

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
водогосподарської інженерії,
доцент

_____ Андрій ТКАЧУК
«_____» червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**«Організація і технологія будівництва закритої
зрошувальної мережі та регулюючого басейну у
фермерському господарстві «Колос Ювілейний»
Дніпровського району Дніпропетровської області»**

Виконав: здобувач вищої освіти, гр. ГТБ-1-22
Спеціальність – 194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»
Освітньо-професійна програма
«Водна інженерія та водні технології»

Чопик А.О.

(прізвище та ініціали, підпис)

Керівник: доц. Рудаков Л.М.

(прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали, підпис)

Дніпро – 2026

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою водогосподарської інженерії
доц. _____ (Андрій ТКАЧУК)
« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачу вищої освіти
Чопику Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Організація і технологія будівництва закритої зрошувальної мережі та регулюючого басейну у фермерському господарстві «Колос Ювілейний» Дніпровського району Дніпропетровської області»,
керівник роботи Рудаков Леонід Миколайович, к. с.-г. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від « _____ » _____ 2026 р. № _____

1. Термін здачі закінченої роботи : « 15 » червня 2026 р.
2. Вихідні дані до роботи: Генеральний план ФГ «Колос Ювілейний» Дніпровського району Дніпропетровської області. Топографічна основа масиву зрошення та території будівництва регулюючого басейну. Природно-кліматичні, геологічні та ґрунтові умови району проектування.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ; 1 Характеристика об'єкта будівництва та природно-кліматичні умови; 2 Розрахунок об'ємів земляних і монтажних робіт; 3 Технологічна карта на будівництво зрошувальної мережі; 4 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву регулюючого басейну; 5 Організація будівництва; 6 Охорона праці на будівництві; 7 Охорона навколишнього середовища; 8 Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву зрошення; Висновки.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в середовищі Power Point: постановча частина дипломної роботи; природно кліматичні умови, результати досліджень, креслення, висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	1 Характеристика об'єкта будівництва та природно-кліматичні умови	04.2026 р.	
2	2 Розрахунок об'ємів земляних і монтажних робіт	05.2026 р.	
3	3 Технологічна карта на будівництво зрошувальної мережі	05.2026 р.	
4	4 Технологічна карта на виконання робіт по будівництву регулюючого басейну	05.2026 р.	
5	5 Організація будівництва	06.2026 р.	
6	6 Охорона праці на будівництві	06.2026 р.	
7	7 Охорона навколишнього середовища	06.2026 р.	
8	8 Розрахунок економічної ефективності будівництва масиву зрошення	06.2026 р.	
9	Поточний контроль виконання ДП за планом	06.2026 р.	
10	Передзахист ДП на кафедрі	06.2026 р.	
11	Представлення ДП на рецензію	06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ / Чопик А.О. /

Керівник роботи _____ / Рудаков Л.М. /

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ	9
1.1 Географічне місце розташування та адміністративно-територіальна прив'язка району будівництва	9
1.2 Рельєф, геологія та геоморфологічні особливості місцевості	10
1.3 Гідрологічні умови території та режим ґрунтових вод	11
1.4 Кліматичні умови та агрометеорологічний потенціал	12
1.5 Ґрунти та їх агрофізичні і меліоративні властивості	15
1.6 Конструктивна характеристика гідротехнічних елементів зрошувальної мережі	17
1.7 Гідрологічна характеристика джерела зрошення	20
1.8 Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур в умовах зрошення	21
1.9 Експлуатаційний режим дощувальних машин та зрошувальної системи в цілому	26
2 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМІВ ЗЕМЛЯНИХ І МОНТАЖНИХ РОБІТ	29
2.1 Побудова поздовжнього і поперечного профілів траншеї	29
2.2 Розрахунок об'ємів земляних робіт при розробці траншеї	33
2.3 Обсяги земляних робіт по розробці котловану під регулюючий басейн	37
3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА БУДІВНИЦТВО ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	42
3.1 Область застосування технологічних карт	42
3.2 Вибір комплекту будівельних машин	43

3.3 Технологія виконання робіт	45
3.4 Калькуляція трудових затрат і заробітної плати	49
3.5 Контроль якості та техніка безпеки при виконанні робіт	50
3.6 Техніко-економічні показники	51
4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ РЕГУЛЮЮЧОГО БАСЕЙНУ	52
4.1 Область застосування технологічної карти	52
4.2 Вибір комплексу будівельних машин	52
4.3 Технологія виконання робіт	53
4.4 Калькуляція трудових затрат і заробітної плати	53
4.5 Контроль якості виконання робіт	55
4.6 Техніка безпеки при виконанні земляних і будівельних робіт ...	56
4.7 Режим експлуатації регулюючого басейну	56
4.8 Техніко-економічні показники	57
5 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	59
5.1 Загальні положення та нормативна база	59
5.2 Календарний план будівництва та розрахунок трудомісткості	60
5.3 Техніко-економічні показники календарного плану	61
6 ОХОРОНА ПРАЦІ НА БУДІВНИЦТВІ	64
6.1 Охорона праці та техніка безпеки при експлуатації зрошувальної системи і поливної техніки	65
6.2 Охорона праці та заходи безпеки при експлуатації регулюючого басейну	69
6.3 Охорона праці при виконанні земляних та будівельно- монтажних робіт	70
7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	76
7.1 Охорона атмосферного повітря	77

7.2 Охорона водних ресурсів	78
7.3 Охорона ґрунтів	78
7.4 Соціальне середовище	79
8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ	81
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору України, особливо в межах Степової зони, відбувається в умовах прогресуючих кліматичних змін та вираженої аридизації. Дніпропетровська область належить до регіонів ризикованого землеробства з недостатнім та вкрай нестійким зволоженням, де середньорічна норма опадів становить лише 412,2 мм, тоді як рівень випаровування перевищує її більш ніж удвічі. Це призводить до критичного дефіциту вологи в метровій товщі ґрунту під час вегетаційного періоду. За таких умов штучне зрошення стає єдиним безальтернативним способом гарантування продовольчої безпеки, отримання стабільних високих врожаїв та сталого розвитку агропідприємств.

Перехід від морально застарілих гідротехнічних споруд до сучасних технологій низького тиску, зокрема використання інноваційних широкозахватних дощувальних машин кругової дії «Valley» та закритих поліетиленових трубопроводів, дозволяє досягти високої рівномірності поливу, скоротити споживання електроенергії на 30–40% і мінімізувати втрати води на фільтрацію та випаровування. У зв'язку з цим розробка раціональних організаційно-технологічних рішень для будівництва та експлуатації нових меліоративних систем є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням для водогосподарської інженерії.

Мета і завдання роботи. Метою дипломної роботи є обґрунтування організації та розробка технології будівництва закритої зрошувальної мережі та регулюючого басейну для інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на площі 504,5 га у фермерському господарстві «Колос Ювілейний» Дніпровського району Дніпропетровської області.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені такі **завдання:**

- дати комплексну характеристику природно-кліматичних, геологічних, гідрогеологічних та ґрунтових умов району проектування;
- проаналізувати конструктивні особливості елементів закритої мережі й обґрунтувати вибір сучасних дощувальних машин «Valley»;
- виконати точний розрахунок обсягів земляних і монтажних робіт для прокладання напірних трубопроводів та влаштування котловану басейну;
- розробити технологічні карти на будівництво розподільчої мережі та регулюючого басейну з обґрунтуванням оптимального комплексу будівельних машин;
- скласти календарний план виконання робіт та розрахувати техніко-економічні показники будівництва;
- охарактеризувати експлуатаційні режими дощувальної техніки й накопичувальної водойми;
- розробити заходи з охорони праці, промислової безпеки та охорони навколишнього природного середовища на етапах зведення і функціонування об'єкта;
- провести актуалізований розрахунок загальної економічної ефективності та періоду окупності капітальних вкладень у цінах 2026 року.

Об'єкт дослідження – процес організації та технології виконання будівельно-монтажних робіт із улаштування закритої зрошувальної мережі та регулюючого басейну штучного наповнення у фермерському господарстві.

Предмет дослідження – параметри земляних робіт, комплекси будівельних машин, календарні графіки, показники продуктивності праці, норми техніки безпеки, екологічні регламенти та техніко-економічна ефективність меліоративного будівництва.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ

Комплексне проектування сучасних гідромеліоративних систем вимагає глибокого та всебічного аналізу географічних, кліматичних, геологічних та ґрунтових умов території. Даний розділ містить розширену характеристику району будівництва масиву зрошення загальною площею 504,5 га, з обґрунтуванням вибору дощувальної техніки та оцінкою впливу природних факторів на ефективність сільськогосподарського виробництва.

1.1 Географічне місце розташування та адміністративно-територіальна прив'язка району будівництва

Масив будівництва зрошувальної системи розташований у центральній частині Дніпропетровської області, в межах сучасного Дніпровського району. З точки зору фізико-географічного районування, територія об'єкта займає південно-східні відроги Придніпровської височини. Ці землі відносяться до Бузько-Дніпровської низовинної області, яка простягається в зоні Степу Східноєвропейської рівнини.

Сприятливе географічне розташування поблизу великих водних артерій (зокрема, басейну річки Дніпро) та розгалуженої транспортної інфраструктури створює оптимальні умови для ведення високоінтенсивного агропромислового виробництва. Відкритість території до атмосферних циркуляцій обумовлює специфіку мікроклімату, що вимагає ретельного підходу до вибору режимів зрошення та типів сільськогосподарських культур.

1.2 Рельєф, геологія та геоморфологічні особливості місцевості

Формування рельєфу досліджуваного регіону обумовлено тривалою та складною взаємодією ендегенних (внутрішніх тектонічних) і екзогенних (зовнішніх кліматичних та гідрологічних) процесів. Загальний характер рельєфу території є плоскорівнинним, проте він має свої геоморфологічні ускладнення. Однією з найхарактерніших рис місцевості є наявність так званих «степових блюдець» або подів – суфозійно-просадкових знижень округлої форми. Наявність таких мікропонижень призводить до того, що природна дренажність території є недостатньо задовільною, оскільки поверхневий стік у ці зниження може викликати локальне заболочування або перезволоження ґрунтів під час інтенсивних поливів чи злив.

Переважаюча площа проекційної ділянки представлена плато, вирівняна в рельєфі, з абсолютними відмітками поверхні 59,5-61,2 м над рівнем моря. Поверхня має слабкий похил у західному напрямку, що загалом є сприятливим для проектування напірних трубопроводів та руху широкозахватних дощувальних машин. Однак, безпосередньо на ділянці простягається неглибоке зниження вздовж південної межі, а в південно-західній частині (у верхів'ї улоговини природного стоку) сформований слабопохилий схил північної експозиції з крутизною 1-1,5°. Для забезпечення рівномірного покриття дощем та запобігання іригаційній ерозії, ці ділянки потребують виконання робіт з капітального та експлуатаційного планування поверхні.

Особливостями геологічної будови є відносно неглибоке залягання докембрійського кристалічного фундаменту (Українського щита), який перекритий малопотужними осадовими відкладами крейдового, палеогенового, неогенового та четвертинного періодів. На підвищених ділянках плато фіксується повний розріз четвертинних відкладів, що вказує на те, що розчленування рельєфу відбулося у порівняно недавні геологічні

часи. За геологічною будовою ці ділянки неоднорідні. На високо припіднятій поверхні докембрію неогенові та палеогенові морські відклади відсутні, а червоно-бурі глини і четвертинні лесові суглинки залягають безпосередньо на корі вивітрювання кристалічних порід.

У позальодовиковій області ці утворення потужно перекриті еолово-делювіальними лесовими суглинками (від нижньо- до верхньочетвертинного віку), які є материнськими породами для місцевих ґрунтів. Долини річок регіону складені піщано-суглинковими відкладами, а заплави – алювіальними піщаними породами, що часто містять гальку в місцях виходу кристалічних порід на денну поверхню. Придніпровська височина у межах району дослідження являє собою денудаційно-аккумулятивну хвилясту рівнину, еродовані плато якої прорізані долинами невеликих річок та розгалуженою мережею балок.

1.3 Гідрологічні умови території та режим ґрунтових вод

Гідрогеологічний режим території визначається її розташуванням у межах центральної частини Українського щита. Водоносні горизонти тут прив'язані як до осадових кайнозойських утворень, так і до тріщинуватих зон докембрійського фундаменту. Слід зазначити, що геологічна будова і кліматичні умови (зокрема, низька кількість опадів) не сприяють формуванню значних запасів підземних вод. Живлення водоносних горизонтів здійснюється переважно інфільтрацією атмосферних опадів на вододілах, а також підживленням напірними тріщинними водами знизу.

Перший від поверхні водоносний горизонт приурочений до середньо-верхньочетвертинних алювіальних відкладів, які поширені в межах терас річки Дніпро та її приток. Глибина залягання цих відкладів сильно варіюється – від 0,5 м у зниженнях до 54 м на вододілах. Потужність водоносних пісків становить 2–8 м. Цей горизонт часто перекривається

шаром суглинків, через що місцями набуває слабонапірного характеру (величина напору становить 2–9 м).

Другий водоносний горизонт (палеогеновий) є більш водообільним. Коефіцієнт фільтрації водовмісних порід змінюється у дуже широких межах: від 0,07 до 55,3 м/добу, при середніх значеннях 2–6 м/добу. Хімічний склад цих вод є строкатим. Загалом води прозорі, доброї якості. За типом мінералізації переважають гідрокарбонатно-сульфатні та сульфатно-гідрокарбонатні кальцієво-магнієві води, а також сульфатно-хлоридні натрієво-кальцієві. Загальна мінералізація коливається від 0,5 до 3,5 г/дм³, проте в окремих випадках може сягати 8,2 г/дм³, що становить загрозу вторинного засолення ґрунтів при підйомі рівня ґрунтових вод. Загальна жорсткість становить 8–19 мг-екв/л, показник кислотності рН – 5,7–8,2.

Окремо виділяють підземні тріщинні води докембрію, які мають острівне поширення. Горизонт є напірним, висота напору може досягати 70,5 м. Їх мінералізація зазвичай становить 0,4–3,0 г/дм³. Важливим екологічним фактором є те, що у верхніх ґрунтових водах району останніми роками спостерігається підвищений вміст аміаку, нітратів і нітритів. Це є прямим індикатором антропогенного забруднення з поверхні (внаслідок неконтрольованого використання мінеральних добрив у минулому), що вимагає впровадження систем точного землеробства та суворого контролю за дозами внесення агрохімікатів на новій зрошувальній системі.

1.4 Кліматичні умови та агрометеорологічний потенціал

Клімат Дніпровського району – помірно континентальний, який характеризується довготривалим, спекотним, часто посушливим літом та відносно м'якою, прохолодною зимою. Формування погодних умов відбувається під складним впливом різних повітряних мас: вологих морських

з Атлантики, холодних з Арктичного басейну та сухих континентальних, що формуються над Азією [1].

Динаміка атмосферних процесів чітко поділяється на сезони. Взимку спостерігається активна циклонічна діяльність. Характерною рисою місцевих зим є регулярні відлиги, коли температура повітря може раптово підвищуватися до $+10...+15^{\circ}\text{C}$ під впливом середземноморських циклонів. Це призводить до танення снігового покриву та втрати потенційної весняної вологи. Навесні (квітень-травень) залишається ризик повернення холодів та приморозків через вторгнення арктичного повітря. Влітку ж домінує Азорський антициклон, що приносить тривалі періоди ясної, безхмарної погоди. Інтенсивна сонячна радіація сприяє сильному прогріванню ґрунту і повітря, що часто супроводжується виникненням пилових бур і суховіїв. Зміна циркуляції відбувається лише у жовтні-листопаді, коли активізується Сибірський антициклон.

Середньобогаторічна температура повітря становить $+8,8^{\circ}\text{C}$ (таблиця 1.1). Найтеплішим місяцем традиційно є липень із середньою температурою $+21,4^{\circ}\text{C}$ (абсолютні максимуми сягають $+36...+38^{\circ}\text{C}$). Найхолодніший місяць – січень (абсолютний мінімум був зафіксований на рівні -37°C).

Таблиця 1.1 – Середньомісячна і річна температура повітря ($^{\circ}\text{C}$) [1]

Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Нікополь	-7.7	-7.2	-2.0	10.4	16.5	19.8	21.4	21.0	16.2	7.2	0.2	-5.0	8.8

Атмосферні опади є критичним лімітуючим фактором для сільськогосподарського виробництва. Регіон належить до зони ризикованого землеробства з нестійким та недостатнім зволоженням. Річна норма опадів становить лише 412,2 мм (таблиця 1.2). У посушливі роки (75% забезпеченості) ця сума падає до 329 мм, а в гостро посушливі (95% забезпеченості) – до критичних 265 мм. З усієї суми опадів близько 73%

випадає у вигляді дощу. Літні опади носять яскраво виражений зливовий характер. Через високу інтенсивність злив, вода не встигає інфільтруватися у ґрунт, утворюючи інтенсивний поверхневий стік і спричиняючи ерозію. Тому природні літні опади відіграють незначну роль у поповненні продуктивних запасів вологи для рослин.

Таблиця 1.2 – Середня кількість атмосферних опадів (мм) [1]

Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Нікополь	36	32	30	26	37.2	50	51	40	25	31	19	35	412.2

На фоні низької кількості опадів спостерігається величезний дефіцит вологості повітря (таблиця 1.3). Середня величина випаровування з водної поверхні сягає 890 мм на рік (у найспекотніші роки – до 1132 мм), що більш ніж удвічі перевищує надходження вологи з опадами. Абсолютна вологість має літній максимум (14–15 мб), проте відносна вологість влітку падає до критичних 57–58%, провокуючи атмосферну посуху. У період настання вегетації запаси продуктивної вологи в метровій товщі ґрунту коливаються від 27 до 113 мм, при тому що лише літня потреба культур становить 90–150 мм. Це робить штучне зрошення єдиним безальтернативним способом гарантування продовольчої безпеки та отримання стабільних врожаїв.

Таблиця 1.3 – Середньомісячний і річний дефіцит вологості повітря (мб) [1]

Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Нікополь	0.2	0.3	0.7	5.4	8.2	10.0	10.9	11.1	7.7	2.6	0.8	0.3	4.8

Вітровий режим території характеризується значною динамічністю. Переважають вітри північно-західного та східного напрямків. Середньобогаторічна швидкість вітру становить 3,7 м/с. Проте, щорічно

фіксуються вітри зі швидкістю понад 20 м/с, а раз на 20 років – до 28 м/с. Наявність сильних вітрів влітку (суховіїв) вимагає використання на дощувальних машинах спеціальних низьконапірних розпилювачів (спринклерів), змонтованих на гнучких спусках максимально близько до поверхні ґрунту. Це дозволяє мінімізувати втрати води на випаровування та знесення крапель за межі поля.

1.5 Ґрунти та їх агрофізичні і меліоративні властивості

Згідно з прийнятим ґрунтово-географічним районуванням України, обстежувана територія входить до північної частини Азово-Причорноморського ґрунтового округу степової зони. Ґрунтоутворюючими породами виступають еолово-делювіальні лесові суглинки. За гранулометричним складом (за класифікацією Н.А. Качинського) ґрунти класифікуються як легкоглинисті: вміст часток «фізичної глини» (менше 0,01 мм) становить від 63,27 до 82,59%, а мулистих часток – 38,50-46,95% [2].

Фоновими ґрунтами на зрошуваному масиві є два основні різновиди: чорноземи звичайні малогумусні середньопотужні легкоглинисті (займають близько 57% площі) та чорноземи звичайні малогумусні середньопотужні намиті легкоглинисті (43% площі). Гумусовий профіль цих ґрунтів добре розвинений. Вміст гумусу в орному горизонті коливається від 4,03 до 5,38 %. Ґрунти відзначаються значним природним запасом поживних речовин: фосфатів 5,5-8,0 мг/100 г, калію 22,0-28,0 мг/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину є близькою до нейтральної або слабколужною (рН 7,0-7,5).

Таблиця 1.4 – Основні водно-фізичні властивості чорнозему звичайного [1]

Глибина горизонту, см	Щільність ґрунту (об'ємна маса), г/см ³	Вологість ґрунту при НВ (найменшій вологості), %
0 - 10	1.28	25.0
10 - 20	1.28	24.2
20 - 30	1.30	23.4
30 - 40	1.30	22.2
40 - 50	1.30	21.5
50 - 60	1.36	21.0
60 - 70	1.39	20.8
70 - 80	1.40	20.9

Аналіз водно-фізичних властивостей показує, що ґрунти мають відносно сприятливу будову для зрошення. Загальна порізність становить 45,9-47,2%, а коефіцієнт фільтрації – 0,72 м/добу. Проте, з глибиною спостерігається ущільнення профілю (до 1,40 г/см³ на глибині 80 см). При інтенсивному дощуванні крупними краплями існує високий ризик руйнування макроструктури верхнього шару, його запливання та утворення кірки після висихання. Саме тому вибір дощувальної техніки повинен базуватися на забезпеченні дрібнокраплинної структури дощу та низької миттєвої інтенсивності поливу, яка не повинна перевищувати швидкість вбирання води ґрунтом.

На даний момент ґрунти масиву є абсолютно незасоленими (щільний залишок у двометровій товщі складає 0,12–8,0 мг/100 г). Природний рівень ґрунтових вод знаходиться глибше 6,0 м, що є безпечним. Однак, проектом передбачається постійний еколого-меліоративний моніторинг, оскільки при нераціональних нормах поливу можливий підйом ґрунтових вод, що ініціює процеси вторинного підтоплення та засолення чорноземів.

1.6 Конструктивна характеристика гідротехнічних елементів зрошувальної мережі

Впровадження зрошення на площі 504,5 га несе не лише прямий економічний ефект у вигляді підвищення врожайності, але й вимагає суворого дотримання екологічних регламентів. З огляду на тенденції аридизації клімату Дніпропетровщини, перехід від застарілих машин дощування до сучасних кругових систем є кроком до ресурсозбереження. Системи низького тиску споживають на 30-40% менше електроенергії, тим самим зменшуючи вуглецевий слід підприємства.

Головним викликом залишається збереження родючості легкоглинистих чорноземів. Проектом регламентовано підтримання передполивної вологості на рівні 70-75% від НВ. Суворе дотримання поливних норм унеможливить гравітаційне стікання води в глибинні горизонти, що, в свою чергу, зупинить підйом ґрунтових вод і зведе до нуля ризик вторинного засолення та заболочування блюдцеподібних знижень.

Для нівелювання негативного впливу кліматичних змін та забезпечення максимальної економічної віддачі, проектом передбачена масштабна модернізація меліоративного фонду. Оптимізована зрошувальна площа розробленої мережі складає 504,5 га. Полив сільськогосподарських культур на всій території здійснюється механізованим способом – дощуванням за допомогою інноваційних широкозахватних машин кругової дії американського виробництва «Valley» (рис. 1.1).

Архітектура зрошувальної мережі була адаптована під конфігурацію земельних ділянок для мінімізації незрошуваних кутів та оптимізації тиску в системі. На масиві виділено 6 автономних поливних ділянок, які обслуговуються двома типами машин «Valley», що відрізняються гідравлічною пропускною здатністю:

- ✓ Поле № 1 (площа зрошення 154 га): це найбільший суцільний контур масиву. Для його ефективного зрошення запроектована встановлення машини з базовою розрахунковою витратою води 150 л/с. Машина складається з великої кількості прольотів (секцій), загальна довжина яких (робочий радіус) сягає понад 700 метрів. Витрата 150 л/с дозволяє забезпечити швидке повернення машини на вихідну позицію та видати необхідну поливну норму (наприклад, 10–15 мм за прохід) навіть у пікові періоди водоспоживання культур (липень-серпень).
- ✓ Поля №2, №3, №4 №5 та №6 (площа зрошення кожного по 70,1 га): ці чотири поля мають однакову геометрію та загальну площу 350,5 га. На кожному з цих полів встановлюється стандартна машина кругової дії з розрахунковою витратою 105 л/с. Робочий радіус таких установок становить близько 472–475 метрів. Оптимальне співвідношення довжини машини до витрати води гарантує високу рівномірність поливу (коефіцієнт рівномірності > 90%) та запобігає утворенню поверхневого стоку в кінцевих прольотах, де швидкість руху візків є найвищою.

Вибір дощувальних машин “Valley” для площі 504,5 га обґрунтований їхньою високою надійністю та енергоефективністю. Машини оснащені електромеханічним приводом: на кожному колісному візку встановлені мотор-редуктори (потужністю 0,55–1,1 кВт), які забезпечують плавний рух по складному рельєфу та легкоглинистих ґрунтах. На відміну від старих гідроприводних систем, які вимагали величезного тиску (понад 4–6 атм), системи «Valley» працюють при низькому тиску на вході (близько 2,0–3,0 атм).

Особлива увага приділена дощувальному апарату. Машини укомплектовані сучасними розпилювачами низького тиску (типу Nelson Rotator або Senninger i-Wob), які закріплені на гнучких ПВХ-шлангах (спусках) на висоті 1,0–1,5 м від поверхні землі. Це вирішує відразу кілька проблем: значно зменшуються втрати води на вітрове знесення (що критично для місцевих вітрів швидкістю понад 5 м/с), вода не потрапляє на металеві

конструкції машини, запобігаючи корозії, а розмір краплі оптимізується таким чином, щоб не руйнувати агрономічну структуру чорнозему.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд дощувальної машини «Valley»

Трубопровідна мережа та арматура. Вода для зрошення подається від насосної станції підкачки (НСП) у закриту внутрішньогосподарську мережу, яка представлена розподільчими (1Кр, 2Кр, 3Кр) та польовими трубопроводами. Відповідно до сучасних будівельних норм, вся мережа монтується з напірних поліетиленових труб (марки ПЕ-100), які не піддаються корозії, мають надзвичайно гладку внутрішню поверхню (низький коефіцієнт гідравлічного тертя) та термін експлуатації понад 50 років.

Проект передбачає телескопічне зменшення діаметрів труб по мірі віддалення від насосної станції та розгалуження потоків. Використовуються наступні діаметри:

- труби Ø 450 мм – магістральна ділянка довжиною 1368 м;
- труби Ø 400 мм – довжина 800 м;
- труби Ø 300 мм – довжина 1503 м;
- труби Ø 250 мм – довжина 1098 м;
- труби Ø 200 мм – кінцеві ділянки довжиною 3451 м.

Для забезпечення безпеки та керованості гідравлічної системи, вздовж мережі запроектовано встановлення надійної запірно-регулюючої арматури. До її складу входять: чавунні фланцеві засувки (9 шт.) для секціонування

мережі, автоматичні повітряні клапани або вантузи (2 шт.), що встановлюються у найвищих геодезичних точках траси для стравлювання повітря та запобігання гідравлічним ударам. Для підключення центральних пірамід дощувальних машин збудовано 8 залізобетонних нерухомих опор з гідрантами, а для обслуговування запірної арматури – 5 оглядових колодязів.

1.7 Гідрологічна характеристика джерела зрошення

Джерелом водопостачання для масиву площею 504,5 га виступає Дніпровське водосховище – штучна водойма руслового типу на річці Дніпро. Забір води з водосховища здійснюється головною насосною станцією, після чого вода акумулюється в спеціальному регулюючому басейні, а вже звідти через НСП подається в напірні трубопроводи дощувальних машин.

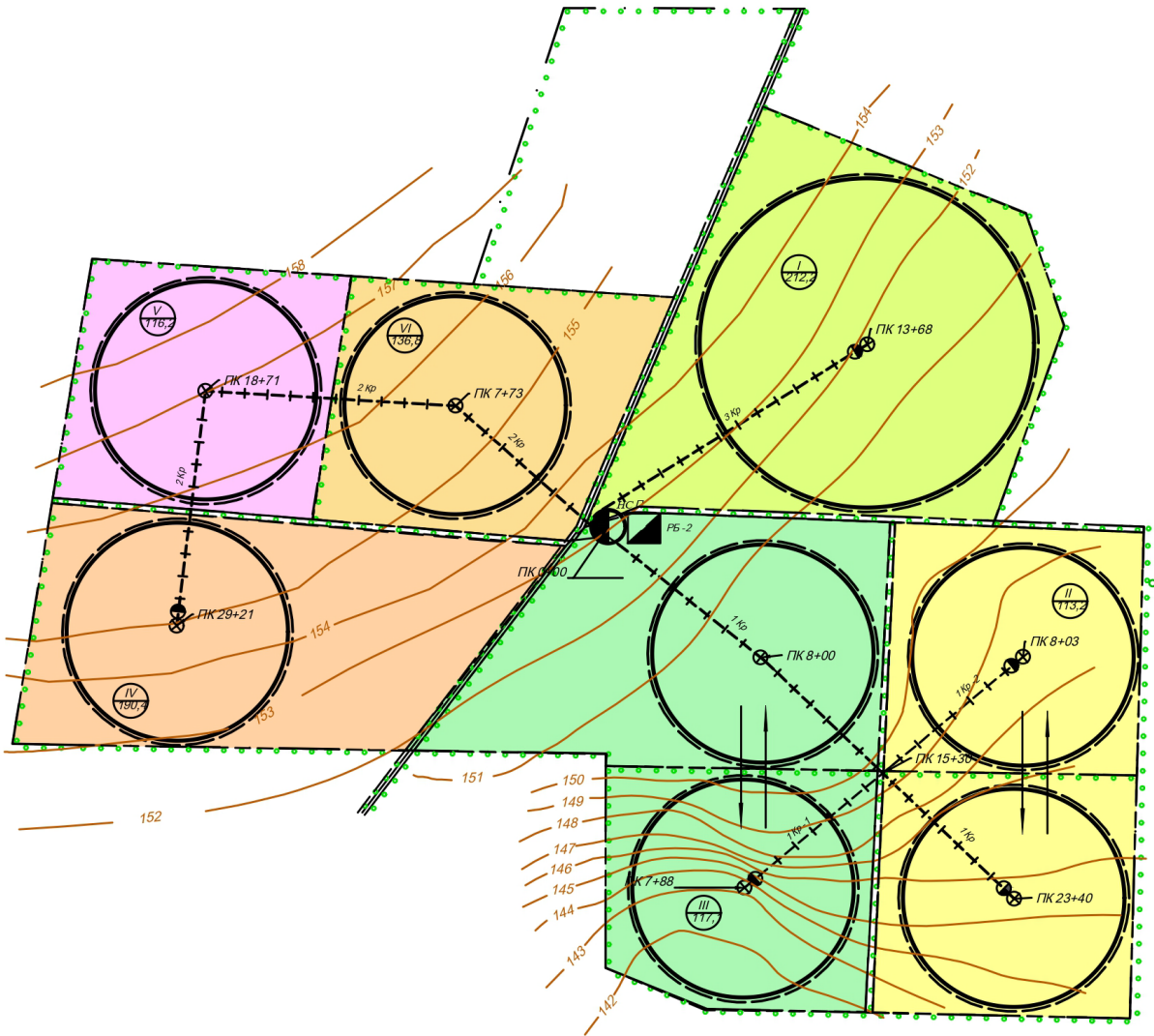
Дніпровське водосховище володіє колосальними водними ресурсами, що гарантують безперебійне водозабезпечення проекту будь-якого масштабу. Площа його водного дзеркала досягає 420 км², а загальний акумульований об'єм становить 3,3 км³. Протяжність водойми сягає 170 км, середня ширина дорівнює 3,5 км (в окремих місцях значно ширше). Середня глибина становить 8,2 м, тоді як по фарватеру максимальні глибини опускаються до 45 м.

Річки даного гідрографічного району (басейн Дніпра) характеризуються мішаним типом живлення, де домінуючу роль відіграють талі снігові води. Відношення снігового і дощового живлення сильно змінюється залежно від водності року. У багатоводні роки стік весняної повені формує 70-80% загального річного стоку, у середні – 60-70%, а в маловодні роки цей показник падає до 50-60%. Річний гідрограф чітко розділяється на виражену весняну повінь та затяжну низьку літньо-осінню межень, яка зрідка переривається невеликими дощовими паводками.

Початок весняної повені на великих річках зазвичай припадає на першу декаду березня (у теплі зими – на лютий). Пік проходження води спостерігається наприкінці березня або на початку квітня, а закінчення повені – у другій половині квітня. Інтенсивність підйому рівнів води напряму залежить від запасів снігу та температурного режиму весни. Якість води у Дніпровському водосховищі протягом вегетаційного періоду залишається в межах норм, допустимих для зрошення сільськогосподарських культур. Мінералізація води є невисокою, небезпека натрієвого осолонцювання ґрунтів (за показником SAR) відсутня, що робить її ідеальною для тривалого зрошення звичайних чорноземів без необхідності масштабних хімічних меліорацій.

1.8 Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур в умовах зрошення

Отримання високих та стабільних врожаїв в умовах степової зони можливе лише за умови органічного поєднання зрошення з передовою агротехнікою. Для проектованого масиву загальною площею 504,5 га розроблено науково обґрунтовану структуру посівних площ, яка базується на впровадженні 6-пільної ґрунтозахисної та кормової сівозміни (рис. 1.2). Запропонована сівозміна забезпечує позитивний баланс гумусу (за рахунок багаторічних бобових трав), оптимізує навантаження на зрошувальну мережу та задовольняє потреби гіпотетичного тваринницького комплексу у високоякісних кормах. Відповідно до проектних площ полів та технічних характеристик дощувальних машин «Valley», розподіл культур по полях має наступний вигляд (табл. 1.5).



№ з/п	Параметри	Одиниці виміру	Кількість
1	Труби поліетиленові		
	450 мм	м	1368
	400 мм	м	800
	300 мм	м	1503
	250 мм	м	1098
	200 мм	м	3451
2	Насосна станція	шт	1
	витрата	л/с	465
	напір	м	62,60
	потужність	кВт	437,00
3	Регулюючий басейн	шт	1
	об'єм	м³	15600

№ п/п	Площа, га			Зрошувальна техніка
	брутто	нетто	зрошув.	
1	216,50	212,20	154,00	ДМ "V alley" , Q=150 л/с
2	115,50	113,20	70,10	
3	119,49	117,10	70,10	
4	194,28	190,40	70,10	
5	118,57	116,20	70,10	
6	139,59	136,80	70,10	

Умовні позначення :

- площа зрошення
- насосна станція підкачки
- регулюючий басейн
- номер поля/ площа поля , нетто га
- комплексний вузол підключення до зрошувальної машини "V alley"
- оглядові колодязі
- вантуз
- лісополоса
- межі поля

Рисунок 1.2 – План полів сівозміни та розташування поливної техніки

Таблиця 1.5 – Структура посівних площ зрошуваного масиву

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа зрошення, га	Тип дощувальної машини (витрата)
1	Ярий ячмінь з підсівом люцерни	154,0	Valley, 150 л/с
2	Люцерна 2-го року використання	70,1	Valley, 105 л/с
3	Люцерна 3-го року використання	70,1	Valley, 105 л/с
4	Озима пшениця	70,1	Valley, 105 л/с
5	Горох	70,1	Valley, 105 л/с
6	Буряк кормовий	70,1	Valley, 105 л/с
Разом зрошувана площа		504,5 га	

Технологія вирощування ярого ячменю з підсівом люцерни (поле №1, 154 га). Ярий ячмінь виступає покривною культурою для люцерни, що дозволяє оптимізувати використання землі в перший рік вегетації багаторічних трав. Технологічний цикл розпочинається з основного обробітку ґрунту – зяблевої оранки на глибину 22-25 см (плугами ПЛН-5-35 в агрегаті з Т-150К), яка проводиться в серпні-вересні після збирання попередника. Під оранку вноситься фосфорно-калійне добриво ($P_{60}K_{60}$).

Навесні, при фізичному дозріванні ґрунту, проводиться закриття вологи (боронування БЗТС-1,0) та передпосівна культивуація (КПС-4) на глибину загортання насіння (4-5 см). Посів здійснюється комбінованими зернотрав'яними сівалками (типу СЗТ-3,6). Норма висіву ярого ячменю знижується на 15-20% від стандарту (до 3,5-4,0 млн. схожих насінин на гектар), щоб зменшити пригнічення сходів люцерни. Люцерна висівається одночасно в міжряддя з нормою 14-16 кг/га.

Режим зрошення. Передполивна вологість ґрунту підтримується на рівні 70% НВ. Оскільки машина Valley має високу продуктивність (150 л/с),

перші поливи (сходові) здійснюються малими нормами (150-200 м³/га) для забезпечення швидкого старту обох культур. У фазі виходу в трубку та колосіння ячменю проводяться основні вегетаційні поливи нормою 350-400 м³/га. Після збирання ячменю (липень) обов'язково проводиться післяукісний полив нормою 400 м³/га для стимуляції росту люцерни та підготовки її до перезимівлі.

Технологія вирощування люцерни 2-го та 3-го років використання (поля №2 та №3, площа зрошення 70,1). Люцерна є основною кормовою базою та найкращим фітомеліорантом. Вона споживає найбільше води з усіх культур сівозміни, але при цьому дає 4-5 укосів високобілкової маси. Навесні, відразу після танення снігу, поля люцерни підлягають обов'язковому боронуванню важкими зубовими боронами у два сліди для руйнування ґрунтової кірки та знищення зимуючих бур'янів. Одночасно проводиться підживлення фосфорними добривами (Р₄₅₋₆₀).

Режим зрошення. Сумарне водоспоживання люцерни сягає 6000-7000 м³/га за сезон. Оптимальна вологість ґрунту у розрахунковому шарі (0,7-0,8 м) становить 75-80% НВ. Дощувальні машини Valley (105 л/с) працюють у напруженому графіку. Поливна норма становить 400-500 м³/га. Поливи проводяться після кожного укосу, як тільки з поля вивезено сіно або зелену масу. Останній полив (вологозарядковий) проводиться у жовтні нормою 600-800 м³/га для забезпечення глибокого промачування ґрунту та гарантованої перезимівлі кореневої системи.

Технологія вирощування озимої пшениці (поле №4). Озима пшениця є головною продовольчою культурою. Її розміщують після розорювання пласта люцерни 3-го року (ідеальний попередник, що збагачує ґрунт азотом). Основний обробіток включає дискування пласта важкими дисковими боронами (БДТ-7) у двох напрямках на глибину 10-12 см з наступною оранкою з плужними передплужниками на 25-27 см. Перед сівбою вносяться

мінеральні добрива ($N_{30}P_{40}K_{40}$). Посів проводиться в оптимальні строки (15-25 вересня) сівалками прямого висіву або класичними СЗ-5,4.

Режим зрошення. Ключовим для озимої пшениці є передпосівний (або провокаційний) полив нормою $300 \text{ м}^3/\text{га}$ у посушливі осені для отримання дружніх сходів. Навесні, залежно від запасів зимової вологи, проводиться 1-2 вегетаційні поливи у критичні фази: вихід у трубку та цвітіння (поливні норми $350\text{-}400 \text{ м}^3/\text{га}$). Застосування машин Valley з дрібнодисперсним розпиленням запобігає виляганням посівів у фазі молочної стиглості.

Технологія вирощування гороху (поле №5). Горох виступає цінним білковим кормом і чудовим попередником для наступних культур. Сіють горох у гранично ранні строки (кінець березня – початок квітня) при настанні фізичної стиглості ґрунту. Основний обробіток зяблевий. Навесні – закриття вологи та культивування на 5-6 см. Норма висіву становить $1,2\text{-}1,4$ млн схожих насінин на гектар. Перед сівбою насіння обов'язково інокують штамми бульбочкових бактерій (ризоторфіном) для стимуляції азотфіксації.

Режим зрошення. Горох відносно посухостійкий на ранніх етапах, але дуже чутливий до дефіциту вологи під час бутонізації, цвітіння та наливу бобів. Вологість ґрунту в цей період (травень-червень) має підтримуватися на рівні не нижче 75% НВ. Призначається 1-2 поливи нормою $300\text{-}350 \text{ м}^3/\text{га}$. Високий кліренс машин Valley дозволяє безперешкодно проводити полив навіть у пізні фази розвитку культури.

Технологія вирощування кормового буряка (поле №6). Кормовий буряк є найвимогливішою просапною культурою до обробітку ґрунту та вологи. Основний обробіток вимагає глибокої зяблевої оранки (на 30-32 см) для формування потужного коренеплоду. Під оранку вносяться великі дози органічних ($40\text{-}50 \text{ т/га}$ гною) та мінеральних добрив ($N_{120}P_{90}K_{120}$). Сівба проводиться точними сівалками пунктирного висіву (типу ССТ-12Б) з шириною міжрядь 45 або 70 см у квітні.

Оскільки площа поля становить 70,1 га, машина Valley з витратою 105 л/с здатна видати норму 400 м³/га орієнтовно за 3,5–4 доби безперервної роботи, що повністю задовольняє графік водопотреби буряку навіть у найбільш спекотний період (липень-серпень).

1.9 Експлуатаційний режим дощувальних машин та зрошувальної системи в цілому

Надійність і економічна доцільність функціонування гідромеліоративної системи залежать від правильно розробленого та суворо дотриманого експлуатаційного режиму. Сучасна дощувальна техніка типу Valley працює як єдиний гідромеханічний комплекс спільно з насосною станцією підкачки (НСП) та трубопровідною мережею.

Ординати графіка гідромодуля (потреби системи у воді в часі) формуються на основі сумарного водоспоживання культур. Найвище навантаження зрошувальної мережі припадає на другу декаду липня та першу декаду серпня, коли одночасно поливаються люцерна (після 2-го укусу), кормові буряки та ячмінь (в пізніх фазах). У цей період (період максимального водоспоживання) насосна станція підкачки працює у цілодобовому режимі.

Сумарна витрата води при одночасній роботі всіх шести машин становить: 150 л/с (поле 1) + 4×105 л/с (поля 2-5) + 105 л/с (поле 6) = 675 л/с. Проектна продуктивність насосної станції при оптимальному гідромодулі розрахована на 400-450 л/с з урахуванням втрат на випаровування з поверхні води та витоків у арматурі. Для забезпечення плавного регулювання тиску в мережі (щоб уникнути гідроударів при запуску чи зупинці окремих машин Valley), насосні агрегати обладнані частотними перетворювачами, які автоматично підлаштовують оберти двигунів під поточну потребу у воді.

Машини кругової дії Valley обертаються навколо центральної піраміди, підключеної до гідранта. Керування нормою виливу води здійснюється виключно шляхом зміни швидкості руху останнього (кінцевого) візка. Машина, яка працює на полі №1 з площею 154 га та витратою 150 л/с має довжину близько 700 м. Через велику довжину швидкість руху останнього візка на максимальних відсотках є значною. Для видачі стандартної норми у 350 м³/га (35 мм) машина повинна зробити один повний оберт (360 градусів) орієнтовно за 140–160 годин (близько 6-7 діб) безперервної роботи. Для запобігання глибокому колієутворенню на легкоглинистих чорноземах, на зовнішніх прольотах встановлюються шини підвищеної прохідності.

Машини на всіх інших полях, які парцюють з витратою 105 л/с мають радіус 472 м. Один оберт при нормі 400 м³/га виконується за 80–90 годин. Завдяки меншій масі та довжині, ці машини менше схильні до пробуксовування, однак оператор повинен регулярно перевіряти роботу системи реверсу (якщо машина працює в секторному режимі, а не здійснює повний круг).

Технічне обслуговування, моніторинг та диспетчеризація. Експлуатаційний режим передбачає три рівні технічного обслуговування (ТО): щоденне, періодичне та сезонне (передзимове і весняне). Щоденне включає візуальний огляд спускних труб на наявність засмічень, перевірку тиску на кінцевому манометрі (повинен бути не нижче 1,0-1,5 атм для правильного розкриття факелу спринклерів), та контроль відсутності підтікань на фланцевих з'єднаннях трубопроводу.

Періодичне ТО передбачає шприцювання (змащування) карданних валів редукторів та шарнірних з'єднань прольотів кожні 1000 годин роботи. Найбільш критичним є осінньо-зимове обслуговування: вся система (і труби, і самі машини Valley) повинна бути повністю звільнена від води через дренажні клапани для запобігання розривам від замерзання. Центральні щити керування та електромотори герметизуються від попадання вологи.

Управління масивом площею 504,5 га автоматизовано за допомогою систем телеметрії (наприклад, Valley BaseStation або AgSense) [3]. Це дозволяє головному агроному та диспетчеру зі смартфона або комп'ютера відстежувати GPS-позицію кожної машини, поточний тиск, витрату води, отримувати SMS-сповіщення у разі зупинки машини через падіння тиску чи застрягання, а також дистанційно змінювати норму поливу (диференційоване зрошення) залежно від показань ґрунтових датчиків вологості, які розміщені на кожному з шести полів.

2 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМІВ ЗЕМЛЯНИХ І МОНТАЖНИХ РОБІТ

Відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт», точний розрахунок обсягів земляних робіт є базовою умовою для визначення кошторисної вартості будівництва, вибору засобів механізації та раціональної організації праці. Нижче наведено детальний розрахунок земляних і монтажних робіт для закритої зрошувальної мережі та накопичувальних басейнів.

2.1 Побудова поздовжнього і поперечного профілів траншеї

Основою для складання креслень поздовжнього профілю є топографічний план в горизонталях або журнал нівелювання. Для розрахунку об'ємів розробки ґрунту в траншеї під зрошувальний трубопровід необхідно виконати побудову поздовжніх профілів трубопроводів. Згідно з нормативними вимогами, поздовжні профілі зрошувальної мережі складають з метою визначення відміток траншеї, верху і осі трубопроводів, встановлення об'ємів земляних робіт та точного встановлення місцезнаходження гідротехнічних споруд.

Масштаб поздовжнього профілю вибирають з урахуванням рельєфу місцевості та довжини запроектованої мережі; горизонтальний масштаб приймають 1:10000, вертикальний – 1:100, при цьому пікетаж на кресленні повинен відповідати пікетажу на плані. Поздовжній профіль зрошувальної мережі складають по ходу пікетажу зліва направо. Поперечні перерізи зображають на вільному полі креслення або на окремому аркуші. Умовні

позначення споруд наносять над верхньою лінією профілю на відстані не менше 20 мм і розміщують на одному рівні або паралельно лінії профілю. Відмітки поверхні землі, дна траншеї, верху та осі трубопроводу фіксують на кожному пікеті і в характерних точках траси (рис. 2.1, 2.2).

Згідно з ДБН В.2.4-1:1999 «Меліоративні системи та споруди», трубопроводи закритої зрошувальної мережі можна прокладати на глибині 1,00–1,25 м, так як на цій глибині деформації ґрунту внаслідок замерзання та відтавання є незначними.

Алгоритм розрахунку відміток:

1. Відмітки дна траншеї ($Z_{\text{дна}}$) визначають за залежністю, що враховує зовнішній діаметр трубопроводу (D), глибину промерзання ґрунту ($h_{\text{пр}}$) та відмітку поверхні землі ($Z_{\text{пов.земл}}$).
2. Відмітки верху, дна, осі трубопроводу розраховують в залежності від відмітки дна траншеї, діаметра труби та способу закладки трубопроводу, а також значень похилів. Особливо важливо при проектуванні поздовжніх профілів трубопроводів не допускати переломних ділянок зі зворотними або нульовими похилами, де може залишатись вода при звільненні трубопроводів на зимовий період. Якщо не вдасться повністю уникнути таких ділянок, то трубопровід проектують з мінімально допустимим похилом, рівним 0,0005.
3. В найнижчих точках перегину трубопроводу необхідно передбачити споруди для спорожнення (звільнення) трубопроводу, а в верхніх точках – вантузи (повітряні клапани) для випуску повітря.

ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ ТРУБОПРОВОДУ КР1

ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ ТРУБОПРОВОДУ КР2

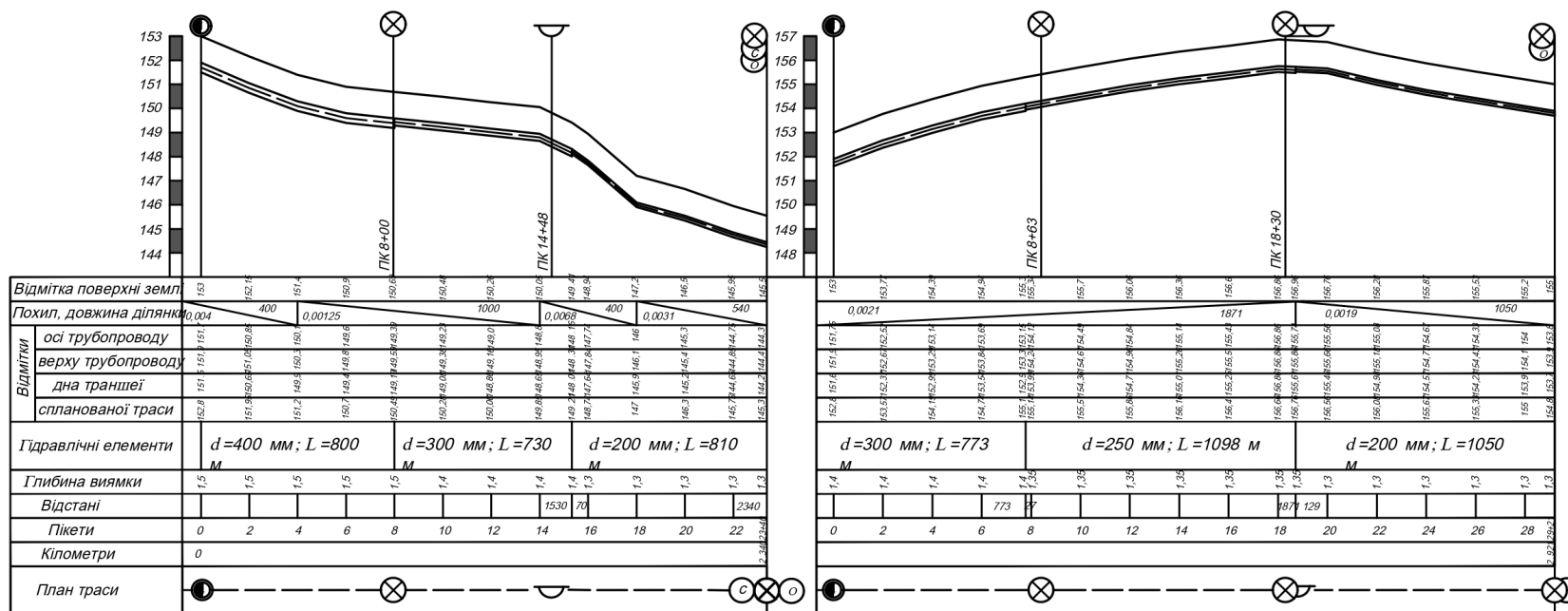
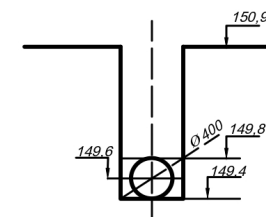
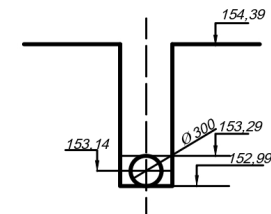
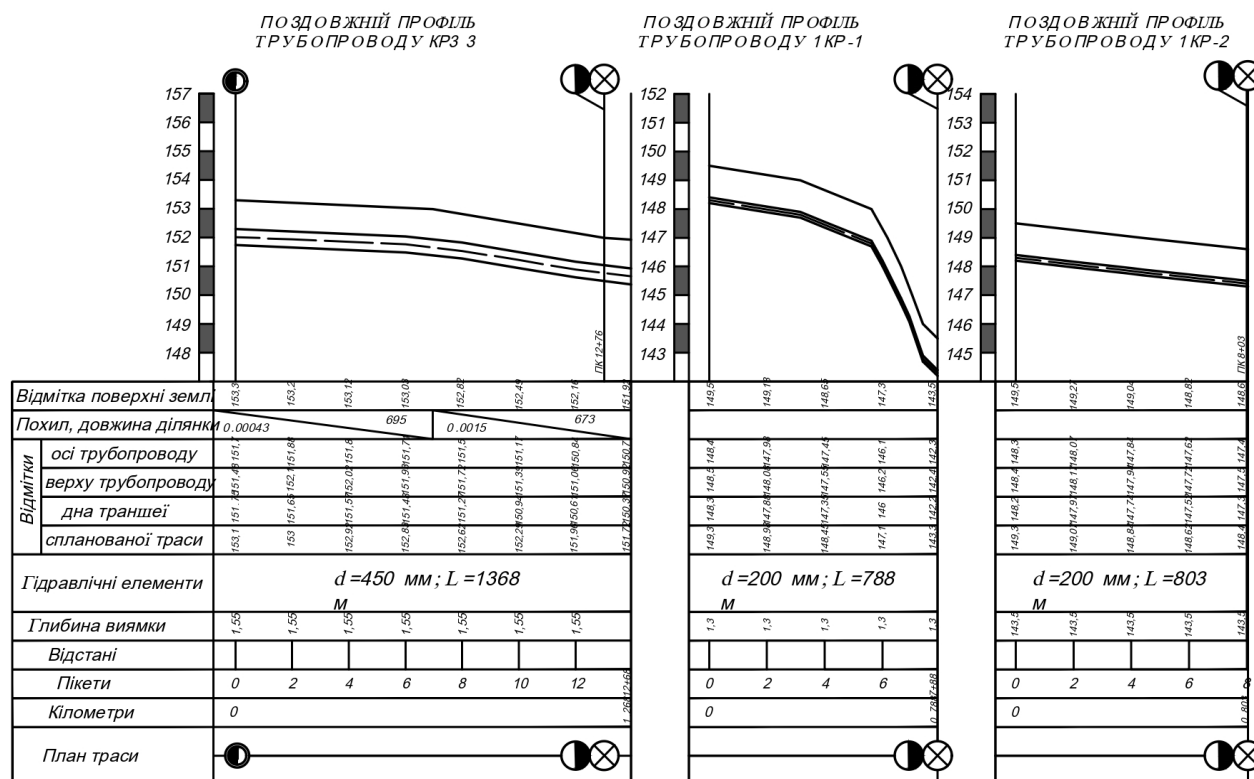
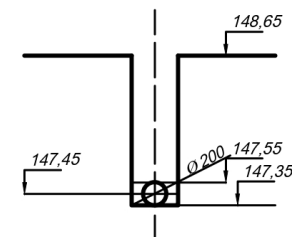
Поперечний переріз трубопроводу
Кр 1 на ПК 6 М 1:25Поперечний переріз трубопроводу
Кр 2 на ПК 4 М 1:25

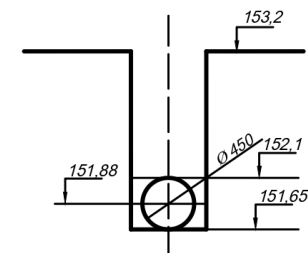
Рисунок 2.1 – Поздовжні профілі та поперечні перерізи трубопроводів КР1-КР2



Поперечний переріз трубопроводу
1 Кр-1 на ПК 4 М 1:25



Поперечний переріз трубопроводу
Кр 3 на ПК 2 М 1:25



Поперечний переріз трубопроводу
1 Кр-2 на ПК 4 М 1:25

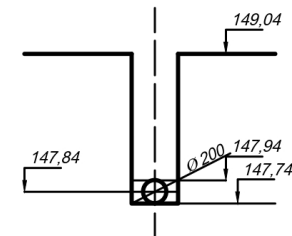


Рисунок 2.2 – Поздовжні профілі та поперечні перерізи трубопроводів КР1-КР2

2.2 Розрахунок об'ємів земляних робіт при розробці траншеї

В проекті передбачається будівництво підвідного і польового трубопроводів з сучасних поліетиленових труб (що відповідають ДСТУ Б В.2.5-32:2007). Поперечний переріз траншеї для них розраховується згідно з технологічними картами.

Згідно з екологічними вимогами та ДБН, спочатку по всій довжині траншеї знімається рослинний ґрунт на всю глибину родючого прошарку. Об'єм зрізання рослинного ґрунту ($V_{p.z.}$, м³) визначається за формулою:

$$V_{p.z.} = L_m \cdot B_{zp} \cdot h_{p.z.} \quad (2.1)$$

де L_m – загальна довжина траншеї, м; B_{zp} – ширина смуги зрізання, приймається рівною 6...8 м; $h_{p.z.}$ – глибина зрізання рослинного ґрунту, рівна 0,2...0,4 м. Для нашого об'єкту: $V_{p.z.} = 6 \cdot 0,2 \cdot 8220 = 9865$ м³.

Площа планування траси траншеї під необхідний проектний похил F_{nl} (м²) складає:

$$F_{nl} = B_{nl} \cdot L_m \quad (2.2)$$

де B_{nl} – ширина смуги планування, приймається рівною 2...3 м. Відповідно, $F_{nl} = 3 \cdot 8220 = 24660$ м².

За побудованими профілями розраховується об'єм розробки ґрунту безпосередньо в траншеї. Розрахунок виконуємо в табличній формі (табл. 2.1). В першу графу заносяться номери пікетів, у межах яких

трубопровід має однакову глибину. З поздовжнього профілю виписується глибина і довжина траншеї. Ширина траншеї по дну (b) та коефіцієнт закладання відкосів (m) приймаються згідно довідкової літератури та ДСТУ, в даному випадку закладання відкосів $m = 0$ (вертикальні стінки, допустимі для глибин до 1,5 м у зв'язних ґрунтах).

Площа поперечного перерізу траншеї (F_{cp}) розраховується за формулою геометрії. Загальний об'єм (табл. 2.1) розробки ґрунту в траншеї ($V_{заг}$) визначається множенням площі на довжину. Об'єми ґрунту, які розробляються вручну (для зачистки дна та прямків), визначаються з урахуванням шару ґрунту, що розробляється вручну, який приймаємо 0,1 м. Залишковий об'єм ґрунту розробляється екскаватором.

При розрахунку об'ємів земляних робіт додатково враховуються об'єми розробки ґрунту в котлованах під монтаж колодязів, які приймаються в розмірі 3% від загального об'єму розробки ґрунту в траншеї. У всіх розрахунках необхідно суворо дотримуватися балансу ґрунтових мас, тобто рівності об'ємів ґрунту виїмок і насипів.

Таким чином, розрахунки свідчать, що загальний об'єм земляних робіт, виконуваний механізованим способом, склав 15045 м³. Найбільший об'єм робіт припадає на зрізку рослинного шару ґрунту та безпосередню розробку ґрунту в траншеї під зрошувальний трубопровід.

Таблиця 2.1 - Розрахунок об'ємів робіт по улаштуванню траншеї

Пікет	Глибина траншеї, м	Довжина траншеї, м	Коеф. закладання відкосів, <i>m</i>	Ширина траншеї по дну, м	Площа попер. перерізу, м ²	Об'єм, м ³		
						загальний	ручний	екскаватором
1Кр								
ПК0+00-ПК8+00	1,5	800	0	0,6	0,9	720	50	670
ПК8+00-ПК15+30	1,4	730	0	0,5	0,7	510	35	475
ПК15+30-ПК23+40	1,3	810	0	0,4	0,52	420	35	385
1Кр-1								
ПК0+00-ПК7+88	1,3	788	0	0,4	0,52	410	30	380
1Кр-2								
ПК0+00-ПК8+03	1,3	803	0	0,4	0,52	415	30	385
2Кр								
ПК0+00-ПК7+73	1,4	773	0	0,5	0,7	540	40	500
ПК7+73-ПК18+71	1,35	1098	0	0,45	0,6	660	55	605
ПК18+71-ПК29+21	1,3	1050	0	0,4	0,52	545	40	505
3Кр								
ПК0+00-ПК13+67	1,55	1368	0	0,65	1,0	1365	90	1275
Сума						5585	405	5180

Таблиця 2.2 – Зведена відомість об’ємів робіт по будівництву зрошувальної мережі

Найменування будівельного процесу	Одиниця виміру	Кількість
Зрізка рослинного ґрунту з траси трубопроводу	м ³	9865
Планування траси траншеї	м ²	24660
Розробка ґрунту в траншеї, в тому числі:	м ³	5585
- екскаватором	м ³	5180
- вручну	м ³	405
Розробка ґрунту в котлованах під колодязі	м ³	225
Укладання поліетиленових труб:		
$d = 450$ мм	м	1368
$d = 400$ мм	м	800
$d = 300$ мм	м	1503
$d = 250$ мм	м	1098
$d = 200$ мм	м	3451
Монтаж оглядових колодязів	шт.	5
Монтаж засувок	шт.	9
Монтаж нерухомих опор	шт.	8
Монтаж вантузів	шт.	2
Часткова засипка траншеї ґрунтом вручну	м ³	315
Повна засипка траншеї ґрунтом	м ³	5485
Відновлення рослинного ґрунту (рекультивация)	м ³	9865

2.3 Обсяги земляних робіт по розробці котловану під регулюючий басейн

Об'єм зрізки рослинного ґрунту і площу планування дна басейну визначають за аналогічними формулами (див. формули 2.1, 2.2). Основна розробка котловану під регулюючий басейн виконується високовиробничим екскаватором з робочим обладнанням «зворотна лопата» (рис. 2.2 – 2.4).

Глибина механічної розробки котловану ($H_{\text{мех}}$) визначається як різниця загальної глибини котловану та шару, що залишається для ручного доопрацювання (для уникнення перебору ґрунту), і за формулою складає $H_{\text{мех}} = 5,0 - 0,1 = 4,9$ м. Загальний об'єм механічної розробки котловану для даного об'єкту становить 15600 м³.

Об'єм ручної розробки (остаточне планування дна котловану) розраховується з урахуванням площі дна та товщини шару 0,1 м. З метою забезпечення стійкості конструкцій та запобігання суфозії, під залізобетонними плитами влаштовується дренажна підвалина з гранітного відсіву. Об'єм влаштування підвалин визначається за формулою $V_{\text{зр}} = S \cdot h_{\text{зр}}$, де S – площа, на якій влаштовується гранітний відсів (м²), а $h_{\text{зр}}$ – товщина шару гранітного відсіву (м).

Для влаштування підвалин з гранітного відсіву на внутрішніх відкосах дамби об'єм складає 200 м³, а на з'їзді і площадці на відмітці 154,8 м загальний об'єм рівний 33 м³. Кріплення внутрішніх відкосів басейну виконується збірними залізобетонними плитами НПК товщиною 6 см, а з'їзд і площадку укладають збірними залізобетонними дорожніми плитами розміром 3×2,5×0,14 м. Всі дані розрахованих об'ємів робіт щодо басейнів зведено у таблицю 2.3.

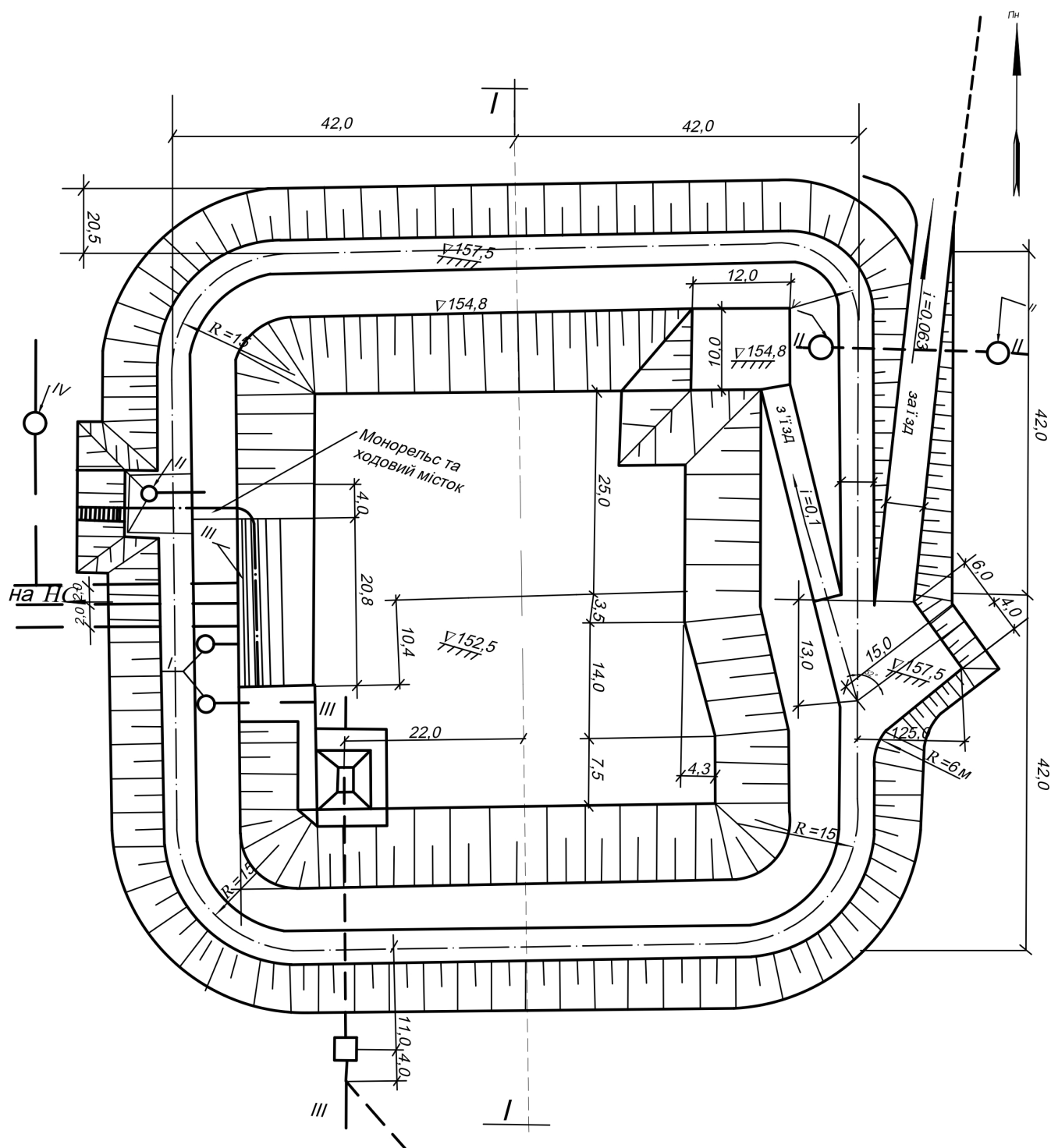
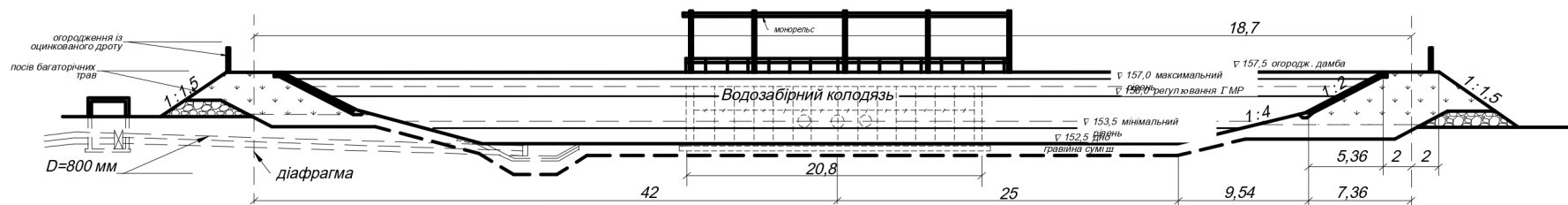


Рисунок 2.2 – План-схема регулюючого басейну

Розріз I-I
М 1:200



Розріз II-II
М 1:100

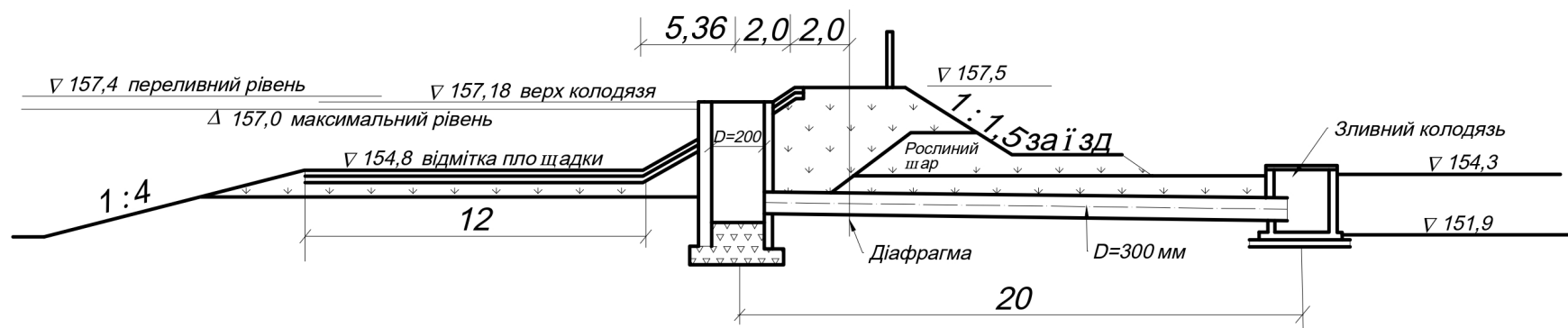


Рисунок 2.3 – Конструктивна характеристика регулюючого басейну

Розріз III-III
М 1:100

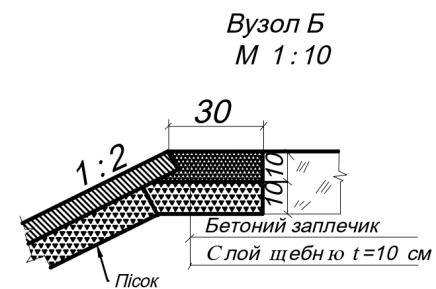
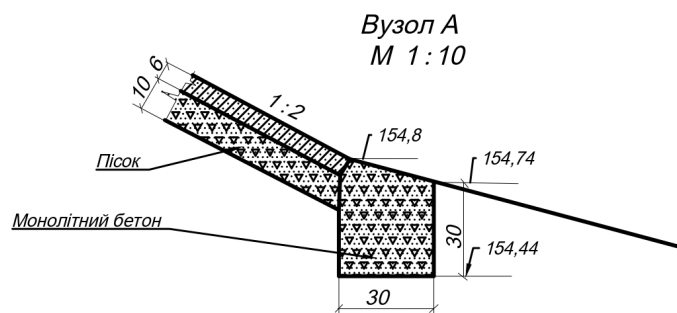
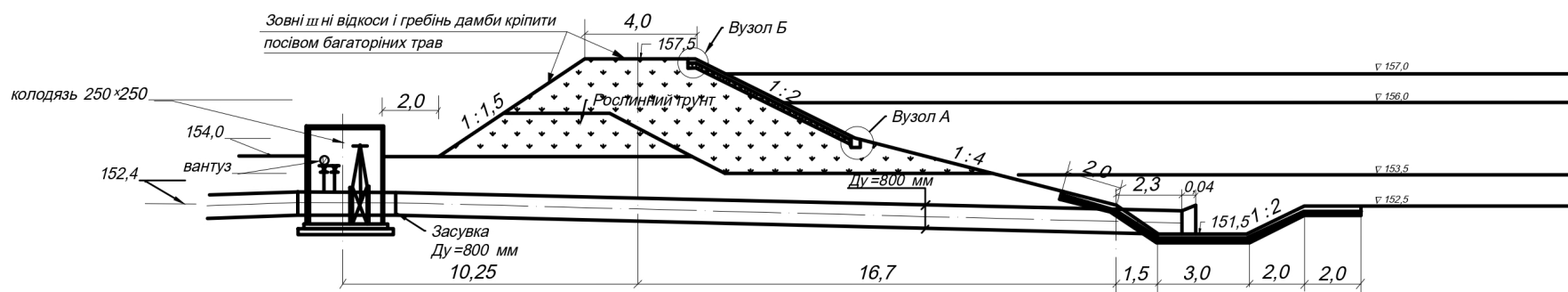


Рисунок 2.4 – Конструктивна характеристика регулюючого басейну

Таблиця 2.3 – Відомість об'ємів робіт по розробці котлованів під накопичувальні басейни

№ з/п	Найменування будівельного процесу	Од. виміру	Кількість
1	Зрізка рослинного шару ґрунту з подальшим плануванням місцевості	м ³	2120
2	Розробка ґрунту в котловані	м ³	15600
3	Планування відкосів і дна басейну	м ²	350
4	Ущільнення спланованої поверхні	м ²	350
5	Влаштування підвалин з гравійного (гранітного) відсіву на внутрішніх відкосах дамб, t=10 см	м ³	200
6	Влаштування підвалин з гравійного відсіву на з'їзді і площадці на відмітці 154,8 м, t=15 см	м ³	33
7	Кріплення внутрішніх відкосів басейну збірними з/б плитами НПК товщиною 6 см	м ³	100
8	Укладка збірних з/б дорожніх плит 3×2,5×0,14 м на з'їзді і площадці	м ³	30
9	Влаштування збірних з/б колодязів	шт	4
10	Закріплення гребеня і зовнішніх відкосів огорожуючих дамб посівом багаторічних трав	м ²	3250

3 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА БУДІВНИЦТВО ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Область застосування технологічних карт

Областю застосування даної технологічної карти є технологія і організація виконання комплексу будівельно-монтажних робіт із улаштування закритої зрошувальної мережі. Карта регламентує процеси розробки траншей, котлованів під гідротехнічні споруди та колодязі, монтажу поліетиленових трубопроводів (діаметром 200–450 мм), встановлення трубопровідної арматури, а також зворотної засипки та рекультивації ґрунту. Проектні рішення та технологічні послідовності розроблені з урахуванням сучасних вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт».

Технологічною картою передбачається наступний алгоритм виконання робіт: геодезична розбивка траси; інженерна підготовка території; доставка матеріалів (труб, фасонних частин) та устаткування; зняття родючого шару ґрунту з подальшим плануванням траси; екскавація ґрунту; зварювання та монтаж поліетиленових труб; гідравлічні випробування на міцність (попередні); часткова засипка траншеї; остаточні випробування на щільність; монтаж гідрантів та вузлів; повна зворотна засипка з ущільненням та повернення родючого шару ґрунту (рекультивація).

3.2 Вибір комплексу будівельних машин

Оптимальний комплект будівельних машин формується на основі обсягів робіт, фізико-механічних властивостей ґрунтів та заданих термінів будівництва. Вибір провідних машин (екскаватора, бульдозера, крана) здійснюється шляхом техніко-економічного порівняння кількох варіантів механізації за критерієм мінімальної собівартості виконання одиниці об'єму робіт. Собівартість одиниці будівельної продукції (C_{od}) розраховується за формулою:

$$C_{od} = C_{м.пр.} / V \quad (3.1)$$

де $C_{м.пр.}$ – собівартість механізованого процесу при обраному варіанті механізації, грн; V – загальний обсяг будівельно-монтажних робіт у відповідних одиницях виміру.

Собівартість механізованого процесу визначається за формулою:

$$C_{м.пр.} = \sum (8 \cdot C_{маш-год}^j) \cdot T_{зм} + C_{зн} \quad (3.2)$$

де $C_{маш-год}^j$ – вартість машино-години j -ї машини (згідно з поточними нормативами ціноутворення у будівництві), грн; $T_{зм}$ – час роботи машини на об'єкті, змін; $C_{зн}$ – сума заробітної плати робітників, зайнятих у процесі.

На основі техніко-економічного розрахунку до виконання земляних робіт (зняття родючого шару, планування, зворотна засипка) приймається гусеничний бульдозер ДЗ-101А (базове шасі Т-4АП2), який демонструє меншу собівартість (228 грн/м³ у базових цінах).

Для вибору екскаватора визначаються його необхідні кінематичні параметри: найбільший радіус копання (R_{max}), найменший радіус копання (R_{min}), та довжина робочого ходу (L_n), яка розраховується за формулою:

$$L_n \leq R_{max} - R_{min} \quad (3.3)$$

За результатами порівняння марок ET-14-20 та Komatsu ($0,5 \text{ м}^3$), оптимальним для розробки траншеї та котлованів обрано екскаватор на гусеничному ходу Komatsu, що має максимальний радіус копання 8,2 м та максимальну глибину копання 5,0 м.

Для монтажу поліетиленових трубопроводів і залізобетонних елементів оглядових колодязів обирається автомобільний кран. Необхідна вантажопідйомність крана ($Q_{кр}$) визначається за формулою:

$$Q_{кр} = Q_{ел} + Q_{ос} \quad (3.4)$$

де $Q_{ел}$ – маса найважчого монтажного елемента (0,6 т); $Q_{ос}$ – маса вантажозахоплювальної оснастки (0,045 т). $Q_{кр} = 0,6 + 0,045 = 0,645 \text{ т}$.

Необхідний виліт стріли (гака) крана ($L_{кр}$) розраховується за формулою:

$$L_{кр} = C / 2 + a + b \quad (3.5)$$

де C – база (ширина) крана, м; a – відстань від шасі крана до брівки траншеї (з урахуванням призми обвалення), м; b – відстань від брівки траншеї до осі монтованого елемента, м. $L_{кр} = 2,5 / 2 + 1,5 + 0,8 = 3,55 \text{ м}$. З урахуванням цих параметрів до виконання робіт приймається повноповоротний стріловий автомобільний кран КС-3579 на базі шасі КрАЗ, вантажопідйомністю 15 т.

3.3 Технологія виконання робіт

Відповідно до ДБН В.2.4-1-99 та ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013, перед початком земляних робіт здійснюється розчищення смуги відведення від рослинності (чагарників, пнів) та геодезична розбивка осі траси. Наступним кроком є зрізання рослинного (родючого) шару ґрунту бульдозером ДЗ-101А. Для забезпечення вільного доступу техніки в монтажну зону, розробка траншеї та складування ґрунту виконуються за односторонньою схемою (рис. 3.1, 3.2).

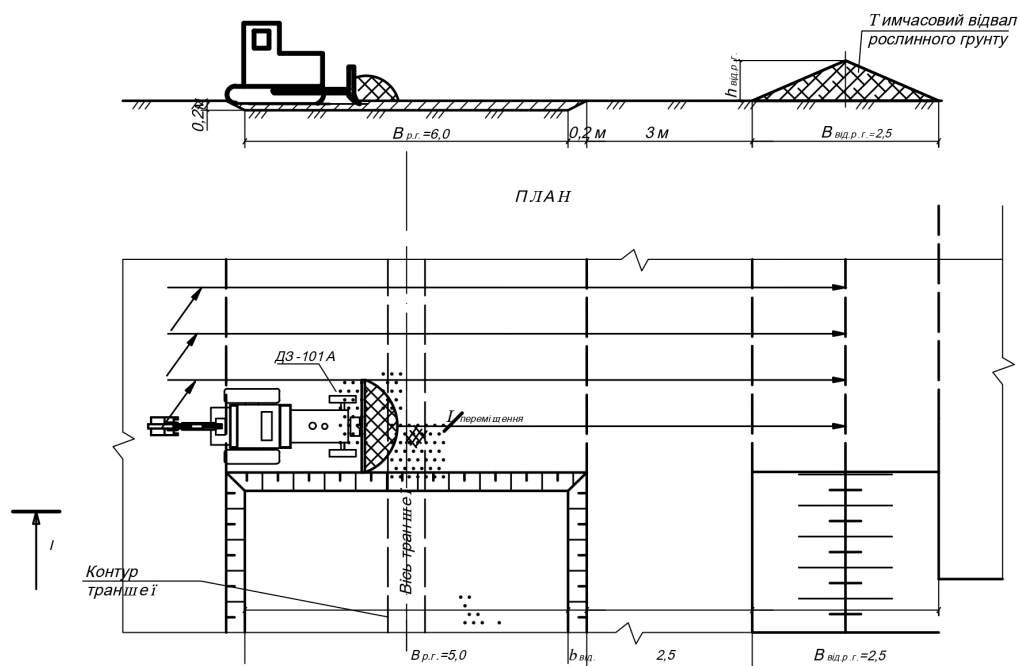
Відстань поперечного переміщення рослинного ґрунту у тимчасовий кавальєр (L) розраховується за геометричними параметрами відвалів за формулою:

$$L = B / 2 + a_1 + B_{\epsilon} + a_2 + b_{\epsilon} / 2 \quad (3.6)$$

де B – ширина траншеї по дну; a_1, a_2 – нормативні берми (відступи) безпеки (3...5 м); B_{ϵ} – ширина тимчасового відвалу мінерального ґрунту; b_{ϵ} – ширина відвалу рослинного ґрунту. За результатами розрахунку, відстань переміщення родючого ґрунту бульдозером складає 9,5 м.

Розробка мінерального ґрунту в траншеї виконується одноківшевим екскаватором Komatsu. Для збереження природної структури ґрунту в основі трубопроводу (запобігання переборам), екскавація ведеться з недобором 10–15 см. Остаточна зачистка дна та влаштування прямих під стики труб виконується вручну безпосередньо перед укладанням труби. Якщо ґрунти основи не мають достатньої несучої здатності, згідно з нормами влаштовується штучна основа (піщана або щебенева підсипка товщиною не менше 10–15 см).

СХЕМА ЗРІЗКИ І ПЕРЕМІЩЕННЯ РОСЛИННОГО ҐРУНТУ



МОНТАЖ ОГЛЯДОВОГО КОЛОДІЗЯ

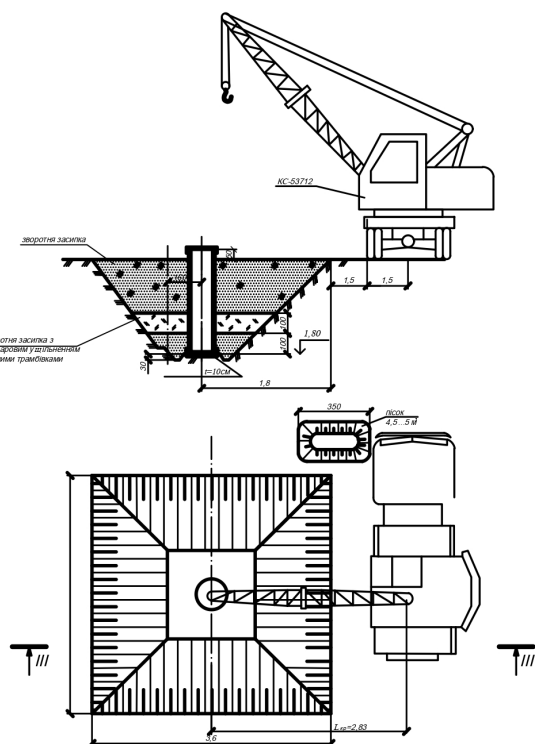


СХЕМА РОЗРОБКИ ТРАНШЕЇ ЕКСКАВАТОРОМ

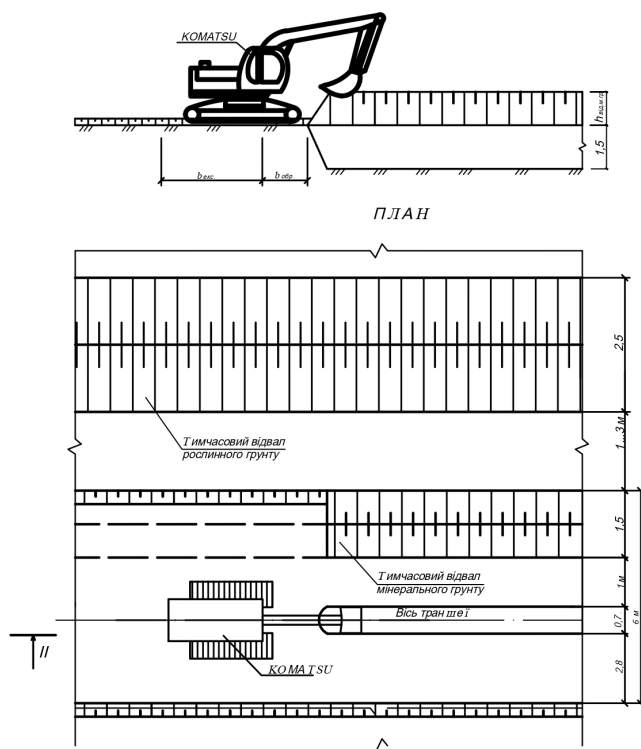


Рисунок 3.1 – Технологічна карта на виробництво земляних і монтажних робіт

План укладки труб в траншею

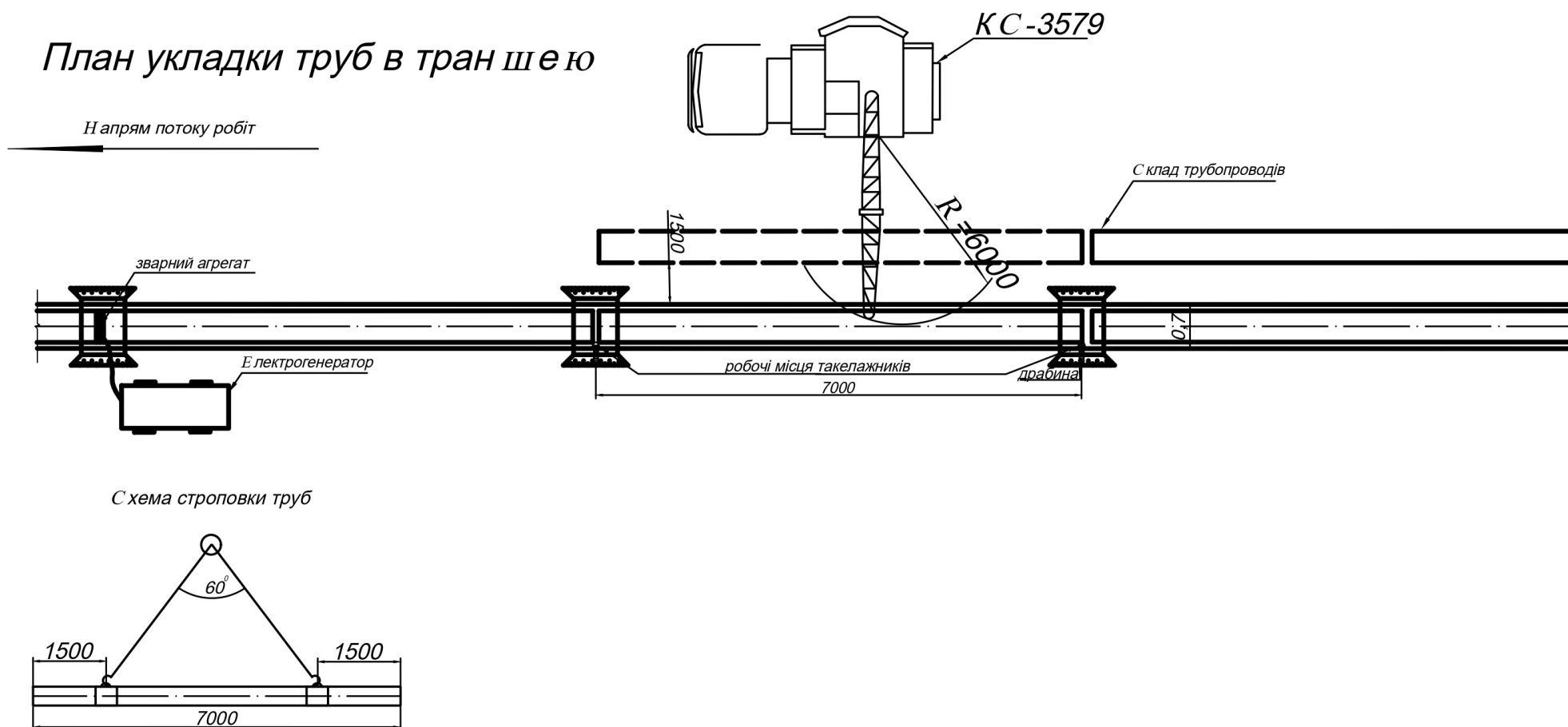


Рисунок 3.2 – Технологічна карта будівництва поливних трубопроводів

Монтаж та зварювання поліетиленових трубопроводів. Транспортування поліетиленових труб (ПЕ 100) здійснюється вантажними автомобілями у бухтах, на катушках або відрізками, з дотриманням вимог ДСТУ щодо запобігання механічним пошкодженням. Монтаж напірних трубопроводів у траншею ведеться автомобільним краном КС-3579 з використанням м'яких строп.

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009, з'єднання поліетиленових труб діаметром від 90 до 630 мм виконується методом стикового зварювання нагрітим інструментом. Цей процес виконується на спеціальних зварювальних апаратах (наприклад, типу *Roweld* або *GF* з гідравлічним приводом центратора). Технологічний цикл стикового зварювання жорстко регламентований і включає наступні операції:

- очищення та знежирення торців труб (на відстані не менше 100 мм від краю);
- затискання труб у центраторі та їх центрування (максимальне зміщення кромки не повинно перевищувати 10% товщини стінки);
- механічне торцювання кінців для зняття оксидного шару та забезпечення ідеального прилягання;
- оплавлення торців нагрівальним елементом (дзеркалом) під контрольованим тиском та їх прогрівання;
- технологічна пауза (швидке видалення нагрівача) та осадка стику;
- охолодження з'єднання під тиском до кімнатної температури.

Гідравлічні випробування та зворотна засипка. Згідно з ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», трубопроводи зрошувальної мережі підлягають двоетапному гідравлічному випробуванню на міцність та щільність. Попереднє випробування (на міцність) проводиться до встановлення арматури при відкритій траншеї (але після часткового присипання труб ґрунтом на 20–30 см, залишаючи стики відкритими). Остаточне випробування (на щільність) здійснюється після повної засипки траншеї. Випробувальний тиск повинен перевищувати робочий на 0,3...0,5

МПа. Випробування проводяться за допомогою мобільного гідравлічного преса (опресувальника) з манометричним контролем падіння тиску.

Зворотна засипка виконується у два етапи. Перший етап (захисний шар) – обсіпка труби на висоту 0,3 м над її верхом виконується вручну м'яким ґрунтом без каміння, з ретельним пошаровим (по 0,15 м) підбиванням пазах ручними трамбівками для запобігання деформації (овалізації) ПЕ труби. Другий етап (остаточна засипка) виконується бульдозером ДЗ-101А пошарово з механізованим ущільненням. Завершальним етапом є насування знятого рослинного ґрунту на трасу (рекультивация).

3.4 Калькуляція трудових затрат і заробітної плати

Визначення нормативної трудомісткості та вартості трудовитрат базується на Ресурсних елементних кошторисних нормах (РЕКН) або, для академічних цілей хронометражу технологічної карти, на збірниках ЕНіР. Трудомісткість виконання робіт (Q , люд.-дн.) розраховується за формулою:

$$Q = (V \cdot H_{\text{ч}}) / (V_{\text{норм}} \cdot 8,2) \quad (3.7)$$

де V – проектний об'єм роботи; $H_{\text{ч}}$ – норма часу на виконання одиниці виміру за нормативом, люд-год; $V_{\text{норм}}$ – одиниця виміру об'єму за нормативом; 8,2 – нормативна тривалість робочої зміни, год.

Згідно з детальними розрахунками, загальна трудомісткість виконання комплексу робіт з будівництва зрошувальної мережі складає 252 люд.-дн. Фонд заробітної плати розраховується на основі середньомісячної нормативної заробітної плати у будівництві з використанням міжрозрядних коефіцієнтів. Він складає близько 472960 грн.

3.5 Контроль якості та техніка безпеки при виконанні робіт

Згідно з ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів», контроль якості здійснюється на всіх етапах (вхідний, операційний, приймальний). Особлива увага приділяється земляним роботам. Граничні відхилення відміток дна траншеї при розробці екскаватором з гідроприводом не повинні перевищувати +10 см. Перебори ґрунту (більше 20 см) не допускаються, а в разі їх виникнення – відновлюються однорідним ґрунтом з ретельним ущільненням (відхилення після доробки не більше ± 5 см). Відхилення від проектного поздовжнього уклону дна траншеї не повинні перевищувати $\pm 0,0005$ (контроль нівелюванням через кожні 50 м). Організація безпеки праці регламентується ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». Основні вимоги:

- 1) Роботи в зоні діючих підземних комунікацій виконуються виключно за письмовим дозволом (нарядом-допуском) під наглядом майстра.
- 2) Крутизна укосів траншеї без кріплення має відповідати куту природного укосу ґрунту; в глибоких траншеях обов'язкове встановлення інвентарних розпірок.
- 3) У котлованах влаштовуються інвентарні сходи (стрем'янки) для безпечного спуску робітників.
- 4) Категорично забороняється: розробка ґрунту методом підкопу («козирком»); знаходження людей у радіусі дії стріли екскаватора (небезпечна зона понад 13,4 м); складування труб, відвалів ґрунту та рух машин на відстані ближче 2,5 м від брівки траншеї (в межах призми обвалення).

3.6 Техніко-економічні показники

Ефективність розробленої технологічної карти підтверджується основними техніко-економічними показниками, які зведено у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні техніко-економічні показники будівництва мережі

№	Найменування показників	Одиниця виміру	Показник
1	Загальна трудомісткість робіт (Q)	люд.-дн.	252
2	Розрахункова тривалість будівництва ($N_{роб.дні}$)	дн.	102
3	Середня чисельність робітників ($N_{сер} = Q / N_{роб.дні}$)	чол.	3
4	Середній виробіток	м ³ /чол.-дн.	125
5	Середній рівень заробітної плати за 1 людо-дн.	грн	1877

4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ РЕГУЛЮЮЧОГО БАСЕЙНУ

4.1 Область застосування технологічної карти

Областю застосування технологічної карти на будівництво регулюючого басейну є технологія і організація виконання комплексу земляних та монтажних робіт, що включають: розробку котловану, укладання збірних залізобетонних плит кріплення, монтаж оглядових колодязів, а також переміщення та ущільнення ґрунту. Карта рекомендується для застосування безпосередньо при будівництві регулюючого басейну зрошувальної системи зі специфічними проектними параметрами. Згідно з розрахунками, зовнішня площа об'єкта становить 7056 м^2 , внутрішня площа (по дну) – 2500 м^2 , а загальний акумулюючий об'єм басейну досягає 23890 м^3 .

4.2 Вибір комплекту будівельних машин

Комплект будівельних машин підібрано згідно з видами робіт, які виконуються при зведенні басейну, враховуючи техніко-економічне обґрунтування, наведене у попередньому розділі.

Для планування поверхні, її розчистки та зрізання рослинного шару використовується гусеничний бульдозер марки ДЗ-101А, який визначено економічно найвигіднішим. Основна розробка мінерального ґрунту в котловані басейну здійснюється гідравлічним екскаватором на гусеничному ході марки Komatsu (ємність ковша $0,5 \text{ м}^3$), який обрано за оптимальними показниками собівартості.

Для монтажу залізобетонних плит кріплення відкосів та елементів оглядових колодязів потрібен автокран. З огляду на вантажопідйомність,

висоту підняття та виліт гака, прийнято автомобільний повноповоротний кран КС-3579 (на базі КрАЗ). Транспортування будівельних матеріалів здійснюватиметься вантажними автомобілями-тягачами.

4.3 Технологія виконання робіт

Перед початком основного циклу будівництва регулюючого басейну проводиться інженерна підготовка та планувальні роботи на виділеній ділянці (рис. 4.1). Рослинний шар (товщиною 0,2 м) зрізується бульдозером ДЗ-101А і переміщується на відстань 50–70 м у тимчасові кавальєри для подальшого використання при рекультивації та засіві відкосів.

Ґрунт під майбутній насип (огорожувальні дамби) попередньо розпушують на глибину 35 см для забезпечення кращого зчеплення з насипним матеріалом. Мінеральний ґрунт, що розробляється при профілюванні схилів балки, зрізується бульдозером і переміщується на відстань 30–80 м у тіло дамб, які будуть виконувати протиерозійну та огорожувальну функцію. Масова розробка ґрунту в котловані (загальний об'єм 15600 м³) виконується екскаватором Komatsu методом торцевих проходок із завантаженням у самоскиди або у відвал. Завершальним етапом є влаштування підвалин з гранітного відсіву та монтаж з/б плит кріплення за допомогою крана.

4.4 Калькуляція трудових затрат і заробітної плати

Калькуляція базується на розрахункових об'ємах та діючих нормах часу. Для забезпечення цільового рівня середньої заробітної плати при будівництві регулюючого басейну у розмірі близько 1750 грн/чол.-дн., розрахункова погодинна тарифна ставка ($C_{\phi y}$) була актуалізована відповідно до поточних соціальних стандартів у будівництві.

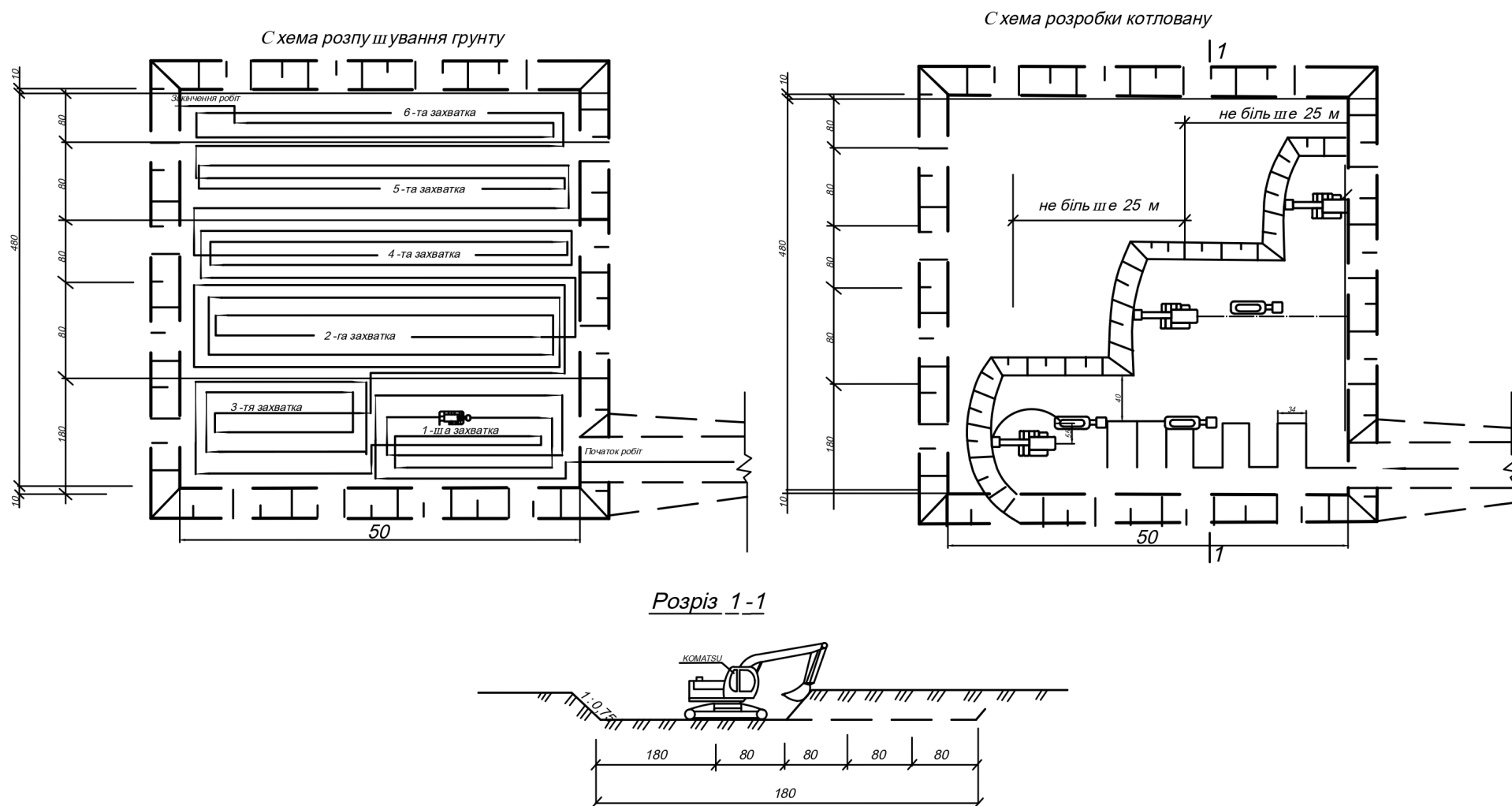


Рисунок 4.1 – Технологічна схема будівництва регулюючого басейну

4.5 Контроль якості виконання робіт

Контроль показників якості під час земляних робіт здійснюється систематично. Допустимі відхилення, методи та об'єм контролю наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі відхилення при розробці виїмок

№	Технічні вимоги (параметр)	Граничні відхилення	Метод і обсяг контролю
1	Відхилення відміток дна при розробці: а) екскаваторами з мех. приводом б) екскаваторами з гідроприводом в) бульдозерами	+15 см +10 см +10 см	Вимірювальний (не менше 10 вимірів на ділянку)
2	Недобори / Перебори ґрунту	10 см / 20 см	Вимірювальний (до 20 вимірів)
3	Відхилення після доробки недоборів	± 5 см	Геодезичний, кожні 50 м
4	Характеристика ґрунту основи (дна)	Без промерзання / розм'якшення (не > 3 см)	Технічний огляд
5	Відхилення уклону дна (траншей)	$\pm 0,0005$	Геодезичний, кожні 50 м
6	Уклон спланованої поверхні	+0,001	Геодезичний (нівелювання)

4.6 Техніка безпеки при виконанні земляних і будівельних робіт

Під час виконання монтажних робіт автокраном КС-3579 маса вантажу зі стропами не повинна перевищувати вантажопідйомність крана на відповідному вильоті стріли. Машиніст контролює масу за таблицями та спеціальним показчиком у кабіні. Підйом вантажу невідомої маси заборонений. Великі вантажі піднімають у два етапи: спочатку на 100 мм для перевірки гальм і стійкості, а потім – на монтажний горизонт.

Місця роботи крана огорожуються щитами. Усі обертові деталі механізмів повинні мати захисні кожухи; робота без них заборонена. Ремонт або обслуговування стріли на висоті понад 4 м дозволяється лише із застосуванням запобіжного пояса. Небезпечна зона роботи крана розраховується як радіус падіння вантажу плюс виліт стріли.

4.7 Режим експлуатації регулюючого басейну

Надійність функціонування регулюючого басейну зрошувальної системи забезпечується систематичним технічним наглядом служби експлуатації протягом усього року. Експлуатаційний режим поділяється на сезонні цикли, кожен з яких вимагає виконання специфічного регламенту робіт.

- 1) *Весняний період (підготовка до вегетації)*: після танення льоду проводиться ретельний візуальний та інструментальний огляд бетонного кріплення відкосів (з/б плит НПК). Перевіряється цілісність швів між плитами, відсутність просідань або зсувів дамби. Очищаються сміттєвловлювальні решітки на водозаборі та оглядається стан запірної арматури у колодязях. За потреби виконується поточний ремонт деформаційних швів бітумно-полімерними мастиками.

- 2) *Літній (експлуатаційний) період*: в період інтенсивних поливів здійснюється щоденний контроль за рівнем води за допомогою водомірних рейок. Служба експлуатації контролює стан зовнішніх відкосів огорожувальної дамби на предмет появи виходів фільтраційних вод (мочарів), що може свідчити про пошкодження протифільтраційного екрану. Важливим завданням є біологічний контроль – запобігання надмірному «цвітінню» води та заростанню басейну вищою водною рослинністю.
- 3) *Осінній період (консервація)*: після завершення поливного сезону басейн готують до зими. Відповідно до проекту, рівень води знижується до безпечних «зимових» відміток для запобігання пошкодження укосів льодом. Трубопроводи спорожнюються. Раз на кілька років восени виконується очищення дна басейну від накопиченого намулу.
- 4) *Зимовий період*: ведеться спостереження за льодовим режимом. З метою уникнення руйнування бетонних плит від розширення льоду (льодяного тиску), за необхідності вирубуються майни (ополонки) вздовж периметра укосів.

Крім поточного нагляду, режим експлуатації передбачає планово-попереджувальні ремонти (ППР), які включають щорічне підфарбовування металоконструкцій, змащування засувок, відновлення трав'яного покриття дамб. Капітальний ремонт басейну планується орієнтовно раз на 15–20 років і може включати повну або часткову заміну зруйнованих залізобетонних плит.

4.8 Техніко-економічні показники

Узагальнені техніко-економічні показники (ТЕП) будівництва регулюючого басейну з урахуванням актуалізованої заробітної плати зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 - Техніко-економічні показники

№	Найменування показників	Одиниця виміру	Показник
1	Трудовісткість робіт (Q)	люд.-дн.	44
2	Тривалість робіт (T)	дн.	44
3	Середнє число робітників ($N_{сер}$)	чол.	4
4	Середній виробіток, q	м ³ /чол.-дн.	411
5	Середня заробітна плата, $З_n^{сер}$	грн/чол.-дн.	1750

Провівши розрахунки техніко-економічних показників з урахуванням актуалізованих тарифних ставок (на основі 1750 грн за один людино-день), отримали, що загальний фонд оплати праці складає 76928 грн на загальну трудовісткість 43,96 люд.-дн.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

5.1 Загальні положення та нормативна база

Організація будівельного виробництва має забезпечувати цілеспрямованість організаційних, технічних і технологічних рішень на безумовне виконання зобов'язань щодо будівництва масиву зрошення та регулюючого басейну. Усі процеси проектуються відповідно до вимог чинного законодавства та сучасної нормативної бази, насамперед ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Виконанню основних будівельно-монтажних робіт передуює комплекс заходів інженерної підготовки будівельного виробництва. Підготовка виробництва включає: загальну організаційно-технічну підготовку, підготовку будівельного майданчика та безпосередню підготовку до виконання будівельно-монтажних робіт. Будівництво об'єкта здійснюється виключно на основі затвердженої проектно-технологічної документації (ПТД), до складу якої входять проект організації будівництва (ПОБ) і проект виконання робіт (ПВР).

При організації будівельного виробництва забезпечуються:

- 1) раціональна технологічна послідовність виконання робіт, техніко-економічне обґрунтування їх суміщення (паралельного виконання земляних та монтажних робіт);
- 2) комплексне забезпечення об'єкта матеріальними ресурсами (поліетиленовими трубами, з/б виробами, арматурою) відповідно до календарного графіка;
- 3) дотримання правил охорони праці відповідно до Закону України «Про охорону праці» та ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова

безпеку у будівництві»;

- 4) забезпечення екологічної безпеки та захисту навколишнього середовища (збереження родючого шару ґрунту, рекультивація) згідно з вимогами природоохоронного законодавства.

До основних робіт (розробка траншей та котлованів) дозволяється приступати лише після відведення в натурі траси зрошувальної мережі, створення розбивочної геодезичної основи та зняття родючого шару ґрунту зі складуванням його у тимчасові кавальєри для подальшої рекультивації. Завершення підготовчих робіт підтверджується відповідним актом за участю замовника, генпідрядника та органів Державного архітектурно-будівельного контролю.

5.2 Календарний план будівництва та розрахунок трудомісткості

Основним оперативним документом, що визначає технологічну послідовність робіт, їх взаємозв'язок у часі і додержання директивних термінів будівництва, є лінійний календарний план виробництва робіт. Він розробляється за встановленою формою на підставі проектних обсягів робіт, нормативної трудомісткості, витрат часу на роботу машин, а також прийнятих схем механізації.

При розробці календарного плану вирішуються такі завдання: оптимізація технологічної послідовності робіт, визначення потрібної кількості працюючих машин і робітників, рівномірний розподіл трудових ресурсів та мінімізація простоїв техніки. Трудомісткість виконання всього об'єму робіт для робітників та машин визначається за формулами:

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

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

де V – загальний проектний об’єм робіт (м^3 , м^2 , шт., м); $H_{\text{вр}}$ – нормативна витрата часу робітників на виконання одиниці об’єму робіт (люд.-год); $H_{\text{маш}}$ – нормативна витрата часу роботи машини (маш.-год); n – кількість робітників у ланці; $V_{\text{ДБН}}$ – одиниця об’єму робіт за нормативом; 8,2 – тривалість робочої зміни у годинах.

Кількість працюючих машин і склад ланок приймаються згідно з вимогами технологічних карт. Число змін за добу для механізованих та ручних робіт приймається рівним одній зміні. Тривалість виконання робіт у календарних днях визначається множенням робочих днів на коефіцієнт 1,3 (який враховує вихідні та святкові дні).

5.3 Техніко-економічні показники календарного плану

Оцінка ефективності розробленого календарного плану будівництва здійснюється шляхом порівняння проектних (планових) показників із нормативними. Основні показники розраховуються за наступними залежностями:

1. Тривалість будівництва: за нормами $T_n = 302$ дні; за розробленим планом $T_{\text{пл}} = 272$ дні.
2. Скорочення строків будівництва (ΔT): $\Delta T = T_n - T_{\text{пл}} = 302 - 272 = 30$ днів.
3. Загальні трудові витрати: за нормою $Q_n = 784$ люд.-дн.; за планом (з урахуванням суміщення професій та використання високопродуктивної техніки) $Q_{\text{пл}} = 702$ люд.-дн.
4. Підвищення продуктивності праці (П):

$$П = [(Q_n - Q_{\text{пл}}) / Q_n] \cdot 100\% = [(784 - 702) / 784] \cdot 100\% = 10,5 \, \%$$

5. Рівень виконання норми виробітку (В):

$$B = (Q_n / Q_{nl}) \cdot 100\% = (784 / 702) \cdot 100\% = 112 \, \%.$$

6. Питомі трудові витрати на одиницю площі зрошення (q):

$$q = Q_{nl} / F_{za} = 702 / 504,5 = 1,39 \text{ люд.-дн./га.}$$

Таким чином, правильна організація будівельного виробництва дозволила скоротити нормативний термін зведення об'єкта на 30 днів (фактична тривалість – 272 дні), при цьому загальні трудові витрати становлять 702 люд.-дні, а рівень виконання норм виробітку досягає 112%.

$$- N_{max} = 9 \text{ чол.}$$

1. Тривалість будівництва, дід.: за нормою $T_n = 302$;
за планом $T_{пл} = 272$.
2. Скорочення строку будівництва - 30 дід.
3. Трудовитрати, люд.-дн.: за нормою $Q_n = 784$ люд.-дід.;
за планом $Q_{пл} = 702$ люд.-дід.
4. Підвищення продуктивності праці: $P = 10,5\%$.
5. Виконання норми виробітку: $B = 112\%$.
6. Питомі трудовитрати: $q_{пл} = 1,39$ люд.-дн./га.

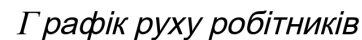


Рисунок 5.1 – Календарне планування будівництва системи зрошення і регулюючого басейну

6 ОХОРОНА ПРАЦІ НА БУДІВНИЦТВІ

Проектні рішення щодо будівництва та подальшої експлуатації зрошуваного масиву площею 504,5 га у Дніпровському районі Дніпропетровської області розроблені у чіткій відповідності до чинного законодавства України про охорону праці. Конституція України гарантує кожному громадянину право на належні, безпечні і здорові умови праці. Основним документом, що регулює відносини у цій сфері, є Закон України «Про охорону праці», а також Кодекс законів про працю України.

При проектуванні, монтажі, пусконаладженні та експлуатації гідромеліоративних систем враховано вимоги численних нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП), державних будівельних норм (ДБН) та національних стандартів (ДСТУ). Зокрема, ключовими є ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).

Створення безпечних умов праці на об'єкті досягається шляхом впровадження комплексу організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на виключення виробничого травматизму, професійних захворювань та аварійних ситуацій (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. – Класифікація основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на об'єкті

Група факторів за ДСТУ	Конкретні прояви небезпеки на робочих місцях	Джерела виникнення факторів
Фізичні небезпечні та шкідливі фактори	Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання на корпус.	Електроприводи та силові шафи ДМ «Valley», насосні станції, кабельні лінії.
	Рухомі машини та механізми, пересувні конструкції, елементи, що обертаються.	Колісні опори ДМ, редуктори, карданні вали, будівельна техніка (екскаватори, крани).
	Обрушення ґрунту, падіння предметів з висоти, падіння працівників у котловани/басейни.	Земляні роботи при копанні траншей, відкриті оглядові колодязі, укоси регулюючого басейну.
Хімічні фактори	Накопичення шкідливих та вибухонебезпечних газів (метан, вуглекислий газ, сірководень).	Замкнений простір оглядових колодязів та камер перемикачів зрошувальної мережі.
Психофізіологічні фактори	Фізичні перевантаження, нервово-психічне напруження при роботі в несприятливих умовах.	Ручне доопрацювання ґрунту, монтаж важкої запірної арматури, ліквідація аварій у нічний час.

6.1 Охорона праці та техніка безпеки при експлуатації зрошувальної системи і поливної техніки

Експлуатація сучасної меліоративної системи, що включає високоавтоматизовані дощувальні машини, протяжну мережу трубопроводів під високим тиском, глибокі колодязі та відкриті штучні водойми-накопичувачі, вимагає суворого дотримання спеціальних правил безпеки для запобігання електротравматизму, механічних пошкоджень, отруєнь газами та утоплення.

Широкозахватні дощувальні машини (ДМ) «Valley» фронтального та кругового типів є складними рухомими електрофікованими установками. Головну небезпеку при їх експлуатації становить силова електрична мережа напругою 380/480 В змінної частоти, яка подається на мотор-редуктори колісних опор та центральну панель керування.

Відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98, до обслуговування ДМ допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, перевірку знань та мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III. Всі операції з керування машиною повинні здійснюватися виключно з головного пульта. Категорично забороняється відкривати дверцята силових шаф та блоків проміжних опор без повного зняття напруги на ввідному розподільчому пристрої та вивішування попереджувального плакату «Не вмикати! Працюють люди».

Для захисту від ураження струмом при пошкодженні ізоляції всі металеві частини ДМ (ферми, башти, корпуси двигунів, панелі керування) мають надійне заземлення. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом. Перевірка цілісності контуру заземлення та вимірювання його опору мають проводитися щорічно перед початком поливного сезону спеціалізованою лабораторією з оформленням відповідного акта. Система живлення ДМ обов'язково обладнується пристроями захисного вимкнення (ПЗВ), що реагують на струми витoku понад 30 мА.

Враховуючи значну довжину машин (до 712,5 м) та їх роботу на відкритому просторі у степовій зоні, виникає висока ймовірність ураження блискавкою. Конструкція ДМ «Valley» передбачає інтегрований блискавкозахист, який заземлюється через ходову частину та спеціальні заземлювачі на центральній опорі. Під час грози робота машини повинна бути негайно зупинена, а обслуговуючий персонал зобов'язаний відійти від металевої конструкції на відстань не менше 20 метрів.

Механічна безпека забезпечується наявністю захисних кожухів на всіх карданних валах та з'єднувальних муфтах, що передають крутний момент від електродвигунів до редукторів коліс. Забороняється перебувати в радіусі руху колісних опор під час роботи ДМ. Швидкість руху опор невелика, проте високий крутний момент може призвести до затягування одягу або травмування кінцівок. Перед кожним запуском оператор зобов'язаний особисто переконатися у відсутності сторонніх людей, тварин або техніки в зоні руху машини, подавши звуковий сигнал тривалістю не менше 5 секунд.

Особливу увагу слід приділяти роботі ДМ «Valley» поблизу повітряних ліній електропередачі (ЛЕП). Прохід машини під ЛЕП або поблизу них дозволяється лише за умови, що відстань від найвищої точки ДМ або від струменя води до найближчого проводу ЛЕП під напругою відповідає вимогам ПУЕ (наприклад, не менше 2 м для ліній до 20 кВ та не менше 4 м для ліній до 110 кВ). Забороняється спрямовувати струмінь води з кінцевих водометів (ендгунів) безпосередньо на проводи ЛЕП та трансформаторні підстанції.

Зрошувальна мережа виконана з високоміцних поліетиленових труб діаметром від 200 до 450 мм, що транспортують воду під робочим тиском до 0,6–1,0 МПа. Основна небезпека при експлуатації такої мережі — це раптовий гідравлічний удар або розрив трубопроводу, що може призвести до травмування персоналу потоком води або уламками землі й арматури.

Перед початком кожного вегетаційного періоду проводиться повний огляд траси та пробний пуск системи із поступовим підвищенням тиску. Швидкість заповнення трубопроводів водою не повинна перевищувати 0,05–0,1 МПа за хвилину для уникнення утворення повітряних пробок та гідроударів. Під час підняття тиску персоналу суворо забороняється перебувати безпосередньо над лінією прокладання труби та поблизу з'єднувальних муфт або запірної арматури.

Усі ремонтні роботи на підземному трубопроводі (усунення витоків, заміна ущільнювачів, зварювання пошкоджених ділянок) дозволяється

виконувати лише після повної зупинки насосних станцій, перекриття відповідної ділянки мережі засувками та повного скидання залишкового тиску води через гідранти чи зливні клапани. Контроль відсутності тиску здійснюється за двома незалежними повіреними манометрами, встановленими на початку та в кінці ремонтної ділянки.

Роботи в оглядових колодязях та камерах, де розміщена запірно-регулювальна арматура, вантузи та гідранти, належать до категорії робіт з підвищеною небезпекою у замкнутих просторах згідно з НПАОП 0.00-1.01-07. Основна загроза тут пов'язана з можливим накопиченням важких шкідливих або вибухонебезпечних газів (вуглекислого газу, метану, сірководню) та витісненням кисню, що може призвести до миттєвої втрати свідомості або задухи.

Будь-які роботи всередині колодязя повинні виконуватися бригадою у складі не менше 3-х осіб: один працівник виконує роботи всередині, а двоє інших (спостерігачі) перебувають на поверхні, безперервно стежать за його станом, тримають страхувальний канат та готові у разі потреби негайно евакуювати потерпілого. Спостерігачам забороняється відволікатися на інші завдання або залишати пост доти, доки працівник не підніметься на поверхню.

Перед спуском колодязь необхідно примусово провітрити за допомогою пересувного вентилятора або відкриттям суміжних колодязів на тривалий час (не менше 30 хвилин). Працівник, який спускається, повинен бути вбраний у рятувальний пояс із лямками та надійно прикріплений до нього страхувальний канат, довжина якого має бути на 2 метри більшою за глибину колодязя. Також обов'язковим є використання захисної каски, спецодягу та за потреби – шлангового протигазу РШ-1 або ПШ-2 (використання фільтрувальних протигазів у колодязях заборонено).

6.2 Охорона праці та заходи безпеки при експлуатації регулюючого басейну

Регулюючий басейн об'ємом для акумуляції води з Дніпровського водосховища є зоною підвищеного ризику утоплення та травматизму. Для запобігання нещасним випадкам територія басейну повинна бути повністю огорожена сітчастим чи ґратчастим парканом заввишки не менше 2,0 метрів для виключення доступу сторонніх осіб та тварин. На огороженні через кожні 20-30 метрів вивішуються добре помітні попереджувальні знаки: «Стороннім вхід заборонено!», «Глибоко! Купатися суворо заборонено!», «Небезпечна зона!».

Укуси басейну, вистелені протифільтраційною геомембраною (поліетиленовою плівкою), у вологому або покритому водоростями стані стають надзвичайно слизькими. Самостійний вихід людини з басейну по такому укосі без допоміжних засобів є практично неможливим. Тому по всьому периметру басейну з кроком не більше 50 метрів передбачаються стаціонарні рятувальні леєри (канати з вузлами) або драбини, закріплені на брівці укосу, що спускаються до самого дна. Поблизу басейну в спеціальних закритих шафах або під навісами обов'язково розміщують сертифіковані рятувальні засоби: рятувальні круги з ліном довжиною 25 м (кінець Александрова), багри, жилети.

Обслуговування водозабірних та водовипускних споруд басейну, очищення захисних решіток від сміття та водоростей повинні виконуватися щонайменше двома працівниками в рятувальних жилетах. Роботи на плаваючих засобах (якщо такі використовуються для обслуговування дзеркала водойми) дозволяються лише на технічно справних човнах під керівництвом відповідального інженера з обов'язковим одяганням індивідуальних рятувальних жилетів усіма членами бригади.

6.3 Охорона праці при виконанні земляних та будівельно-монтажних робіт

Етап будівництва зрошувальної системи характеризується високою концентрацією великогабаритної будівельної техніки, виконанням масштабних розкопок ґрунту під трубопроводи та монтажем масивних елементів обладнання. Відповідно до ДБН А.3.2-2-2009, організація будівельного майданчика має забезпечувати безпеку праці на всіх стадіях виконання робіт.

Будівництво розподільчої мережі передбачає копання траншей загальною довжиною понад 8 км для укладання ПЕ труб на глибину нижче рівня промерзання ґрунту. Основними небезпечними факторами при проведенні земляних робіт є обвалення стінок траншей, завалення працівників ґрунтом, а також пошкодження діючих підземних інженерних комунікацій.

Перед початком будь-яких земляних робіт генпідрядник зобов'язаний отримати офіційний дозвіл (ордер) на проведення розкопок, а також викликати на місце представників організацій, які експлуатують підземні комунікації в даному районі (електромережі, зв'язок, газопроводи), для точного встановлення їхнього розташування на місцевості. Роботи в зоні діючих підземних комунікацій повинні проводитися під безпосереднім наглядом виконроба або майстра за нарядом-допуском. У безпосередній близькості від кабелів чи газопроводів (менше 2 метрів) використання екскаваторів, розпушувачів та ударних інструментів (ломів, кирок) категорично забороняється — розробка ґрунту виконується виключно вручну лопатами без застосування різких ударів.

При розробці траншей в лесовидних суглинках та глинах (які домінують на масиві згідно з геологічними даними) без встановлення

кріплення стінок, необхідно суворо дотримуватися допустимої крутизни укосів відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009. Для забезпечення безпеки при глибині траншеї понад 1,25–1,5 м стінки повинні виконуватися з укосами або обладнуватися інвентарними щитовими кріпленнями з розпірками.

Таблиця 6.2. – Допустима крутизна укосів траншей і котлованів при глибині до 5 м (згідно з ДБН А. 3.2-2-2009)

Види ґрунтів	Кут укосу (градуси) та відношення його висоти до закладення при глибині виїмки, м		
	до 1.5 м	від 1.5 до 3.0 м	від 3.0 до 5.0 м
Насипні природної вологості	56° (1:0.67)	45° (1:1.0)	38° (1:1.25)
Піщані та гравійні	45° (1:1.0)	38° (1:1.25)	34° (1:1.5)
Суглинки (лесовидні)	63° (1:0.5)	53° (1:0.75)	45° (1:1.0)
Глини	76° (1:0.25)	63° (1:0.5)	53° (1:0.75)

Вийнятий з траншеї ґрунт повинен розміщуватися на відстані не менше 0,5 метра від брівки виїмки, щоб запобігти його сповзанню назад та обваленню краю під власною вагою. Рух будівельних машин, екскаваторів та автосамоскидів, а також складування будівельних матеріалів (труб, залізобетонних кілець колодязів) у межах призми обрушення укосів суворо заборонено. Мінімальна відстань від краю траншеї до коліс чи гусениць будівельної техніки визначається розрахунком, але має становити не менше 1,0–1,5 м залежно від типу ґрунту та глибини виїмки. Для спуску працівників у траншеї та котловани повинні використовуватися спеціальні інвентарні драбини (переносні драбини) завширшки не менше 0,6 м, обладнані поручнями, які виступають над брівкою траншеї не менше ніж на 1 метр. Спуск працівників по розпірках кріплень або по укосах траншеї категорично заборонений. Самі траншеї, що проходять поблизу доріг або в

місцях можливого перебування людей, мають бути захищені суцільним захисним огородженням заввишки 1,2 м з установкою сигнальних червоних ліхтарів у нічний час.

Будівельно-монтажні роботи на об'єкті включають розвантаження та укладання ПЕ труб у траншеї, монтаж збірних залізобетонних елементів оглядових колодязів, установку важкої чавунної запірної арматури та зварювання стиків. Головними ризиками є травмування при падінні вантажів, порушення правил стропування, опіки при зварюванні та ураження струмом від зварювального обладнання.

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні виконуватися за допомогою справних підйомних кранів або кранів-маніпуляторів, що пройшли державний технічний огляд (ПТО). До керування кранами допускаються лише атестовані машиністи, а до зачіплення вантажів — навчені стропальники, які мають відповідні посвідчення. Усі вантажопідйомні операції мають проводитися за заздалегідь розробленими схемами стропування. Оскільки поліетиленові труби мають гладку поверхню і можуть легко вислизнути, для їх підйому та переміщення слід застосовувати виключно м'які текстильні стропа (рушники) або спеціальні траверси з торцевими захватами. Використання сталевих канатів (чалок) або ланцюгів без захисних підкладок суворо заборонено, оскільки вони можуть пошкодити стінки пластикових труб та призвести до вислизання вантажу.

Під час переміщення труб краном категорично забороняється перебування людей під піднятим вантажем або в зоні можливого падіння стріли крана (радіус дії стріли плюс 5 метрів). Направляти трубу під час її опускання в траншею дозволяється лише за допомогою спеціальних відтяжок (прядив'яних канатів або багрів) великої довжини, перебуваючи при цьому на безпечній відстані поза призмою обрушення ґрунту.

З'єднання поліетиленових труб діаметром 200–450 мм здійснюється за допомогою стикового зварювання нагрітим інструментом або

електромуфтового зварювання з використанням спеціальних термісторних муфт. Зварювальні роботи виконуються за допомогою пересувних зварювальних апаратів, що працюють від автономних дизель-генераторів. Зварювальник зобов'язаний працювати у спеціальному захисному костюмі, брезентових рукавицях та захисних окулярах або масці для запобігання термічним опікам від нагрівального елемента (температура якого досягає $+200...+220^{\circ}\text{C}$) та гарячого розплавленого пластику.

Усі металеві корпуси зварювальних апаратів, генераторів та допоміжного інструменту мають бути надійно заземлені. Підключення апаратів до мережі повинно здійснюватися через гнучкі кабелі з подвійною гумовою ізоляцією (типу КГ). Не допускається проведення зварювальних робіт під відкритим небом під час випадання атмосферних опадів (дощу, снігу) без спорудження спеціальних захисних інвентарних наметів (укриттів), оскільки потрапляння вологи на електричні контакти та зону зварювання створює смертельну небезпеку ураження струмом та різко погіршує якість зварного шва. Організаційні заходи: Інструктажі, засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) та перша медична допомога

Організація безпеки праці на об'єкті базується на своєчасному навчанні персоналу та забезпеченні належного контролю з боку керівництва. Відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05), усі працівники будівельної організації та майбутнього експлуатаційного підприємства зобов'язані проходити чітко регламентовану систему інструктажів.

Система інструктажів включає в себе такі етапи:

- ✓ *Вступний інструктаж* – проводиться інженером з охорони праці з усіма працівниками при прийнятті на роботу, незалежно від їхньої професії та стажу.
- ✓ *Первинний інструктаж* – проводиться безпосередньо на робочому місці керівником робіт (майстром, виконробом) перед початком

виконання першого завдання.

- ✓ *Повторний інструктаж* — проводиться на робочому місці не рідше одного разу на 3 місяці для робіт з підвищеною небезпекою та один раз на 6 місяців для інших робіт.
- ✓ *Позаплановий інструктаж* — проводиться при введенні в дію нових нормативних актів, заміні обладнання (наприклад, при модернізації вузлів систем «Valley»), порушенні працівниками вимог охорони праці або після нещасних випадків.
- ✓ *Цільовий інструктаж* — проводиться при виконанні разових робіт, не передбачених трудовою угодою, або при оформленні наряду-допуску на роботи з підвищеною небезпекою (наприклад, спуск в оглядовий колодязь або монтаж під ЛЕП).

Усі працівники на об'єкті безкоштовно забезпечуються сертифікованими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до встановлених норм. На будівельному майданчику перебування будь-яких осіб без захисних касок та сигнальних жилетів із світловідбиваючими смугами категорично забороняється. Монтажники та оператори ДМ забезпечуються захисним спецвзуттям із металевим підноском для захисту ніг від падіння важких предметів, брезентовими костюмами, захисними окулярами та рукавицями. Електрики, які обслуговують ДМ "Valley" та насосні станції, обов'язково комплектуються діелектричними рукавичками, калошами, ізолюючими інструментами та килимками, які проходять регулярну періодичну перевірку в електролабораторії.

На місці проведення робіт (у кабінах машин, на центральному пульті керування, на насосній станції та у виконроба) обов'язково мають бути укомплектовані медичні аптечки першої допомоги з діючим терміном придатності медикаментів. Усі працівники зобов'язані володіти практичними навичками надання першої долікарняної допомоги. При ураженні електричним струмом першочерговою дією є негайне вимкнення джерела напруги (рубильника) або звільнення потерпілого від контакту з

дротом за допомогою діелектричної палиці, після чого у разі відсутності дихання та пульсу слід негайно розпочати штучне дихання та непрямий масаж серця до прибуття швидкої медичної допомоги. При травмах внаслідок обвалення ґрунту чи падіння предметів потерпілому іммобілізують ушкоджені кінцівки, зупиняють кровотечу за допомогою джгута чи тиснучої пов'язки та забезпечують спокій. Впровадження та суворе дотримання усіх перелічених організаційних та технічних заходів з охорони праці є невід'ємною умовою успішного будівництва та безаварійної, безпечної експлуатації зрощувального масиву протягом усього розрахункового терміну його служби.

7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини є невід'ємною умовою сталого економічного і соціального розвитку України. Відповідно до чинного природоохоронного законодавства, реалізація будь-якого будівельного або сільськогосподарського проекту повинна базуватися на принципах мінімізації негативного впливу на екосистеми.

Екологічна політика держави спрямована на збереження безпечного середовища для існування живої та неживої природи, захист здоров'я населення від наслідків забруднення, а також досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи через раціональне відтворення природних ресурсів. Основні принципи охорони навколишнього середовища:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської діяльності;
- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- попереджувальний характер заходів з охорони довкілля;
- екологізація матеріального виробництва на основі комплексних рішень, впровадження новітніх водо- та ресурсозберігаючих технологій;
- збереження просторової та видової біорізноманітності екосистем.

7.1. Охорона атмосферного повітря

Атмосферне повітря є одним з найважливіших компонентів навколишнього середовища, який зазнає впливу як під час будівництва, так і під час експлуатації зрошувального масиву. Основними джерелами забруднення на етапі будівництва є викиди відпрацьованих газів від будівельної техніки (екскаватори, бульдозери, автосамоскиди), а також пилоутворення під час виконання земляних робіт (копання траншей, планування території).

Для зменшення негативного впливу на атмосферу передбачено комплекс організаційно-технічних заходів:

- використання технічно справних будівельних машин, що відповідають сучасним екологічним стандартам щодо викидів забруднюючих речовин;
- регулярний технічний огляд та регулювання паливної апаратури двигунів внутрішнього згоряння;
- оптимізація маршрутів руху автотранспорту для зменшення холостих пробігів та загальних витрат пального;
- зрошення (пилопригнічення) будівельних майданчиків та тимчасових під'їзних шляхів водою у посушливий період року для запобігання вітровій ерозії та розповсюдженню пилу.

На етапі експлуатації зрошувальної системи основними джерелами впливу на атмосферу можуть бути викиди від дизельних генераторів (у разі їх використання для резервного живлення насосних станцій). Сучасні електрифіковані дощувальні машини типу «Valley» є екологічно чистими агрегатами, які не здійснюють прямих викидів забруднюючих речовин у повітря під час роботи.

7.2. Охорона водних ресурсів

Проект передбачає забір води для зрошення з Дніпровського водосховища. Рациональне використання водних ресурсів забезпечується шляхом впровадження високоефективної системи дощування, яка дозволяє оптимізувати поливні норми та мінімізувати непродуктивні втрати води на випаровування та глибинну фільтрацію порівняно з традиційними методами поливу (наприклад, по борознах).

Заходи щодо запобігання виснаженню та забрудненню водних об'єктів включають:

- суворий облік об'ємів водозабору за допомогою сучасних витратомірів для дотримання встановлених лімітів;
- використання закритої трубої розподільчої мережі, що виключає втрати води на фільтрацію у ґрунт та випаровування під час її транспортування до дощувальних машин;
- облаштування протифільтраційного екрану (геомембрани) в чаші регулюючого басейну для запобігання втратам акумульованої води;
- заборона миття будівельної техніки та зливу паливно-мастильних матеріалів у зоні будівництва та поблизу водойм.

7.3. Охорона ґрунтів

Збереження родючості ґрунтів є пріоритетним завданням при проектуванні зрошувальних систем. Будівництво масиву передбачає проведення земляних робіт на значній площі, що вимагає дбайливого ставлення до родючого шару ґрунту (гумусового горизонту).

Під час прокладання траншей для трубопроводів та влаштування котлованів під гідротехнічні споруди обов'язково виконується зняття верхнього родючого шару ґрунту (на глибину до 30-40 см) з подальшим його складуванням у тимчасові кавальєри. Після завершення будівельно-монтажних робіт, зворотного засипання траншей мінеральним ґрунтом та планування території, родючий шар ґрунту рівномірно наноситься на поверхню (проводиться технічна та біологічна рекультивація) для відновлення сільськогосподарських угідь.

В процесі експлуатації системи застосування дощувальних машин з нормованим водовипуском запобігає виникненню іригаційної ерозії ґрунтів (змиву родючого шару потоками води). Оптимальний режим зрошення також запобігає ризикам вторинного засолення та заболочення територій, підтримуючи сприятливий водно-повітряний режим у кореневмісному шарі.

7.4. Соціальне середовище

Впровадження проекту будівництва зрошувального масиву площею 504,5 га має значний позитивний вплив на соціально-економічний розвиток регіону, зокрема селища міського типу Солоне Дніпропетровської області, де мешкає близько 7500 жителів. Історично більшість працездатного населення селища зайнята у місцевому сільськогосподарському виробництві (рослинництво та тваринництво), а частина змушена шукати роботу в обласному центрі – місті Дніпро.

Реалізація проекту створить нові можливості для працевлаштування місцевого населення. Безпосередньо під час будівельних робіт (прокладання закритої зрошувальної мережі, спорудження регулюючого басейну, монтаж насосних станцій та дощувальних машин) буде створено щонайменше 12 нових робочих місць для будівельників різних спеціальностей: механізаторів,

монтажників, зварювальників та землекопів. Тривалість будівельного етапу розрахована на 9 місяців, що забезпечить працівників стабільним доходом.

Після введення об'єкта в експлуатацію виникне потреба у кваліфікованому обслуговуючому персоналі: операторах дощувальних машин, інженерах-гідротехніках, електриках та механіках для підтримки системи у справному стані. Крім того, гарантоване зрошення дозволить значно підвищити врожайність сільськогосподарських культур, що сприятиме загальному економічному зростанню агропідприємств, збільшенню відрахувань до місцевого бюджету та розвитку соціальної інфраструктури селища.

8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАСИВУ ЗРОШЕННЯ

Вартість сільськогосподарської продукції постійно змінюється під впливом світового ринкового попиту, експортної логістики та прямих витрат на виробництво, таких як паливо, добрива й електроенергія. В умовах сучасного агроринку стабільна рентабельність ключових культур (наприклад, пшениці чи гороху) дедалі більше залежить від інтенсифікації виробництва – зокрема, впровадження систем зрошення, які гарантують високу врожайність незалежно від кліматичних ризиків.

Економічна ефективність введення в господарстві зрошувальної сівозміни характеризується приростом валової продукції і додатковим чистим прибутком (таблиці 8.1, 8.2). Зрошення земель дозволить інтенсифікувати сільськогосподарське виробництво, в результаті чого зросте валовий збір сільськогосподарської продукції в порівнянні з об'ємом продукції, який можна отримати з тієї ж площі в богарних умовах при проєктованій урожайності.

Для визначення економічної ефективності будівництва необхідно порівняти витрати на вирощування сільськогосподарської продукції і її загальну вартість до проведення будівництва і після її проведення. Усі розрахунки адаптовано до ринкових цін на матеріально-технічні ресурси, енергоносії та сільськогосподарську продукцію станом на 2026 рік.

Таблиця 8.1 – Валова продукція і її вартість до проведення будівництва

Назва сільськогосподарської культури	Площа (нетто), га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн.	Вартість валової продукції	
					всього, грн.	на 1 га, грн.
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	25,0	5305,0	800,0	4 244 000	20 000
Люцерна 2-го року	113,2	80,0	9056,0	500,0	4 528 000	40 000
Люцерна 3-го року	117,1	80,0	9368,0	500,0	4 684 000	40 000
Озима пшениця	190,4	55,0	10472,0	900,0	9 424 800	49 500
Горох	116,2	23,0	2672,6	1500,0	4 008 900	34 500
Буряк кормовий	136,8	470,0	64296,0	250,0	16 074 000	117 500
Всього	885,9	-	101169,6	-	42 963 700	48 497

Таблиця 8.2 – Валова продукція і її вартість після проведення будівництва

Назва сільськогосподарської культури	Площа (нетто), га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн.	Вартість валової продукції	
					всього, грн.	на 1 га, грн.
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	37,0	7851,4	800,0	6 281 120	29 600
Люцерна 2-го року	113,2	120,0	13584,0	500,0	6 792 000	60 000
Люцерна 3-го року	117,1	120,0	14052,0	500,0	7 026 000	60 000
Озима пшениця	190,4	70,0	13328,0	900,0	11 995 200	63 000
Горох	116,2	28,0	3253,6	1500,0	4 880 400	42 000
Буряк кормовий	136,8	560,0	76608,0	250,0	19 152 000	140 000
Всього	885,9	-	128677,0	-	56 126 720	63 356

Освоєння зрошуваної сівозміни сільськогосподарських культур пов'язане із збільшенням виробничих витрат, які визначаються за фактичною собівартістю продукції рослинництва у відповідності до проектного рівня урожайності (табл. 8.3-8.6). Розрахунок продуктивності праці виконано з урахуванням високого рівня механізації сучасного агровиробництва (вартість 1 люд-дня $\approx$ 1200 грн).

Таблиця 8.3 – Продуктивність праці до проведення будівництва

Сільськогосподарська культура	Площа (нетто), га	Затрати праці, люд-дн.		Продуктивність праці	
		на 1 га	всього	ц на 1 люд-дн.	грн на 1 люд-дн.
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	1,5	318,3	16,7	13 333
Люцерна 2-го року	113,2	1,0	113,2	80,0	40 000
Люцерна 3-го року	117,1	1,0	117,1	80,0	40 000
Озима пшениця	190,4	1,5	285,6	36,7	33 000
Горох	116,2	1,5	174,3	15,3	23 000
Буряк кормовий	136,8	3,0	410,4	156,7	39 167
Всього	885,9	-	1418,9	-	30 279

Таблиця 8.4 – Продуктивність праці після проведення будівництва

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Затрати праці, люд-дн.		Продуктивність праці	
		на 1 га	всього	ц на 1 люд-дн.	грн на 1 люд-дн.
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	2,0	424,4	18,5	14 800
Люцерна 2-го року	113,2	1,5	169,8	80,0	40 000
Люцерна 3-го року	117,1	1,5	175,7	80,0	40 000
Озима пшениця	190,4	2,0	380,8	35,0	31 500
Горох	116,2	2,0	232,4	14,0	21 000
Буряк кормовий	136,8	4,0	547,2	140,0	35 000
Всього	885,9	-	1930,3	-	29 076

Таблиця 8.5 – Розрахунок меліоративних витрат після проведення будівництва

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Зрош. норма, м³/га	Споживання води		Меліоративні витрати	
			м³	%	всього, грн	на 1 га, грн
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	3600	763 920	29	2 291 760	10 800
Люцерна 2-го року	113,2	4800	543 360	21	1 630 080	14 400
Люцерна 3-го року	117,1	4200	491 820	19	1 475 460	12 600
Озима пшениця	190,4	2000	380 800	15	1 142 400	6 000
Горох	116,2	1400	162 680	6	488 040	4 200
Буряк кормовий	136,8	1950	266 760	10	800 280	5 850
Всього	885,9	-	2 609 340	100	7 828 020	8 836

Таблиця 8.6 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток до проведення будівництва

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
			на 1 га	всього	на 1 га	всього	на 1 га	всього
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	4 244 000	14 000	2 970 800	14 000	2 970 800	6 000	1 273 200
Люцерна 2-го року	113,2	4 528 000	10 000	1 132 000	10 000	1 132 000	30 000	3 396 000
Люцерна 3-го року	117,1	4 684 000	10 000	1 171 000	10 000	1 171 000	30 000	3 513 000
Озима пшениця	190,4	9 424 800	16 000	3 046 400	16 000	3 046 400	33 500	6 378 400
Горох	116,2	4 008 900	14 000	1 626 800	14 000	1 626 800	20 500	2 382 100
Буряк кормовий	136,8	16 074 000	22 000	3 009 600	22 000	3 009 600	95 500	13 064 400
Всього	885,9	42 963 700	14 625	12 956 600	14 625	12 956 600	33 872	30 007 100

Таблиця 8.7 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток після проведення будівництва

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Меліоративні витрати, грн.	Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
				на 1 га	всього	на 1 га	всього	на 1 га	всього
Ярий ячмінь з підсівом люцерни	212,2	6 281 120	2 291 760	18 000	3 819 600	28 800	6 111 360	800	169 760
Люцерна 2-го року	113,2	6 792 000	1 630 080	14 000	1 584 800	28 400	3 214 880	31 600	3 577 120
Люцерна 3-го року	117,1	7 026 000	1 475 460	14 000	1 639 400	26 600	3 114 860	33 400	3 911 140
Озима пшениця	190,4	11 995 200	1 142 400	21 000	3 998 400	27 000	5 140 800	36 000	6 854 400
Горох	116,2	4 880 400	488 040	18 000	2 091 600	22 200	2 579 640	19 800	2 300 760
Буряк кормовий	136,8	19 152 000	800 280	30 000	4 104 000	35 850	4 904 280	104 150	14 247 720
Всього	885,9	56 126 720	7 828 020	19 458	17 237 800	28 294	25 065 820	35 061	31 060 900

Чистий прибуток від освоєння зрошуваної сівозміни складає 35 061 грн на 1 га. Додатковий чистий прибуток (порівняно з богарними умовами) становить 1 189 грн на 1 га. Для визначення економічної ефективності обчислюють техніко-економічні показники (табл. 8.8).

Таблиця 8.8 – Загальна економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур

Показники	До будівництва	Після будівництва
Площа вирощування / зрошення, га	885,9 / 0	885,9 / 504,5
Капітальні вкладення на 1 га, грн.	-	8 000,0
Вартість валової продукції на 1 га, грн.	48 497,2	63 355,6
Сільськогосподарські витрати на 1 га, грн.	14 625,3	19 458,0
Меліоративні витрати на 1 га, грн.	0,0	8 836,2
Всього витрат на 1 га, грн.	14 625,3	28 294,2
Чистий прибуток на 1 га, грн.	33 871,9	35 061,4
Додатковий чистий прибуток на 1 га, грн.	-	1 189,5
Час окупності системи, років	-	6,7 (~ 7 років)

Визначаємо період окупності капітальних вкладень. Загальний обсяг капітальних вкладень (при 8000 грн/га) складає 7087200 грн. Загальний додатковий чистий прибуток дорівнює 1053800 грн на рік. За даними розрахунків система окупиться приблизно через 7 років, що характеризує будівництво як економічно ефективне.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи щодо організації і технології будівництва закритої зрошувальної мережі та регулюючого басейну у ФГ «Колос Ювілейний» Дніпровського району Дніпропетровської області було вирішено комплекс інженерно-технічних, технологічних та економічних завдань і зроблено наступні висновки:

Обґрунтовано доцільність будівництва сучасного зрошувального комплексу. Враховуючи посушливі агрокліматичні умови регіону (річна кількість опадів 412,2 мм при випаровуваності до 1132 мм), перехід на механізоване зрошення площі 504,5 га є безальтернативним заходом для стабілізації врожайності. Вибір широкозахватних машин кругової дії «Valley» (з витратами 105 та 150 л/с) і закритих поліетиленових трубопроводів ПЕ-100 забезпечить високу рівномірність поливу та ресурсозбереження.

Точно визначено обсяги земляних та будівельно-монтажних робіт. За результатами побудови поздовжніх профілів та розрахунків, загальний об'єм земляних робіт для прокладання труб закритої зрошувальної мережі склав 15045 м³, а розробка котловану під регулюючий басейн (з акумулюючим об'ємом 23890 м³) вимагає розробки 15600 м³ мінерального ґрунту.

Розроблено раціональні технологічні карти. Для виконання робіт підібрано оптимальний комплект високопродуктивної техніки: гусеничний екскаватор Komatsu (ємність ковша 0,5 м³), бульдозер ДЗ-101А та автомобільний кран КС-3579 (вантажопідйомність 15 т). Це дозволило досягти середнього виробітку на будівництві мережі на рівні 125 м³/чол.-дн., а на спорудженні басейну – 411 м³/чол.-дн.

Оптимізовано організацію та строки будівництва. Складений лінійний календарний план будівельного виробництва забезпечив раціональну послідовність процесів. Фактична тривалість будівництва становить 272 дні, що на 30 днів менше за нормативний термін. Рівень виконання норми виробітку досягає 112%, при цьому питомі трудові витрати складають лише 1,39 люд.-дн./га.

Забезпечено високий рівень безпеки та екологічності проекту. Розроблено детальні заходи з охорони праці при монтажі та експлуатації електрофікованих машин «Valley» (напруга 380 В) і роботі у глибоких траншеях. Екологічна безпека гарантується обов'язковим зняттям і збереженням родючого шару ґрунту (рекультивацією), а також використанням протифільтраційного екрану в басейні для захисту від підтоплення.

Доведено високу економічну ефективність інвестицій. Актуалізовані розрахунки в цінах 2026 року свідчать, що впровадження зрошувальної 6-пільної сівозміни дозволяє отримати чистий прибуток у розмірі 35061 грн на 1 га. При питомих капітальних вкладеннях близько 8000 грн/га, загальний проект повністю окупиться приблизно за 7 років, що підтверджує його економічну доцільність та інвестиційну привабливість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний атлас УСССР. – К.: Урожай, 1964. – 36с.
2. Атлас ґрунтів УСССР. – К.: Урожай, 1979. – 160 с.
3. Дідковська, Л. (2022). Основні тенденції розвитку зрошення: світовий досвід та уроки для України. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 1(3), 1-13.
4. Дідковська, Л. І. (2022). Нормативно-правові засади та державна підтримка розвитку зрошувального землеробства. *Агросвіт*, (9-10), 44-50.
5. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – Держводгосп України. Київ 1999.
6. Ромащенко, М., & Богаєнко, В. (2024). Математичне моделювання як інструмент досліджень та підтримки прийняття рішень у меліорації. *Вісник аграрної науки*, 102(1), 56-63.
7. 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.
8. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (зі змінами та доповненнями).
9. Рокочинський А.М. (2014). Основи гідромеліорацій: Навч. посібник / А.М. Рокочинський, Г.І. Сапсай, В.Г. Муранов, П.І. Мендусь, А.С. Теслюкевич // за ред. проф. А.М. Рокочинського. – Рівне: НУВГП, 2014. – 255 с.
10. Григор'єва, Х. А. (2024). Зрошення та продовольча безпека в контексті дефіциту води: правові проблеми та перспективи.
11. ДБН В.2.4-1:2009. Меліоративні системи та споруди. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 52 с.
12. Ромащенко М.І. (2007) Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / М.І. Ромащенко, В.І. Доценко, Д.М. Онопрієнко, О.І. Шевелєв

// За ред.. академіка УВВН М.І. Ромащенко. – Дніпропетровськ:, 2007–175 с.

13. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення.– К.: Світ, 2000. – 114 с.
14. Склад і зміст матеріалів ОВНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А 2.2-1-2003
15. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд ДБН А.2.2-1-2003. – К.: Держбуд України, 2004. – 21 с.
16. Методичні рекомендації до практичних робіт з навчальної дисципліни «Водна інженерія та водні технології» Розділ «Розрахунок елементів техніки поливу сільськогосподарських культур» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Гідротехніка (водні ресурси)» / В.І. Доценко. – Дніпро: ДДАЕУ. – 2019. – 62 с.
17. Рокочинський А.М. (2015) Проектування закритих зрошувальних систем: навчальний посібник / А.М. Рокочинський, Ю.І. Гринь, В.І. Доценко, П.І. Мендсь, В.В. Коваленко, С.М. Кропивко, Л.М. Рудаков, А.В. Ткачук //за редакцією проф. А.М. Рокочинського та проф. Ю.І. Гриня. – Рівне: НУВГП – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2015. – 374 с. 21.