів та приямків під стики	м³	405	E2-1-11	Машиніст 6 розр.	1	2,8 / 100 м³	1.4	206.5	2370.62
6	Укладання поліетиленових труб D=450 мм	м	760	B12-3-50	Монтажники 3,4 р.	3	2,3 / 100 м	2.2	129.5	2336.18
7	Укладання поліетиленових труб D=400 мм	м	460	B12-3-50	Монтажники 3,4 р.	3	1,9 / 100 м	1.1	129.5	1168.09
8	Укладання поліетиленових труб D=250 мм	м	5698	B12-3-50	Монтажники 3,4 р.	3	1,3 / 100 м	9.3	129.5	9875.67
9	Укладання поліетиленових труб D=200 мм	м	702	B12-3-50	Монтажники 3,4 р.	3	1,3 / 100 м	1.1	129.5	1168.09
10	Монтаж оглядових та скидних колодязів	шт.	10	E9-2-29	Монтажники 3,4 р.	3	7,8 / 1 шт.	9.8	129.5	10406.62
11	Монтаж чавунних запірних засувок	шт.	11	E9-2-16	Монтажники 3,4 р.	3	4,2 / 1 шт.	5.8	129.5	6159.02
12	Монтаж водовипускних гідрантів	шт.	72	E9-2-18	Монтажники 3,4 р.	3	1,2 / 1 шт.	10.8	129.5	11468.52
13	Монтаж монолітних нерухомих опор	шт.	4	E9-2-18	Монтажники 3,4 р.	3	2,1 / 1 шт.	1.1	129.5	1168.09
14	Монтаж автоматичних вантузів	шт.	8	E9-2-18	Монтажники 3,4 р.	3	0,73 / 1 шт.	0.7	129.5	743.33
15	Часткова засипка пазах траншеї ґрунтом	м³	590	E2-1-58	Землекоп 2 розр.	2	0,73 / 1 м³	53.8	103.5	45660.06
16	Попереднє гідравлічне випробування	м	7620	E9-2-16	Монтажники 3,4 р.	2	0,16 / 100 м	1.5	129.5	1592.85
17	Повна засипка траншеї бульдозером	м³	7275	E2-1-34	Машиніст 6 розр.	1	0,35 / 100 м³	3.2	206.5	5418.56
18	Кінцеве гідравлічне випробування	м	7620	E9-2-14	Монтажники 3,4 р.	2	0,25 / 100 м	2.4	129.5	2548.56
19	Відновлення рослинного шару бульдозером	м³	22860	E2-1-22	Машиніст 6 розр.	1	0,19 / 100 м³	5.4	206.5	9143.82
Всього за калькуляцією:								210.3	-	228956.3

Таблиця 4.3 – Календарний графік виробництва робіт

№ з/п	Найменування будівельного процесу	Склад робочої ланки	Кіл-ть у ланці	Трудомісткість, люд.-дн.	Тривалість, робочих днів
1	Зрізка рослинного шару ґрунту (бульдозер Т-170)	Машиніст 6 розр.	1	14,3	15
2	Попереднє планування траси траншеї	Машиніст 6 розр.	1	1,1	2
3	Розробка лінійної траншеї екскаватором ЕТ-16	Машиніст 6 розр.	1	22,7	23
4	Ручне доопрацювання дна траншеї та укисних стінок	Землекопи 2 розр.	2	62,7	63
5	Розробка ґрунту під котловани колодязів та приямки	Машиніст 6 розр.	1	1,4	2
6	Укладання поліетиленових труб D=450 мм	Монтажники 3,4 розр.	3	2,2	3
7	Укладання поліетиленових труб D=400 мм	Монтажники 3,4 розр.	3	1,1	2
8	Укладання поліетиленових труб D=250 мм	Монтажники 3,4 розр.	3	9,3	10
9	Укладання поліетиленових труб D=200 мм	Монтажники 3,4 розр.	3	1,1	2
10	Монтаж оглядових, розподільчих колодязів	Монтажники 3,4 розр.	3	9,8	10
11	Монтаж чавунних запірних засувок у колодязях	Монтажники 3,4 розр.	3	5,8	6
12	Монтаж польових водовипускних гідрантів	Монтажники 3,4 розр.	3	10,8	11
13	Монтаж монолітних опор під техніку	Монтажники 3,4 розр.	3	1,1	2
14	Монтаж повітряних автоматичних вантузів	Монтажники 3,4 розр.	3	0,7	1
15	Часткова засипка пазах та підбиття труб вручну	Землекопи 2 розр.	2	53,8	54
16	Попереднє гідравлічне випробування на міцність	Монтажники 3,4 розр.	2	1,5	2
17	Повна зворотна засипка траншеї бульдозером	Машиніст 6 розр.	1	3,2	4
18	Кінцеве випробування системи на герметичність	Монтажники 3,4 розр.	2	2,4	3
19	Зворотне відновлення (рекультивація) чорнозему	Машиніст 6 розр.	1	5,4	6
Всього тривалість об'єкта (з урахуванням суміщення):				210,3	221

4.5 Технологія будівництва зрошувальної мережі

Технологічні рішення та організаційні процеси будівництва елементів закритої напірної мережі базуються на жорсткому дотриманні діючих нормативних актів України. Основними документами є ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» та ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві». Весь будівельний процес поділяється на три взаємопов'язані етапи: підготовчий, основний та завершальний (випробувально-рекультиваційний).

Розбивка траси та підготовчий етап. Інструментальне винесення осей проєктованих трубопроводів у натуру здійснюється високоточними електронними тахеометрами та GPS-приймачами з прив'язкою до опорної геодезичної мережі масиву. Закріпленню на місцевості підлягають усі кути повороту траси, створні знаки та місця розташування колодязів, гідрантів та нерухомих опор. Розбивка пікетажу проводиться вздовж усієї осі через кожні 100 метрів, а також у точках перетину з існуючими комунікаціями чи елементами рельєфу. Підготовчі роботи включають влаштування тимчасових профільованих односмугових ґрунтових доріг шириною 3,5 м з організацією роз'їздів шириною 6 м через кожні 500 метрів для безперешкодного руху довгомірного транспорту та важкої будівельної техніки. Зрізання родючого шару ґрунту виконується гусеничним бульдозером Т-170 на ширину 10 м. Рослинний ґрунт акуратно переміщується у спеціально відведені тимчасові відвали (кавальєри) висотою до 2,5 м та складається з навітряного боку для запобігання видуванню та засміченню мінеральними фракціями.

Розробка траншей та котлованів. Риття лінійної траншеї розпочинається одразу після завершення підготовчих робіт на ділянці. Одноківшевий гусеничний екскаватор ЕТ-16 розробляє важкий суглинок методом бічного або

торцевого забою з вертикальними стінками ($m=0$) на глибину до 1,55 м, залишаючи недобір 10 см. Мінеральний ґрунт висипається на протилежний від рослинного кавальєра бік траншеї на відстані не менше 1 м від бровки виїмки для недопущення обвалення стінок під дією ваги відвалу. Приямки для зварювання та стикування ПЕ-труб розміром 1,0×1,0 м розробляються безпосередньо перед укладанням кожної окремої секції, що запобігає запливанню або висушуванню ґрунту підвалин. Котловани під збірні залізобетонні колодязі розробляються екскаватором з урахуванням необхідного зазору (0,5 м) від зовнішньої стінки колодязя до стінки виїмки для забезпечення зручності монтажу та проведення якісної гідроізоляції стиків споруди мастиками.

Транспортування та складування пластмасових труб. Проектом передбачено застосування високонадійних поліетиленових труб марки ПЕ-100 SDR 17, призначених для роботи під тиском. Транспортування труб довжиною 6-12 метрів здійснюється автосамоскидами ЗІЛ-130 або спеціалізованими довгомірними причепами. При перевезенні секцій їх укладають на рівну дерев'яну підкладку кузова, унеможливаючи контакт із гострими металевими деталями, що можуть спричинити подряпини глибиною понад 10% від товщини стінки труби (такі труби бракуються). Звисання кінців труб за межі кузова не повинно перевищувати 1,5-2 метри. Складування труб на будівельному майданчику здійснюється у штабелях на вирівняних майданчиках, захищених від прямого сонячного проміння навісами. Висота штабеля для труб діаметром 200-450 мм не повинна перевищувати 2,6 метра. Фасонні частини, зварювальні муфти та дрібна арматура зберігаються в закритих контейнерах або інвентарних вагонах-складах на відстані понад 1 м від опалювальних приладів. На кожному етапі транспортування суворо забороняється скидати труби з машин волоком або піддавати їх ударним навантаженням.

Перелік різних технологічних операцій представлений на рисунках 4.3-4.6.

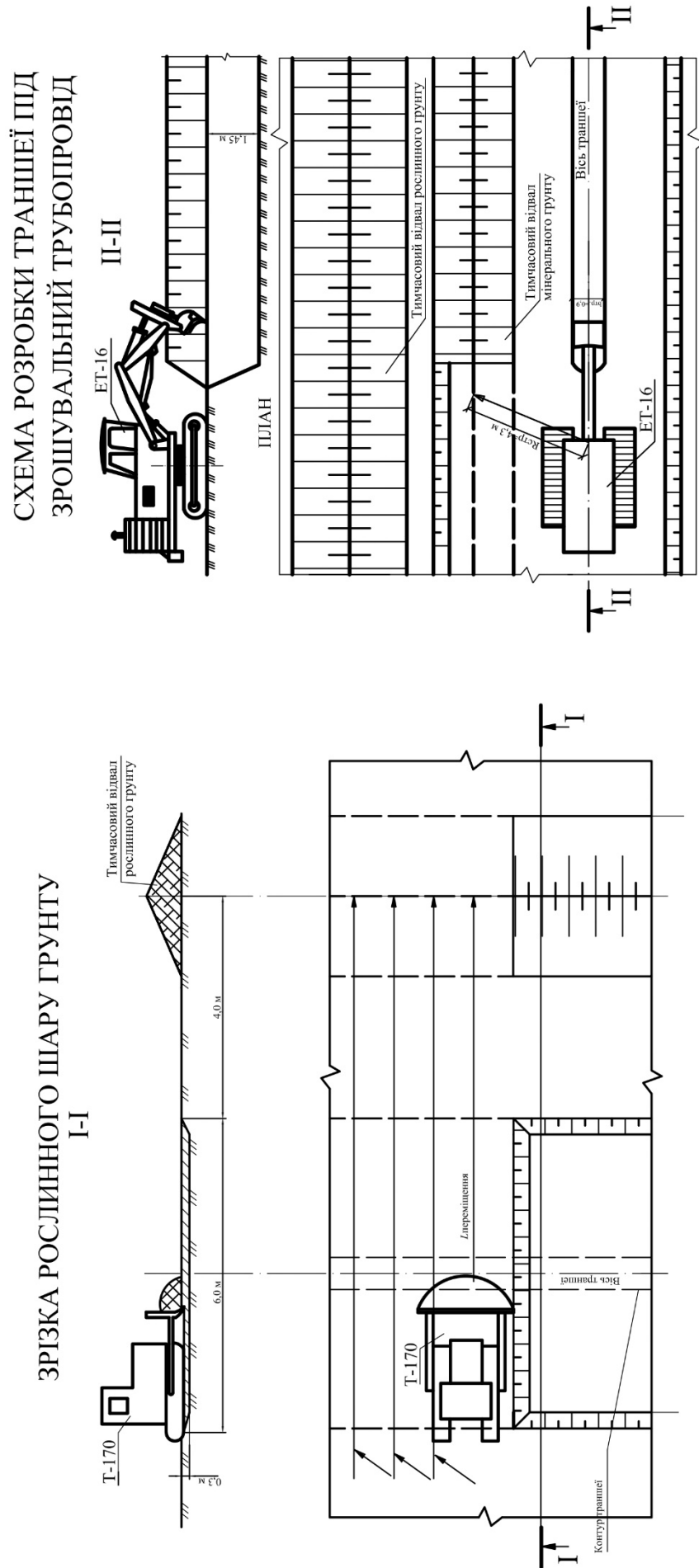


Рисунок 4.3. Технологія зрізки рослинного ґрунту та розробки траншеї на трасі зрошувальних трубопроводів

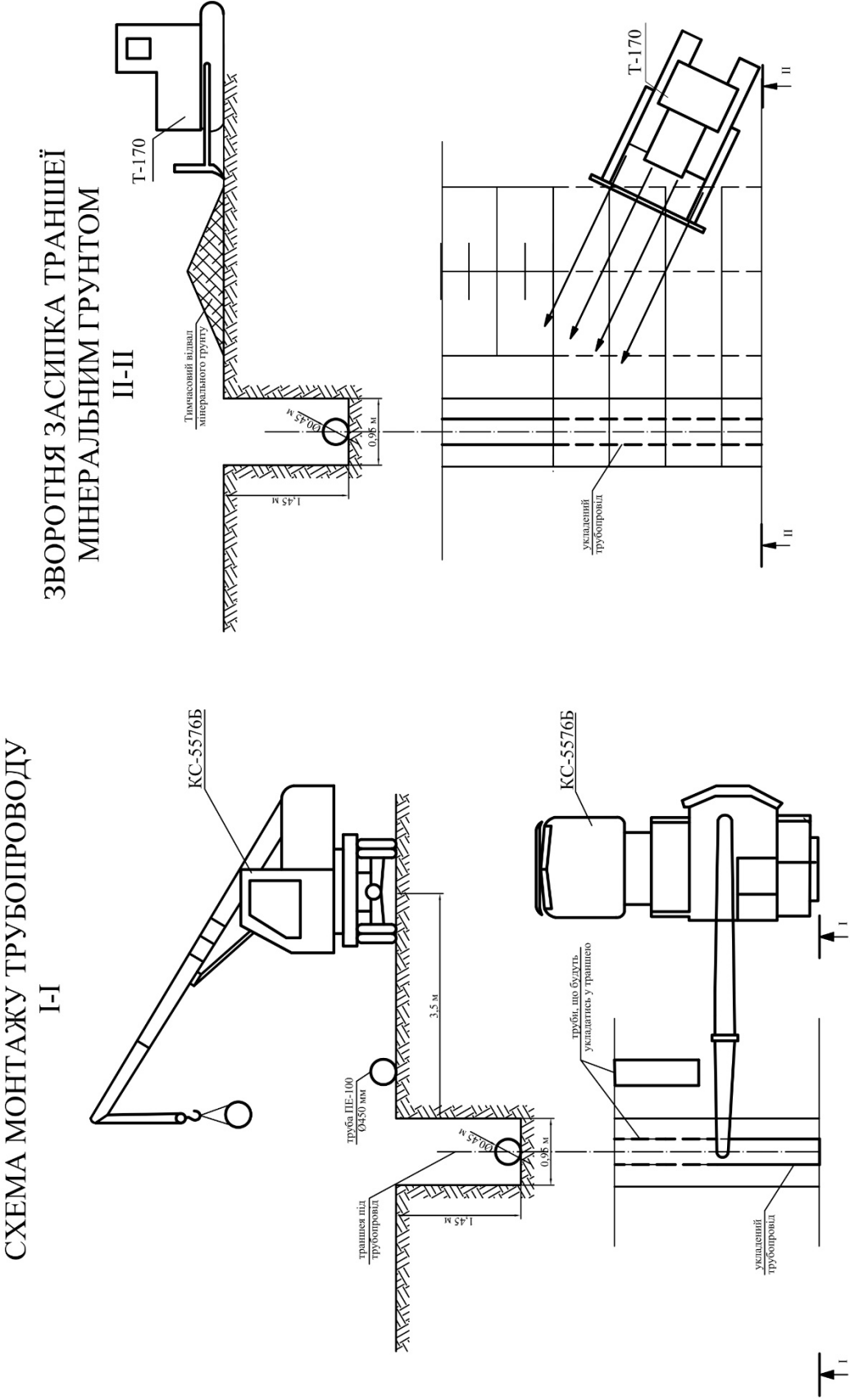


Рисунок 4.4. Технологія монтажу трубопроводу та зворотної засипки траншеї

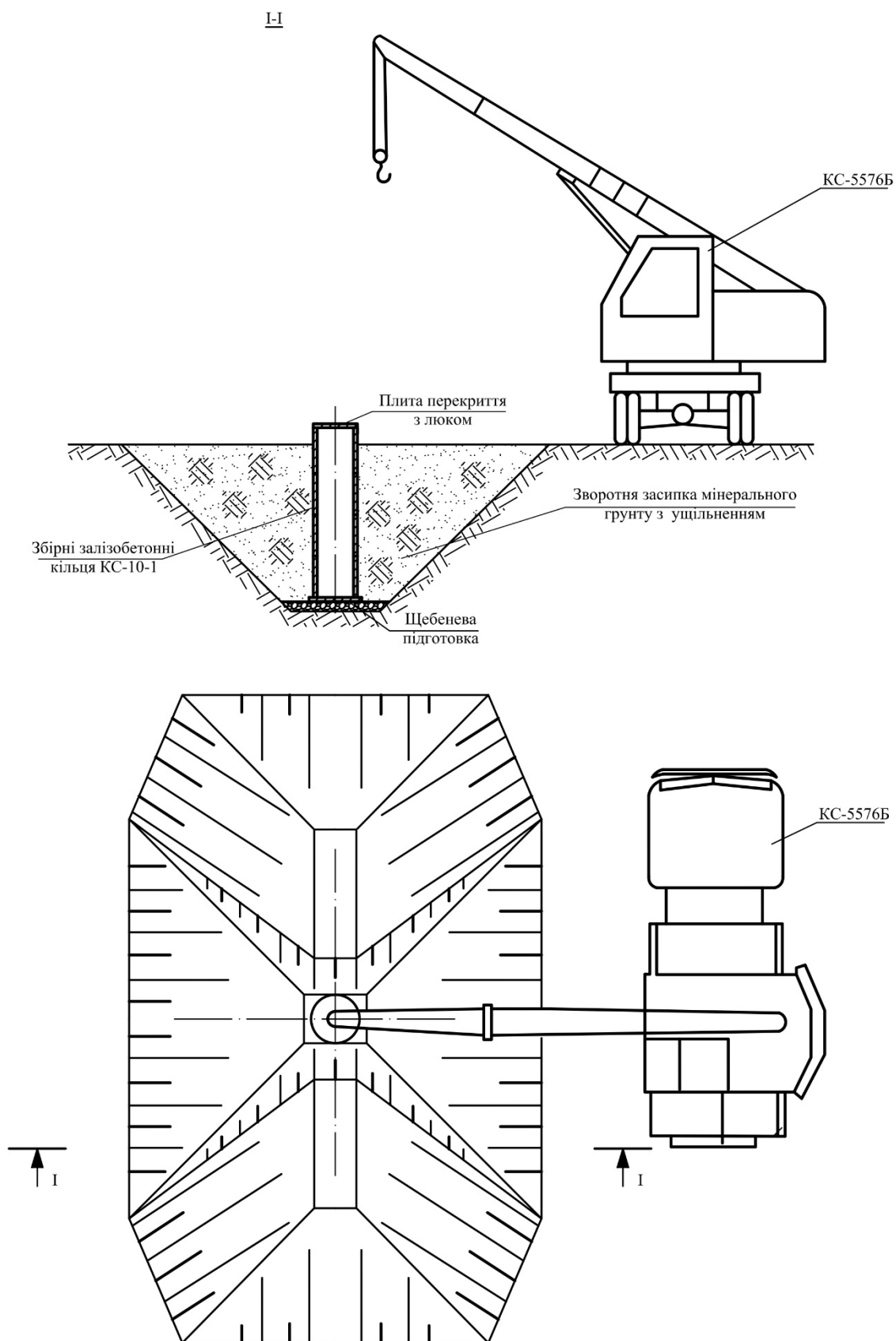


Рисунок 4.5. Технологічна схема монтажу оглядових колодязів

+210...220°C, тиск оплавлення, час витримки та охолодження під тиском) контролюються протоколюючим пристроєм апарата. Сформований зварний шов повинен мати рівномірний грат (валик) висотою від 2 до 5 мм (залежно від товщини стінки) з гладким переходом до поверхні труби. Зварені батоги труб опускаються на дно траншеї автомобільним краном КС-5576Б за допомогою м'яких текстильних рушників (строп) після повного охолодження стиків (не раніше ніж через 24 години після зварювання останнього шва). Трубопровід фіксується в проектному положенні шляхом підсипання та пошарового підбиття пазах ґрунтом на висоту $1/4$ його зовнішнього діаметра.

Улаштування супутніх споруд, випробування та засипка. Днища та основи оглядових залізобетонних колодязів монтуються до моменту опускання труб. Збірні залізобетонні кільця встановлюються на цементний розчин із подальшим герметичним закладенням місць проходу труб через стінки колодязя гнучкими гумовими ущільнювачами та гідрофобними мастиками. Монтаж польових водовипускних гідрантів ДФ та автоматичних вантузів для випуску повітря здійснюється у колодязях на спеціальних сталевих чи фланцевих трійниках. Після завершення монтажних робіт на ділянці трубопровід підлягає двостадійному випробуванню. Попереднє випробування на міцність проводиться гідравлічним способом до повного засипання траншеї (стики залишаються відкритими для візуального огляду). Трубопровід заповнюється водою, повітря повністю видаляється, і тиск підвищується до випробувального (проектний робочий тиск помножений на коефіцієнт 1,5). Система витримується під цим тиском не менше 2 годин. При відсутності падіння тиску та протікань виконується часткова засипка траншеї м'яким суглинком на 20-30 см вище верху труби з пошаровим ущільненням ручними віброплитами. Остаточне випробування на герметичність виконується після повної зворотної засипки траншеї бульдозером Т-170 та відновлення проектного профілю поверхні землі. Завершальним акордом є повна рекультивація: бульдозер насуває раніше знятий родючий чорнозем із кавальєрів, рівномірно розподіляючи його по всій смузі будівництва шаром 0,3 м.

4.6 Контроль якості будівництва зрошувальної мережі

Управління якістю будівельної продукції на сучасному етапі є ключовим фактором забезпечення безперебійної експлуатації зрошувальної системи та раціонального використання капітальних інвестицій. Організація контролю здійснюється сертифікованими службами технічного нагляду замовника та авторського нагляду проектною організацією. Контроль якості поділяється на три обов'язкові етапи:

- 1) Вхідний контроль: передбачає суцільну перевірку всієї документації, що супроводжує матеріали (сертифікати відповідності, паспорти якості на поліетиленові труби ПЕ-100, засувки, залізобетонні вироби). Візуально перевіряється відсутність тріщин, глибоких подряпин, еліпсності труб, раковин у бетоні кілець колодязів.
- 2) Операційний контроль: проводиться безпосередньо у процесі виконання робіт майстрами та виконробами. Перевірці підлягають: точність геодезичної розбивки, товщина зрізання рослинного шару, відмітки дна траншеї, якість підготовки основи, геометричні параметри зварних стиків та ступінь ущільнення ґрунту при зворотній засипці.
- 3) Приймальний контроль: здійснюється при здачі закінчених конструктивних елементів або об'єкта в цілому. На цьому етапі складаються Акти огляду прихованих робіт (на підготовку дна траншеї, зварювання стиків, улаштування гідроізоляції колодязів), без підписання яких виконання наступних процесів категорично заборонено.

Граничні величини допустимих відхилень від проектних значень при виконанні земляних та планувальних робіт жорстко регламентуються нормами ДБН В.2.5-74:2013. Усі основні контрольні технічні параметри, методи їх інструментальної перевірки, обсяги замірів та відповідальні особи зведені в єдину регламентну таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні критерії оцінки якості та допустимі відхилення

Процеси, що контролюються	Конкретний предмет контролю	Інструмент та метод перевірки	Періодичність замірів та об'єм контролю	Граничні допустимі відхилення	Відповідальна особа
1 Підготовка основи траншеї	Відмітки дна виїмки після механізованої розробки	Нівелювання геодезичними приладами	Не менше 10 вимірів на кожні 100 м траси	Недобори: до +10 см Перебори: не допускаються	Геодезист, виконроб
2 Ручна підчистка дна	Кінцева відповідність проектній відмітці ложа труби	Візуально, контрольна лінійка, нівелір	У кожному місці встановлення колодязів, через 25 м	±5 см від проектної осі	Майстер ділянки
3 Поздовжній профіль	Поздовжній ухил дна лінійної траншеї	Геодезичний інструментальний замір	На кутах повороту, не рідше ніж через 50 м	Не більше ніж ±0,0005	Геодезист будівництва
4 Стан ґрунту підвалин	Характеристика ґрунту природного стану дна	Технічний огляд, відбір проб лабораторією	Суцільний огляд дна перед укладанням труб	Повна відповідність проекту. Промерзання чи розмив >3 см не допускається	Інженер технагляду, майстер
5 Планування поверхні	Ухил спланованої території після рекультивації	Вимірювальний, геодезичне нівелювання	Суцільна сітка замірів по завершенню етапу	До +0,001	Виконроб, геодезист

4.7 Техніка безпеки при виконанні робіт

Організація безпечного ведення праці, створення здорових умов на робочих місцях та охорона навколишнього середовища регламентуються державним стандартом ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». До виконання будь-яких земляних, монтажних чи механізованих робіт на об'єкті дозволяється приступати лише після влаштування захисних або сигнальних огорожень будівельного майданчика, призначення відповідальних інженерно-технічних працівників та проведення вступного та первинного інструктажів із техніки безпеки для всього персоналу.

Безпека руху транспорту та механізмів. Вздовж усього фронту будівництва розподільчих трубопроводів у межах смуги відведення влаштовуються тимчасові проїзди шириною не менше 4,5 м. Рух будівельних машин, автосамоскидів ЗІЛ-130 та робота гусеничного екскаватора ЕТ-16 допускаються виключно за межами призми обвалення ґрунту траншей та котлованів. Мінімальна відстань від гусениці екскаватора або колеса крана до бровки вертикальної виїмки визначається Проектом виконання робіт (ПВР) і для суглинистих ґрунтів при глибині до 1,5 м становить не менше 1,5 метра. Гранична швидкість руху автомобільного транспорту по території майданчика обмежується попереджувальними знаками, що відповідають вимогам безпеки дорожнього руху за ДСТУ 4100:2021 та знаків безпеки за ДСТУ EN ISO 7010:2019.

Організація робочих місць у траншеях. Для забезпечення безпечного переходу будівельників через відкриті лінійні траншеї встановлюються спеціальні інвентарні пішохідні містки шириною не менше 0,8 м. Містки обов'язково обладнуються захисними поручнями висотою 1,1 м та бортовими дошками висотою 0,15 м для запобігання падінню інструментів у виїмку. Для безпечного спуску робітників-землекопів та монтажників у котловани та

траншеї глибиною понад 1 м застосовуються інвентарні металеві або дерев'яні драбини з поручнями, що відповідають стандарту ДСТУ Б В.2.8-44:2011, або влаштовуються пологі ступені шириною 1,5 м безпосередньо в ґрунті. Ширина вільних проходів до робочих місць повинна становити не менше 0,6 м, а чиста висота проходу – не менше 1,8 м. Залишати сторонні предмети, інструменти, обрізки труб на бровці траншеї ближче 0,5 м від краю категорично заборонено.

Санітарно-побутове та протипожежне забезпечення. На території будівельного містечка влаштовуються інвентарні побутові приміщення, місця для відпочинку, приймання їжі та обов'язково передбачається приміщення для розміщення аптечок із повним комплектом медикаментів для надання першої невідкладної допомоги. Наказом керівника робіт із числа лінійних майстрів призначається відповідальна особа за стан аптечок та організацію евакуації потерпілих у разі надзвичайних ситуацій. Тимчасові майданчики та закриті склади для зберігання паливно-мастильних матеріалів, зварювальних матеріалів та балонів із промисловими газами влаштовуються на безпечній нормативній відстані від житлових та робочих зон відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001). Колодязі, котловани та шурфи в місцях можливого доступу людей надійно закриваються щільними дерев'яними щитами або захищаються яскравим сигнальним огородженням. У темний час доби небезпечні зони обов'язково позначаються червоними сигнальними електричними лампами, що живляться від безпечної мережі напругою не вище 42 В.

На всіх робочих місцях будівельного загону проводиться обов'язкова періодична атестація умов праці за діючим законодавством України. Особлива увага приділяється робочим місцям машиністів важкої техніки (бульдозер Т-170, екскаватор ЕТ-16) та зварників поліетиленових труб, де технологічні процеси супроводжуються підвищеними рівнями вібрації, шуму чи теплового випромінювання. Усі працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (каска, спецвзуття, сигнальні жилети, захисні окуляри та рукавиці) відповідно до чинних галузевих норм.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

5.1 Загальні положення при організації будівництва

Сучасна організація будівельного виробництва є складним багатофакторним процесом, який повинен забезпечувати цілеспрямованість та узгодженість організаційних, технічних і технологічних рішень. Головною метою цих заходів є безумовне виконання зобов'язань за підрядними контрактами щодо будівництва об'єктів, а саме: введення їх в експлуатацію із забезпеченням високого рівня якості, в обумовлені проектом терміни, та за суворого дотримання виробничо-господарських, економічних і екологічних інтересів усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу згідно з чинним ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Безперебійному та ефективному виконанню будівельно-монтажних робіт на об'єктах меліоративної інфраструктури (зрошувальних та дренажних мережах) обов'язково має передувати комплексний етап інженерної та організаційно-технічної підготовки. Цей етап гарантує можливість планомірного розгортання будівництва у повній відповідності до затверджених графіків. Підготовка будівельного виробництва структурно поділяється на загальну організаційно-технічну підготовку, підготовку до будівництва конкретного об'єкта, підготовку самої будівельної організації та підготовку до виконання специфічних будівельно-монтажних робіт. Усі підготовчі заходи в обсязі, необхідному для початку зведення пускового комплексу з необхідною інтенсивністю, повинні бути повністю завершені до початку основних земляних та монтажних робіт.

Будівництво гідромеліоративних об'єктів здійснюється виключно на основі попередньо розроблених, науково обґрунтованих рішень з організації будівництва і технології виконання робіт, які детально відображаються у проектно-технологічній документації (ПТД). Ця документація є невід'ємною нормативною базою для будівництва, що діє нарівні з проектно-кошторисною документацією та робочими кресленнями. До її складу входять Проект організації будівництва (ПОБ), який розробляється генеральним проектувальником, та Проект виконання робіт (ПВР), що складається підрядною будівельною організацією. Склад і деталізація ПТД встановлюються контрактом залежно від специфіки лінійних об'єктів, складності гідротехнічних споруд та форм взаємодії учасників будівництва.

Ефективна організація будівельного виробництва вимагає безумовного забезпечення наступних принципів:

- впровадження раціональних та інноваційних методів виконання будівельно-монтажних робіт (переважно потокових методів), що відповідають виробничим потужностям виконавців та скорочують загальні терміни будівництва;
- дотримання строгої технологічної послідовності зведення споруд із техніко-економічно та технологічно обґрунтованим суміщенням суміжних будівельних процесів у часі та просторі;
- комплексне матеріально-технічне забезпечення кожного організаційно-технологічного модуля (захватки, ділянки трубопроводу, вузла споруд) ресурсами "точно в строк", що гарантує виконання робіт згідно з календарними графіками;
- широке застосування індустриальних методів збирання, використання комплектної поставки вузлів трубопроводів, колодязів та арматури підвищеної заводської готовності для мінімізації мокрих процесів на будмайданчику;
- використання сучасних інформаційних технологій (BIM-моделювання, систем управління проектами) для оптимізації ПТД, оперативного

планування, контролю постачання та моніторингу графіків;

- забезпечення належних санітарно-побутових умов, медичного обслуговування та безпечних умов праці для всіх працівників відповідно до чинних санітарних норм і правил.

До основних земляних та монтажних робіт дозволяється приступати лише після відведення земельної ділянки (траси) в натурі, встановлення попереджувальних і захисних огорожень та закріплення геодезичної розбивочної основи (реперів, знаків закріплення осей). Першочерговим етапом безпосередньо на майданчику є зняття родючого шару ґрунту (чорнозему) та його складування у тимчасових кавальєрах для подальшої рекультивації. Одночасно виконується влаштування тимчасових під'їзних шляхів, площадок для складування матеріалів, підведення тимчасових мереж енерго- та водопостачання (зокрема для пожежогасіння).

З огляду на специфіку спорудження лінійних водогосподарських об'єктів (зрошувально-дренажних мереж), які часто віддалені від стаціонарних баз будівельних організацій, проектом передбачено застосування мобільних будівельних підрозділів. Ці формування оснащуються високопродуктивною землерийною технікою (дреноукладачами, екскаваторами), автономними джерелами енергоживлення (пересувними дизель-генераторами) та мобільними інвентарними будівлями контейнерного типу для проживання та побутового обслуговування робітників (вахтовий метод організації будівництва).

Під час виконання робіт на об'єкті ведеться сувора звітно-технічна документація: загальний журнал робіт (за типовою формою), спеціальні журнали (журнал зварювальних робіт, журнал земляних робіт), а за наявності авторського нагляду – відповідний журнал проектанта. Особлива увага приділяється своєчасному оформленню Актів огляду прихованих робіт (підготовка основи траншей, гідроізоляція, укладання дрен, зворотні засипки), без яких подальше виконання будівельних операцій не допускається.

5.2 Календарне планування робіт

Основним оперативним та директивним документом, що регламентує технологічну послідовність виконання процесів, їх взаємозв'язок у часі, просторову організацію та забезпечує додержання нормативних термінів будівництва, є лінійний календарний план виробництва робіт. Він розробляється на підставі підрахованих проектних обсягів земляних та монтажних робіт, визначеної трудомісткості, витрат машинного часу, а також прийнятих організаційно-технологічних схем зведення об'єкта.

При складанні календарного графіка вирішуються наступні ключові завдання: оптимізація технологічної послідовності (визначення критичного шляху); визначення оптимального кількісного складу спеціалізованих і комплексних бригад; розрахунок кількості необхідних машин та механізмів для забезпечення потоковості; встановлення тривалості окремих процесів у робочих та календарних днях; рівномірний розподіл трудових і матеріальних ресурсів у часі без різких пікових навантажень.

Розрахункова частина календарного плану формується у вигляді таблиці. Нормативна трудомісткість на виконання всього обсягу певного виду робіт визначається на основі чинних Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН). Витрати праці робітників ($Q_{\text{люд.-зм.}}$) та витрати часу роботи машин ($Q_{\text{маш.-зм.}}$) обчислюються за формулами:

$$Q_{\text{люд.-зм.}} = (V \cdot H_{\text{вр.}} \cdot n) / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2) \quad (5.1)$$

$$Q_{\text{маш.-зм.}} = (V \cdot H_{\text{вр.}}) / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2) \quad (5.2)$$

де V – фізичний об'єм робіт (м^2 , м^3 , шт., т); $H_{\text{вр.}}$ – норма часу на виконання одиниці об'єму робіт згідно з довідниками, люд.-год, маш.-год; n – кількість

робітників у ланці, зайнятих на виконанні даного процесу; $V_{ДБН}$ – одиниця виміру об'єму робіт за нормами (наприклад, 100 м³ або 100 м); 8,2 – нормативна тривалість робочої зміни, год.

Тривалість виконання механізованого процесу в робочих днях визначається шляхом ділення загальної машиноємності (у маш.-зм.) на кількість машин та змінність їх роботи на добу. Для ручних процесів трудомісткість (у люд.-зм.) ділиться на кількість робітників у бригаді та кількість змін. Тривалість процесу в календарних днях розраховується множенням кількості робочих днів на коефіцієнт переходу 1,3 (який враховує вихідні, святкові дні та непередбачувані метеорологічні простої). Окрім основних робіт, у графіку передбачаються витрати часу на підготовчий період (прийнято 8% від загального часу), невраховані дрібні роботи (3%) та ліквідаційний період (вивезення техніки, фінальне прибирання території – 5%).

Техніко-економічні показники календарного плану. Термін виконання кожної роботи візуалізується на лінійному календарному графіку (діаграмі Ганта) горизонтальними відрізками, довжина яких пропорційна тривалості у днях у прийнятому масштабі. Для оптимізації загальної тривалості будівництва застосовується принцип максимального суміщення процесів: технологічно не пов'язані роботи виконуються паралельно, а пов'язані – з мінімальним організаційним розривом. Якість складеного розкладу контролюється за допомогою побудови епюри (графіка) руху робочої сили, яка повинна мати плавний характер без різких коливань кількості персоналу на об'єкті.

Ефективність розробленої технології та організації будівництва оцінюється системою техніко-економічних показників. Нормативний термін будівництва (T_n) визначається згідно з діючими нормативами з урахуванням площі масиву та діаметрів комунікацій, а плановий термін ($T_{пл}$) формується на основі розробленого графіка. Дотримання визначених календарних термінів є критичною умовою для цільового та своєчасного освоєння цього бюджету без перевитрат на накладні витрати підрядної організації.

Основні розрахункові техніко-економічні показники організації будівництва:

1. Тривалість будівництва:
 - за державними нормами $T_n = 225$ днів;
 - за розробленим календарним планом $T_{пл} = 203$ дні.
2. Абсолютне скорочення строків будівництва: $T_n - T_{пл} = 225 - 203 = 22$ дні.
3. Загальні трудові витрати на об'єкті:
 - за нормативами $Q_n = 441,2$ люд.-днів;
 - за планом (з урахуванням комплексної механізації) $Q_{пл} = 394,9$ люд.-днів.
4. Підвищення продуктивності праці (П):

$$П = ((Q_n - Q_{пл}) / Q_n) \cdot 100 \% = ((441,2 - 394,9) / 441,2) \cdot 100 \% = 10,49 \%$$
 (з урахуванням повної механізації ключових процесів).
5. Відсоток виконання норми виробітку бригадами (В):

$$В = (Q_n / Q_{пл}) \cdot 100 \% = (441,2 / 394,9) \cdot 100 \% = 111,7 \%$$
6. Питомі трудові витрати (q) на 1 га площі зрошення:

$$q = Q_{пл} / F_{нт} = 394,9 / 519,0 = 0,76 \text{ люд.-дн./га.}$$

Таким чином, впровадження запропонованих методів організації будівельного виробництва, раціональний підбір високопродуктивних екскаваторів (ЕТ-16) та дренаукладачів (ЕТЦ-406), а також оптимізація потоків дозволяє скоротити нормативний термін зведення зрошувальної та дренажної мереж. Будівництво триватиме 203 дні, при цьому загальні трудові витрати складуть 394,9 люд.-днів (0,76 люд.-дн./га).

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Основи безпеки при будівництві закритої зрошувально-дренажної мережі

Зведення гідромеліоративних систем, що супроводжується масштабними земляними, монтажними та вантажопідйомними роботами, належить до робіт із підвищеним рівнем небезпеки. Будь-яке будівництво здійснюється виключно на основі затверджених Проекту організації будівництва (ПОБ) та Проекту виконання робіт (ПВР), які розробляються з урахуванням сучасних вимог безпеки відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». ПВР повинен містити не загальні декларативні рекомендації, а конкретні інженерно-технічні рішення, які гарантують безпеку праці на всіх етапах виробничого циклу.

До обов'язкових організаційно-технічних заходів, які регламентуються ПВР, відносяться:

- визначення переліку робіт, які виконуються за нарядами-допусками (земляні роботи в охоронних зонах комунікацій, зварювальні роботи тощо);
- розрахунок та графічне позначення на будівельному генеральному плані (будгенплані) небезпечних зон;
- визначення номенклатури та розрахунок потреби у засобах колективного (огороження, кріплення) та індивідуального захисту (ЗІЗ);
- організація безпечних під'їзних шляхів, розв'язок, тимчасового електропостачання та пожежної безпеки.

При роботі будівельних машин (екскаваторів, трубоукладачів, бульдозерів) у ПВР визначаються безпечні місця їх розташування відносно

укосів виїмок. Встановлення і рух механізмів поблизу незакріплених траншей чи котлованів допускається виключно за межами призми обвалення ґрунту (мінімальна відстань від бровки до найближчої опори машини визначається нормативними таблицями залежно від типу ґрунту та глибини виїмки).

Організація будівельного майданчика. Територія будівництва забезпечується тимчасовими під'їзними шляхами з розрахунку не менше двох в'їздів-виїздів. Ширина проїжджої частини для одностороннього руху становить 3,5 м, для двостороннього – 6,0 м. Радіуси закруглення доріг для проїзду довгомірного транспорту (з трубами) повинні бути не менше 30 м. Максимальна наближеність шляхів до місць розвантаження не повинна перевищувати 25 м.

При зонуванні майданчика виділяються небезпечні зони. До зон із постійно діючими небезпечними факторами належать:

- місця ближче 1,5 м від неогороджених перепадів висоти понад 1,3 м (відкриті траншеї, котловани);
- місця поблизу неізольованих струмоведучих частин тимчасових мереж.

До зон потенційно небезпечних факторів відносять:

- ділянки переміщення робочих органів землерийної техніки;
- зони над якими переміщуються вантажі підйомними кранами.

Усі небезпечні зони обов'язково маркуються сигнальними огорожами та попереджувальними знаками за ДСТУ EN ISO 7010:2019, а в темний час доби – червоними ліхтарями напругою не вище 42 В.

6.2 Безпека проведення земляних робіт, монтажу і укладанні трубопроводів

Основою безпеки при виконанні земляних робіт є суворе дотримання вимог ДБН А.3.2-2-2009 та правил безпечної експлуатації машин. Перед початком екскавації безпосередньо на місцевості здійснюється геодезичне

маркування існуючих підземних комунікацій (кабелі, газопроводи). Земляні роботи в охоронній зоні (ближче 2 м) від діючих комунікацій виконуються виключно вручну, без застосування ударних інструментів, під наглядом керівника робіт та представників експлуатуючої організації.

Траншеї та котловани, розташовані в місцях руху транспорту або людей, обов'язково обгороджуються захисними щитами. Для безпечного перетину траншей встановлюються інвентарні пішохідні містки завширшки не менше 0,8 м із поручнями висотою 1,1 м та бортовими дошками (висота 0,15 м). Спуск працівників у траншеї глибиною понад 1,3 м дозволяється лише по спеціальних драбинах завширшки 0,75 м або маршових сходах, виритих у ґрунті.

Стійкість укосів. Риття траншей із вертикальними стінками без кріплення допускається виключно в нескельних ґрунтах природної вологості (вище рівня ґрунтових вод) на обмежену глибину:

- у піщаних та насипних ґрунтах – до 1,0 м;
- у супісках – до 1,25 м;
- у суглинках та глинах (як на нашому об'єкті) – до 1,5 м.

При більших глибинах обов'язкове влаштування інвентарних кріплень або розробка траншеї з безпечними укосами (для суглинків при глибині до 3 м крутість укосу становить 1:0,5). Вийнятий із траншеї ґрунт (відвал) дозволяється розміщувати на відстані не ближче ніж 0,5 м від бровки виїмки.

Безпека монтажних та зварювальних робіт. Монтаж поліетиленових (ПЕ) трубопроводів починається тільки після огляду траншеї майстром та перевірки надійності її укосів. Розкладання труб проводиться уздовж траси на безпечній відстані (не менше 1,5 м від бровки). Зварювальні роботи поліетиленових труб методом контактно-стикового зварювання виконуються переважно на поверхні (на брівці). Апарати для зварювання заборонено застосовувати у вибухонебезпечному середовищі або у вологих умовах без захисного навісу. Оскільки температура нагрівального елемента сягає +220°C, оператор-зварник повинен працювати в захисних термостійких рукавицях (спецодязі) та не допускати сторонніх осіб до зони нагріву. Кабелі живлення

апарата прокладаються із захистом від механічних пошкоджень транспортними засобами.

Опускання зварених секцій трубопроводу на дно траншеї виконується трубоукладачами або автомобільними кранами виключно за допомогою м'яких строп (текстильних рушників) плавно, без ривків та ударів об стінки. Знаходження робітників безпосередньо під вантажем або в зоні опускання труби суворо заборонено.

6.3 Розрахунок бічного тиску ґрунту на стінку траншеї

У практиці гідромеліоративного будівництва розробка траншей із вертикальними стінками глибиною понад нормативну (або в слабких перезволожених ґрунтах) вимагає обов'язкового влаштування інвентарних щитових кріплень для запобігання обваленням та травмуванню працівників. Конструкція кріплення (щити, розпірки, стояки) розраховується на сприйняття активного бічного тиску ґрунту.

Для визначення максимальних навантажень приймаємо наступні вихідні проектні дані для найнесприятливіших умов (ділянки засипки піском або піщаними ґрунтами):

- глибина траншеї (H) = 1,45 м;
- ширина траншеї по дну (B) = 0,95 м;
- щільність ґрунту (ρ) = 1700 кг/м³;
- кут внутрішнього тертя ґрунту (φ) = 31°.

Для запасу міцності при розрахунку приймається, що питоме зчеплення ґрунту відсутнє ($C = 0$). Тиск ґрунту на вертикальну стінку розподіляється за трикутною епюрою (нуль на поверхні, максимум на дні траншеї).

Максимальна величина питомого бічного тиску (інтенсивність тиску) на глибині дна траншеї (σ_n) визначається за формулою:

$$\sigma_n = g \cdot \rho \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2), [H/m^2] \text{ або } [Па] \quad (6.1)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Підставляючи значення отримаємо:

$$\sigma_n = 9,81 \cdot 1700 \cdot 1,45 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 31^\circ/2) = 24\,181,65 \cdot \operatorname{tg}^2(29,5^\circ) = 24\,181,65 \cdot (0,5657)^2 = 24\,181,65 \cdot 0,320 = 7\,738,1 \text{ Н/м}^2 \text{ (або } \sim 7,74 \text{ кПа)}.$$

Повне рівнодіюче зусилля активного тиску ґрунту (Q) на 1 погонний метр стінки траншеї визначається як площа епюри тиску:

$$Q = 0,5 \cdot \sigma_n \cdot H, [H/m] \quad (6.2)$$

$$Q = 0,5 \cdot 7\,738,1 \cdot 1,45 = 5\,610,1 \text{ Н/м (або } \sim 5,61 \text{ кН/м)}.$$

Максимальний бічний тиск ґрунту на дні траншеї становить 7,74 кПа, а загальне навантаження на 1 погонний метр кріплення дорівнює 5,61 кН. Саме на ці розрахункові навантаження повинні підбиратися перерізи дошок інвентарних щитів та діаметри розпірних елементів (металевих труб або дерев'яних брусів) для забезпечення повної безпеки робітників під час ручного доопрацювання дна та укладання трубопроводів.

7 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНО-ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ

Доцільність будівництва та впровадження закритої зрошувально-дренажної системи визначається шляхом розрахунку показників її економічної ефективності. Основними критеріями оцінки є капітальні вкладення у будівництво, щорічні експлуатаційні витрати, додатковий чистий дохід від приросту врожайності сільськогосподарських культур, а також термін окупності інвестицій. Капітальні вкладення (K) являють собою одноразові витрати на створення нових основних фондів (будівництво трубопроводів, насосних станцій, придбання дощувальної техніки тощо). Загальна сума капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$K = K_{\text{буд}} + K_{\text{обл}} + K_{\text{інш}} \quad (7.1)$$

де $K_{\text{буд}}$ – вартість будівельно-монтажних та земляних робіт, тис. грн; $K_{\text{обл}}$ – вартість технологічного обладнання (труби, насоси, дощувальні машини), тис. грн; $K_{\text{інш}}$ – інші витрати (проектно-вишукувальні роботи, непередбачені витрати), тис. грн.

Загальна кошторисна вартість будівництва зрошувально-дренажної системи площею 519,0 га становить 11137 тис. грн. Структура капітальних вкладень наведена у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Структура капітальних вкладень у будівництво

№ з/п	Статті витрат	Вартість, тис. грн	Питома вага, %
1	Земляні роботи (зрізка, траншеї, планування)	1 450,000	13,0
2	Трубопроводи та запірно-регулююча арматура	3 120,500	28,0
3	Потреба у модернізації насосні станції підкачки (НСП)	1 850,000	16,6
4	Дощувальні машини (ДФ «Дніпро» та ДМУ «Фрегат»)	2 850,000	25,6
5	Закрита дренажна мережа з ПВХ труб	850,000	7,6
6	Інші витрати (проектні, пусконаладжувальні)	1 016,475	9,2
Всього капітальних вкладень		11 137	100,0

Питомі капітальні вкладення ($K_{\text{пит}}$) на 1 гектар зрошуваної площі складають:

$$K_{\text{пит}} = K / F_{\text{нетто}} = 11\,136,975 / 519,0 = 21,458 \text{ тис. грн/га}$$

Щорічні експлуатаційні витрати (табл. 7.2) пов'язані з утриманням та обслуговуванням системи і розраховуються за формулою:

$$B_{\text{екс}} = A + P_p + E + Z \quad (7.2)$$

де A – амортизаційні відрахування на реновацію основних фондів; P_p – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування; E – вартість електроенергії, спожитої насосними станціями; Z – фонд заробітної плати експлуатаційного персоналу.

Таблиця 7.2 – Розрахунок щорічних експлуатаційних витрат

№ з/п	Статті експлуатаційних витрат	Норматив, % від вартості фондів	Сума, тис. грн/рік
1	Амортизаційні відрахування (А)	5,0 %	556,85
2	Поточний ремонт та обслуговування (П _р)	3,5 %	389,79
3	Витрати на електроенергію (Е)	за розрахунком споживання	450,20
4	Заробітна плата з нарахуваннями (З)	штатний розпис (4 чол.)	515,60
Всього експлуатаційних витрат		-	1 912,44

Економічний ефект від впровадження зрошення досягається за рахунок суттєвого підвищення врожайності сільськогосподарських культур (табл. 7.3). Додатковий чистий дохід (ΔД) визначається як різниця між вартістю додатково отриманої продукції та витратами на її вирощування, збирання і експлуатацію меліоративної системи:

$$\Delta D = (Y_{зр} - Y_{бз}) \cdot Ц \cdot F - B_{дод} - B_{екс} \quad (7.3)$$

де $Y_{зр}$, $Y_{бз}$ – урожайність на зрошенні та без нього, т/га; Ц – реалізаційна ціна 1 тони продукції, тис. грн; F – площа посіву культури, га; $B_{дод}$ – додаткові витрати на збирання та транспортування приросту врожаю.

Сумарний додатковий прибуток становить 3 968,00 тис. грн. Загальний чистий додатковий дохід проекту (з урахуванням вирахування експлуатаційних витрат $B_{екс}$) розраховується як:

$$\Delta D_{чист} = 3\,968,00 - 1\,912,44 = 2\,055,56 \text{ тис. грн/рік}$$

Таблиця 7.3 – Розрахунок додаткового прибутку від приросту врожаю

Культура	Площа, га	Приріст урожаю, т/га	Валовий приріст, т	Чистий прибуток з 1 т, тис. грн	Додатковий прибуток, тис. грн
Кукурудза на зерно	150,0	4,5	675,0	1,8	1 215,00
Озима пшениця	150,0	3,0	450,0	1,5	675,00
Буряк кормовий	119,0	30,0	3 570,0	0,4	1 428,00
Люцерна	100,0	5,0	500,0	1,3	650,00
Всього:	519,0	-	-	-	3 968,00

На основі визначених сум капітальних вкладень та щорічного додаткового чистого доходу розраховуються головні індикатори інвестиційної привабливості проекту: термін окупності та коефіцієнт економічної ефективності (табл. 7.4).

1. Термін окупності капітальних вкладень показує, за скільки років інвестиції будуть повністю компенсовані чистим доходом:

$$T_{ок} = K / \Delta D_{чист} = 11\,136,975 / 2\,055,56 = 5,42 \text{ роки}$$

2. Коефіцієнт економічної ефективності (рентабельність інвестицій):

$$E_{ef} = \Delta D_{чист} / K = 2\,055,56 / 11\,136,975 = 0,184$$

Проведені економічні розрахунки доводять високу інвестиційну привабливість проекту. Розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності (0,184) перевищує нормативний показник для водогосподарського будівництва ($E_n = 0,12-0,15$). Термін окупності капітальних вкладень у розмірі 11137 тис. грн становить близько 6 років, що є прийнятним результатом для капіталоемних об'єктів меліоративної інфраструктури. Це підтверджує доцільність та рентабельність будівництва закритої зрошувально-дренажної системи.

Таблиця 7.4 – Зведені техніко-економічні показники проекту будівництва зрошувально-дренажної мережі

Показник	Одиниця виміру	Значення
Загальна площа масиву зрошення	га	519,0
Загальні капітальні вкладення	тис. грн	11 137
Питомі капітальні вкладення	тис. грн/га	21,458
Щорічні експлуатаційні витрати	тис. грн/рік	1 912,44
Річний чистий додатковий дохід	тис. грн/рік	2 055,56
Коефіцієнт економічної ефективності	частка	0,184
Термін окупності капіталовкладень	років	~ 6

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі обґрунтоване вирішення важливого інженерно-технічного та організаційно-технологічного завдання щодо проектування та будівництва зрошувально-дренажної системи. За результатами виконаних досліджень, розрахунків та розробки технологічних параметрів будівельного процесу сформульовано такі основні висновки:

1. Аналіз природних умов району будівництва (Павлоградський район Дніпропетровської області) підтвердив, що територія розташована в зоні нестійкого та ризикованого зволоження Степової зони України з помірно-континентальним кліматом. Середньо багаторічна сума опадів (499 мм) та часті літні суховії обґрунтовують необхідність штучного регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів. Чорноземи звичайні середньопотужні малогумусні мають важкосуглинковий механічний склад, що зумовлює їх високу потенційну родючість, але відносно низьку природну водопроникність, вимагаючи суворого контролю поливних норм. Наявна водойма у заплаві річки Мала Терса (повний об'єм 5700 тис. м³) із передбаченим резервним підживленням із річки Вовча є надійним джерелом водопостачання з гарантованою корисною водовіддачею обсягом 3000 тис. м³.
2. Запроектована гідромеліоративна система охоплює площу нетто 519,0 га. Для мінімізації фільтраційних втрат та підвищення коефіцієнта корисної дії системи прийнято прогресивну схему закритої напірної зрошувальної мережі загальною протяжністю 7620 м. Трубопроводи диференційовані за діаметрами (200, 250, 400 та 450 мм) та запроектовані з високоміцних поліетиленових труб марки ПЕ-100 SDR 17. Сформовано оптимальний парк високоефективної дощувальної техніки, що включає три машини фронтальної дії ДФ «Дніпро-120-17» та дві машини кругової дії ДМУ «Фрегат» А-337-65. Для запобігання підтопленню, заболоченню та вторинному засоленню угідь у пониженнях рельєфу влаштовується система

закритого горизонтального дренажу з перфорованих ПВХ труб діаметром 100 мм загальною протяжністю 2325 м.

3. Розроблено комплексну технологічну карту, що передбачає виконання робіт у єдиному технологічному потоці. Визначено сумарний об'єм розробки ґрунту в дренажних траншеях (2820 м^3) та котлованах під 4 оглядові колодязі (85 м^3). Провідною машиною прийнято багатоковшевий екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-406А, який забезпечує механізовану розробку вузької траншеї, безперервне укладання ПВХ-труб та їх первинне обсіпання гравійно-піщаним зворотним фільтром об'ємом 350 м^3 . Загальна трудомісткість будівництва дренажу за калькуляцією становить 58,3 люд.-днів.
4. Складено технологічний регламент на улаштування напірних трубопроводів відповідно до чинних ДБН В.2.5-74:2013 та ДБН В.1.3-2:2010. Загальний об'єм виїмки мінерального ґрунту в траншеях становить 7560 м^3 , з яких 6970 м^3 розробляється гусеничним екскаватором ЕТ-16 (місткість ковша $0,5 \text{ м}^3$), а 590 м^3 доопрацьовується вручну для збереження структури основи дна. З'єднання ПЕ-труб передбачено методом контактної термомозварювання на брівці з наступним опусканням батогів автомобільним краном КС-5576Б за допомогою м'яких стропів. Перед повною зворотною засипкою (7275 м^3) бульдозером Т-170 передбачено обов'язкове двостадійне гідравлічне випробування системи на міцність та герметичність. Загальна трудомісткість етапу становить 210,3 люд.-днів.
5. На основі поточно-групового методу організації будівельного виробництва складено лінійний календарний план, який забезпечує безперервність використання ресурсів та суміщення суміжних процесів. Завдяки оптимізації графіків руху техніки та робочої сили, плановий термін будівництва всієї системи оптимізовано до 203 робочих днів, що на 22 дні менше за нормативний показник (225 днів). Загальні планові трудові витрати по об'єкту становлять 394,9 люд.-днів, що дозволило досягти підвищення продуктивності праці на 10,49% та забезпечити рівномірний графік руху робітників із максимальним залученням 4 чоловік у зміну.

6. Організаційні заходи та інженерні рішення повністю приведені у відповідність до сучасного стандарту ДБН А.3.2-2-2009. Проведено точний розрахунок бічного тиску ґрунту на стінки вертикальних траншей без кріплення для найбільш несприятливих умов (піщані фракції, густина 1700 кг/м^3 , кут внутрішнього тертя 31°). Визначено, що максимальний бічний тиск на глибині 1,45 м становить 7,74 кПа, а сумарне рівнодіюче зусилля активного тиску на 1 погонний метр стінки дорівнює 5,61 кН/м. Отримані параметри покладено в основу підбору геометричних перерізів елементів інвентарних щитових кріплень, що гарантує безпеку праці під час знаходження людей у виїмках.
7. Економічні розрахунки підтвердили доцільність інвестицій. Загальний обсяг капітальних вкладень у будівництво об'єкта становить близько 11137 тис. грн, що відповідає питомим вкладенням на рівні 21,458 тис. грн/га. При щорічних експлуатаційних витратах у розмірі 1912 тис. грн/рік, впровадження інтенсивного зрошення забезпечує отримання додаткового валового прибутку від реалізації приросту врожаю (кукурудзи, пшениці, кормових буряків та люцерни) в обсязі 3968 тис. грн/рік. Річний додатковий дохід становить 2055 тис. грн. Розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень складає 0,184, що вище нормативного діапазону (0,12–0,15), а термін окупності проекту становить близько 6 років, що доводить фінансову спроможність та рентабельність даного проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіон України, 2016. 50 с.
2. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 82 с.
3. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 50 с.
4. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 162 с.
5. ДСТУ EN ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012, IDT; ISO 7010:2011, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 37 с.
6. ДСТУ Б В.2.8-44:2011. Обладнання будівельне. Майданчики та драбини для будівельно-монтажних робіт. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2012. 18 с.
7. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) : затв. наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417. Київ, 2014.
8. ДБН Д.2.2-1-99. Збірник 1. Земляні роботи. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. – К.: Держбуд, 2000. – 186 с.
9. ДБН Д.2.7-2000. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. – Київ.-2001.-337с.
10. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.1-99. – К.:Держбуд України, 2000.
11. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – Держводгосп України. Київ 1999.

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. 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
15. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІШТО НАПН України, 2015. – 291 с
16. Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник.– К.: Видавництво Ліра-К, 2016.– 390 с.
17. Технологія будівельного виробництва: Підручник / М. Г. Ярмоленко, Є. Г. Романушко, В. І. Терновий та ін.; За ред. М. Г. Ярмоленка. 2-ге вид., допов. і переробл. К.: Вища шк., 2005. - 342 с.