

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»  
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри цивільної інженерії,  
технологій будівництва і захисту довкілля  
д.т.н., професор \_\_\_\_\_ В. Є. Волкова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
на тему: «Проект будівництва зрошувальної мережі для дощувальних машин  
фронтальної дії в агрофірмі «Надія» Синельниківського району  
Дніпропетровської області»

Виконав здобувач вищої освіти  
2 курсу, групи МГБЦІ-1-22 \_\_\_\_\_ Богдан ЩИКНО  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Геннадій ГАПЧ  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Дніпро 2023

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»  
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри цивільної інженерії,  
технологій будівництва і захисту довкілля  
д.т.н., професор \_\_\_\_\_ В. Є. Волкова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Щикно Богдану Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проект будівництва зрошувальної мережі для дошувальних машин фронтальної дії в агрофірмі «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області» затверджена наказом по університету від «10» жовтня 2023р. № 3058.

2. Термін здачі закінченої роботи: «14» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: план розташування земельної ділянки та джерела зрошення сільськогосподарських культур; перелік сівозміни

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Природні умови території розташування об'єкту досліджень; Обґрунтування режиму зрошення і техніки поливу сільськогосподарських культур; Проектування насосної станції; Технологічна карта на будівництво закритої зрошувальної мережі; Організація будівельного виробництва на ділянці досліджень; Оцінка впливу на довкілля та охорона навколишнього природного середовища; Охорона праці та техніка безпеки у надзвичайних ситуаціях; Розрахунок кошторисної вартості будівництва закритої зрошувальної мережі; Визначення економічної ефективності будівництва зрошувальної мережі; Вступ; Висновки; Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу: презентація у програмному середовищі Microsoft PowerPoint

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Г. В. Гапіч)  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ (Б.Ю. Щикно)  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з. п. | Назва етапів дипломної роботи  | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---------|--|--------------------------------|----------|
| 1       | Природні умови території розташування об'єкту досліджень   | вересень 2023 р.               |          |
| 2       | Обґрунтування режиму зрошення і техніки поливу сільськогосподарських культур   | вересень-жовтень 2023 р.       |          |
| 3       | Проектування насосної станції  | жовтень-листопад 2023 р.       |          |
| 4       | Технологічна карта на будівництво закритої зрошувальної мережі   | жовтень-листопад 2023 р.       |          |
| 5       | Організація будівельного виробництва на ділянці досліджень   | листопад 2023 р.               |          |
| 6       | Оцінка впливу на довкілля та охорона навколишнього природного середовища   | листопад 2023 р.               |          |
| 7       | Охорона праці та техніка безпеки у надзвичайних ситуаціях  | листопад 2023 р.               |          |
| 8       | Розрахунок кошторисної вартості будівництва закритої зрошувальної мережі   | грудень 2023 р.                |          |
| 9       | Визначення економічної ефективності будівництва зрошувальної мережі  | грудень 2023 р.                |          |
| 10      | Вступ; Висновки; Список літератури   | грудень 2023 р.                |          |
| 11      | Написання тез доповідей конференції, участь у конференції; Підготовка презентації; попередній захист роботи на кафедрі | грудень 2023 р.                |          |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ (Б.Ю. Щикно)  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Г.В. Гапіч)  
(підпис)

## ЗМІСТ

|   |  |
|---|--|
| ВСТУП.....  |  |
| 1 ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ .....                    |  |
| 1.1 Загальна характеристика території району будівництва масиву зрошення .....      |  |
| 1.2 Геоморфологічна характеристика території досліджень.....                        |  |
| 1.3 Кліматичні умови району досліджень.....   |  |
| 1.4 Геологічні та гідрогеологічні умови території будівництва...                    |  |
| 1.5 Характеристика та склад ґрунтового покриву території .....                      |  |
| 2 ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ І ТЕХНІКИ ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР..... |  |
| 2.1 Визначення норм і строків поливу сільськогосподарських культур.....             |  |
| 2.2 Обґрунтування способу і техніки поливу.....                                     |  |
| 2.3 Розрахунок та побудова графіків поливів.....                                    |  |
| 3 ПРОЕКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....  |  |
| 3.1 Гідравлічний розрахунок закритої зрошувальної мережі .....                      |  |
| 3.2 Вибір гідромеханічного і електротехнічного обладнання насосної станції .....    |  |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 4   | ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА БУДІВНИЦТВО ЗАКРИТОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ .....           |  |
| 4.1 | Розрахунок обсягів земляних робіт при будівництві зрошувальної мережі.....     |  |
| 4.2 | Калькуляція трудових витрат та фонду заробітної платні робітників .....        |  |
| 4.3 | Вибір комплекту будівельних машин і механізмів.....                            |  |
| 4.4 | Технологія виконання земляних та будівельно-монтажних робіт .....              |  |
| 5   | ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ДІЛЯНЦІ ДОСЛІДЖЕНЬ .....               |  |
| 5.1 | Загальні положення.....  |  |
| 5.2 | Календарне планування будівництва зрошувальної мережі ...                      |  |
| 6   | ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ..... |  |
| 6.1 | Вплив на ґрунтовий покрив .....  |  |
| 6.2 | Вплив на поверхневі води .....   |  |
| 6.3 | Вплив підземні води .....  |  |
| 6.4 | Вплив на повітря .....   |  |
| 7   | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....                |  |
| 7.1 | Основні заходи з охорони праці та безпеки у проекті виробництва робіт .....    |  |

|  |  |
|--|--|
| 7.2 Техніка безпеки під час виконання земляних робіт .....   |  |
| 7.3 Безпека при проведенні будівельно-монтажних робіт .....  |  |
| 8 РОЗРАХУНОК КОШТОРИСНОЇ ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА<br>ЗАКРИТОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ .....                |  |
| 9 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА<br>ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ.....                      |  |
| 9.1 Визначення обсягів капіталовкладень .....  |  |
| 9.2 Розрахунок техніко-економічних показників будівництва....                                      |  |
| ВИСНОВКИ.....  |  |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....   |  |
| ДОДАТКИ.....   |  |
| Додаток 1. Апробація результатів кваліфікаційної роботи<br>(тези доповідей матеріалів конференції) |  |
| Додаток 2. Кошторисний розрахунок вартості будівництва закритої<br>зрошувальної мережі             |  |

## ВСТУП

В умовах воєнного стану продовольча та водна безпека країни є одними з ключових факторів економічної стабільності та розвитку. Додатковим фактором впливу є, також, стрімкі кліматичні зміни. У зв'язку з цим, вирощування сільськогосподарських культур у Степові зоні України практично неможливе без зрошення. В період повоєнного відновлення перспективним є напрямок впровадження фермерськими господарствами різних видів меліорації земель задля інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Ключовим при цьому є гідромеліорація, що виконується за рахунок подачі необхідної кількості води, дозволяє зберегти оптимальний рівень вологості ґрунтів та виконувати регулювання їх водного режиму.

На сучасному етапі розвитку водних меліорацій необхідним та доцільним є застосування високопродуктивної дощувальної техніки, до якої можна віднести машини фронтальної дії фірми *Reinke*.

Отже, метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту будівництва закритої зрошувальної системи у агрофірмі «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області. Об'єктом проекту виступає мережа поливних трубопроводів та насосна станція на масиві зрошення загальною площею 311 га.

Предметом дослідження є проектування масиву зрошення та насосної станції. В окремих розділах кваліфікаційної роботи передбачається розгляд питань щодо: режиму зрошення сільськогосподарських культур, гідравлічного розрахунку закритої мережі, підбір насосного обладнання, організації і технології будівництва зрошувальної системи, оцінки впливу на довкілля та охорони праці під час виробництва робіт, а також визначення техніко-економічних показників проекту та кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт.

## 1 ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Загальна характеристика території району будівництва масиву зрошення

Територія досліджуваної ділянки де розташований масив зрошення знаходиться в межах землекористування агрофірми «Надія» (Дніпропетровська область). Зрошуваний масив примикає до селища Коломиїці. Неподалік масиву протікає річка Вовча та знаходиться водосховище (ставок), з якого заплановано забір води у зрошувальну мережу закритих поливних трубопроводів (рис.1.1).



Рис. 1.1 – Оглядова схема району будівництва.



Відстань від об'єкта будівництва до районного центру становить – 15 км, до обласного центру (м. Дніпро) – близько 150 км. Інфраструктура району та територіальної громади достатньо розвинена для завезення (постачання) будь-яких будівельних матеріалів. Труби, арматуру, залізобетонні елементи збірних конструкцій до будівельного майданчику можливо доставити автомобільним транспортом.

Рельєф досліджуваної території, на якій розташований масив зрошення, представляє собою пологу, широко хвилясту степову рівнину з балковою-яружною мережею невеликих водотоків. Проектна ділянка зрошуваного масиву розташована на вододільному плато. Абсолютні відмітки території змінюються від 100 м до 140 м. Похили поверхні землі від 0,005 до 0,05.

Отже, рельєф рівнинний, спокійний, без видимих ознак водної та вітрової ерозії. Лише в північно-східній та східній частині, де масив прилягає до балочної мережі, спостерігаються поодинокі випадки прояву водної ерозії.

## 1.2 Геоморфологічна характеристика території досліджень

Земельна ділянка агрофірми «Надія» розташована в Синельниківському районі Дніпропетровської області. У геоструктурному відношенні досліджувана територія розташована на південному краю Східноєвропейської платформи. Кристалічний фундамент тут залягає на глибинах від 0,2-0,4 з півночі до 1,8-2,5 км – на південній частині. На карті вивітрювання та гранітно гнейсових породах фундаменту залягає карбонатна товща відкладень Причорноморської западини. На півночі вона складається з палеогенових карбонатних та глинистих порід, які місцями відшаровуються у річкових

долинах. На півдні під ними залягають карбонатні верхньокрейдові і піщано-глинисті нижньокрейдові відклади. Верхні шари осадового чохла складаються з міоценових пісків, глин і вапняків Південо-Української монокліналі [1].

У геоморфологічному відношенні територія району досліджень представляє собою лесову рівнину з хвилястою поверхнею на палеозой-кайнозойському фундаменті. Долина характеризується густим долино-балочним розчленуванням радіального типу, з глибиною врізу до 70-80 м. Долини річок і балок мають невелику ширину і круті схили та характеризуються виходами на денну поверхню до четвертинних порід [1].

### 1.3 Кліматичні умови району досліджень

Синельниківський район відноситься до території з недостатньою вологістю у теплі періоди вегетації сільськогосподарських культур. Клімат території помірний з м'якою та малосніжною зимою, а також жарким (посушливим) літом. Здебільшого опади відрізняються нерівномірністю і коливаннями їх кількості. Це спричиняє нерівномірне зволоження в різні роки та періоди. Орієнтовна кількість опадів за період вегетаційний складає в межах 250-280 мм, загальна річна кількість опадів – 450-480 мм. У таблиці 1.1 наведена середньомісячна та річна кількість опадів.

Таблиця 1.1 – Середньомісячна та річна кількість опадів(мм) [34]

| Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Всього за рік |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|
| 01     | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |               |
| 30     | 22 | 27 | 36 | 50 | 73 | 60 | 47 | 30 | 33 | 35 | 37 | 480           |

Утворення і сход снігового покриву зазвичай залежать від погодно-кліматичних умов. Останні десятиліття спостерігається незначна кількість днів зі сталим сніговим покривом. Це є причиною частих відлиг, зимових дощами та ін. Стійкий сніговий покрив на території досліджень та у регіоні в цілому відсутній у 2/3 сучасного зимового періоду. Висота снігового покриву незначна та нерівномірна (в середньому 4 см).

Середня температура атмосферного повітря найтеплішого місяця (липня) становить  $+21,5^{\circ}$ . Найбільш холодно у січн-лютому  $-6,3^{\circ}\text{C}$ . Середні показники температура атмосферного повітря наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Середні щомісячні та річні показники температури атмосферного повітря [35]

| Місяці                          | 01   | 02   | 03   | 04  | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10  | 11  | 12   | Рік |
|---------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Показник,<br>$^{\circ}\text{C}$ | -6,3 | -5,8 | -0,5 | 7,8 | 15,4 | 18,6 | 21,5 | 20,5 | 14,8 | 8,5 | 1,2 | -3,8 | 7,9 |

Суми активних температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  досягають показника 2900-3000 $^{\circ}\text{C}$  за рік. Тривалість такого періоду з температурою вище за  $10^{\circ}\text{C}$  складає орієнтовно 165-175 діб.

Вологість атмосферного повітря характеризує режим зволоження території. На сьогодні це має визначальне значення для росту і розвитку сільськогосподарських рослин (культур). Вологість повітря характеризується показниками: величини пружності водяного пару (тобто, абсолютна вологість), відносною та дефіцитом вологості повітря відповідно.

Загальна інформації щодо абсолютної та відносної вологості повітря у регіоні (досліджуваної території) наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Відомості про абсолютну та відносну вологість атмосферного повітря [34]

| Місяці    | 01  | 02  | 03  | 04  | 05  | 06   | 07   | 08   | 09   | 10  | 11  | 12  | Рік |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Абсолютна | 4,1 | 4,1 | 5,0 | 7,2 | 9,9 | 12,1 | 14,7 | 13,7 | 10,6 | 8,2 | 6,4 | 4,9 | 8,4 |
| Відносна  | 88  | 85  | 82  | 66  | 58  | 58   | 58   | 58   | 62   | 75  | 86  | 89  | 72  |

Показники дефіциту вологості атмосферного повітря змінюються залежно від температури повітря. У зв'язку з цим через високі температури дефіцит вологості збільшується. У таблиці 1.4 представлено показники середні по місяцям та річного дефіциту вологості атмосферного повітря.

Таблиця 1.4 – Середні по місяцям і річний дефіцит вологості повітря [34]

| Місяць                         | 01  | 02  | 03  | 04  | 05  | 06  | 07   | 08   | 09  | 10  | 11  | 12  | Рік |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Дефіцит вологості повітря (мб) | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 4,5 | 8,2 | 9,7 | 11,6 | 11,4 | 5,9 | 2,9 | 1,0 | 0,4 | 4,8 |

При веденні сільського господарства та вирощуванні культур важливе місце надається інформації про переважаючий напрями та швидкість вітру. Вітровий режим досліджуваної території характеризується частою зміною напрямків. У теплі періоди року переважають вітра з північних, північно-західних і північно-східних напрямків. Взимку та у холодний період року переважають східні. За останні десятиліття та у зв'язку із стрімкою зміною клімату часто влітку спостерігаються суховії. Середня багаторічна швидкість вітру на даній території становить 5,0-5,2 м/с.

#### 1.4 Геологічні та гідрогеологічні умови території будівництва

Положення району досліджень визначається двома геологічними структурами: Бахмутською і Кальміус-Торецькою котловинами, які представляють собою західну зону замикання складчастого Донбасу. Фундаментом осадочного комплексу є виверженні й метаморфізовані породи архею та протерозою. Кам'яновугільні відклади представлені всіма типами і в межах району мають повсюдний розвиток. Залягають вони, як правило, на девонських або докембрійських породах. Подекуди виходять на денну поверхню або перекриваються четвертинними, рідше – неогеновими відкладеннями. Представлені переважно вапняками з прошарками аргілітів. Верхня частина розрізу складена ритмічним чергуванням доломітів, аргілітів, алевролітів, пісковиків з прошарками вапняків та вуглів. Відкладення пермського віку представлені червоноколірними аргілітами, алевролітами, пісковиками. Тріасові відклади мають обмежене поширення. Юрські та нижньокрейдові відкладення представлені глинами з прошарками пісковиків та бурих вуглів і поширені у північно-західній частині району, де вони облямовують кам'яновугільне підняття. Крейдова система представлена писальною крейдою, крейдоподібними вапняками з прошарками пісковиків. Відкладення палеогену – піски, глауконітові пісковики, зеленувато-сірі алевроліти. Неогенові відклади представлені горизонтом строкатих глин і кварцових пісків із прошарками суглинків. Четвертинні відкладення складені з алювіальних, еоло-делювіальних, елювіальних, елювіально-делювіальних та делювіальних порід [1].

Гідрогеологічні умови та режим ґрунтових вод. Зона ґрунтових вод знаходиться переважно у лесових та алювіальних породах. Ґрунтові води у верхньочетвертинних і сучасних алювіальних і алювіально-делювіальних відкладах заплав, днищ балок, I і II надзаплавних терас поширені у долинах Казенного Торця, Кривого Торця, Вовчої, Солоні та їх численних приток і віднесені до алювіальних утворень. На окремих ділянках алювій заплав і надзаплавних терас залягає вище рівня підземних вод. Безводні також алювіально-делювіальні утворення днищ балок, що підстеляються добре

проникними більш древніми породами, внаслідок чого водостоки у цих балках мають тимчасовий характер і спостерігаються у долинах великих річок: 15-20 м у заплавах і до 30 м на I-II надзаплавних терасах. Для малих річок характерні середні величини потужності від – 1-5 до 7-10 м. Потужність водозбагачених алювіально-делювіальних утворень рідко перевищує 2-4 м [1].

Найбільш водозбагаченими є крупнозернисті піски в основі розрізу заплав і I-II терас великих річок. Дебіт свердловин становить 1-3,3 л/с. Коефіцієнти фільтрації коливаються від 1,8 до 39 м/добу. Доволі часто води забруднені органічними домішками. Води горизонту широко використовуються для господарсько-питного водопостачання за допомогою шахтних колодязів.

Підземні води у нерозчленованих кимериджсько-волзьких, нижньокрейдових і сеноманських відкладах віднесені до синклінальських прогинів. У Часів-Ярсько-Черкаській синкліналі і Лимарській мульдї присутня, як правило, лише найвища частина комплексу – водоносний горизонт у відкладах сеноманського ярусу. Водовмісними породами комплексу є різнозернисті піски й пісковики, іноді спонголіти, що складають верхню частину розрізу. У нижній частині піски перешаровуються з верхньоюрськими червоно-бурими і строкатими глинами. Потужність окремих горизонтів від 3-5 до 20-50 м. Загальна потужність відкладів комплексу закономірно збільшується у напрямку з південного сходу на північний захід від 3-5 до 150-180 м, найбільш характерна величина 30-60 м. Вони залягають, як правило, на вапняковистій товщі келовей-оксфорду і перекриваються у центральних частинах синкліналей водотривкими мергельно-крейдяними породами, на бортах цих структур – різновіковими породами кайнозою і мають гідравлічний зв'язок з віднесеними до них водоносними горизонтами [1].

Найбільш волого збагаченими є тріщинуваті спонголіти. Коефіцієнти фільтрації водовмісних порід комплексу коливаються від 0,007 до 4,7 м/добу. Дебіт свердловини – 0,14-1,6 л/с. Хімічний склад вод комплексу доволі

різноманітний і залежить від глибини його залягання. У зоні інтенсивного водообміну води гідрокарбонатні і гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-натрієві або натрієво-кальцієві з мінералізацією до 0,6 г/дм<sup>3</sup> і загальною жорсткістю 3-7,5 мг×екв. Практичне значення підземних вод невелике внаслідок незначних їх ресурсів і чималої глибини залягання [1].

### 1.5 Характеристика та склад ґрунтового покриву території

Ґрунтовий покрив території в районі проектування представлений чорноземами звичайними важкосуглинковими, середньо гумусними. У структурі ґрунтового покриву вони займають близько 64%. Ці ґрунти мають типовий чорноземний профіль, високу вбирну здатність, добре насичені кальцієм (90-95% вбирного комплексу), реакція ґрунтового розчину нейтральна або слабо лужна. Вміст гумусу в чорноземах звичайних 6,0-6,5%, а орієнтовна потужність гумусового горизонту 60-100см [2].

Питома вага чорноземів звичайних у зоні ріллі становить 59,2%; щільність складення – 1,17% г/см<sup>3</sup>; загальна пористість – 55,1%; вологість в'янення – 12,1%; найменша вологоємність складає 29,4%; вміст активної вологи – 17,3%. Морфологічний опис ґрунту ділянки наведено в таблиці 1.5. У таблицях 1.6-1.7 наведені дані про фізичні та водно-фізичні властивості ґрунту.

Таблиця 1.5 – Морфологічний опис ґрунту [35]

| Горизонт | Потужність, см | Профіль ґрунту  |
|----------|----------------|---|
| Н        | 0-22           | Темно-сірий, свіжий, грудкувато-пилуватий, легко глинистий, пухкий, багато коріння. Перехід поступовий.               |
| Нр       | 22-58          | Темно-сірий з бурим відтінком, свіжий, зернисто-грудкуватий, легко глинистий, щільніший за попередній, багато коріння |

|     |        |   |
|-----|--------|---|
|     |        | рослин, карбонати у вигляді псевдоміцелія з глибини 42см.<br>Перехід поступовий.  |
| Phk | 58-75  | Сірий з бурим відтінком, зверху грудкуватий , легкоглинистий, ущільнений, багато коріння рослин, карбонати у вигляді псевдоміцелія. Перехід слабо помітний.             |
| Phk | 75-95  | Світло сірий з бурим відтінком, вологий, грудкувато-зернистий, легкоглинистий, ущільнений, із залишком коріння, карбонати у вигляді «білозірки». Перехід мало помітний. |
| Pk  | 96-150 | Пальовий з бурим відтінком, свіжий, майже безструктурний, легко глинистий лес, з одиничними залишками коріння, карбонати у вигляді «білозірки».                         |

Таблиця 1.6 – Агрогідрологічні властивості ґрунту [35]

| Глибина<br>(см) | Щільність,<br>г/см <sup>3</sup> | Коефіцієнт в'янення |    | Найменша<br>вологоемкість |    | Максимально<br>можливі запаси<br>продуктивної<br>вологи |
|-----------------|---------------------------------|---------------------|----|---------------------------|----|---|
|                 |                                 | %                   | мм | %                         | мм |   |
| 0-10            | 0,9                             | 13,2                | 12 | 31,9                      | 29 | 17  |
| 10-20           | 1,1                             | 13,5                | 15 | 29,4                      | 32 | 17  |
| 20-30           | 1,2                             | 14,1                | 17 | 27,4                      | 33 | 16  |
| 30-40           | 1,2                             | 13,2                | 16 | 27,2                      | 33 | 17  |
| 40-50           | 1,2                             | 13,6                | 16 | 25,6                      | 31 | 15  |
| 50-60           | 1,2                             | 12,4                | 15 | 24,2                      | 25 | 10  |
| 60-70           | 1,3                             | 12,4                | 16 | 22,8                      | 30 | 14  |
| 70-80           | 1,3                             | 11,8                | 15 | 22,3                      | 29 | 14  |
| 80-90           | 1,3                             | 11,6                | 15 | 22,2                      | 29 | 14  |
| 90-100          | 1,3                             | 11,8                | 15 | 21,8                      | 28 | 13  |
| 100-110         | 1,3                             | 11,9                | 16 | 21,8                      | 28 | 12  |
| 110-120         | 1,3                             | 10,5                | 14 | 22,0                      | 29 | 15  |
| 120-130         | 1,3                             | 11,4                | 15 | 21,8                      | 28 | 13  |
| 130-140         | 1,4                             | 11,0                | 15 | 21,6                      | 30 | 15  |
| 140-150         | 1,3                             | 11,2                | 15 | 21,2                      | 28 | 13  |

Таблиця 1.7 – Фізичні та водно-фізичні властивості ґрунту



| Показник  |                                | Глибина відбору зразків |       |       |       |       |       |         |
|---|--------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|   |                                | 0-10                    | 30-40 | 50-60 | 60-70 | 75-85 | 85-95 | 130-140 |
| Щільність, г/см <sup>3</sup>                                  |                                | 1,0                     | 1,20  | 1,25  | 1,27  | 1,27  | 1,28  | 1,35    |
| Питома маса, г/см <sup>3</sup>                                |                                | 2,60                    | 2,60  | 2,62  | 2,62  | 2,63  | 2,64  | 2,66    |
| Загальна шпаруватість, %                                      |                                | 57,69                   | 53,84 | 52,29 | 51,52 | 51,71 | 51,51 | 49,24   |
| Максимальна гігроскопічність, %                               |                                | 9,00                    | 8,96  | 8,84  | 9,11  | 9,00  | 8,75  | 8,93    |
| Найменша вологоємність, %                                     |                                | 32,10                   | 31,5  | 29,00 | 28,70 | 27,90 | 27,00 | 24,30   |
| Вологість в'янення, %   |                                | 12,06                   | 12,00 | 11,84 | 12,20 | 12,06 | 11,72 | 11,96   |
| Аерація при НВ, %   |                                | 22,59                   | 16,46 | 16,04 | 15,07 | 16,28 | 19,65 | 16,44   |
| Валовий хімічний склад ґрунту, % оксидів на прожарену наважку | SiO <sup>2</sup>               | 74,80                   | 75,00 | 72,40 | -     | -     | -     | 67,50   |
|   | Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 4,90                    | 4,70  | 4,70  | -     | -     | -     | 2,50    |
|   | Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 12,80                   | 14,20 | 12,50 | -     | -     | -     | 11,40   |
|   | CaO                            | 1,80                    | 0,40  | 4,60  | -     | -     | -     | 12,80   |
|   | MaO                            | 1,80                    | 0,70  | 1,70  | -     | -     | -     | 3,10    |
|   | Na <sup>2</sup> O              | 0,80                    | 0,80  | 0,80  | -     | -     | -     | 0,50    |
|   | MnO                            | -                       | -     | 0,20  | -     | -     | -     | 0,30    |
| SiO <sup>2</sup> :R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>               | 8,00                           | 7,40                    | 8,0   | -     | -     | -     | 8,80  |         |
| Загальна кількість гумусу, %                                  |                                | 6,10                    | 5,65  | 4,07  | 4,04  | 2,52  | 2,30  | 0,74    |

Під час проектування та будівництва закритої зрошувальної мережі важливим елементом є знання глибини промерзання ґрунту, яка для умов нашого регіону максимально складає 0,9 м.

Чорноземна зона Степу має надзвичайно велике сільськогосподарське значення для України. Особливо гостро це питання постає з огляду на продовольчу та водну безпеку країни внаслідок війни. У цій зоні успішно вирощувати найцінніші продовольчі сільськогосподарські культури, передусім: озиму та яру пшениці, ячмінь, овес, кукурудзу, соняшник, цукровий буряк, картоплю, овочеві тощо неможливо без зрошення, що підкреслює актуальність обраної тематики досліджень та проектування.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ І ТЕХНІКИ ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Режим зрошення (поливний режим) сільськогосподарських культур – це сукупність норм, строків та кількості поливів при певних погодних і агротехнічних умовах. Основним завданням режиму зрошення є створення та підтримка в активному шарі ґрунту оптимального водного режиму, який забезпечує отримання стійкого планового врожаю сільськогосподарських культур [15].

Для проектування закритої зрошувальної мережі з трубопроводів необхідно керуватися режимом зрошення сільськогосподарських культур розрахований для сухого року 75%-ої забезпеченості. Вибір року заданої забезпеченості проводять по ретроспективному ряду років спостережень.

Метеорологічні фактори: атмосферні опади, температура повітря, дефіцит та вологість повітря, змінюються як в багаторічному розрізі так і на протязі періоду вегетації культур.

### 2.1 Визначення норм і строків поливу сільськогосподарських культур

Поливна норма – це об'єм води, який необхідно подати на один гектар зрошуваної площі за один полив. Її визначають у  $\text{м}^3/\text{га}$  або мм шару води. Величина поливної норми залежить від багатьох факторів: водно-фізичні

властивості ґрунту, рельєф, сільськогосподарська культура, спосіб та техніка поливу. Розрахункове значення поливної норми визначаємо за формулою О.М. Костякова [15,16]

$$m = 100 \cdot H \gamma \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{доп}}), \quad (2.1)$$

де  $H$  – глибина розрахункового шару ґрунту, м;  $\gamma$  – щільність розрахункового шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $\beta_{\text{нв}}$  – вологість ґрунту, що відповідає найменшій вологості ґрунту, %;  $\beta_{\text{доп}}$  – вологість ґрунту, що відповідає допустимому порозу висушування, %.

При зрошенні способом дощування поливна норма повинна враховувати інтенсивність дощу, здатність вбирання води в ґрунт, рельєф та похил поверхні території. У всіх випадках технологічна норма поливу не повинна перевищувати достовірну (ерозійну допустиму), яку для поливних машин *Rainke* можна визначити за формулою:

$$m = Kv / (\rho^{1/2} e^{0.5d}), \quad (2.2)$$

де  $Kv$  – показник який враховує всмоктувальну здатність ґрунту, мм;  $\rho$  – інтенсивність штучного дощу, мм/хв;  $d$  – середній діаметр крапель, мм.

В нашому випадку середньосуглинкові ґрунти мають всмоктуючу здатність  $Kv=40$  мм ;  $\rho=0,32$ мм/хв;  $d=1,5$ мм.

$$m = 40 / (0,3^{1/2} e^{0,5 \cdot 1,5}) = 30 \text{ мм.}$$

Поливні норми розраховуємо для всіх фенологічних фаз розвитку сільськогосподарських культур і зводимо до таблиці 2.1

Строки поливів визначаємо згідно з інтегральними кривими дефіцитів водоспоживання (розраховано за біокліматичним методом [16]). Розрахунок режиму зрошення сільськогосподарських культур виконуємо подекадно у наступній послідовності (табл. 2.2 – 2.7; рис. 2.1 – 2.6).

Початок вегетації для багаторічних трав та озимих культур приймаємо з дня відновлення вегетації, що починається з датою переходу середньодобових температур повітря через +5<sup>0</sup>С.

Таблиця 2.1 – Норми поливів сільськогосподарських культур

| Фаза                      | H, м | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | $\beta_{нв}$ , % | $\beta_{доп}$ , % | m, м <sup>3</sup> /га | m <sub>дост</sub> , м <sup>3</sup> /га | m <sub>прийн</sub> , м <sup>3</sup> /га |
|---------------------------|------|------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|--|---|
| <i>Люцерна 1-го року</i>  |      |                              |                  |                   |                       |  |   |
| посів-сходи               | 0,30 | 1,20                         | 27,00            | 18,90             | 292                   | 300                                    | 300                                     |
| 1-й укос                  | 0,50 | 1,25                         | 26,30            | 19,73             | 411                   | 300                                    | 300                                     |
| відростання               | 0,50 | 1,25                         | 26,30            | 21,04             | 329                   | 300                                    | 300                                     |
| 2-й укос                  | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 19,20             | 624                   | 300                                    | 300                                     |
| відростання               | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 19,20             | 624                   | 300                                    | 300                                     |
| <i>Люцерна 2-го року</i>  |      |                              |                  |                   |                       |  |   |
| відновлення вегетації     | 0,80 | 1,30                         | 24,30            | 17,01             | 758                   | 300                                    | 300                                     |
| 1-й укос                  | 0,80 | 1,30                         | 24,30            | 18,23             | 632                   | 300                                    | 300                                     |
| відростання               | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 16,80             | 936                   | 300                                    | 300                                     |
| 2-й укос                  | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 18,00             | 780                   | 300                                    | 300                                     |
| відростання               | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 16,80             | 936                   | 300                                    | 300                                     |
| 3-й укос                  | 1,00 | 1,30                         | 24,00            | 18,00             | 780                   | 300                                    | 300                                     |
| <i>Кукурудза на зерно</i> |      |                              |                  |                   |                       |  |   |
| посів                     | 0,30 | 1,20                         | 27,00            | 18,90             | 292                   | 300                                    | 300                                     |
| сходи                     | 0,50 | 1,25                         | 26,30            | 18,41             | 493                   | 300                                    | 300                                     |

|                                  |      |      |       |       |     |     |     |
|----------------------------------|------|------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 4-й листок                       | 0,50 | 1,25 | 26,30 | 19,73 | 411 | 300 | 300 |
| 8-й листок                       | 0,60 | 1,27 | 26,50 | 19,88 | 505 | 300 | 300 |
| викидання волоті                 | 0,90 | 1,30 | 24,30 | 18,23 | 711 | 300 | 300 |
| цвітіння                         | 0,90 | 1,30 | 24,30 | 18,23 | 711 | 300 | 300 |
| молочна стиглість                | 1,00 | 1,30 | 24,00 | 16,80 | 936 | 300 | 300 |
| <i>Озима пшениця</i>             |      |      |       |       |     |     |     |
| відновлення вегетації            | 0,50 | 1,25 | 26,30 | 18,41 | 493 | 300 | 300 |
| кущіння                          | 0,60 | 1,27 | 26,50 | 18,55 | 606 | 300 | 300 |
| початок трубкування              | 0,90 | 1,30 | 24,00 | 18,00 | 702 | 300 | 300 |
| колосіння                        | 0,90 | 1,30 | 24,00 | 18,00 | 702 | 300 | 300 |
| <i>Яровий ячмінь</i>             |      |      |       |       |     |     |     |
| посів                            | 0,40 | 1,25 | 26,30 | 18,41 | 395 | 300 | 300 |
| сходи                            | 0,50 | 1,25 | 26,30 | 18,41 | 493 | 300 | 300 |
| кущіння                          | 0,60 | 1,27 | 26,50 | 19,88 | 505 | 300 | 300 |
| початок трубкування              | 0,60 | 1,27 | 26,50 | 18,55 | 606 | 300 | 300 |
| колосіння                        | 0,70 | 1,28 | 26,00 | 18,20 | 699 | 300 | 300 |
| цвітіння                         | 0,80 | 1,30 | 24,00 | 16,80 | 749 | 300 | 300 |
| <i>Кукурудза на зелений корм</i> |      |      |       |       |     |     |     |
| посів                            | 0,40 | 1,25 | 26,30 | 18,41 | 395 | 300 | 300 |
| сходи                            | 0,50 | 1,25 | 26,30 | 18,41 | 493 | 300 | 300 |
| 4-й листок                       | 0,60 | 1,27 | 26,50 | 19,88 | 505 | 300 | 300 |
| 8-й листок                       | 0,90 | 1,30 | 24,00 | 18,00 | 702 | 300 | 300 |
| викидання волоті                 | 0,90 | 1,30 | 24,00 | 18,00 | 702 | 300 | 300 |
| цвітіння                         | 1,00 | 1,30 | 24,00 | 18,00 | 780 | 300 | 300 |
| молочна стиглість                | 1,00 | 1,30 | 24,00 | 16,80 | 936 | 300 | 300 |

Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годиниї тривалості  $b$  визначаємо залежно від географічної широти місцевості [16]. Біокліматичний коефіцієнт  $k_b$  приймаємо для різних

сільськогосподарських культур за сумами приведених середньодобових температур повітря  $\Sigma b \Sigma t$ . При цьому для ярих культур в період від сівби до сходів коефіцієнт біологічної кривої  $k_b$  з незатіненої поверхні ґрунту приймаємо 0,15 мм/мб при опадах менше 5 мм та 0,19 мм/мб – при випадінні опадів більше ніж 5 мм.

Сумарне водоспоживання  $E$  визначаємо за формулою:

$$E = k_b \cdot \Sigma d, \quad (2.3)$$

де  $E$  – сумарне водоспоживання за будь-який час, мм;  $\Sigma d$  – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за цей же період, мб;  $k_b$  – біологічний коефіцієнт (коефіцієнт біологічної кривої) - витрати вологи на одиницю дефіцитів вологості повітря, мм/мб.

Дефіцит водоспоживання розраховують за формулою

$$D = E_m - (\mu P + W_{гр}). \quad (2.4)$$

За декадними дефіцитами водоспоживання  $D$  розраховуємо їх значення наростаючим підсумком ( $\Sigma D$ , мм), за якими будуємо інтегральні криві дефіциту водоспоживання.

Подальші розрахунки строків поливів проводимо графічним методом. На інтегральних кривих відкладаємо початкові ефективні вологозапаси ( $W_{ef}$ ), які розраховуються за формулою

$$W_{ef} = 100 \cdot H \gamma \cdot (\beta_{п} - \beta_{доп}), \quad (2.5)$$

Зрошувальні норми розраховуємо як суму поливних норм за весь вегетаційний період.

Таблиця 2.2 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання люцерни 1-го р. для року 75-% забезпеченості

| №  | Показник   | Місяць  |       |         |      |      |        |      |       |         |      |       |          |      |      |  |
|----|--|---------|-------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|------|-------|----------|------|------|--|
|    |  | травень |       | червень |      |      | липень |      |       | серпень |      |       | вересень |      |      |  |
|    |  | 2       | 3     | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3     | 1       | 2    | 3     | 1        | 2    | 3    |  |
| 1  | Сума атмосферних опадів за декаду, Р, мм   | 2,8     | 9,8   | 9,4     | 12,9 | 10,7 | 18,2   | 7,1  | 17,9  | 8,7     | 14,6 | 9,9   | 1,4      | 12,3 | 12,3 |  |
| 2  | Середня температура повітря за декаду, t, °С   | 19,2    | 18,8  | 20,2    | 21,1 | 21,4 | 21,9   | 22,9 | 21,3  | 22,6    | 21,5 | 21,1  | 19,1     | 17,8 | 13,7 |  |
| 3  | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, d, мб  | 9,0     | 7,1   | 8,4     | 8,7  | 9,0  | 8,6    | 10,5 | 8,8   | 10,4    | 9,2  | 9,3   | 9,3      | 6,7  | 5,3  |  |
| 4  | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб                  | 90,3    | 77,77 | 84      | 86,8 | 90,3 | 86,1   | 105  | 96,25 | 104,3   | 92,4 | 102,4 | 93,1     | 66,5 | 52,5 |  |
| 5  | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °С                           | 192     | 207   | 202     | 211  | 214  | 219    | 229  | 234   | 226     | 215  | 232   | 191      | 178  | 137  |  |
| 6  | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм   | 1,7     | 5,9   | 5,6     | 7,7  | 6,4  | 10,9   | 4,3  | 10,7  | 5,2     | 8,8  | 5,9   | 0,8      | 7,4  | 7,4  |  |
| 7  | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, b | 1,27    | 1,31  | 1,33    | 1,35 | 1,35 | 1,34   | 1,32 | 1,31  | 1,25    | 1,21 | 1,16  | 1,11     | 1,06 | 1,02 |  |
| 8  | Добуток $b \cdot \sum t$   | 244     | 271   | 269     | 285  | 289  | 293    | 302  | 307   | 283     | 260  | 269   | 212      | 189  | 140  |  |
| 9  | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | посів   | 271   | 540     | 824  | 1113 | 1407   | 1709 | 2016  | 2298    | 2559 | 2828  | 3040     | 3229 | 3368 |  |
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, $k_6$ , мм/мб   | 0,52    | 0,46  | 0,48    | 0,52 | 0,52 | 0,42   | 0,42 | 0,43  | 0,42    | 0,42 | 0,42  | 0,42     | 0,42 | 0,42 |  |
| 11 | Сумарне водоспоживання, E, мм  | 47,0    | 35,8  | 40,3    | 45,1 | 47,0 | 36,2   | 44,1 | 41,4  | 43,8    | 38,8 | 43,0  | 39,1     | 27,9 | 22,1 |  |



|    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12 | Коефіцієнт волого обміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$        | 1    | 1    | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на волого обмін, $E_{\gamma}$ , мм         | 47,0 | 35,8 | 40,3 | 42,9 | 44,6 | 34,4 | 41,9 | 37,2 | 39,4 | 34,9 | 38,7 | 33,2 | 23,7 | 18,7 |
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, $D$ , мм                                    | 45,3 | 29,9 | 34,7 | 35,2 | 38,2 | 23,5 | 37,6 | 26,5 | 34,2 | 26,1 | 32,8 | 32,4 | 16,3 | 11,3 |
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га | 45   | 75   | 110  | 145  | 183  | 207  | 244  | 271  | 305  | 331  | 364  | 396  | 413  | 424  |

Таблиця 2.3 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання люцерни другого року

| № | Показник  | Місяць  |      |       |         |      |      |        |      |       |         |      |       |          |      |      |
|---|---|---------|------|-------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|------|-------|----------|------|------|
|   |   | травень |      |       | червень |      |      | липень |      |       | серпень |      |       | вересень |      |      |
|   |   | 1       | 2    | 3     | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3     | 1       | 2    | 3     | 1        | 2    | 3    |
| 1 | Сума атмосферних опадів за декаду, $P$ , мм                               | 8,8     | 2,8  | 9,8   | 9,4     | 12,9 | 10,7 | 18,2   | 7,1  | 17,9  | 8,7     | 14,6 | 9,9   | 1,4      | 12,3 | 12,3 |
| 2 | Середня температура повітря за декаду, $t$ , °C                           | 14,7    | 19,2 | 18,8  | 20,2    | 21,1 | 21,4 | 21,9   | 22,9 | 21,3  | 22,6    | 21,5 | 21,1  | 19,1     | 17,8 | 13,7 |
| 3 | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, $d$ , мб                    | 5,0     | 9,0  | 7,1   | 8,4     | 8,7  | 9,0  | 8,6    | 10,5 | 8,8   | 10,4    | 9,2  | 9,3   | 9,3      | 6,7  | 5,3  |
| 4 | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб | 50,4    | 90,3 | 77,77 | 84      | 86,8 | 90,3 | 86,1   | 105  | 96,25 | 104,3   | 92,4 | 102,4 | 93,1     | 66,5 | 52,5 |
| 5 | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °C          | 147     | 192  | 207   | 202     | 211  | 214  | 219    | 229  | 234   | 226     | 215  | 232   | 191      | 178  | 137  |
| 6 | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм                          | 6,2     | 2,0  | 6,9   | 6,6     | 9,0  | 7,5  | 12,7   | 5,0  | 12,5  | 6,1     | 10,2 | 6,9   | 1,0      | 8,6  | 8,6  |

|    |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7  | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, b | 1,24 | 1,27 | 1,31 | 1,33 | 1,35 | 1,35 | 1,34 | 1,32 | 1,31 | 1,25 | 1,21 | 1,16 | 1,11 | 1,06 | 1,02 |
| 8  | Добуток $b \cdot \sum t$   | 182  | 244  | 271  | 269  | 285  | 289  | 293  | 302  | 307  | 283  | 260  | 269  | 212  | 189  | 140  |
| 9  | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | відн | 244  | 515  | 783  | 1068 | 1357 | 1651 | 1953 | 2260 | 2542 | 2802 | 3072 | 3284 | 3472 | 3612 |
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, $k_b$ , мм/мб   | 0,52 | 0,52 | 0,46 | 0,48 | 0,52 | 0,52 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| 11 | Сумарне водоспоживання, E, мм  | 26,2 | 47,0 | 35,8 | 40,3 | 45,1 | 47,0 | 36,2 | 44,1 | 41,4 | 43,8 | 38,8 | 43,0 | 39,1 | 27,9 | 22,1 |
| 12 | Коефіцієнт волого обміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$                     | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на волого обмін, $E_\gamma$ , мм                        | 26,2 | 47,0 | 35,8 | 40,3 | 42,9 | 44,6 | 34,4 | 41,9 | 37,2 | 39,4 | 34,9 | 38,7 | 33,2 | 23,7 | 18,7 |
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, D, мм  | 20,0 | 45,0 | 28,9 | 33,7 | 33,9 | 37,1 | 21,7 | 36,9 | 24,7 | 33,3 | 24,7 | 31,8 | 32,2 | 15,1 | 10,1 |
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га              | 20   | 65   | 94   | 128  | 161  | 199  | 220  | 257  | 282  | 315  | 340  | 372  | 404  | 419  | 429  |

Таблиця 2.4 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання кукурудзи

| № | Показник                                 | Місяць  |     |      |         |      |     |        |     |      |         |     |      |          |  |  |
|---|--|---------|-----|------|---------|------|-----|--------|-----|------|---------|-----|------|----------|--|--|
|   |  | травень |     |      | червень |      |     | липень |     |      | серпень |     |      | вересень |  |  |
|   |  | 3       | 1   | 2    | 3       | 1    | 2   | 3      | 1   | 2    | 3       | 1   | 2    | 3        |  |  |
| 1 | Сума атмосферних опадів за декаду, P, мм | 9,8     | 9,4 | 12,9 | 10,7    | 18,2 | 7,1 | 17,9   | 8,7 | 14,6 | 9,9     | 1,4 | 12,3 | 12,3     |  |  |

|    |  |             |      |      |      |      |      |       |       |      |       |      |      |      |
|----|--|-------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| 2  | Середня температура повітря за декаду, t, °C   | 18,8        | 20,2 | 21,1 | 21,4 | 21,9 | 22,9 | 21,3  | 22,6  | 21,5 | 21,1  | 19,1 | 17,8 | 13,7 |
| 3  | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, d, мб  | 7,1         | 8,4  | 8,7  | 9,0  | 8,6  | 10,5 | 8,8   | 10,4  | 9,2  | 9,3   | 9,3  | 6,7  | 5,3  |
| 4  | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб                  | 77,77       | 84   | 86,8 | 90,3 | 86,1 | 105  | 96,25 | 104,3 | 92,4 | 102,4 | 93,1 | 66,5 | 52,5 |
| 5  | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °C                           | 207         | 202  | 211  | 214  | 219  | 229  | 234   | 226   | 215  | 232   | 191  | 178  | 137  |
| 6  | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм   | 6,9         | 6,6  | 9,0  | 7,5  | 12,7 | 5,0  | 12,5  | 6,1   | 10,2 | 6,9   | 1,0  | 8,6  | 8,6  |
| 7  | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, b | 1,31        | 1,33 | 1,35 | 1,35 | 1,34 | 1,32 | 1,31  | 1,25  | 1,21 | 1,16  | 1,11 | 1,06 | 1,02 |
| 8  | Добуток $b \cdot \sum t$   | 271         | 269  | 285  | 289  | 293  | 302  | 307   | 283   | 260  | 269   | 212  | 189  | 140  |
| 9  | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | посів-сходи |      |      | 285  | 574  | 867  | 1169  | 1476  | 1759 | 2019  | 2288 | 2500 | 2689 |
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, $k_b$ , мм/мб   | 0,25        | 0,25 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,46 | 0,47  | 0,4   | 0,36 | 0,34  | 0,34 | 0,3  | 0,28 |
| 11 | Сумарне водоспоживання, E, мм  | 19,4        | 21,0 | 24,3 | 30,7 | 33,6 | 48,3 | 45,2  | 41,7  | 33,3 | 34,8  | 31,7 | 20,0 | 14,7 |
| 12 | Коефіцієнт волого обміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$                     | 1           | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9   | 0,9   | 0,9  | 0,9   | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на волого обмін, $E_\gamma$ , мм                        | 19,4        | 21,0 | 23,1 | 29,2 | 31,9 | 45,9 | 40,7  | 37,5  | 29,9 | 31,3  | 26,9 | 17,0 | 12,5 |
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, D, мм  | 12,5        | 14,4 | 14,1 | 21,7 | 19,2 | 40,9 | 28,2  | 31,4  | 19,7 | 24,4  | 25,9 | 8,4  | 3,9  |

|    |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га | 13 | 27 | 41 | 63 | 82 | 123 | 151 | 182 | 202 | 227 | 253 | 261 | 265 |
|----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Таблиця 2.5 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання пшениці озимої

| №  | Показники  | Вегетаційний період |      |       |         |      |      |        |      |
|----|--|---------------------|------|-------|---------|------|------|--------|------|
|    |  | травень             |      |       | червень |      |      | липень |      |
|    |  | 1                   | 2    | 3     | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    |
| 1  | Сума атмосферних опадів за декаду, P, мм   | 8,8                 | 2,8  | 9,8   | 9,4     | 12,9 | 10,7 | 18,2   | 7,1  |
| 2  | Середня температура повітря за декаду, t, °C   | 14,7                | 19,2 | 18,8  | 20,2    | 21,1 | 21,4 | 21,9   | 22,9 |
| 3  | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, d, мб  | 5,0                 | 9,0  | 7,1   | 8,4     | 8,7  | 9,0  | 8,6    | 10,5 |
| 4  | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб                  | 50,4                | 90,3 | 77,77 | 84      | 86,8 | 90,3 | 86,1   | 105  |
| 5  | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °C                           | 147                 | 192  | 207   | 202     | 211  | 214  | 219    | 229  |
| 6  | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм   | 6,2                 | 2,0  | 6,9   | 6,6     | 9,0  | 7,5  | 12,7   | 5,0  |
| 7  | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, b | 1,23                | 1,26 | 1,3   | 1,32    | 1,34 | 1,34 | 1,33   | 1,31 |
| 8  | Добуток $b \cdot \sum t$   | 181                 | 242  | 269   | 267     | 283  | 287  | 291    | 300  |
| 9  | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | відновл.            | 242  | 511   | 777     | 1060 | 1347 | 1638   | 1938 |
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, кб, мм/мб   | 0,19                | 0,19 | 0,35  | 0,52    | 0,51 | 0,5  | 0,49   | 0,46 |
| 11 | Сумарне водоспоживання, E, мм  | 9,6                 | 17,2 | 27,2  | 43,7    | 44,3 | 45,2 | 42,2   | 48,3 |
| 12 | Коефіцієнт волого обміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$                     | 1                   | 1    | 1     | 0,95    | 0,95 | 0,95 | 0,95   | 0,95 |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на волого обмін, $E_{\gamma}$ , мм                      | 9,6                 | 17,2 | 27,2  | 41,5    | 42,1 | 42,9 | 40,1   | 45,9 |

|    |   |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, D, мм                                       | 3,4 | 15,2 | 20,3 | 34,9 | 33,1 | 35,4 | 27,4 | 40,9 |
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га | 3   | 19   | 39   | 74   | 107  | 142  | 170  | 210  |

Таблиця 2.6 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання ячменю ярого

| № | Показник   | Місяць      |      |       |         |      |      |        |      |       |
|---|--|-------------|------|-------|---------|------|------|--------|------|-------|
|   |  | травень     |      |       | червень |      |      | липень |      |       |
|   |  | 1           | 2    | 3     | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3     |
| 1 | Сума атмосферних опадів за декаду, P, мм   | 8,8         | 2,8  | 9,8   | 9,4     | 12,9 | 10,7 | 18,2   | 7,1  | 17,9  |
| 2 | Середня температура повітря за декаду, t, °C   | 14,7        | 19,2 | 18,8  | 20,2    | 21,1 | 21,4 | 21,9   | 22,9 | 21,3  |
| 3 | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, d, мб  | 5,0         | 9,0  | 7,1   | 8,4     | 8,7  | 9,0  | 8,6    | 10,5 | 8,8   |
| 4 | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб                  | 50,4        | 90,3 | 77,77 | 84      | 86,8 | 90,3 | 86,1   | 105  | 96,25 |
| 5 | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °C                           | 147         | 192  | 207   | 202     | 211  | 214  | 219    | 229  | 234   |
| 6 | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм   | 6,2         | 2,0  | 6,9   | 6,6     | 9,0  | 7,5  | 12,7   | 5,0  | 12,5  |
| 7 | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, b | 1,23        | 1,26 | 1,3   | 1,32    | 1,34 | 1,34 | 1,33   | 1,31 | 1,29  |
| 8 | Добуток $b \cdot \sum t$   | 181         | 242  | 269   | 267     | 283  | 287  | 291    | 300  | 302   |
| 9 | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | посів-сходи |      |       | 269     | 535  | 818  | 1105   | 1396 | 1696  |

|    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, $k_6$ , мм/мб                                      | 0,27 | 0,27 | 0,32 | 0,40 | 0,47 | 0,43 | 0,32 | 0,27 | 0,27 |
| 11 | Сумарне водоспоживання, $E$ , мм  | 13,6 | 24,4 | 24,9 | 33,6 | 40,8 | 38,8 | 27,6 | 28,4 | 26,0 |
| 12 | Коефіцієнт волого обміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$        | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9  |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на волого обмін, $E_\gamma$ , мм           | 13,6 | 24,4 | 24,9 | 33,6 | 38,8 | 36,9 | 26,2 | 26,9 | 23,4 |
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, $D$ , мм                                    | 7,4  | 22,4 | 18,0 | 27,0 | 29,8 | 29,4 | 13,5 | 21,9 | 10,9 |
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га | 7    | 30   | 48   | 75   | 105  | 134  | 147  | 169  | 180  |

Таблиця 2.7 – Розрахунок інтегральної кривої дефіциту водоспоживання кукурудзи на зелений корм

| № | Показник  | Місяць  |         |      |      |        |      |       |         |      |       |
|---|---|---------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|------|-------|
|   |   | травень | червень |      |      | липень |      |       | серпень |      |       |
|   |   | 3       | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3     | 1       | 2    | 3     |
| 1 | Сума атмосферних опадів за декаду, $P$ , мм                               | 9,8     | 9,4     | 12,9 | 10,7 | 18,2   | 7,1  | 17,9  | 8,7     | 14,6 | 9,9   |
| 2 | Середня температура повітря за декаду, $t$ , °C                           | 18,8    | 20,2    | 21,1 | 21,4 | 21,9   | 22,9 | 21,3  | 22,6    | 21,5 | 21,1  |
| 3 | Середній дефіцит вологості повітря за декаду, $d$ , мб                    | 7,1     | 8,4     | 8,7  | 9,0  | 8,6    | 10,5 | 8,8   | 10,4    | 9,2  | 9,3   |
| 4 | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за декаду, $\sum d$ , мб | 77,77   | 84      | 86,8 | 90,3 | 86,1   | 105  | 96,25 | 104,3   | 92,4 | 102,4 |
| 5 | Сума середньодобових температур повітря за декаду, $\sum t$ , °C          | 207     | 202     | 211  | 214  | 219    | 229  | 234   | 226     | 215  | 232   |

|    |  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6  | Сума ефективних атмосферних опадів, $\mu P$ , мм   | 6,9   | 6,6  | 9,0  | 7,5  | 12,7 | 5,0  | 12,5 | 6,1  | 10,2 | 6,9  |
| 7  | Поправочний коефіцієнт для приведення температури повітря до 12-годинної тривалості дня, $b$ | 1,3   | 1,32 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,31 | 1,29 | 1,24 | 1,21 | 1,16 |
| 8  | Добуток $b \cdot \sum t$   | 269   | 267  | 283  | 287  | 291  | 300  | 302  | 280  | 260  | 269  |
| 9  | Наростаючим підсумком добуток $b \cdot \sum t$   | посів | 267  | 549  | 836  | 1127 | 1427 | 1730 | 2010 | 2270 | 2539 |
| 10 | Біокліматичний коефіцієнт, $k_6$ , мм/мб   | 0,25  | 0,25 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,46 | 0,47 | 0,4  | 0,36 | 0,34 |
| 11 | Сумарне водоспоживання, $E$ , мм   | 19,4  | 21,0 | 24,3 | 30,7 | 33,6 | 48,3 | 45,2 | 41,7 | 33,3 | 34,8 |
| 12 | Коефіцієнт вологообміну з нижче розташованими шарами ґрунту, $\gamma$                        | 1     | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  |
| 13 | Сумарне випаровування з поправками на вологообмін, $E_\gamma$ , мм                           | 19,4  | 21,0 | 23,1 | 29,2 | 31,9 | 45,9 | 40,7 | 37,5 | 29,9 | 31,3 |
| 14 | Дефіцит водоспоживання за декаду, $D$ , мм   | 12,5  | 14,4 | 14,1 | 21,7 | 19,2 | 40,9 | 28,2 | 31,4 | 19,7 | 24,4 |
| 15 | Дефіцит водоспоживання наростаючим підсумком, $\sum D_s$ , м <sup>3</sup> /га                | 13    | 27   | 41   | 63   | 82   | 123  | 151  | 182  | 202  | 227  |

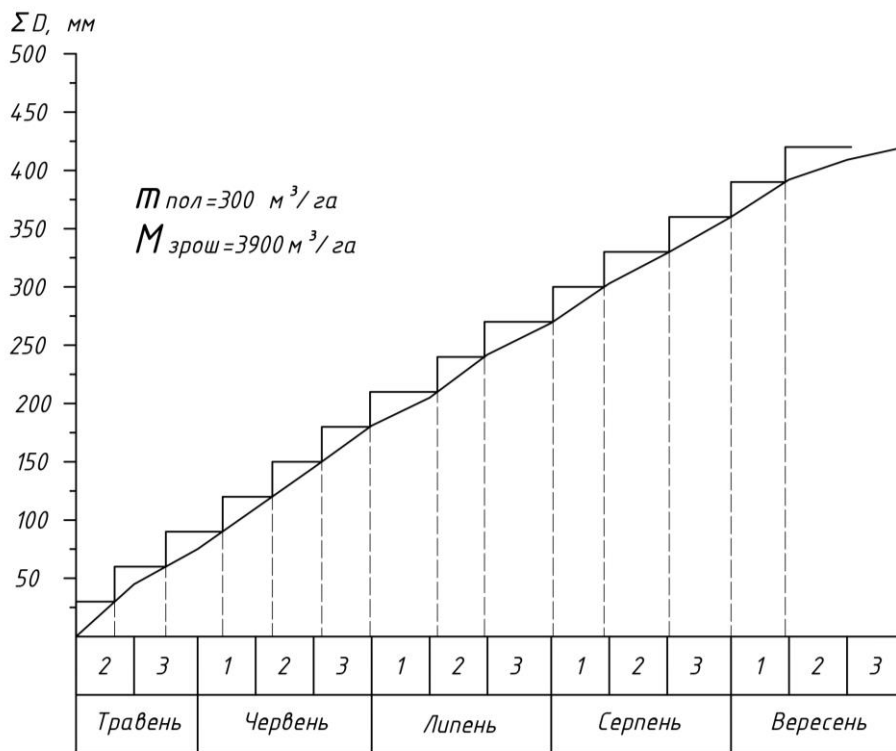


Рисунок 2.1 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання люцерни першого року

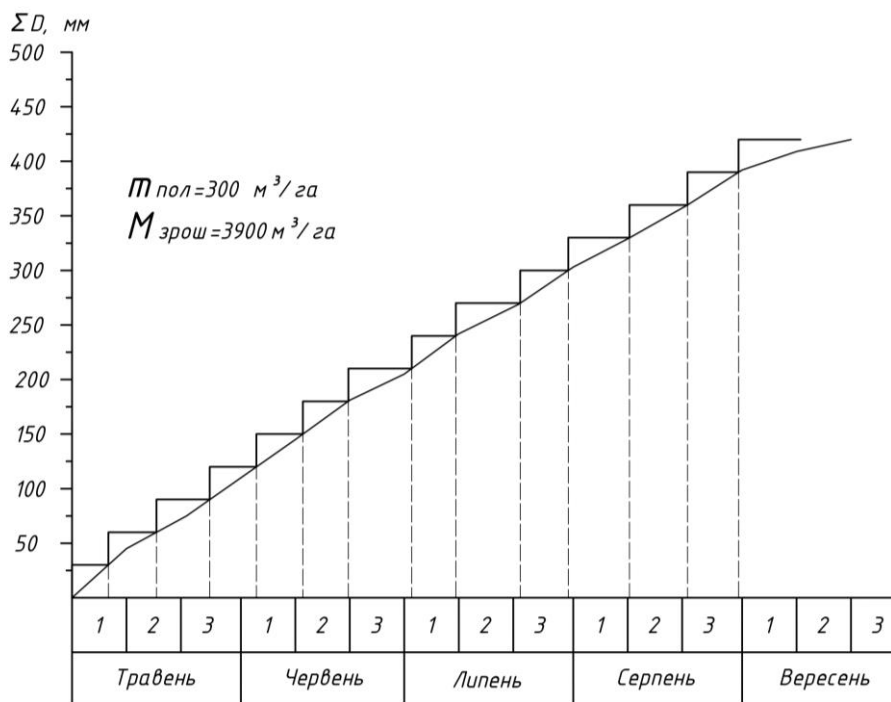


Рисунок 2.2 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання люцерни другого року



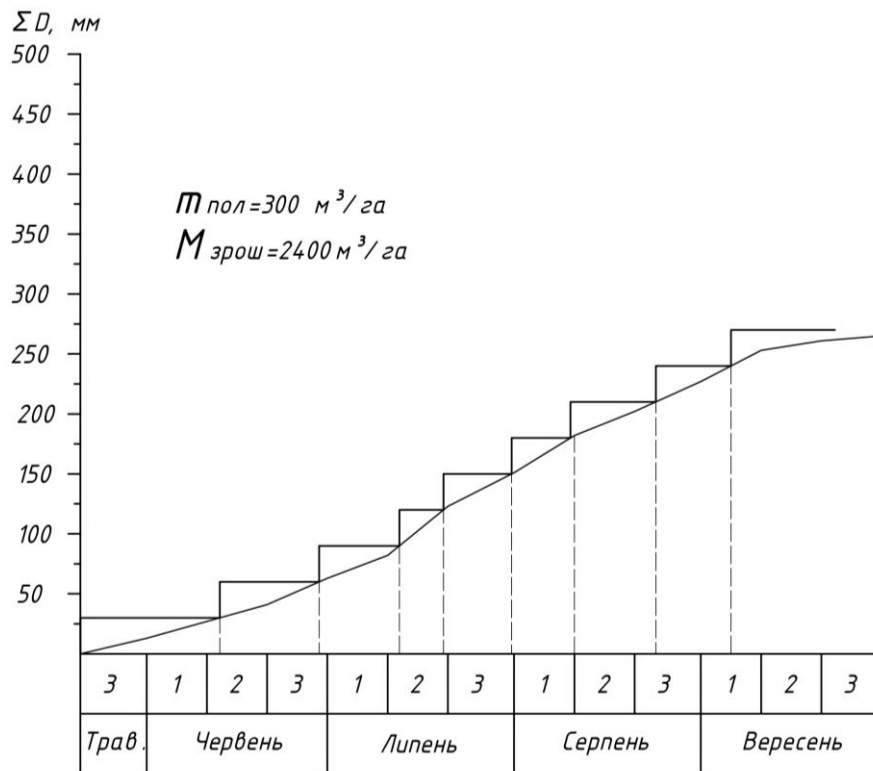


Рисунок 2.3 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання кукурудзи на зерно

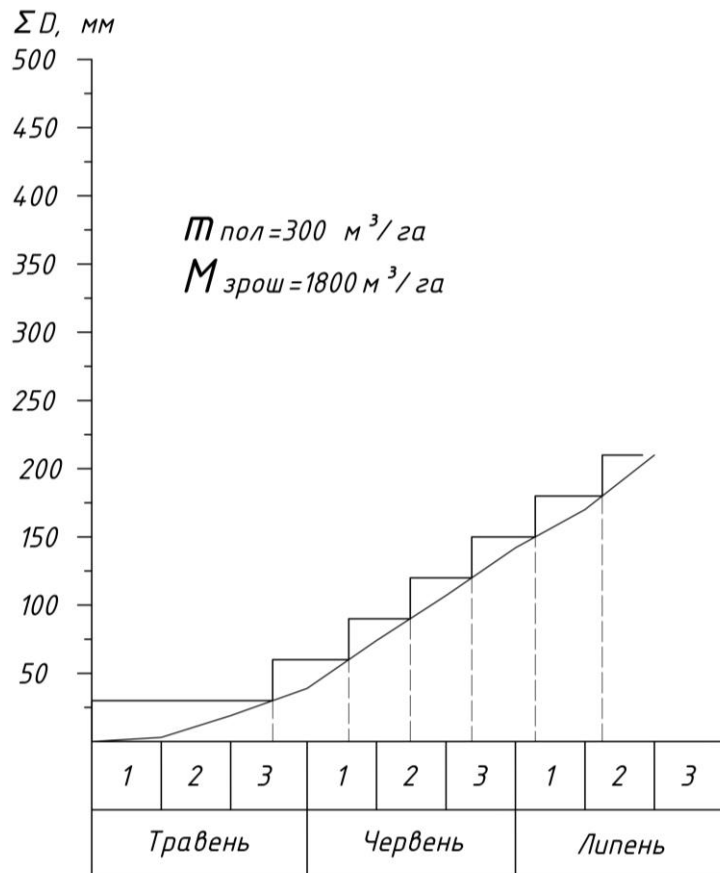


Рисунок 2.4 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання пшениці озимої

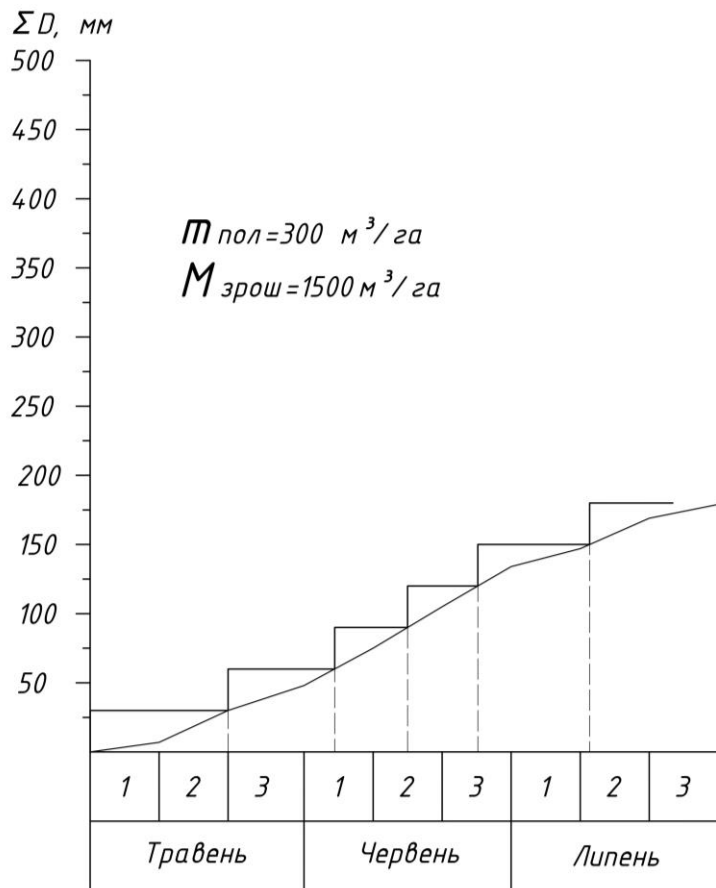
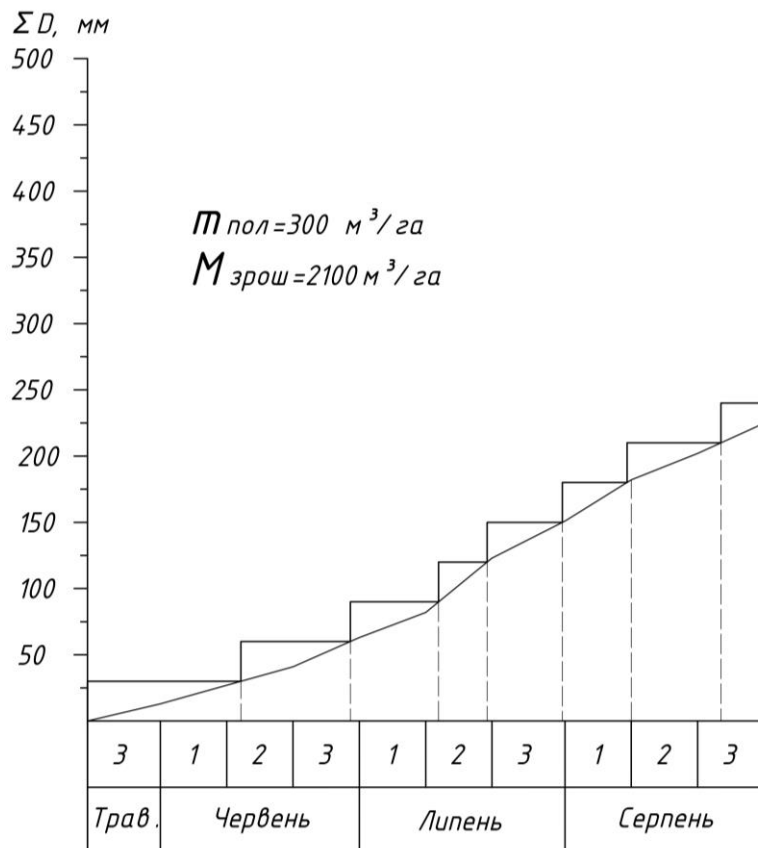


Рисунок 2.5 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання ячменю ярого

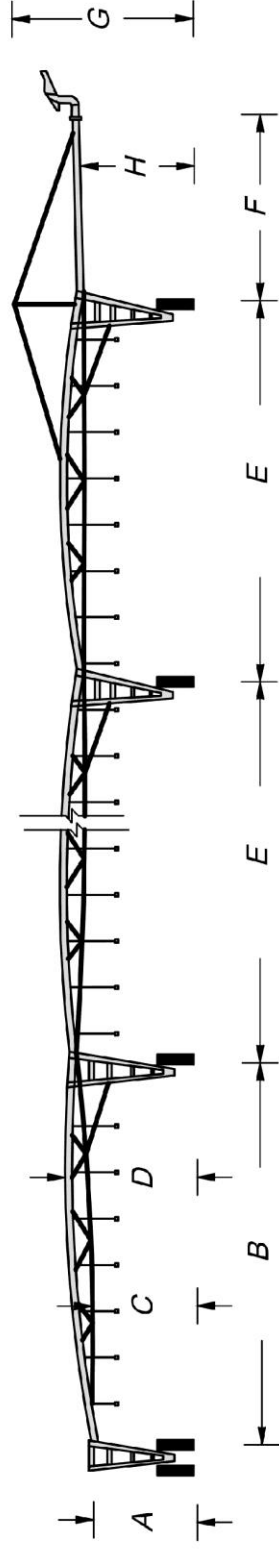


## Рисунок 2.6 – Інтегральна крива дефіциту водоспоживання кукурудзи на зелений корм

### 2.2 Обґрунтування способу і техніки поливу

Розташування поливної техніки на ділянці зрошення залежить від способу, техніки поливу і конфігурація поля. Для наших умов, спосіб поливу, за умови вирощування зерно-кормової сівозміни, приймаємо – дощування. В даному випадку ділянка зрошення має прямокутну форму, тому найбільш доцільним буде застосування дощувальних машин фронтальної дії. При виборі дощувальної техніки більшу перевагу віддають закордонним високопродуктивним машинам, які серед аналогів вітчизняного виробництва (ДМУ «Фрегат» і ДФ «Дніпро») мають ряд суттєвих переваг та варіацій при роботі. До таких належать: корегування витрати, тиску, інтенсивності дощування, висоти розпилення, технічних та експлуатаційних якостей машини [15].

Тому враховуючи всі перелічені фактори обрано дощувальну техніку *Reinke* (рис. 2.7). Загальна довжина машини складає 444 м з додаванням консолі для зрошення кінцевої ділянки. Відстань між гідрантами закритої зрошувальної мережі, з яких забирається вода для поливу, становить 50 м. Витрата машини – 60 л/с, а робочий тиск складає близько 4 атмосфер (40 м водяного стовпа). Привід машин електричний. Корпус та труби з оцинкованої сталі, що значно подовжує довговічність та експлуатаційні можливості машини. На масиві зрошення працюють 3 машини, які обслуговують 6 полів сівозміни. Таким чином одна ДМ працює на 2 поля.



Розміри ферм та консолі дощувальної техніки Rainke

| Діаметр трубороводу, мм | Довжина ферми, м | A    | B     | C    | D    | E     | F    | G    | H    |
|-------------------------|------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| 168                     | 54,56            | 3,91 | 54,91 | 2,90 | 4,52 | 54,53 | 7,62 | 5,33 | 3,48 |

Рисунок 2.7 – Дощувальна машина фронтальної дії Rainke.

### 2.3 Розрахунок та побудова графіків поливів

Режим зрошення сівозміни, що розрахований в пункті 2.1 необхідно представити в вигляді графіку поливів сівозміни, на якому будуть показані строки поливів за весь період вегетації культур та витрати поливної води.

Дані отримані по зрошувальним нормам с.-г. культур уточнюємо відповідно до ДБН В2.4.1-99 – «Меліоративні системи та споруди». Таким чином зрошувальні норми культур складають:

1. Люцерна – 2700 м<sup>3</sup>/га;
2. Кукурудза на зерно – 1500 м<sup>3</sup>/га;
3. Пшениця озима – 1800 м<sup>3</sup>/га;
4. Ячмінь ярий – 1500 м<sup>3</sup>/га;
5. Кукурудза на зелений корм – 1200 м<sup>3</sup>/га

Надалі графік поливів будемо складати відповідно нормам зрошення за ДБН. Отже, складаємо відомість графіку поливів (табл. 2.8, 2.9) яка укомплектовує строки поливів таким чином, щоб не перевищувати максимальну витрату ДМ, а також не відбувалося «накладання» поливів різних культур [15].

Тривалість поливу визначаємо за формулою

$$t = F \cdot m_{бр} / (3,6 \cdot Q_m \cdot \tau \cdot \beta_{доб}). \quad (2.6)$$

Отриману тривалість поливу округлюємо до цілої кількості діб. Маючи середню дату поливу (рис.2.1 – 2.6) і тривалість поливу вказуємо дату початку

і кінця поливу. За даними відомості будуємо графік поливу (рис.2.8, 2.9). На осі ординат відкладаємо витрати ( $Q$ , л/с), а на лінії абсцис – календар на весь вегетаційний період.

Визначаємо гідромодуль за формулою

$$q = Q / F. \quad (2.7)$$

Для нашого випадку максимальна витрата, що необхідно подати на полив сівозміни складає 183 л/с (3 машини по 61 л/с кожна). Отже, максимальний гідромодуль складає  $q = 183/299,2 = 0,61$  л/ (с · га).

Таблиця 2.8 – Відомість неукмплектованого графіку поливів

| № поля | Культура          | F, га | M, м <sup>3</sup> /га | № поливу | m, м <sup>3</sup> /га | t, діб | Початок | Кінець | Q, л/с |
|--------|-------------------|-------|-----------------------|----------|-----------------------|--------|---------|--------|--------|
| 1      | 2                 | 3     | 4                     | 5        | 6                     | 7      | 8       | 9      | 10     |
| 1      | Люцерна 1-го року | 48,5  | 2400                  | 1        | 300                   | 4      | 11,06   | 14,06  | 60     |
|        |                   |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 21,06   | 24,06  | 60     |
|        |                   |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 09,07   | 12,07  | 60     |
|        |                   |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 18,07   | 21,07  | 60     |
|        |                   |       |                       | 5        | 300                   | 4      | 30,07   | 03,08  | 60     |
|        |                   |       |                       | 6        | 300                   | 4      | 10,08   | 13,08  | 60     |
|        |                   |       |                       | 7        | 300                   | 4      | 21,08   | 24,08  | 60     |
|        |                   |       |                       | 8        | 300                   | 4      | 01,09   | 04,09  | 60     |
| 2      | Люцерна 2-го року | 48,5  | 2700                  | 1        | 300                   | 4      | 24,05   | 27,05  | 60     |
|        |                   |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 11,06   | 14,06  | 60     |
|        |                   |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 21,06   | 24,06  | 60     |
|        |                   |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 09,07   | 12,07  | 60     |
|        |                   |       |                       | 5        | 300                   | 4      | 18,07   | 21,07  | 60     |

| № поля | Культура                  | F, га | M, м <sup>3</sup> /га | № поливу | m, м <sup>3</sup> /га | t, діб | Початок | Кінець | Q, л/с |
|--------|---------------------------|-------|-----------------------|----------|-----------------------|--------|---------|--------|--------|
| 1      | 2                         | 3     | 4                     | 5        | 6                     | 7      | 8       | 9      | 10     |
|        |                           |       |                       | 6        | 300                   | 4      | 30,07   | 03,08  | 60     |
|        |                           |       |                       | 7        | 300                   | 4      | 10,08   | 13,08  | 60     |
|        |                           |       |                       | 8        | 300                   | 4      | 21,08   | 24,08  | 60     |
|        |                           |       |                       | 9        | 300                   | 4      | 01,09   | 04,09  | 60     |
| 3      | Кукурудза на зерно        | 54,6  | 1500                  | 1        | 300                   | 4      | 11,06   | 14,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 28,06   | 31,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 13,07   | 16,07  | 60     |
|        |                           |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 26,07   | 29,08  | 60     |
|        |                           |       |                       | 5        | 300                   | 4      | 22,08   | 25,08  | 60     |
| 4      | Озима пшениця             | 49,8  | 1800                  | 1        | 300                   | 4      | 26,05   | 29,05  | 60     |
|        |                           |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 07,06   | 10,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 14,06   | 17,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 22,06   | 25,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 5        | 300                   | 4      | 02,07   | 05,07  | 60     |
|        |                           |       |                       | 6        | 300                   | 4      | 11,07   | 14,07  | 60     |
| 5      | Ярий ячмінь               | 54,6  | 1500                  | 1        | 300                   | 4      | 20,05   | 23,05  | 60     |
|        |                           |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 03,06   | 06,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 15,06   | 18,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 25,06   | 28,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 5        | 300                   | 4      | 11,07   | 14,07  | 60     |
| 6      | Кукурудза на зелений корм | 55,9  | 1200                  | 1        | 300                   | 4      | 10,06   | 13,06  | 60     |
|        |                           |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 28,06   | 01,07  | 60     |
|        |                           |       |                       | 3        | 300                   | 4      | 19,07   | 22,07  | 60     |
|        |                           |       |                       | 4        | 300                   | 4      | 08,08   | 11,08  | 60     |

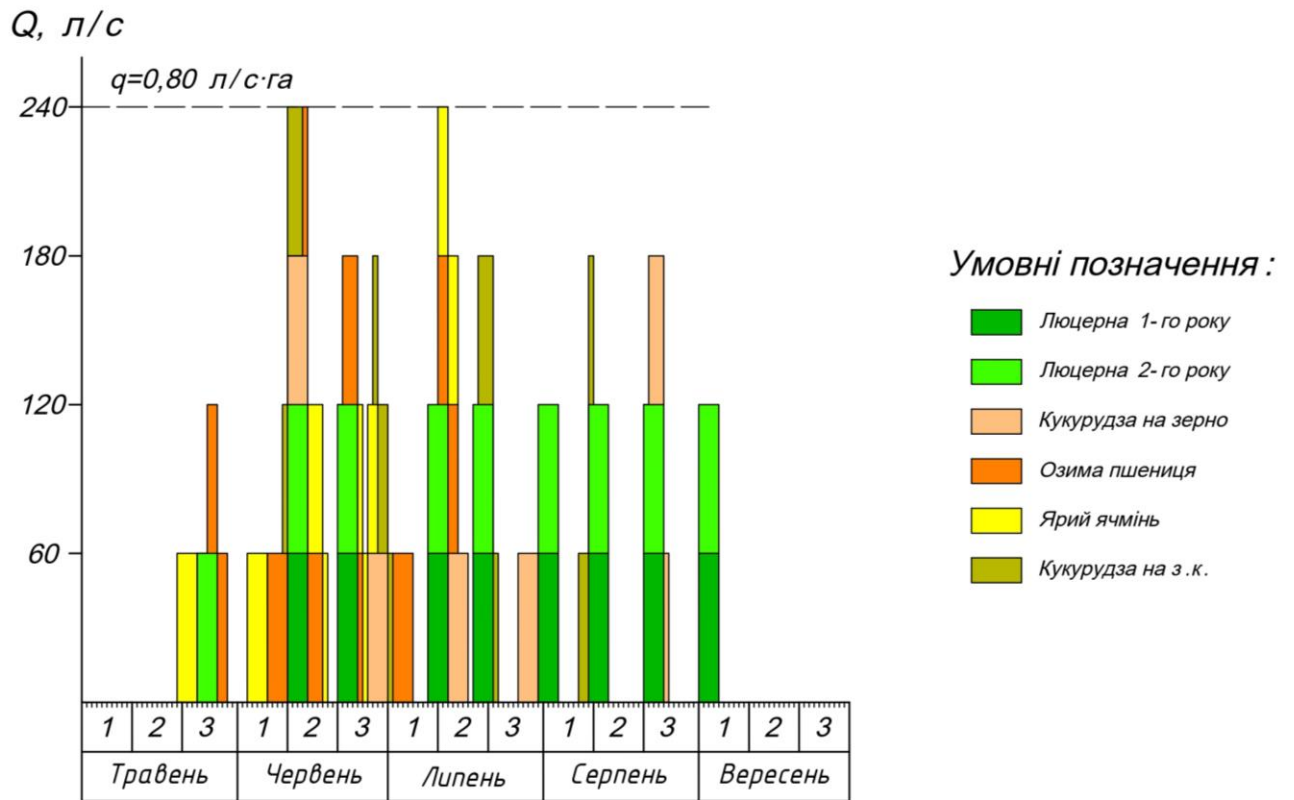


Рисунок 2.8 – Неукомплектований графік поливу кормо-зернової сівозміни

Таблиця 2.9 – Відомість укомплектованого графіку поливів

| № поля | Культура          | F, га | M, м <sup>3</sup> /га | № поливу | m, м <sup>3</sup> /га | t, діб | Початок | Кінець | Q, л/с |
|--------|-------------------|-------|-----------------------|----------|-----------------------|--------|---------|--------|--------|
| 1      | 2                 | 3     | 4                     | 5        | 6                     | 7      | 8       | 9      | 10     |
| 1      | Люцерна 1-го року | 48,5  | 2400                  | 1        | 300                   | 4      | 10,06   | 13,06  | 60     |
|        |                   |       |                       | 2        | 300                   | 4      | 20,06   | 23,06  | 60     |



|   |                    |      |      |   |     |   |       |       |    |
|---|--------------------|------|------|---|-----|---|-------|-------|----|
|   |                    |      |      | 3 | 300 | 4 | 08,07 | 11,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 4 | 300 | 4 | 17,07 | 20,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 5 | 300 | 4 | 30,07 | 02,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 6 | 300 | 4 | 09,08 | 12,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 7 | 300 | 4 | 20,08 | 23,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 8 | 300 | 4 | 31,08 | 03,09 | 60 |
| 2 | Люцерна 2-го року  | 48,5 | 2700 | 1 | 300 | 4 | 23,05 | 26,05 | 60 |
|   |                    |      |      | 2 | 300 | 4 | 14,06 | 17,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 3 | 300 | 4 | 24,06 | 27,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 4 | 300 | 4 | 12,07 | 15,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 5 | 300 | 4 | 21,07 | 24,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 6 | 300 | 4 | 03,08 | 07,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 7 | 300 | 4 | 13,08 | 16,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 8 | 300 | 4 | 24,08 | 27,08 | 60 |
|   |                    |      |      | 9 | 300 | 4 | 04,09 | 07,09 | 60 |
| 3 | Кукурудза на зерно | 54,6 | 1500 | 1 | 300 | 4 | 10,06 | 13,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 2 | 300 | 4 | 28,06 | 01,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 3 | 300 | 4 | 12,07 | 15,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 4 | 300 | 4 | 25,07 | 28,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 5 | 300 | 4 | 20,08 | 23,08 | 60 |
| 4 | Озима пшениця      | 49,8 | 1800 | 1 | 300 | 4 | 27,05 | 30,05 | 60 |
|   |                    |      |      | 2 | 300 | 4 | 06,06 | 09,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 3 | 300 | 4 | 14,06 | 17,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 4 | 300 | 4 | 24,06 | 27,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 5 | 300 | 4 | 04,07 | 07,07 | 60 |
|   |                    |      |      | 6 | 300 | 4 | 16,07 | 19,07 | 60 |
| 5 | Ярий ячмінь        | 54,6 | 1500 | 1 | 300 | 4 | 19,05 | 22,05 | 60 |
|   |                    |      |      | 2 | 300 | 4 | 02,06 | 05,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 3 | 300 | 4 | 14,06 | 17,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 4 | 300 | 4 | 24,06 | 27,06 | 60 |
|   |                    |      |      | 5 | 300 | 4 | 08,07 | 11,07 | 60 |

|   |                                 |      |      |   |     |   |       |       |    |
|---|---------------------------------|------|------|---|-----|---|-------|-------|----|
| 6 | Кукурудза на<br>зелений<br>корм | 55,9 | 1200 | 1 | 300 | 4 | 10,06 | 13,06 | 60 |
|   |                                 |      |      | 2 | 300 | 4 | 28,06 | 01,07 | 60 |
|   |                                 |      |      | 3 | 300 | 4 | 20,07 | 23,07 | 60 |
|   |                                 |      |      | 4 | 300 | 4 | 09,08 | 12,08 | 60 |

*Q, л/с* Укомплектований графік поливів

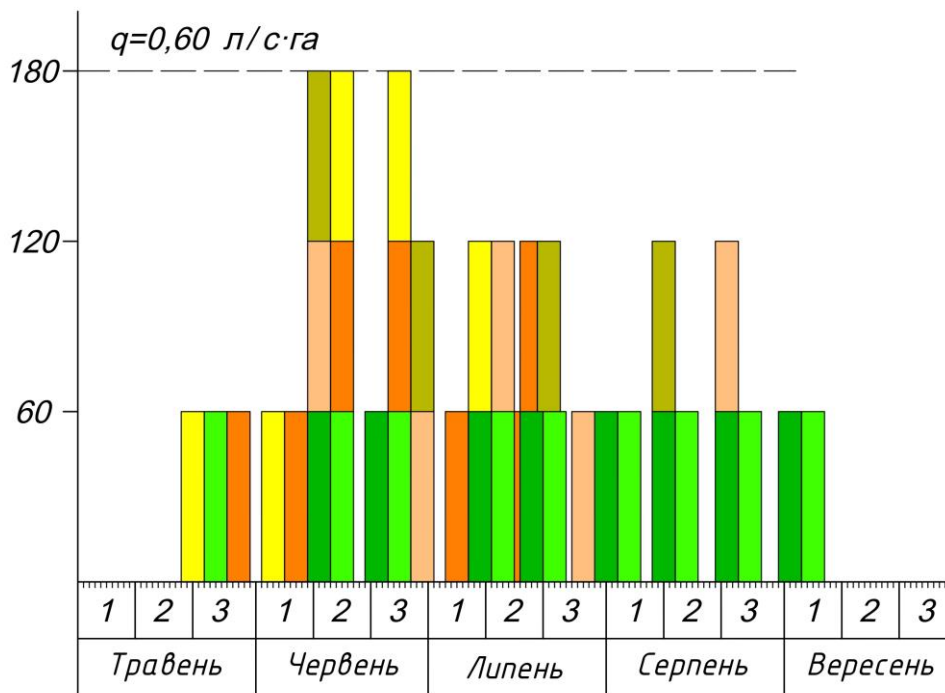


Рисунок 2.9 – Укомплектований графік поливу кормо-зернової сівозміни

Як видно з графіків поливі, при не укомплектованому гідромодуль складає – 0,80 л·с/га, а після його укомплектування – 0,60 л·с/га. Триває цей гідромодуль протягом 12 діб за поливний сезон.

Загальні відомості запроєктованого масиву зрошення та експлікація зрошуваних площ наведені на рисунку 2.10.

### Експлікація зрошуваних площ

| Назва сівозміни | № поля | Площа, га |       |         | Зрошувальна техніка                    |
|-----------------|--------|-----------|-------|---------|--|
|                 |        | брутто    | нетто | зрошув. |  |
| Зерно-кормова   | 1      | 50,9      | 48,5  | 46,5    | 1-Rainke L=444 м;<br>Q=60 л/с; P=4 атм |
|                 | 2      | 50,9      | 48,5  | 46,5    |  |
|                 | 3      | 57,3      | 54,6  | 52,4    |  |
|                 | 4      | 52,3      | 49,8  | 47,8    | 2-Rainke L=444 м;<br>Q=60 л/с; P=4 атм |
|                 | 5      | 57,3      | 54,6  | 52,4    |  |
|                 | 6      | 58,6      | 55,9  | 53,6    | 3-Rainke L=444 м;<br>Q=60 л/с; P=4 атм |
| Разом           |        | 327,3     | 311,9 | 299,2   | 3 шт                                   |

### Структура сівозміни

| № з/п | Назва культури     | Площа, га |
|-------|--------------------|-----------|
| 1     | Люцерна 1-го року  | 48,5      |
| 2     | Люцерна 2-го року  | 48,5      |
| 3     | Кукурудза на зерно | 54,6      |
| 4     | Озима пшениця      | 49,8      |
| 5     | Ячмінь             | 54,6      |
| 6     | Кукурудза на з/к   | 55,9      |



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд запроєктованого масиву зрошення

## 3 ПРОЕКТУВАННЯ НОСОСНОЇ СТАНЦІЇ

### 3.1 Гідрравлічний розрахунок закритої зрошувальної мережі

На плані масиву зрошення нумеруємо кінцеві гідранти на зрошувальній мережі і вузлові точки. Біля кожного гідранту вказуємо відмітки поверхні землі шляхом лінійної інтерполяції до найближчих горизонталей [17].

Витрати «тупікових» трубопроводів дорівнюють витраті однієї дощувальної машини – тобто 60 л/с. Витрати послідуєчих ділянок є кратними витраті працюючих дощувальних машин. Однак, ні на одній з ділянок мережі витрата не повинна перевищувати значення  $n \cdot Q$ , де  $n$  – максимальна кількість одночасно працюючих дощувальних машин, тобто в нашому випадку трубопровід повинен забезпечити витрату максимум двох працюючих машин – 120 л/с.

Виходячи з цієї умови підбираємо найбільш вигідні діаметри поливних трубопроводів. Економічно найвигідніші діаметри трубопроводів (мм) можна визначити за формулою

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}, \quad (3.1)$$

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

$$V = 4Q / (\pi d^2), \quad (3.2)$$

Економічно найвигідніші діаметри трубопроводів визначають, звичайно, за умови оптимальних швидкостей, тобто, приймаємо рівними 1-2 м/с. Таким чином отримаємо:

$$d_1 = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot 0,12}{\pi \cdot 1,5}} = 319 \approx 300 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06}{\pi \cdot 1,5}} = 225 \approx 250 \text{ мм}$$

Уточнюємо швидкість руху рідини

$$V_1 = 4 \cdot 0,12 / (3,14 \cdot 0,3^2) = 1,7 \text{ м/с};$$

$$V_2 = 4 \cdot 0,06 / (3,14 \cdot 0,25^2) = 1,22 \text{ м/с}$$

Після розрахунків визначаємо домінуючий гідрант шляхом повузлового порівняння положень п'єзометричних ліній [22]:

1. Нумеруємо, починаючи від насосної станції, арабськими цифрами вузли закритої мережі, включаючи гідранти. Ділянка трубопроводу позначається індексами, які відповідають номерам вузлів що вона з'єднує (рис. 3.1). Причому, зростання номерів вузлів мусить відповідати напрямку руху рідини. Ділянкою вважається трубопровід з постійною витратою, діаметром та матеріалом стінок труб. Користуючись масштабом заданого плану місцевості, визначаємо довжину ділянок трубопроводу.

2. Для прийнятого розподілу води на ділянках закритої зрошувальної мережі і, враховуючи припустимий тиск в мережі, обираємо труби із поліетилену ПЕ-100 SDR-17.

3. Визначаємо гідравлічні втрати напору на ділянках ЗЗМ за формулою

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3.3)$$

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

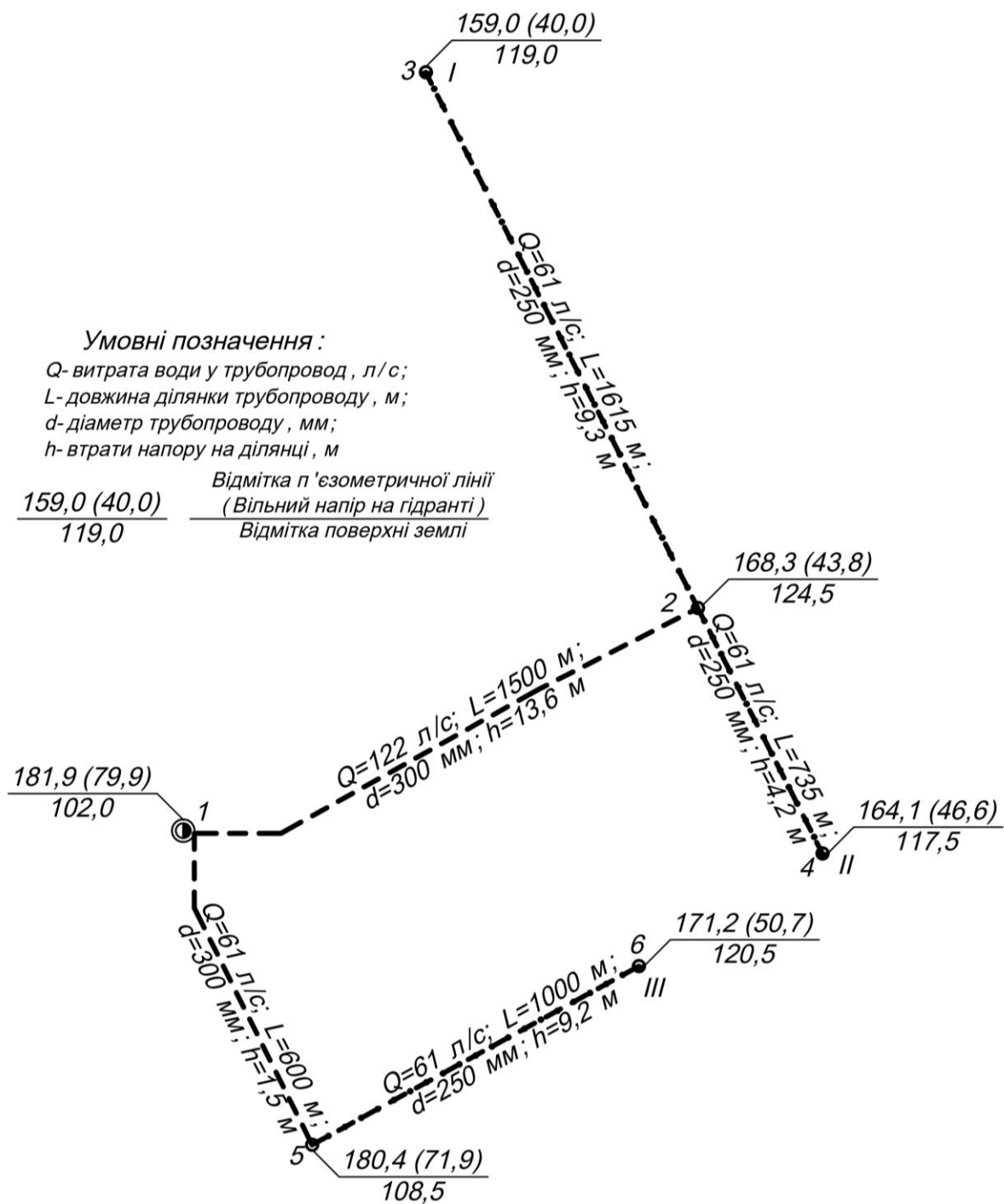


Рисунок 3.1 – Схема до гідравлічного розрахунку трубопроводів закритої зрошувальної мережі

Таблиця 3.1 – Розрахунок втрат напору в системі

| Ділянка | $Q$ , л/с | $L$ , м | $d$ , мм | $\lambda$ | $V$ , м/с | $h$ , м |
|---------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|---------|
| НС-2    | 122       | 1500    | 300      | 0,01850   | 1,70      | 13,6    |

|      |    |      |     |         |      |     |
|------|----|------|-----|---------|------|-----|
| 2-3  | 61 | 1615 | 250 | 0,01900 | 1,22 | 9,3 |
| 2-4  | 61 | 735  | 250 | 0,01900 | 1,22 | 4,2 |
| НС-5 | 61 | 600  | 300 | 0,01850 | 0,90 | 1,5 |
| 5-6  | 61 | 1600 | 250 | 0,01900 | 1,22 | 9,2 |

4. Довжину кожної ділянки, витрати, діаметри, гідравлічний коефіцієнт шорсткості, та результати визначення втрат напору наносимо на схему зрошувальної мережі.

5. Послідовно, починаючи з віддалених від насосної станції вузлів, проводимо порівняння відміток п'єзометричних ліній на ділянках, які примикають до вузла, причому для подальшого порівняння беремо максимальне значення відмітки у вузлі.

Відмітка п'єзометричного рівня (м) на гідрантах в кінці тупікових ділянок визначається за формулою

$$\nabla_{\Gamma} = \nabla_{П.З} + H_{ВЛЛ}, \quad (3.4)$$

де  $\nabla_{П.З}$  - відмітка поверхні землі, м;  $H_{ВЛЛ}$  - вільний напір на гідранті, м.

Відмітки п'єзометричних ліній на ділянках, які примикають до вузла, визначаємо за формулою

$$\nabla_{В} = \nabla_{К} + h, \quad (3.5)$$



де  $\nabla_K$  – відмітка п'єзометричної лінії в кінці ділянки (м), яка дорівнюється  $\nabla_G$  – для гідрантів у кінці тупикових ділянок або максимальному значенню відміток п'єзометричних ліній у вузлі, відповідно на кінці ділянки.

Таблиця 3.2 – Визначення домінуючого гідранта на зрошувальній мережі

| Номер вузла | Ділянка | Відмітка п'єзометричної лінії в кінці ділянки, м | Втрати напору на ділянці, м | Відмітка п'єзометричної лінії на початку ділянки, м | Домінуючий гідрант |
|-------------|---------|--|-----------------------------|---|--------------------|
| 2           | 1-2     | 168,30   | 13,60                       | 181,90  | I                  |
| 3           | 2-3     | 159,00   | 9,30                        | 168,30  | I                  |
| 4           | 2-4     | 164,10   | 4,20                        | 168,30  | I                  |
| 5           | 1-5     | 180,40   | 1,50                        | 181,90  | III                |
| 6           | 5-6     | 171,20   | 9,20                        | 180,40  | III                |

В нашому випадку домінуючим є гідрант I (вузол 3) при максимальній відмітці п'єзометричної лінії біля насосної станції 181,9 м. Траса трубопроводів НС-2-3, яка з'єднує насосну станцію з домінуючим гідрантом, вважаємо розрахунковою трасою.

Напір насосної станції (м) визначаємо за формулою

$$H = \nabla_{НС} - \nabla_I + h_{ст}, \quad (3.6)$$

де  $\nabla_{НС}$  – відмітка положення п'єзометричної лінії біля насосної станції, м;  $\nabla_I$  – відмітка мінімального рівня води в джерелі водозабору, м;  $h_{ст}$  – гідравлічні втрати напору на комунікаціях усередині станції,  $h_{ст}=1,1$  м.

Для розрахункової траси НС-2-3 спочатку визначаємо напір при всіх працюючих дощувальних машинах (тобто при витраті  $nQ = 180$  л/с), після чого, по чергово виключаючи по одній машині, визначаємо напір.

Визначення напору насосної станції для різних режимів її роботи зведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення напору насосної станції

| Витрата НС, л/с | Параметри ділянки | Ділянки розрахункової траси |       |       |        |        | Напір Н, м |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------|-------|--------|--------|------------|
|                 |                   | 2-3                         | 2-4   | 5-6   | 1-5    | 1-2    |            |
| 180             | L, м              | 1615                        | 735   | 1600  | 600    | 1600   | 81,0       |
|                 | D, мм             | 250                         | 250   | 250   | 300    | 300    |            |
|                 | Q, л/с            | 60                          | 60    | 60    | 60     | 120    |            |
|                 | V, м              | 1,22                        | 1,22  | 1,22  | 0,9    | 1,7    |            |
|                 | $\lambda$         | 0,019                       | 0,019 | 0,019 | 0,0185 | 0,0185 |            |
|                 | h, м              | 9,3                         | 4,2   | 9,2   | 1,5    | 13,6   |            |
|                 | $\nabla_{в,м}$    | 159,0                       | 163,2 | 172,4 | 173,9  | 181,9  |            |
| 120             | L, м              | 1615                        | 735   | 1600  | 600    | 1600   | 75,9       |
|                 | D, мм             | 250                         | 250   | 250   | 300    | 300    |            |
|                 | Q, л/с            | 60                          | 60    | 0     | 0      | 120    |            |
|                 | V, м              | 1,22                        | 1,22  | 1,22  | 0,9    | 1,7    |            |
|                 | $\lambda$         | 0,019                       | 0,019 | 0,019 | 0,0185 | 0,0185 |            |
|                 | h, м              | 9,3                         | 4,2   | 0,0   | 0,0    | 13,6   |            |

|    |                  |       |       |       |        |        |      |
|----|------------------|-------|-------|-------|--------|--------|------|
|    | ▼ <sub>В,М</sub> | 159,0 | 163,2 | 163,2 | 163,2  | 176,8  |      |
| 60 | L, м             | 1615  | 735   | 1600  | 600    | 1600   | 71,7 |
|    | D, мм            | 250   | 250   | 250   | 300    | 300    |      |
|    | Q, л/с           | 60    | 0     | 0     | 0      | 60     |      |
|    | V, м             | 1,22  | 1,22  | 1,22  | 0,9    | 1,7    |      |
|    | λ                | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,0185 | 0,0185 |      |
|    | h, м             | 9,3   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 13,6   |      |
|    | ▼ <sub>В,М</sub> | 159,0 | 159,0 | 159,0 | 159,0  | 172,6  |      |
| 0  | L, м             | 1615  | 735   | 1600  | 600    | 1600   | 58,1 |
|    | D, мм            | 250   | 250   | 250   | 300    | 300    |      |
|    | Q, л/с           | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |      |
|    | V, м             | 1,22  | 1,22  | 1,22  | 0,9    | 1,7    |      |
|    | λ                | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,0185 | 0,0185 |      |
|    | h, м             | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 0,0    |      |
|    | ▼ <sub>В,М</sub> | 159,0 | 159,0 | 159,0 | 159,0  | 159,0  |      |

### 3.2 Вибір гідромеханічного і електротехнічного обладнання насосної станції

Кількість основних насосних агрегатів на автоматизованій насосній станції визначаємо виходячи з максимальної витрати закритої зрошувальної мережі, та дотримуючись основних положень [17].

Максимальну витрату зрошувальної мережі при поливі способом дощування визначаємо за формулою

$$Q_{\max} = K \cdot Q \cdot n, \quad (3.7)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує втрати води з закритої мережі,  $K=1,02$ ;  
 $Q$  – витрата дощувальної машини, л/с;  $n$  – кількість одночасно працюючих дощувальних машин.

$$Q_{\max} = 1,02 \cdot 60 \cdot 3 = 184 \text{ л/с.}$$

В нашому випадку доцільно для забезпечення роботи насосної станції доцільним буде застосування насосів типу Д або ЦНС (табл. 3.4), так як вони спроможні забезпечити потрібний напір насосної станції – 81,0 м.

Таблиця 3.4 – Порівняння варіантів основного насоса

| Варіанти | Марка насоса | Діаметр робочого колеса | Подача, м <sup>3</sup> /год | Частота обертання, об/хв | Допустимий кавітаційний запас, м | Коефіцієнт корисної дії | Потрібна кількість |
|----------|--------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1        | Д200-90      | 270                     | 200                         | 2900                     | 5,5                              | 76                      | 3                  |
| 2        | ЦНС180-85    | -                       | 180                         | 2950                     | 4                                | 70                      | 3                  |

В даному випадку приймаємо насоси типу Д200-90, для якого вказуємо робочу характеристику та ескіз з габаритними розмірами рис. 3.2 і 3.3.



Визначення марки допоміжних насосів. Для заповнення водою і підтримання напору в закритій зрошувальній мережі при відключеній поливній техніці на насосній станції необхідно застосовувати два допоміжних (бустерних) насоса [17, 22].

При несталій напірній характеристиці основного насоса  $H_{max}$  встановлюємо два допоміжних насоса на сумарну подачу (л/с), яка дорівнює величині втрат води з мережі з додаванням витрати дощувальної машини. В нашому випадку:

$$Q_{\delta} = 0,5 \cdot (0,02 \cdot Q_{max} + Q_{DM}) \quad (3.8)$$

де  $Q_{max}$  – максимальна витрата, л/с.

$$Q_{\delta} = 0,5 \cdot (0,02 \cdot 183 + 60) = 32 \text{ л/с.}$$

Розрахунковий напір допоміжного насоса  $H_B$  визначається за характеристикою мережі  $H_M=f(Q)$  при витраті  $2Q_{\delta}$ . Робоча характеристика та габаритні розміри допоміжного насосу ЦНС38-66 показані на рис.3.4 і 3.5.

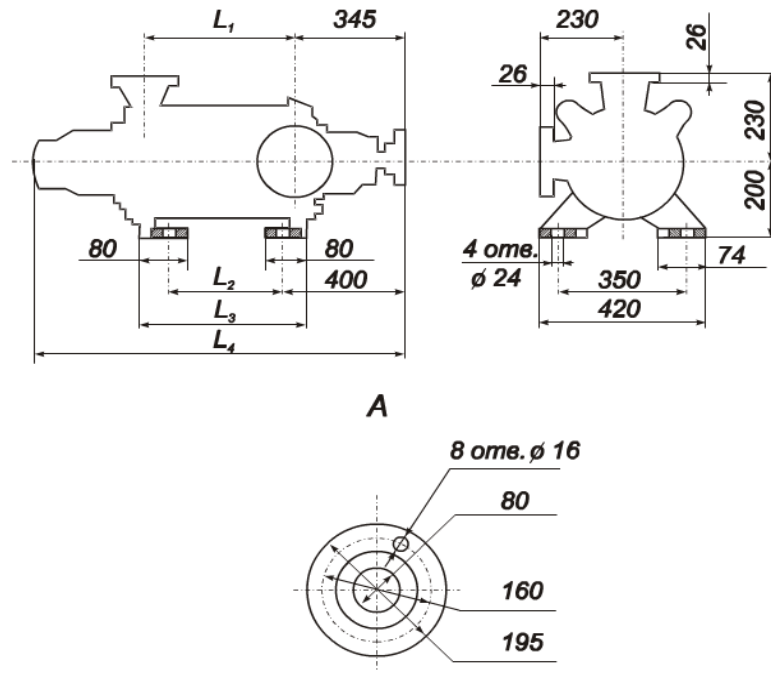


Рисунок 3.4 – Габаритні розміри допоміжного насосу ЦНС 38-66

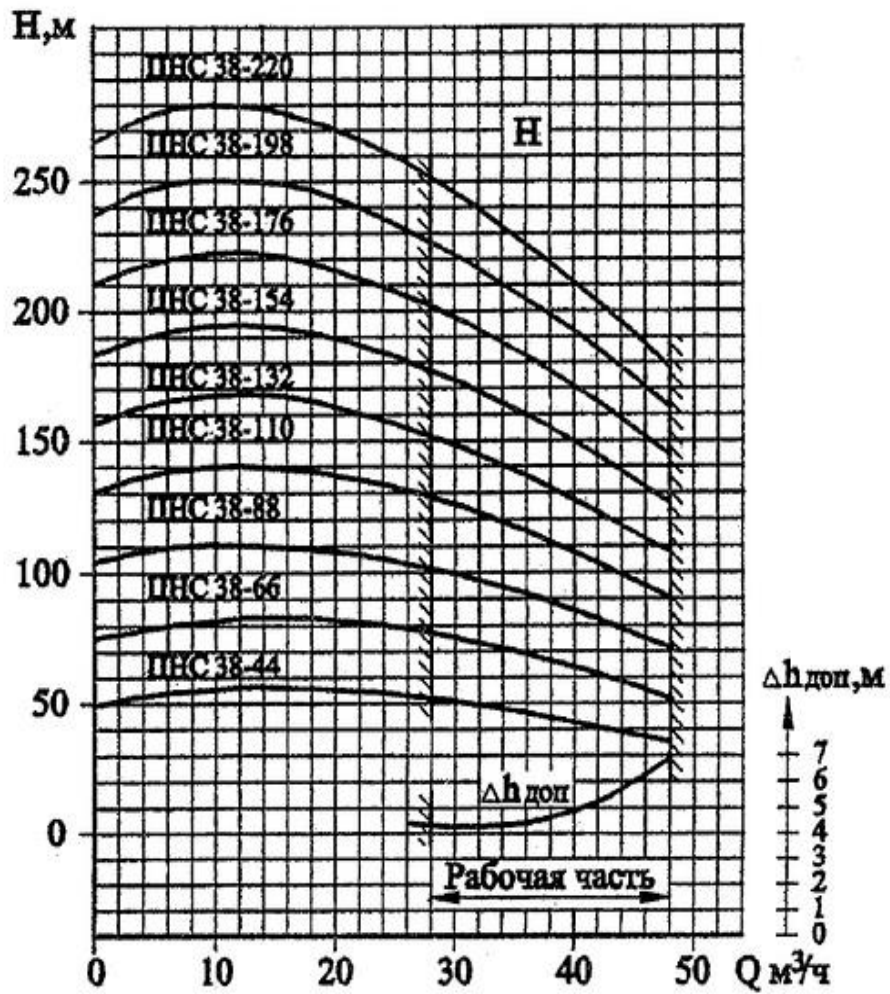


Рисунок 3.5 – Напірна характеристика допоміжного насосу ЦНС38-66

Побудова графіка сумісної роботи насосів і закритої мережі. За напором  $H$  (табл. 3.3) і відповідним йому значенням витрати насосної станції  $Q$  на рис. 3.6 будемо залежність  $H_m = f(Q)$ .

На графіку з характеристикою закритої мережі будемо напірні характеристики паралельної роботи насосів. Сумісна робота мережі і насосів залежить від схеми автоматизації насосної станції. На характеристику насосів наносимо робочі зони і призначаємо режими включення та відключення насосів при зміні витрати в мережі від нуля до максимальної. Перший основний насос і допоміжні насоси вимикаються за тиском (від імпульсів електроконтактних манометрів, підключених до повітряного резервуару ВПР), інші основні насоси – від сигналу індукційного витратоміра.

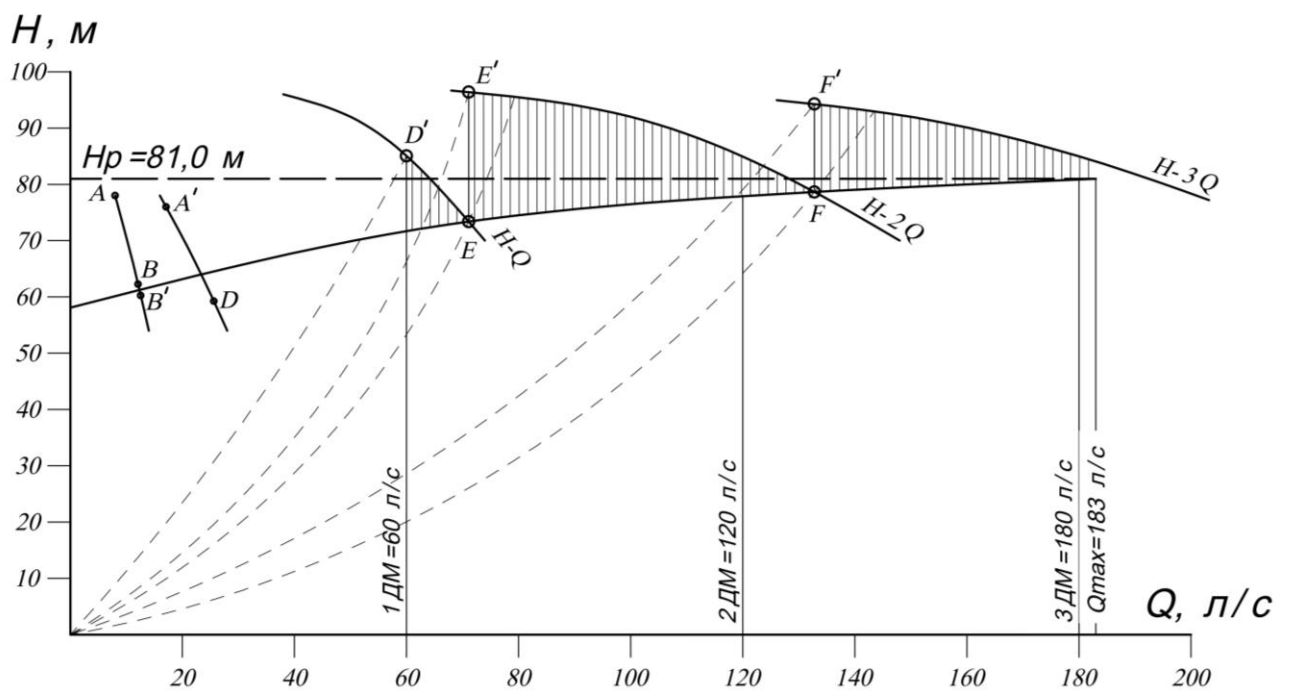


Рисунок 3.6 – Графік сумісної роботи насосів і зрошувальної мережі

Робота насосної станції в автоматичному режимі приходить в такій послідовності. Коли дощувальні машини не працюють, в мережі відбувається



витікання води через фасоні частини та арматуру [22]. Об'єм води поповнюється за рахунок ВПР. Поступово, внаслідок витікання води з мережі, тиск в ній та ВПР знижується до величини, яка відповідає точці  $B$  (рис 3.6). Від сигналу електроконтактного манометра, який розташований на ВПР і налагоджений на цей тиск, включається один допоміжний насос. Тиск в мережі та у ВПР підвищується до величини, яка відповідає верхній межі рекомендованої зони насоса і від сигналу електроконтактного манометра, налагодженого на цей тиск, насос відключається. При подальшому збільшенні витікання або підключенні малопродуктивної техніки один допоміжний насос забезпечує необхідну подачу, і тиск в мережі зменшується. При зменшенні тиску до точки  $B'$  за сигналом електроконтактного манометра включається другий допоміжний насос, точка  $A'$ . Параметри системи насосної станції наведені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 – Параметри налаштування системи автоматизованої НС

| Режим роботи   | НА  | Операція управління | Робоча точка | Параметри насоса |      |
|----------------|-----|---------------------|--------------|------------------|------|
|                |     |                     |              | Q, л/с           | H, м |
| Черговий режим | 1ДН | ввімкнення          | $B$          | 13               | 62   |
|                |     | вимкнення           | $A$          | 8,0              | 78   |
|                | 2ДН | ввімкнення          | $B'$         | 13,5             | 60   |
|                |     | вимкнення           | $A'$         | 17               | 76   |
| Основний       | 1ОН | ввімкнення          | $D$          | 26               | 59   |
|                |     | вимкнення           | $D'$         | 60               | 83   |
|                | 2ОН | ввімкнення          | $E$          | 68               | 72   |
|                |     | вимкнення           | $E'$         | 68               | 94   |

|  |     |            |      |     |    |
|--|-----|------------|------|-----|----|
|  | ЗОН | ввімкнення | $F$  | 135 | 78 |
|  |     | вимкнення  | $F'$ | 135 | 94 |

Обидва допоміжних насоси забезпечують витрату до точки  $D$ . При вводі в роботу поливної техніки тиск в мережі падає, тобто допоміжні насоси не забезпечують споживання мережі. Підключення нових дощувальних машин викликає збільшення водозабору мережі, і від сигналу індукційного витратоміра включаються основні насоси (точки  $D'$ ,  $E'$ ,  $F'$ ). Відключення насосів відбувається у зворотній послідовності

Відмітку осі насоса визначаємо для найгірших експлуатаційних умов роботи насосного агрегату, які залежать від мінімального рівня води в джерелі при максимальній подачі першого насоса за формулою

$$\nabla_{\text{ОН}} = \nabla_{\text{min}} + H_{\text{ГВ}}, \quad (3.9)$$

де  $\nabla_{\text{min}}$  – відмітка мінімального рівня води в джерелі, для даного випадку  $\nabla_{\text{min}}=98,0$  м;  $H_{\text{ГВ}}$  – геометрична висота усмоктування, м.

Геометричну висоту усмоктування розраховуємо за формулою

$$H_{\text{ГВ}} = H_a - H_{\text{пр}} - \Delta h_{\text{доп}} - h_v, \quad (3.10)$$

де  $H_a$  – напір води, який відповідає атмосферному тиску,  $H_a = 10$  м;  $H_{\text{пр}}$  – пружність насичених парів рідини при заданій температурі,  $H_{\text{пр}} = 0,24$  м при температурі води  $t = 20^\circ\text{C}$ ;  $\Delta h_{\text{доп}}$  – допустимий кавітаційний запас, який визначається за характеристикою насоса при граничній подачі, м;  $h_v$  – сумарні гідравлічні втрати в усмоктувальній лінії при граничній подачі,  $h_v = 2,0$  м.

Для даного випадку для основного насоса отримаємо

$$H_{\text{ГВ}} = 10 - 0,24 - 5,5 - 2,0 = 2,26 \text{ м.}$$

Відмітка вісі насоса для даного випадку складе

$$\nabla_{\text{ОН}} = 98,0 + 2,26 = 100,26 \text{ м.}$$

Відмітку підлоги насосної станції визначаємо за формулою

$$\nabla_{\text{п.нс}} = \nabla_{\text{ОН}} - E - a_{\text{ф}}, \quad (3.11)$$

де  $E$  – відстань від осі насоса до його опорної площини, м;  $a_{\text{ф}}$  – підвищення фундаменту насоса над підлогою машинного залу, в даному випадку  $a_{\text{ф}} = 0,2$  м.

Відмітка підлоги насосної станції складе

$$\nabla_{\text{п.нс}} = 100,26 - 0,26 - 0,2 = 99,8 \text{ м.}$$

Визначення відмітки осі насосів і відмітки підлоги проводимо для основних і допоміжних насосів окремо. Найнижчу відмітку підлоги приймаємо за розрахункову для машинного залу. Для допоміжного насоса кавітаційний запас при даних умовах роботи рівний 5,5 м, а висота 0,2 м, тому відмітка підлоги таким чином становитиме теж 100,4 м. Для подальших розрахунків приймаємо меншу (99,8 м).

Обґрунтування типу будівлі насосної станції і типу водозабірної споруди. Відмітку подошви фундаменту стін будівлі насосної станції визначаємо за формулою [17,22]

$$\nabla_{\text{п.ф}} = \nabla_{\text{п.нс}} - h_{\text{пр}}, \quad (3.12)$$

де  $h_{\text{пр}}$  – глибина промерзання ґрунту в районі будівництва (1,0 м).

Для даного випадку отримаємо

$$\nabla_{\text{п.ф}} = 99,8 - 1,0 = 98,8 \text{ м.}$$

Для будівлі насосної станції наземного типу, при якому коливання рівнів води у каналі менше геометричної висоти усмоктування, повинна виконуватись умова

$$\nabla_{max} < \nabla_{n.ф}, \quad (3.13)$$

де  $\nabla_{max}$  – відмітка максимального рівня води у джерелі розрахункової забезпеченості, м.

В даному випадку умова не виконується

$$105,5 > 98,8 \text{ м,}$$

Тому в нашому випадку маємо будівлю насосної станції камерного типу. Вибір схеми внутрішньостанційних комунікацій і уточнення відмітки вісі насосу. Так як у нашому випадку будівля камерного типу, то необхідності в уточненні втрат напору в всмоктувальній та напірних лініях немає. Приймаючи камерний тип будівлі, із заглибленням камери 4,2 м, уточнюємо відмітку осі насоса та підлоги.

$$\nabla_{п.нс} = 98,8 - 4,2 = 94,6 \text{ м,}$$

$$\nabla_{ОН} = 94,6 + 0,26 + 0,2 = 95,06 \text{ м,}$$

$$\nabla_{ОН(Д)} = 94,6 + 0,2 + 0,2 = 95,0 \text{ м.}$$

Діаметри всмоктуючого і напірного трубопроводів розраховуємо за наступною формулою

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (3.14)$$

де  $Q$  – гранична подача, м<sup>3</sup>/с;  $V$  – швидкість води в трубопроводі (для всмоктувальної лінії близько 1 м/с, для напірної близько 2 м/с).

В нашому випадку отримаємо

$$D_{\text{осн. всмокт.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,068}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,294 \text{ м} \approx 300 \text{ мм},$$

$$D_{\text{осн. напір.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,068}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,208 \text{ м} \approx 200 \text{ мм}.$$

$$D_{\text{доп. всмокт.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,128 \text{ м} \approx 200 \text{ мм},$$

$$D_{\text{доп. напір.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,09 \text{ м} \approx 100 \text{ мм}.$$

Підбір електродвигуна для основних та допоміжних насосів. Електродвигуни підбираємо за максимальною потужністю, частотою обертання, формою виконання насоса. Розрахункову потужність електродвигуна (кВт) визначаємо за формулою

$$N = 9,81 \cdot Q_r \cdot H \cdot K / \eta, \quad (3.15)$$

де  $Q_r$  – гранична подача, м<sup>3</sup>/с;  $H$  – напір, м;  $K$  – коефіцієнт запасу потужності,  $K = 1,1 - 1,05$ ;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії насоса при граничній подачі.

В нашому випадку отримаємо

$$N = 9,81 \cdot 0,068 \cdot 72 \cdot 1,1 / 0,76 = 69,5 \text{ кВт.}$$

Для отриманого значення потужності приймаємо електродвигун марки 5AM250M2 УЗ, технічні параметри та розміри якого наведені в табл. 3.6. Загальний вигляд насосного агрегату наведений на рис. 3.7.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики електродвигуна 5AM250M2 УЗ

| Потужність, кВт | Напруга, В | В, мм | L, мм | L <sub>1</sub> , мм | Н, мм | h, мм | Маса агрегату, кг |
|-----------------|------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------------------|
| 90              | 380        | 545   | 1740  | 1330                | 840   | 460   | 770               |

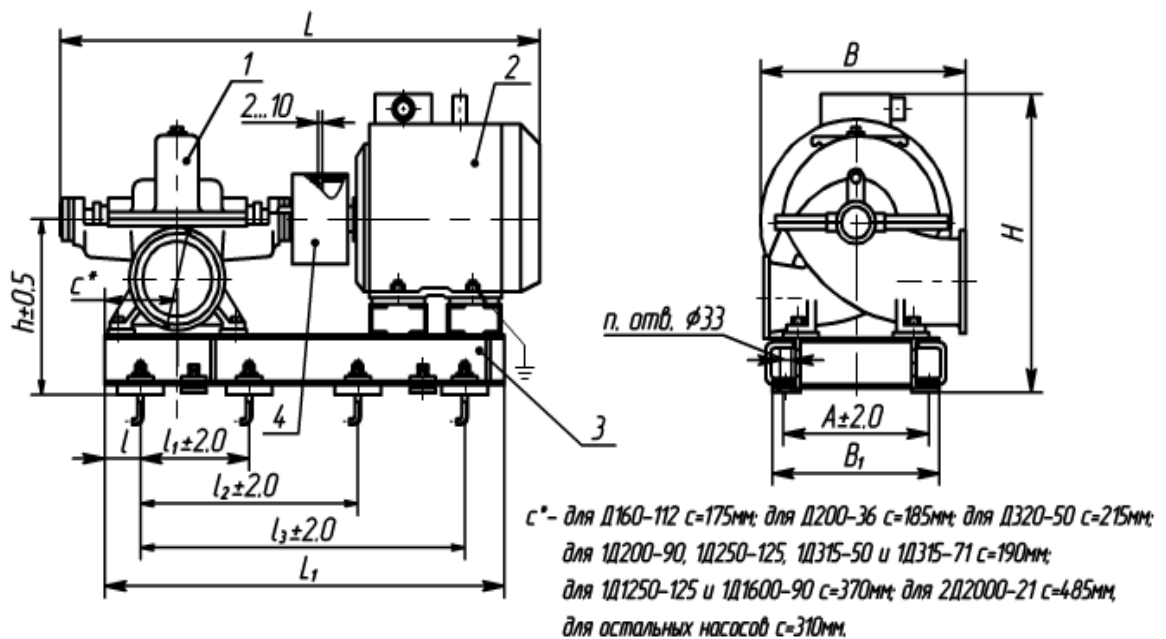


Рисунок 3.7 – Габаритний вигляд основного насосного агрегату

Електродвигун для допоміжного насосу підбираємо так, як і для основного. Параметри допоміжного насоса визначаємо при граничній подачі, яка відповідає подачі в режимній точці Д.

$$N_{\text{доп}} = 9,81 \cdot 0,026 \cdot 59 \cdot 1,1 / 0,78 = 15 \text{ кВт.}$$

Для отриманого значення потужності приймаємо електродвигун марки 4А-160S-2, технічні параметри та розміри якого зведені в табл. 3.7. Загальний вигляд насосного агрегату наведений на рис. 3.8.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики електродвигуна 4А-160S2

| Потужність, кВт | Напруга, В | L, мм | B, мм | H, мм | Маса агрегату, кг |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------------------|
| 15              | 380        | 1555  | 220   | 621   | 405               |

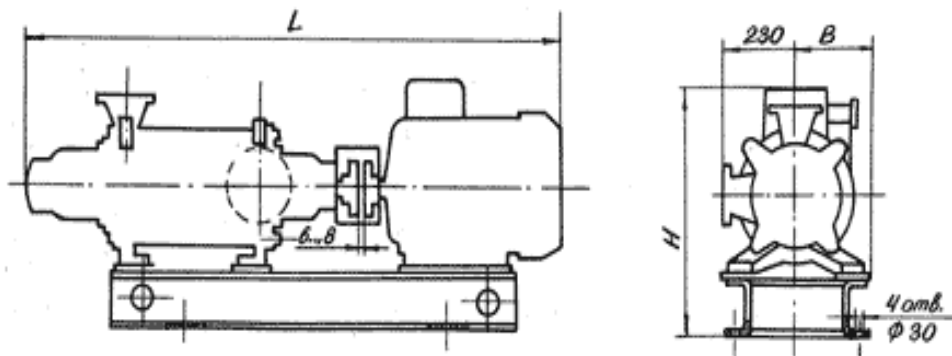


Рисунок 3.8 – Габаритні розміри допоміжного насосного агрегату

Отже, загальна кількість насосів становитиме: основних при передбаченні одного резервного агрегату – 4 шт.; допоміжних – 2 шт. Насосна станція підкачки належить до третьої категорії безперервності електропостачання. Для включення і відключення електродвигунів основних насосів потужністю більше 75 кВт встановлюють масляні вимикачі.

Необхідну для насосної станції потужність трансформаторів визначаємо потужністю привідних електродвигунів основних насосів та інших механізмів [17].

$$S = k_c \sum (\sum N_y / \eta_{\text{дв}} \cos \varphi) + (10 \dots 50); \quad (3.16)$$

$$S=0,8 \cdot (4 \cdot 90+2 \cdot 15) / (0,9 \cdot 0,94) + 30 = 400 \text{ кВт.}$$

Таким чином загальна потужність насосної станції складає 400 кВт.



## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА БУДІВНИЦТВО ЗАКРИТОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

### 4.1 Розрахунок обсягів земляних робіт при будівництві зрошувальної мережі

Для розрахунку об'ємів земляних робіт по улаштуванню закритої зрошувальної мережі спочатку виконуємо побудову поздовжнього профілю та поперечних перерізів запроектованих трубопроводів.

Побудова профілю починаємо з розбивки траси трубопроводу у плані на відповідні «пікети» по 100 м.

Глибину розробки траншеї (улаштування трубопроводів)  $h_{\text{тр}}$  визначаємо за формулою

$$h_{\text{тр.}}=d+h_{\text{пр.}}, \quad (4.1)$$

де  $d$  – зовнішній  $\emptyset$  поліетиленових труб на даній ділянці, м;  $h_{\text{пр}}$  – нормативна глибина промерзання ґрунту, м, приймаємо – 1,0 м.

Технологічні відмітки трубопроводу (верх, дно, вісь) розраховуємо залежно від встановлених відміток дна траншеї та діаметру трубопроводів. На

початкових етапах роботи з будівництва ЗЗМ по всій довжині траншеї знімається родючий рослинний шар ґрунту об'ємом

$$V_{зр} = L_{тр.} \cdot B_{зр.} \cdot t_{зр.}, \text{ м}^3, \quad (4.2)$$

де  $L_{тр.}$  – довжина трубопроводу, м;  $B_{зр.}$  – ширина смуги зрізання, приймаємо 10 м;  $t_{зр.}$  – шар родючого ґрунту, приймаємо 0,3 м.

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

$$F_{пл.} = L_{тр.} \cdot B_{пл.}, \text{ м}^2, \quad (4.3)$$

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

Об'єм розробки ґрунту в траншеї між пікетами складе

$$V = 0,5 \cdot (F_1 + F_2) \cdot l_i \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

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

$$F = (B_{тр.} + m \cdot h_{тр.}) \quad (4.5)$$

Розрахунок об'ємів земляних робіт для розробки траншеї під зрошувальні трубопроводи наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок об'ємів земляних робіт для зрошувального трубопроводу

| Трубопровід | d, м | h, м | B, м | F, м <sup>2</sup> | L, м | V, м <sup>3</sup> |
|-------------|------|------|------|-------------------|------|-------------------|
| 1-1Кр1      |      |      |      |                   |      |                   |
| 1-1Кр1      | 0,3  | 1,3  | 0,8  | 0,80              | 1500 | 1664              |
| 1-1Кр1.1    | 0,25 | 1,25 | 0,75 | 0,75              | 735  | 688               |
| 1-1Кр1.2    | 0,25 | 1,25 | 0,75 | 0,75              | 1615 | 1514              |
| 1-1Кр2      | 0,3  | 1,25 | 0,8  | 0,80              | 600  | 624               |
| 1-1Кр3      | 0,25 | 1,25 | 0,75 | 0,75              | 1600 | 1500              |
| Всього      | -    | -    | -    | -                 | -    | 5990              |

По кожному з діаметрів трубопроводу розраховуємо обсяги земляних робіт, які необхідно виконати вручну та із застосуванням екскаватору. При розробці ґрунту на дні траншеї вручну об'єм робіт складе

$$V_{\text{руч}} = L_{\text{тр}} \cdot B_{\text{тр}} \cdot t_{\text{руч}}, \text{ м}^3, \quad (4.6)$$

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

Об'єм ґрунту, що розробляється екскаватором складе

$$V_{\text{мех}} = V - V_{\text{руч.}} \quad (4.7)$$

При розрахунку об'ємів земляних робіт додатково враховуємо обсяги розробки ґрунту в котлованах під оглядові та розподільчі колодязі на зрошувальній мережі, а також у приямках під стики труб. Цей показник приймаємо відповідно у кількості 3 % і 1 % від загального об'єму розробки ґрунту в траншеї.

Об'єм часткової зворотної засипки траншеї мінеральним ґрунтом складе

$$V_{\text{част.}} = (0,5 \cdot V_{\text{тр}} \cdot d - \pi \cdot d^2 / 8) \cdot L_{\text{тр}}, \text{ м}^3, \quad (4.8)$$

Об'єм повної засипки траншеї мінеральним ґрунтом

$$V_{\text{пов}} = V + V_{\text{кол.}} + V_{\text{пр}} - V_{\text{част.}} \quad (4.9)$$

Усі види проектних земляних робіт та їх розрахункові об'єми зведені у табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Відомість об'ємів робіт по будівництву зрошувальної мережі

| Найменування будівельного процесу                                    | Один. виміру   | Всього |
|--|----------------|--------|
| Зрізання родючого рослинного ґрунту з траси трубопроводу шаром 0,3 м | м <sup>3</sup> | 18450  |
| Планування траси зрошувального трубопроводу                          | м <sup>2</sup> | 24600  |
| Розробка ґрунту в траншеї всього                                     | м <sup>3</sup> | 5990   |

| Найменування будівельного процесу                                 | Один. виміру   | Всього |
|---|----------------|--------|
| - в тому числі екскаватором                                       | м <sup>3</sup> | 5518   |
| - вручну  | м <sup>3</sup> | 472    |
| Розробка ґрунту в приямках під стики поліетиленових труб          | м <sup>3</sup> | 50     |
| Розробка ґрунту в котлованах під оглядові та розподільчі колодязі | м <sup>3</sup> | 150    |
| Монтаж (укладання) трубопроводів                                  | м              | 2100   |
| - Ø 300 мм  | м              | 3950   |
| - Ø 250 мм  |                |        |
| Монтаж засувок  | шт.            | 8      |
| Монтаж оглядових колодязів  | шт.            | 5      |
| Монтаж гідрантів ДМ   | шт.            | 67     |
| Часткова засипка траншеї ґрунтом                                  | м <sup>3</sup> | 500    |
| Повна засипка траншеї ґрунтом                                     | м <sup>3</sup> | 5400   |
| Відновлення рослинного шару ґрунту                                | м <sup>3</sup> | 18450  |

#### 4.2 Калькуляція трудових витрат та фонду заробітної платні робітників

Після розрахунку об'ємів земляних та будівельно-монтажних робіт по кожній з технологічних операцій складаємо відомість калькуляції трудових витрат (табл. 4.3).

Склад ланки і норму часу приймаємо відповідно до діючих нормативів і збірників РЕКН на конкретні види робіт.

Трудомісткість виконання робіт визначаємо за формулою

$$Q = \frac{V \cdot H_q}{V_{EHIP} \cdot 8,2}, \quad (4.10)$$

де  $V$  – розрахунковий об’єм роботи згідно проекту, м<sup>3</sup>;  $H_q$  – нормативна витрат часу на виконання одиниці певного об’єму роботи;  $V_{EHIP}$  – одиниця об’єму роботи по РЕКН; 8,2 – нормативна тривалість робочої зміни у годинах.

Розрахунок фонду заробітної плати (ЗП) виконуємо у наступній послідовності. Спочатку розраховуємо умовно-постійні параметри заробітної плати, які залежать від рівня середньої, а також від середньої норми робочого часу. Розрахунок ЗП працівників виконуємо по усередненій вартості за формулою

$$C_y = \frac{Z_m}{H_{p.ч.}}, \quad (4.11)$$

де  $Z_m$  – середня заробітна плата за місяць одного працівника в еквіваленті повної зайнятості (приймаємо 22700 грн.);  $H_{p.ч.}$  – середня норма робочого часу в будівництві на одного працівника в годинах за місяць (167,67 годин).

Таким чином  $C_y = 22700 / 167,67 = 135,4$  грн/год.

Фактичну усереднену вартість людино-години роботи, яка виконується, визначаємо за формулою

$$C_{fy} = \frac{C_y \cdot K_m^\phi}{K_m^{б\gamma\delta}}, \quad (4.12)$$

де  $K_m^\phi$  – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду роботи;  $K_m^{\text{бюд}}$  – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду виконання робіт в будівництві ( $K_m^{\text{бюд}}=3,8$ ).

Середній розряд проектного виду роботи визначаємо за формулою

$$P_{\text{сер}} = \frac{\sum P_i \cdot N_i}{\sum N}, \quad (4.13)$$

де  $P_i$  – розряд робітника;  $N_i$  – кількість працівників з даним розрядом;  $N$  – кількість робітників у технологічній ланці.

На наступному етапі встановлюємо фактичний розмір заробітної плати за формулою

$$Z_{\text{п}} = C_{\text{ф}} \cdot Q \cdot t_{\text{зм}}, \quad (4.14)$$

де  $Q$  – трудомісткість виконання роботи, людино-днів;  $t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни (8,2 години).

Отже за виконаними розрахунками встановлено, що загальна трудомісткість виконання робіт з будівництва закритої зрошувальної мережі становить 167,9 людино-днів, а фонд заробітної плати – 210556,3 грн.

Графік виробництва робіт. Основою для складання даного графіка є попередні розрахунки калькуляції трудових витрат і фонду заробітної плати працівників. Графік складається у відповідності до встановленої форми – таблиця 4.4 (рис. 4.1).

При складанні цього графіку передбачаємо ведення робіт з умовою зі сумісного виконання декількох технологічних процесів. Склад ланки для виконання окремих видів робіт, що складається з працівників різних професій і рівнів кваліфікації, їх чисельний склад приймаємо згідно РЕКН. Кількість робочих змін за одну добу – 1. Для визначення тривалості виробництва земляних і монтажних робіт із застосуванням машин (механізмів) і робітників трудомісткість в машино-змінах розділяємо на число змін роботи за одні добу.

Для визначення тривалості виконання ручних видів робіт трудомісткість в людино-днях ділимо на склад ланки та кількість змін роботи в одній добі.



Таблиця 4.3 – Розрахунок калькуляції трудових витрат та фонду заробітної платні при будівництві закритої зрошувальної мережі

| № з/п              | Найменування робіт                                      | Одиниця вимір  | Кіл-ть | Параграф РЕКН | Склад ланки        |        | Одиниця вимір | Норма часу | Трудомістк. | С <sub>фу</sub> | З/п, грн. |
|--------------------|---|----------------|--------|---------------|--------------------|--------|---------------|------------|-------------|-----------------|-----------|
|                    |   |                |        |               | спеціальн., розряд | кіл-ть |               |            |             |                 |           |
| 1                  | 2   | 3              | 4      | 5             | 6                  | 7      | 8             | 9          | 10          | 11              | 12        |
| Зрошувальна мережа |   |                |        |               |                    |        |               |            |             |                 |           |
| 1                  | Зрізка рослинного шару ґрунту                           | м <sup>3</sup> | 18450  | Е2-1-22       | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 0,5        | 11,5        | 208,8           | 19502,37  |
| 2                  | Планування траси траншеї                                | м <sup>2</sup> | 24600  | Е2-1-35       | маш. 6 розр.       | 1      | 1000          | 0,29       | 0,9         | 208,8           | 1508,22   |
| 3                  | Розробка траншеї екскаватором на повний профіль         | м <sup>3</sup> | 5518   | Е2-1-13       | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 2,6        | 17,9        | 208,8           | 30330,45  |
| 4                  | Ручна розробка ґрунту                                   | м <sup>3</sup> | 472    | Е2-1-47       | землек 2 розр.     | 2      | 1             | 0,85       | 50,2        | 126,4           | 51345,9   |
| 5                  | Розробка ґрунту в котлованах під колодязі та стики труб | м <sup>3</sup> | 200    | Е2-1-11       | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 2,8        | 0,7         | 208,8           | 1184,22   |
| 6                  | Укладка труб Д-300 мм                                   | м              | 2100   | В12-3-50      | монт. 3,4 розр.    | 3      | 100           | 1,9        | 5,2         | 147,2           | 6229,71   |
| 7                  | Д-250 мм  | м              | 3950   | В12-3-50      | монт. 3,4 розр.    | 3      | 100           | 1,3        | 6,4         | 147,2           | 7652,88   |
| 8                  | Монтаж оглядових і скидних колодязів                    | шт             | 5      | Е9-2-29       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 7,8        | 4,9         | 147,2           | 5812,56   |
| 9                  | Монтаж засувок  | шт             | 8      | Е9-2-16       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 4,2        | 4,2         | 147,2           | 5007,42   |
| 10                 | Монтаж гідрантів  | шт             | 67     | Е9-2-18       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 1,2        | 10,1        | 147,2           | 11983,14  |
| 11                 | Монтаж вантузів   | шт             | 4      | Е9-2-18       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 0,73       | 0,4         | 147,2           | 434,97    |
| 12                 | Часткова засипка траншеї ґрунтом                        | м <sup>3</sup> | 500    | Е2-1-58       | землек 2 розр.     | 2      | 1             | 0,73       | 45,6        | 147,2           | 54399,6   |

|        |                                    |                |       |         |                 |   |     |      |       |       |          |
|--------|------------------------------------|----------------|-------|---------|-----------------|---|-----|------|-------|-------|----------|
| 13     | Попереднє гідравлічне випробування | м              | 6150  | Е9-2-16 | монт. 3,4 розр. | 2 | 100 | 0,16 | 1,2   | 147,2 | 1466,91  |
| 14     | Повна засипка траншеї ґрунтом      | м <sup>3</sup> | 5400  | Е2-1-34 | маш. 6 розр.    | 1 | 100 | 0,35 | 2,4   | 208,8 | 3995,73  |
| 15     | Кінцеве гідравлічне випробування   | м              | 6150  | Е9-2-14 | монт. 3,4 розр. | 2 | 100 | 0,25 | 1,9   | 147,2 | 2291,49  |
| 16     | Відновлення рослинного шару ґрунту | м <sup>3</sup> | 18450 | Е2-1-22 | маш. 6 розр.    | 1 | 100 | 0,19 | 4,4   | 208,8 | 7410,69  |
| Всього |                                    | -              |       |         |                 |   |     |      | 167,9 | -     | 210556,3 |

Таблиця 4.4 – Графік виробництва робіт при будівництві зрошувальної мережі

| № з/п              | Найменування робіт                                      | Одиниця вимір  | Кіл-ть | Параграф ЕНіРу | Склад ланки        |        | Одиниця вимір | Норма часу | Трудо містк. | Тривал., дн. |
|--------------------|---|----------------|--------|----------------|--------------------|--------|---------------|------------|--------------|--------------|
|                    |   |                |        |                | спеціальн., розряд | кіл-ть |               |            |              |              |
| 1                  | 2   | 3              | 4      | 5              | 6                  | 7      | 8             | 9          | 10           | 12           |
| Зрошувальна мережа |   |                |        |                |                    |        |               |            |              |              |
| 1                  | Зрізка рослинного шару ґрунту                           | м <sup>3</sup> | 18450  | Е2-1-22        | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 0,5        | 11,5         | 12           |
| 2                  | Планування траси траншеї                                | м <sup>2</sup> | 24600  | Е2-1-35        | маш. 6 розр.       | 1      | 1000          | 0,29       | 0,9          | 1            |
| 3                  | Розробка траншеї екскаватором на повний профіль         | м <sup>3</sup> | 5518   | Е2-1-13        | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 2,6        | 17,9         | 18           |
| 4                  | Ручна розробка ґрунту                                   | м <sup>3</sup> | 472    | Е2-1-47        | землек 2 розр.     | 2      | 1             | 0,85       | 50,2         | 51           |
| 5                  | Розробка ґрунту в котлованах під колодязі та стики труб | м <sup>3</sup> | 200    | Е2-1-11        | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 2,8        | 0,7          | 1            |
| 6                  | Укладка труб Д-300 мм                                   | м              | 2100   | В12-3-50       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 100           | 1,9        | 5,2          | 6            |
| 7                  | Д-250 мм  | м              | 3950   | В12-3-50       | монт. 3,4 розр.    | 3      | 100           | 1,3        | 6,4          | 7            |
| 8                  | Монтаж оглядових і скидних колодязів                    | шт             | 5      | Е9-2-29        | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 7,8        | 4,9          | 5            |
| 9                  | Монтаж засувок  | шт             | 8      | Е9-2-16        | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 4,2        | 4,2          | 5            |
| 10                 | Монтаж гідрантів  | шт             | 67     | Е9-2-18        | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 1,2        | 10,1         | 11           |
| 11                 | Монтаж вантузів   | шт             | 4      | Е9-2-18        | монт. 3,4 розр.    | 3      | 1             | 0,73       | 0,4          | 1            |
| 12                 | Часткова засипкатраншеї ґрунтом                         | м <sup>3</sup> | 500    | Е2-1-58        | землек 2 розр.     | 2      | 1             | 0,73       | 45,6         | 46           |
| 13                 | Попереднє гідравлічне випробування                      | м              | 6150   | Е9-2-16        | монт. 3,4 розр.    | 2      | 100           | 0,16       | 1,2          | 2            |
| 14                 | Повна засипка траншеї ґрунтом                           | м <sup>3</sup> | 5400   | Е2-1-34        | маш. 6 розр.       | 1      | 100           | 0,35       | 2,4          | 3            |

|               |                                    |                |       |         |                 |   |     |      |       |     |
|---------------|------------------------------------|----------------|-------|---------|-----------------|---|-----|------|-------|-----|
| 15            | Кінцеве гідравлічне випробування   | м              | 6150  | Е9-2-14 | монт. 3,4 розр. | 2 | 100 | 0,25 | 1,9   | 2   |
| 16            | Відновлення рослинного шару ґрунту | м <sup>3</sup> | 18450 | Е2-1-22 | маш. 6 розр.    | 1 | 100 | 0,19 | 4,4   | 5   |
| <b>Всього</b> |                                    |                |       |         |                 |   |     |      | 167,9 | 176 |

| № з/п | Найменування робіт                        | Одиниця виміру | Кількість | Параграф ЕНІРу | Норматив |         | Трудомісткість |          | Машини   |         | Склад ланки               | Кіль-ть змін | Тривалість | Тривалість процесу, дні |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|-------|---|----------------|-----------|----------------|----------|---------|----------------|----------|----------|---------|---------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       |   |                |           |                | люд.-год | маш-год | люд.-год       | маш-год. | марка    | кіль-ть |                           |              |            | 15                      | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 |
| 1     | 2   | 3              | 4         | 5              | 6        | 7       | 8              | 9        | 10       | 11      | 12                        | 13           | 14         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 1     | Зрізка рослинного шару ґрунту             | м <sup>3</sup> | 18450     | Е2-1-22        | 0,5      | 0,5     | 11,5           | 11,5     | ДЗ-171   | 1       | маш. 6 р                  | 1            | 12         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 2     | Планування траси трубопроводу             | м <sup>2</sup> | 24600     | Е2-1-35        | 0,29     | 0,29    | 0,9            | 0,9      | ДЗ-171   | 1       | маш. 6 р                  | 1            | 1          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 3     | Розробка ґрунту в траншеї екскаватором    | м <sup>3</sup> | 5518      | Е2-1-13        | 2,6      | 2,6     | 17,9           | 17,9     | ЕК-12    | 1       | маш 6 р                   | 1            | 18         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 4     | Розробка ґрунту вручну                    | м <sup>3</sup> | 472       | Е2-1-47        | 0,85     | -       | 50,2           | -        | -        | -       | землекоп 2 р              | 1            | 51         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 5     | Розробка ґрунту в котлованах під колодязі | м <sup>3</sup> | 200       | Е2-1-11        | 2,8      | 2,8     | 0,7            | 0,7      | ЕК-12    | 1       | маш 6 р                   | 1            | 1          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 6     | Укладка труб ПЕ-100 SDR-17 Ø300 мм        | м              | 2200      | В12-3-50       | 1,9      | 2,3     | 5,2            | 5,2      | КС 55765 | 1       | маш 6 р;<br>монтаж. 4,3 р | 1            | 6          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 7     | Укладка труб ПЕ-100 SDR-17 Ø250 мм        | м              | 3950      | В12-3-50       | 1,3      | 1,3     | 6,4            | 6,4      | КС 55765 | 1       | маш 6 р;<br>монтаж. 4,3 р | 1            | 7          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 8     | Монтаж оглядових і скидних колодязів      | шт             | 5         | Е9-2-18        | 7,8      | 7,8     | 4,9            | 4,9      | КС 55765 | 1       | монтаж 4,3 р              | 1            | 5          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 9     | Монтаж засувок                            | шт             | 8         | Е9-2-16        | 4,2      | -       | 4,2            | -        | -        | -       | монтаж 4,3 р              | 1            | 5          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 10    | Монтаж гідрантів                          | шт             | 67        | Е9-2-18        | 1,2      | -       | 10,1           | -        | -        | -       | монтаж 4,3 р              | 1            | 11         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 11    | Монтаж вантузів                           | шт             | 4         | Е9-2-18        | 0,73     | -       | 0,4            | -        | -        | -       | монтаж 4,3 р              | 1            | 1          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 12    | Часткова засипка траншеї ґрунтом          | м <sup>3</sup> | 500       | Е2-1-58        | 0,73     | -       | 45,6           | -        | -        | -       | землекоп 2 р              | 1            | 46         |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 13    | Попереднє гідравлічне випробування        | м              | 6150      | Е9-2-16        | 0,16     | -       | 1,2            | -        | -        | -       | монтаж 4,3 р              | 1            | 2          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 14    | Повна засипка траншеї ґрунтом             | м <sup>3</sup> | 5400      | Е2-1-34        | 0,35     | 0,35    | 2,4            | 2,4      | ДЗ-171   | 1       | маш 6 р                   | 1            | 3          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 15    | Кінцеве гідравлічне випробування          | м              | 6150      | Е9-2-14        | 0,25     | -       | 1,9            | -        | -        | -       | монтаж 4,3 р              | 1            | 2          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
| 16    | Відновлення рослинного шару ґрунту        | м <sup>3</sup> | 18450     | Е2-1-22        | 0,19     | 0,19    | 4,4            | 4,4      | ДЗ-171   | 1       | маш 6 р                   | 1            | 5          |                         |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |

Рисунок 4.1 – графік виробництва робіт з будівництва закритої зрошувальної мережі

(агрофірма «Надія» Синельниківський район, Дніпропетровська область)

#### 4.3 Вибір комплекту будівельних машин і механізмів

Комплект будівельних машин і механізмів вибираємо відповідно до видів робіт, які виконуються при будівництві закритої зрошувальної мережі. Для зрізання родючого шару ґрунту, планування траси майбутнього трубопроводу, а також зворотної засипки траншеї, пазух і котлованів – використовуємо бульдозери різних модифікацій. Основним критерієм для вибору марки бульдозеру є відстань переміщення ґрунту, глибина його розробки та потужність [8,18].

Відстань переміщення ґрунту визначаємо за наступною формулою

$$L=b_{\text{тр.}}/2+1+B_{\text{від.м.гр.}}+(3\dots5)m+b_{\text{в.р.гр.}}/2, \quad (4.15)$$

де  $b_{\text{тр.}}$  – ширина траншеї по дну трубопровода, м;  $B_{\text{від.м.гр.}}$  – ширина тимчасового відвалу ґрунту по низу, м;  $b_{\text{в.р.гр.}}$  – ширина по низу відвалу рослинного ґрунту, м.

Ширину тимчасового відвалу по низу визначаємо за формулою

$$B_{\text{від.м.гр.}}=2H_{\text{в.}}, \quad (4.16)$$

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

$$H_{\text{в.}}=\sqrt{F_{\text{в.}}}. \quad (4.17)$$

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

$$F_{\text{в.}} = F_{\text{тр.}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (4.18)$$

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

Для нашого випадку при максимальних показниках отримаємо:

$$F_{\text{в.}} = 1,04 \cdot 1,25 = 1,3 \text{ м}^2,$$

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

$$H_{\text{в.}} = \sqrt{1,3} = 1,14 \text{ м},$$

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

$$B_{\text{від.м.гр.}} = 2 \cdot 1,14 = 2,28 \text{ м},$$

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

$$L = 0,8/2 + 1 + 2,28 + 3 + 5,04/2 = 9,24 \approx 10,0 \text{ м}.$$

Таким чином відстань переміщення рослинного (родючого) шару ґрунту складе 10 м. Глибина зрізання – 0,3 м. Враховуючи дані вимоги, то доцільним та обґрунтованим варіантом буде прийняти бульдозеру марки ДЗ-171. Технічна характеристика та вид даного бульдозера наведені нижче.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика бульдозера ДЗ-171 [37]

| Характеристика                                     | Параметри     |
|--|---------------|
| Конструктивна маса, кг                             | 15000         |
| Базове шасі  | гусеничний    |
| Тяговий клас                                       | 10            |
| База, мм   | 2517          |
| Колія, мм  | 1880          |
| Потужність, кВт (к.с.)                             | 125 (170)     |
| Розміри відвалу, мм                                | 2800×990      |
| Тип відвалу  | Поворотний    |
| Габаритні розміри, мм<br>(довжина, ширина, висота) | 4600×2480×180 |
| Питомий тиск на ґрунт, МПа                         | 0,076         |

Для вибору марки екскаватора визначаємо потрібні його параметри для виконання робіт по розробці траншеї під трубопровід та котловани під оглядові та розподільчі колодязі.

Максимальну глибину розробки ґрунту визначаємо за формулою

$$h_{\text{роз.}} = h_{\text{т}} + h_{\text{пл.}}, \quad (4.19)$$

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

В нашому випадку отримаємо

$$h_{роз.} = 1,3 + 0,2 = 1,5 \text{ м.}$$

Максимальний радіус розвантаження визначаємо за формулою

$$R_{роз.} = b_{гр.}/2 + 1 + B_{в.м.г.}/2, \quad (4.20)$$

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

В нашому випадку отримаємо

$$R_{роз.} = 0,8/2 + 1 + 2,28/2 = 2,54 \text{ м.}$$

Максимальну висоту розвантаження визначаємо за формулою

$$H_{розв.} = H_{в.м.г.} + 0,2, \quad (4.21)$$

В нашому випадку отримаємо

$$H_{розв.} = 1,14 + 0,2 = 1,24 \text{ м.}$$

Згідно отриманих значень обираємо гусеничний екскаватор марки ЕК-12 (табл. 4.5).



Таблиця 4.5 – Технічна характеристика екскаватора ЕК-12 [18]

| Характеристика                             | Параметри      |
|--|----------------|
| База                                       | пневмоколісний |
| Маса, т                                    | 12,5           |
| Об'єм ковша, м <sup>3</sup>                | 0,5            |
| Максимальний радіус копання, м             | 7,8            |
| Максимальна глибина копання, м             | 4,8            |
| Максимальний радіус розвантаження, м       | 3,6            |
| Кут повороту, град                         | 120            |
| Потужність двигуна, к.с.                   | 81             |
| Рукоять, м                                 | 1,9            |
| Максимальна швидкість пересування, км/год. | 22,5           |

Для вибору марки автомобільного крану визначаємо його параметри для виконання монтажних робіт по улаштуванню трубопроводів та інших залізобетонних елементів конструкцій. До основних параметрів відносяться наступні: вантажопідйомність, висота підняття гака крану, виліт гака крану.

Вантажопідйомність визначаємо за формулою

$$Q_{кр} = Q_{ел} + Q_{ос}, \quad (4.22)$$

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

У нашому випадку отримаємо

$$Q_{кр} = 300+45=345\text{кг.}$$

Висота підйому гаку не розраховується, тому що роботи виконуються на рівні стоянки крану.

Виліт гака крану розраховуємо по формулі

$$L_{кр} = C / 2 + a + b, \quad (4.23)$$

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

В нашому випадку отримаємо

$$L_{кр} = 3/2+2+1=4,5\text{м.}$$

За отриманими параметрами приймаємо автомобільний кран марки КС-5576Б (табл. 4.6).

Таблиця 4. – Технічна характеристика крана марки КС-5576Б [14]

| Характеристика | КС-5576Б   |
|----------------|------------|
| Базове шасі    | МАЗ-630303 |
| Двигун         | ЯМЗ-236БЕ2 |

|   |           |
|---|-----------|
| Потужність двигуна, кВт. (к.с.).              | 184 (250) |
| Вантажопідйомність, т.                        | 32        |
| Виліт стріли, м.                              | 3,0-26,0  |
| Довжина стріли, м.                            | 9,9-30,7  |
| Швидкість підйому (опускання) вантажу, м./хв. | 7,0       |
| Швидкість пересування, км./год.               | 60        |
| Габаритні розміри в транспортному положенні   |           |
| довжина, мм.                                  | 11 600    |
| ширина, мм.                                   | 2 500     |
| висота, мм.                                   | 3 950     |
| Повна маса з основною стрілою, т.             | 24,62     |

Для перевезення залізобетонних елементів конструкцій, поліетиленових труб та матеріалів застосовуємо вантажний автомобіль

Окрім вказаних машин і механізмів при будівництві застосовується велика кількість інструментів та інвентарю: теодоліт, нівелір, мірні рейки та стрічки, трамбівки, лопати, відра та ін.. Таким чином виконання робіт з будівництва зрошувальної мережі та ґрунтової дороги буде виконуватись наступним комплектом будівельних машин:

- бульдозер на гусеничному ході марки ДЗ-171;
- екскаватор пневмоколісному ході марки ЕК-12;
- кран автомобільний КС – 5576Б.
- вантажний автомобіль.

#### 4.4 Технологія виконання земляних та будівельно-монтажних робіт

У відповідності до технології будівництва магістральних трубопроводів для закритої зрошувальної мережі необхідно виконати наступний комплекс будівельних процесів [20,27]:

- геодезичні роботи на трасі трубопроводів;
- підготовчі роботи по улаштуванню тимчасових шляхів та майданчиків;
- завіз матеріалів та необхідного устаткування для будівництва;
- зрізання родючого шару ґрунту на трасі трубопроводів;
- планування траси трубопроводів;
- розробка мінерального ґрунту у траншеях та колодязях;
- монтаж поліетиленових трубопроводів, фасонних частин, трубопровідної арматура тощо;
- попереднє та остаточне гідравлічне (пневматичне) випробування трубопроводів;
- зворотна засипка траншей, пазух та котлованів
- монтаж гідрантів, вузлів, дощувальних машин;

Підготовчі роботи на трасі трубопроводів зводяться до розчистки полоси від зайвої рослинності та сміття за допомогою звичайних механізмів, які використовуються стосовно до цих цілей: корчевателів, кущорізів, бульдозерів. Перед початком будівництва закритої зрошувальної мережі необхідно провести планувальні роботи на ділянці зрошування. Планувальні роботи та зрізку рослинного шару необхідно виконувати із застосуванням бульдозера. Зняття виконується поперечними ходами. Відстань переміщення

рослинного ґрунту визначається із умов взаємного розташування виїмок та насипів.

Монтаж трубопроводів. Труби вздовж траншеї розташовуються по мірі їх технологічної потреби. Укладання напірних поліетиленових трубопроводів виконується із застосуванням автокрану (трубоукладчика). Цим же краном ведеться розвантаження труб. При такій роботі автомашина з трубами переміщується паралельно траншеї на відстані 10 м від неї. Між автомобілем і траншеєю знімається полоса рослинного ґрунту для руху автомобільного крану. Відстань від краю траншеї до коліс крана не менш 2 м. Трубопровід в траншеї повинен бути укладений так, щоб він не створював жодних перешкод для інших систем та комунікацій, фундаментів будівель, доріг, ліній зв'язку тощо.

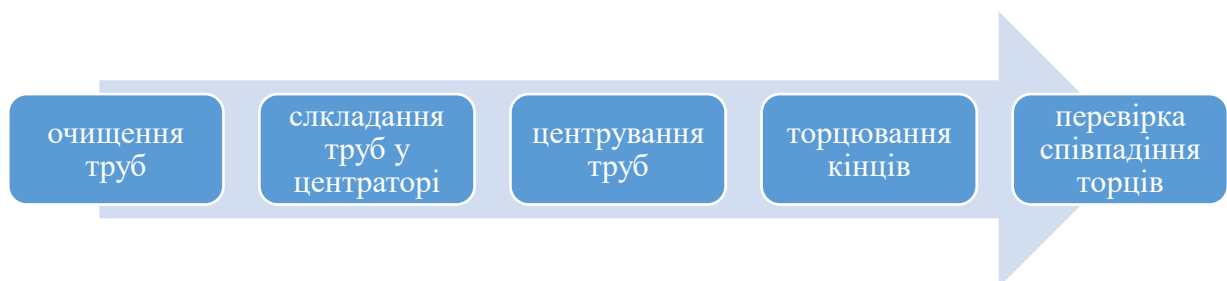
У траншеї з вертикальними стінками найменша відстань між боковими стінками або дошками кріплення стінок повинна становити не менш ніж 0,7 м для нормальної та безпечної роботи працівників. Дно траншеї під трубопровід необхідно попередньо підготувати та зміцнити. Зміцнення можна виконати із застосування піщано-гравійної або щебеневої відсипки.

Труби необхідно вкласти і залишити в такому положенні, щоби підтримувалась задані проектом лінії та уклони. Трубопровід необхідно обсипати, щоб забезпечити йому достатню підпору зі всіх боків. Обсипку труби слід виконувати одразу після інспекції та висновку про завершення робіт з укладання мережі. Обсипку здійснюють по всій трасі за винятком з'єднань між трубами, фасонними частинами та колодязями. Головна мета обсипки і трамбування ґрунту навколо труби – запобігання утворенню пустот під трубою. Перший шар до самої осі труби повинен ущільнюватись дуже ретельно, щоб запобігти підніманню труби. Ручне ущільнення необхідно виконувати у три підходи за максимальної товщини шару засипки у 0,15 м.

Згідно з ДБН з'єднання труб виконується нагрівним інструментом встик. Зварювання поліетиленових труб можна виконувати за температури

повітря навколишнього середовища від мінус 15 до плюс 30<sup>0</sup>С. Зварювання нагрівним інструментом в стик визначають практично незамінним методом у будівництві закритих зрошувальних водопроводів. Все обладнання для зварювання в стик можна поділити на дві групи в залежності від приводу, який забезпечує зворотно-поступальний рух рухомого затискача машини: з механічним і гідравлічним приводом регулювання зусилля під час роботи. У машинах з механічним приводом зусилля створюється пружиною або гідравлічним поршнем. Переважна більшість наявного обладнання для зварювання поліетиленових трубопроводів у стик в конструктивному плані майже не відрізняється. Однак є відмінності у виконанні. Застосування легких сплавів для центратора, зручність у користуванні, простота обслуговування, комплектація електронікою тощо. Ці відмінності впливають на якість, і, відповідно на ціну обладнання.

Основні стадії технологічного процесу стикового зварювання труб передбачають наступні види операцій:



*Підготовка труб і з'єднувальних елементів до зварювання*



*Зварювання стику*

Перш ніж фіксувати і зварювати поліетиленові труби та їх фасонні елементи, необхідно ретельно очистити зовнішню та внутрішню поверхню за допомогою сухої або вологої м'якої натуральної тканини.

Труби і деталі під час центрування пристосовують, повертаючи один з кінців труби навколо осі та переставляючи опори по довжині труби. При зварюванні в стик виліт кінців труб із затискачів центратора повинен становити 15-30мм, з'єднувальних деталей – не менше ніж 5-15мм.

Всі трубопроводи закритої зрошувальної мережі у процесі її будівництва підлягають випробуванням на міцність та щільність шляхом гідравлічного (або пневматичного) випробування. Його проводять двічі: 1 – попередній (на міцність) при відкритих траншеях до встановлення арматури; 2 – остаточний (на щільність) після засипки траншеї та закінчення усіх робіт на ділянці.

Випробувальні ділянки довжиною до 1 км трубопроводу обладнують вкладками для підйому тиску до випробувального манометра. Випробувальний тиск перевищує робочий на показник 0,3...0,5 МПа та дозволяє оцінити міцність трубопроводу та розмір витоку з нього.

Для гідравлічного випробування трубопроводу застосовується гідравлічний стискувач трубопроводів, який складається з насосного агрегату, мірного баку, системи трубопроводів, манометрів, засувки тощо.

Засипка траншеї після закінчення процесу монтажу трубопроводів виконується у два прийоми. Перед попереднім випробуванням укладену ділянку трубопроводу присипляють шаром ґрунту 20...30 см. При цьому ґрунт між трубою та стінкою траншеї старанно ущільнюють ручними трамбівками. Для часткової засипки ґрунт підштовхують бульдозером та ущільнюють повторно. Для остаточної засипки використовується бульдозер. Засипка ведеться пошарово та з ущільненням.

Рекультивация рослинного (родючого шару) ґрунту та планування траси трубопроводу виконується бульдозером. Рослинний ґрунт переміщується при

поперечних проходах бульдозера. Планувальні роботи виконується при повздовжніх проходах за один прохід по одному сліду при робочому кроці в одному напрямку.

Також, в місцях улаштування розподільчих та оглядових колодязів передбачається розробка ґрунту одноківшовим екскаватором Монтаж збірних залізобетонних елементів колодязів та трубопровідної арматури передбачається із застосуванням крану.

Випуск та впуск надлишкового повітря у місцях підвищення виконується за допомогою вантузів. Для попередження гідравлічного удару передбачається улаштування гасників енергії водного потоку та регуляторів тиску «РДУ». Для скидання надлишкової води в системі під час консервації на зимовий період влаштовують скидні колодязі з відповідною трубопровідною арматурою. Зворотні клапани, гідранти, фасонні частини та вантузи монтують після випробувань ділянок закритих трубопроводів між проектними елементами конструкції.



## 5 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ДІЛЯНЦІ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 5.1 Загальні положення

Організація процесу будівельного виробництва закритої зрошувальної мережі повинна забезпечувати цілеспрямованість всіх видів операцій і процесів: організаційних, технічних, технологічних. Їх виконання повинно відбуватися з необхідним високим рівнем якості виробництва робіт та термінів їх виконання за умови дотримання всіх виробничих, господарських, економічних та інших інтересів учасників процесу будівництва.

Виконанню будь-яких видів робіт на об'єкті повинен передувати комплекс організаційно-технічних заходів і робіт по підготовці будівельного майданчику. Це надає можливість здійснити будівництво закритої зрошувальної мережі у відповідності до загальних умов підрядних та субпідрядних контрактних зобов'язань усіх учасників. Підготовка будівельного виробництва включає наступні види:

- загальну організаційно-технічну;
- підготовку до будівництва зрошувальної мережі;
- підготовку будівельної організації до будівельно-монтажних робіт.

Будівництво закритої зрошувальної мережі повинно здійснюватися на основі попередньо розроблених проектних технічних рішень з організації будівництва і технологічної послідовності виконання всіх видів земляних та будівельно-монтажних робіт. Ця документація є невід'ємною складовою

частиною проекту на будівництво, що також повинно включати кошторисний розрахунок та набір відповідних креслень. До складу документації входять:

- проект організації будівництва (ПОВ);
- проект виконання робіт (ПВР).

При організації будівельного виробництва повинні забезпечуватись:

1. Раціональні методи організації проведення земляних та будівельно-монтажних робіт, які надають змогу забезпечити дотримання умов всіх контрактів на будівництво, а також відповідають виробничим можливостям та інтересам виконавців;
2. Раціональні схеми технологічної послідовності виконання всіх видів робіт. По можливості варто передбачати їх техніко-економічне та технологічно обґрунтоване суміщення;
3. Комплексне забезпечення виробництва земляних та будівельно-монтажних робіт на кожній окремій ділянці мережі. Належне постачання матеріальних і технічних ресурсів згідно встановлених термінів, що забезпечує можливість виконання робіт у відповідності з календарними планами та технологічними графіками робіт;
4. Застосування сучасних інформаційних технологій та комплексів управління, засобів вимірювальної та обчислювальної техніки, що дозволяє ефективно планувати (управляти) та забезпечувати будівельний процес всіма необхідними видами ресурсів, матеріалів, конструкцій тощо;
5. Належні умови праці робітників, їх санітарно-побутове та медичне обслуговування у відповідності до діючих санітарних норм та правил виробничої безпеки;
6. Суворе дотримання правил та діючих норм з охорони праці та техніки безпеки відповідно до Законів України: «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку» ті ан.;

7. Дотримання всіх вимог щодо питань охорони навколишнього природного середовища і погодних умов виконання робіт.

До основних видів земляних та будівельно-монтажних робіт по будівництву закритої зрошувальної мережі дозволяється приступати лише після винесення в натуру будівельного майданчика і траси трубопроводу; улаштування всіх необхідних огорожень будівельного майданчика (охоронних, захисних або сигнальних).

Завершення зовнішньомайданчикових або внутрішньомайданчикових підготовчих видів робіт в обсязі, що забезпечує будівництво зрошувальної системи, повинно бути підтверджене актом, який складається замовником і генпідрядником (за необхідності із залученням усіх субпідрядних організацій, які що виконували певні види робіт).

При організації будівельного виробництва необхідно передбачати випереджаюче будівництво всіх необхідних під'їзних шляхів; об'єктів та приміщень складського господарства; соціально-побутові приміщення різного призначення. На кожному об'єкті будівництва належить:



## 5.2 Календарне планування будівництва зрошувальної мережі

Основним технічним документом, який визначає всю технологічну послідовність виконання земляних та будівельно-монтажних робіт, їх взаємозв'язок у часі з дотриманням проектних термінів будівництва – є лінійний календарний план. Він проектується згідно до встановленої форми (табл. 5.1) на основі проектних обсягів робіт, трудомісткості їх виконання, витрат часу на роботу задіяних машин і механізмів, а також прийнятих схем та технологічної послідовності виробництва робіт.

Під час упорядкування календарного плану необхідно узгоджувати наступні питання:

- раціональність та технологічну послідовність виробництва робіт;
- кількість одночасно задіяних машин, механізмів та працівників для кожного окремого виду робіт;
- терміни виробництва робіт, що встановлені у робочих та календарних днях;
- рівномірний розподіл всіх видів робіт/технологічних операцій у часі в графічній частині плану;
- графіки потреби у працівниках і будівельних машинах.

Загальна трудомісткість на виконання всього об'єму окремої роботи визначаємо за формулами

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

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

де  $V$  – об'єм робіт, які виконуються згідно проекту (одиниці виміру –  $\text{м}^2$ ,  $\text{м}^3$ , шт., т.);  $N_{\text{вр.}}$  – норма часу для виконання одиниці об'єму проектних робіт згідно з ДБН;  $n$  – кількість працівників, задіяних на виконанні даної роботи;  $V_{\text{ДБН}}$  – однини ця об'єму робіт згідно з ДБН; 8,2 – тривалість зміни, год.

Кількість працюючих машин і механізмів приймаємо у кількості 1 шт. Для ручних видів робіт у відповідних графах проставляємо прочерки. Число змін за добу для всіх видів механізованих та ручних робіт у залежності від об'єму їх виконання – 1 або 2. Кількість працівників в добу визначаємо шляхом множення наявних даних на кількість змін і машин.

Для визначення тривалості виробничого процесу у днях по виконанню всіх видів робіт прийняту трудомісткість розділяємо на кількість змін роботи на добу та на кількість робітників у технологічній ланці.

Тривалість всього виробничого процесу в календарних днях визначаємо множенням тривалості процесу в робочих днях на коефіцієнт 1,3, що враховує вихідні і святкові дні, із точністю до 0,5 або до цілого числа.

Після упорядкування частини з розрахунками КП по основних видах робіт визначаємо суми по ключових графах. По відповідних графах від обчислених сум розраховуємо числові показники для підготовчого періоду у розмірі 8%, неврахованих робіт у розмірі 3% і ліквідаційного періоду – 5% відповідно.

Усі терміни виконання робіт зображуємо на календарному плані горизонтальним лініями з відповідною довжиною, яка відповідає тривалості цих робіт у календарних днях у прийнятому масштабі. Над цими лініями проставляємо відповідне число робітників, які зайнятих на технологічних процесах будівництва.

Упорядкування графіка календарного плану перевіряють шляхом побудови під ним графіка потреби в робітниках, який повинен бути по можливості рівномірним. Після упорядкування графічної частини на календарний план виносять техніко-економічні показники плану, розрахунок яких приводять в пояснювальній записці. До показників плану відносять термін будівництва масиву зрошення за планом  $T_{пл}$ , і по нормі  $T_n$ .

Термін будівництва за планом визначають за графіком потреби в робітниках. Він охоплює період від початку підготовчих робіт до введення всіх об'єктів в експлуатацію, а нормативний термін будівництва - по СНІП методом інтерполяції

Розрахунок показників календарного плану:

1) Тривалість будівництва:

- за нормою  $T_n=210$  днів;

- за планом  $T_{пл} =197$  дні;

2) Скорочення строків будівництва

$$T_n - T_{пл} = 13 \text{ днів}$$

3) Загальні трудові витрати:

- за нормою  $Q = 206,6$ -днів;

- за планом  $Q = 184,5$ -днів;

4) Підвищення продуктивності праці визначаємо за формулою

$$П = (Q_n - Q_{пл}) / Q_n \cdot 100 \% = 10,7\%$$

5) Виконання норми виробітку

$$В = Q_n / Q_{пл} \cdot 100 \% = 111,9\%.$$

6) Питомі трудові витрати

$$q = Q_{пл} / F_{нт} = 0,66 \text{юд-дн/га.}$$

Таким чином ми отримали, що будівництво зрошувальної та дренажної мережі триватиме 197 днів, при цьому загальні трудові витрати за планом складуть 206,6 люд.-днів.

Таблиця 5.1 - Календарний план виробництва робіт

| 1 | Назва робіт                                     | Обсяг роботи   |           | Машини      |                       |                    |          |             | 9               | 10 |
|---|---|----------------|-----------|-------------|-----------------------|--------------------|----------|-------------|-----------------|----|
|   |   | Один вимір     | кількість | тип і марка | Змінна продуктивність | кількість маш.-зм. |          | усього, шт. |                 |    |
|   |   |                |           |             |                       | по нормі           | прийнято |             |                 |    |
|   | Підготовчий період                              | %              | 10        |             |                       |                    |          |             |                 |    |
|   | Зрізка рослинного шару ґрунту                   | м <sup>3</sup> | 18450     | ДЗ-171      | 1600,0                | 11,5               | 9,8      | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Планування траси траншеї                        | м <sup>2</sup> | 24600     | ДЗ-172      | 27586,2               | 0,9                | 0,8      | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Розробка траншеї екскаватором на повний профіль | м <sup>3</sup> | 5518      | ЕК-12       | 307,7                 | 17,9               | 15,2     | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Ручна розробка ґрунту                           | м <sup>3</sup> | 472       |             | 9,4                   | -                  | -        | -           | землек. 2 розр. |    |
|   | Розробка ґрунту в котлованах під колодязі       | м <sup>3</sup> | 200       | ЕК-12       | 285,7                 | 0,7                | 0,6      | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Монтаж труб Д-300 мм                            | м              | 2200      | КС-5576Б    | 421,1                 | 5,2                | 4,7      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Монтаж труб Д-250 мм                            | м              | 3950      | КС-5576Б    | 615,4                 | 6,4                | 5,8      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Монтаж оглядових колодязів                      | шт             | 5         | КС-5576Б    | 1,0                   | 4,9                | 4,4      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Монтаж засувок                                  | шт             | 8         | КС-5576Б    | 1,9                   | 4,2                | 3,8      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Монтаж гідрантів                                | шт             | 67        | КС-5576Б    | 6,7                   | 10,1               | 9,0      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Монтаж вантузів                                 | шт             | 8         |             | 11,0                  | 0,7                | 0,7      | 1           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Часткова засипкатраншеї ґрунтом                 | м <sup>3</sup> | 500       |             | 11,0                  | -                  | -        | 1           | землек. 2 розр. |    |
|   | Попереднє гідравлічне випробування              | м              | 6150      |             | 5000,0                | 1,2                | 1,0      | -           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Повна засипка траншеї ґрунтом                   | м <sup>3</sup> | 5400      | ДЗ-171      | 2285,7                | 2,4                | 2,0      | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Кінцеве гідравлічне випробування                | м              | 6150      |             | 3200,0                | 1,9                | 1,6      | -           | монт. 3 розр.   |    |
|   | Відновлення рослинного шару ґрунту              | м <sup>3</sup> | 18450     | ДЗ-171      | 4210,5                | 4,4                | 3,7      | 1           | маш. розр.      |    |
|   | Невраховані роботи                              | %              | 3         |             |                       |                    |          |             |                 |    |
|   | Ліквідаційні роботи                             | %              | 5         |             |                       |                    |          |             |                 |    |
|   | Всього  |                |           |             |                       |                    |          |             |                 |    |

Зрошувальна мережа





## 6 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Оцінка негативного впливу проекту будівництва робіт на різні компоненти довкілля та питання охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, забезпечення належного рівня екологічної безпеки – є невід’ємною частиною проекту та умовою стійкого економічного і соціального розвитку країни [26].

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища (НПС) є наступні (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Основні принципи охорони довкілля

Зрошуваний масив ТОВ «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області в період його будівництва здійснює вплив на наступні компоненти довкілля: ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, атмосферне повітря. Всі види впливу характеризується масштабом, інтенсивністю, динамічністю і їх тривалістю.

### 6.1 Вплив на ґрунтовий покрив

У районі будівництва масиву зрошення переважають чорноземи звичайні важкосуглинкові, середньогумусні. У структурі ґрунтового покриву вони

займають 64%. Ці ґрунти мають типовий чорноземний профіль, високу вбирну здатність, добре насичені кальцієм (90-95% вбирного комплексу), реакція ґрунтового розчину нейтральна або слабко лужна. Вміст гумусу в чорноземах звичайних 6,0-6,5%, потужність гумусового горизонту – 60-150 см [1]

На ґрунтовий покрив впливають наступні види проектної діяльності:

1. Виробництво земляних робіт при будівництві закритих трубопроводів зрошувальної мережі протяжністю 6050 м шляхом механічного порушення ґрунтового покриву машинами і механізмами (бульдозери, екскаватори) на площі 6 га загальним об'ємом 24,640 тис. м<sup>3</sup>;

2. Штучне зрошення ґрунтів фронтальними дощувальними машинами *Reinke*. Поливна норма сільськогосподарських культур становить в середньому 300 м<sup>3</sup>/га, а витрата однієї машини 60 л/с. При такому способі поливу середня розрахункова інтенсивність штучного дощу складає 0,24 мм/хв. Полив сільськогосподарських культур у кормо-зерновій сівозміні фронтальними дощувальними машинами поступово призведе до іригаційної ерозії, відбуватиметься ущільнення поверхні ґрунту та виникнення ґрунтової корки на площі близько 311 га. Для запобігання цим негативним явищам потрібно своєчасно проводити відповідні агротехнічні заходи (прополка, міжрядна культивування, боронування, щільювання тощо), а також суворо дотримуватись поливних норм та належної експлуатації (догляду) зрошувальної техніки.

3. Прискорений винос корисних (поживних) біогенних органічних та мінеральних речовин внаслідок інтенсифікації ведення сільськогосподарського виробництва на ділянці зрошення. За рахунок поливу підвищується врожайність сільськогосподарських культур сівозміни, тому основна група елементів, таких як азот (*N*), фосфор (*P*), калій (*K*), цинк (*Zn*), сірка (*S*), магній (*Mg*) та ін. активно виносяться з врожаєм на площі 311 га. При тривалому виробництві продукції рослинництва їх вміст у ґрунті може за період 5-8 років зменшитись майже вдвічі. Тому разом з поливом необхідно

також передбачати внесення мінеральних і органічних добрив у науково обґрунтованих дозах. Перспективним є застосування фертигації.

Для захисту ґрунтового покриву на зрошувальній ділянці проектом передбачається:

1. Роздільна розробка рослинного і мінерального ґрунту (при виконанні земляних робіт під траншеї трубопроводів) зі складуванням його у тимчасові відвали і подальшою рекультивацією.

Масштаб впливу – 6 га; 24,640 тис. м<sup>3</sup>;

Інтенсивність впливу – 0,86 га/міс; 3,52 тис. м<sup>3</sup>/міс;

Динамічність впливу – стабільно на період будівництва;

Тривалість впливу – на період будівництва 7 міс.

2. Виділення спеціально відведених місць для заправки паливно-мастильними матеріалами та обслуговування / миття землерийної і будівельної техніки. Будівельну техніку експлуатують у різних атмосферних, дорожніх та кліматичних умовах, які загалом визначають характер та ступінь забруднення їх зовнішньої поверхні, яка покривається дрібними частинками атмосферного та дорожнього пилу з включенням залишків паливно-мастильних матеріалів і спеціальних рідин на нафтовій та синтетичній основах, що утворюють масляно-брудні забруднення продуктів неповного згорання пального. Отже, потрапляння їх у водоносний горизонт навіть у невеликих кількостях здатне спричинити до забруднення великих об'ємів води та зробити її непридатною для питного водопостачання, які є канцерогенними речовинами і становлять найбільшу небезпеку для здоров'я населення.

3. Вивезення будівельного та побутового сміття з місця будівництва закритої зрошувальної мережі у спеціально відведені місця для захоронення або утилізації.

## 6.2 Вплив на поверхневі води

Найближчі водні об'єкти до зрошувальної ділянки – річки Вовча і Гайчур.

На поверхневій воді буде здійснюватися вплив від наступних видів проектної діяльності [26]:

1. Надходження з поверхневим стоком снігових (талих) і дощових (паводкових) вод з ділянки зрошувального масиву, забруднених побічними продуктами водної ерозії, хімічними добривами та сполуками від технологічного догляду за рослинами, інсектицидами і пестицидами тощо;

2. Розвантаження до річки інфільтраційних (дренажних) вод з ділянки масиву зрошення, які забруднені хімічними елементами/сполуками.

Таким чином основні показники впливу, при зрошувальній нормі  $1898\text{м}^3/\text{га}$  матимуть наступний вигляд:

|                      |   |
|----------------------|---|
| Масштаб впливу       | – приблизно 10% води буде фільтруватись (дренуватись) у нижче розташовані водоносні горизонти та розвантажуватись у річки, що при площі зрошення 311,9 га становитиме близько $62,380\text{ м}^3$ ; |
| Інтенсивність впливу | – $311,9\text{ га/міс}$ ; $12,476\text{ тис. м}^3/\text{міс}$ ;   |
| Динамічність впливу  | – стабільно на поливний період (5 міс.);  |
| Тривалість впливу    | – на весняно-літній період зрошення (8 міс.).   |

Для захисту водних ресурсів річок Гайчур і Вовча від забруднення продуктами водної ерозії та хімічними сполуками, які можуть надходити разом з поверхневим і дренажним (інфільтраційним) стоком з ділянки зрошення, проектом можуть бути передбачені наступні види робіт: організаційно-господарчі, гідротехнічні, агротехнічні, лісомеліоративні заходи при експлуатації ділянки зрошення (рис. 6.2).

### Організаційно-господарчі заходи:

- дотримання правил безпеки під час транспортування, зберігання і внесення добрив і пестицидів;
- виключення/мінімізація внесення мінеральних добрив способом розкидання - перехід на фертигацію;
- заборона/мінімізація використання будь-яких видів добрив по сніговому покриву;
- дотримання норм застосування добрив і пестицидів та їх рівномірний розподіл по площі зрошуваного масиву;
- поєднання хімічних обробок посівів з агротехнічними та біологічними методами боротьби зі шкідниками, хворобами рослин і бур'янами;
- будівництво складів для зберігання добрив і пестицидів, майданчиків для заправки добривами і пестицидами наземної апаратури у відповідності з ТУ, які забезпечують безпечне зберігання і умови їх використання.

### Гідротехнічні (гідромеліоративні) заходи:

- проведення основного обробітку земель паралельно до берегової смуги водойм та схилів;
- регулювання інтенсивності дощування при зрошенні, недопускання поверхневого стоку поливної води;
- створення комплексу протиерозійних споруд, захисних дамб обвалування;
- організація повторного використання дренажного і поверхневого стоку з ділянки зрошення за рахунок скиду їх у джерело зрошення;
- розробка та реалізація проектів прибережних захисних смуг і водоохоронних зон згідно Водного Кодексу України, винесення ПЗС і водоохоронних зон на місцевість.

### Агротехнічні заходи:

- застосування оптимальних доз добрив з врахуванням валового врожаю, що планується, вирощуваної культури, утримуванню живильних речовин у ґрунті, а також використання їх рослинами із добрив і ґрунту;
- внесення фосфорно-калійних добрив під зяблеву оранку в повній, або не менше 65% від повної норми, внесення азотних добрив навесні з закладенням на глибину оранки, використання мінімально-рухомих форм азотних добрив (сульфат амонію, сечовина, аміачна селітра);
- збільшення щільності посіву з метою створення умов для підвищення вологозабезпеченості і максимального використання рослинами живильних речовин з добрив і ґрунту;
- виконання міжрядної обробки просапних культур з метою інтенсивного використання біогенних елементів і збільшення акумулюючої ємності орного шару ґрунту;
- регулярне проведення вапнування з розрахунку 1,5 кг/га вапна на 1 кг/га мінеральних добрив по діючій речовині для збереження балансу кальцію і магнію;
- визначати необхідність хімічних обробок, встановлювати мінімальні дози витрат пестицидів і оптимальні строки обробки посівів;
- практикувати внесення пестицидів по смугах одночасно з посівом або міжрядною обробкою для зниження небезпеки накопичення остаточних кількостей пестицидів з метою зменшення норм витрат;
- застосувати пестициди короткочасної дії, чергувати використання різних груп у сівозміні не частіше 1 разу у 3 роки.

## Рисунок 6.2 – Перелік комплексу заходів для мінімізації негативного впливу зрошення на поверхневі води

### 6.3 Вплив на підземні води

У відповідності з геологічною будовою на масиві зрошення виділяються наступні водоносні горизонти: сучасних алювіальних відкладень заплав річок Гайчур і Вовча і алювіально-делювіальних днищ балок, еолово-делювіальних – водорозподільного плато, неогену і тріщинуватої зони кристалічних порід. Перший від поверхні водоносний горизонт розповсюджений майже на всій площі і належить до сучасних алювіальних, алювіально-делювіальних, а також еолово-делювіальних відкладень, що мають гідравлічний зв'язок між собою. Червоно-бурі глини, що залягають нижче еолово-делювіальних важких суглинків, є регіональним водоупором. Через їх широке розповсюдження зв'язок з залягаючими нижче водоносними горизонтами утруднений і на гідрогеолого-меліоративну обстановку цієї території буде впливати лише перший від поверхні водоносний горизонт.

Відсутність води в еолово-делювіальних відкладеннях спостерігається в південній частині зрошувального масиву. Пояснюється це, ймовірно, куполовидним підняттям червоно-бурих глин, що утворюють своєрідний водорозділ, з північної та південної сторони від якого еолово-делювіальні відкладення обводнені.

Неглибоке залягання ґрунтових вод в межах 3,0-6,0 м спостерігається на незначній площі, переважно в лощинах на водороздільній рівнині і на півдні масиву зрошення. На решті площі вода залягає на глибинах від 6 до 10 м і більше.

Найбільш водозбагаченими є крупнозернисті піски в основі розрізу заплав і I-II терас великих річок. Дебіт свердловин становить 1-3,3 л/с. Коефіцієнти



фільтрації коливаються від 1,8 до 39 м/добу. Доволі часто води забруднені органічними домішками.

Води горизонту широко використовуються для господарсько-питного водопостачання за допомогою шахтних колодязів.

#### 6.4 Вплив на повітря

Забрудненість атмосферного повітря – це несприятливі зміни екологічного стану атмосферного повітря, які повністю або частково викликані господарською діяльністю людини. Внаслідок цього безпосередньо або опосередковано змінюється розподіл енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості атмосферного повітря і умови існування живих організмів. Ступінь змін і масштаби наслідків залежать від інтенсивності й характеру самого забруднення, а також від стійкості атмосферного повітря до антропогенного навантаження.

На будівництві зрошуваного масиву в агрофірмі «Надія» основними забруднювачами є викиди в атмосферу відпрацьованих газів від землерийної та будівельної техніки. При вихлопі відпрацьованих газів у атмосферу викидаються важкі метали, пари води, CO<sub>2</sub> та інші небезпечні речовини. Середній викид вихлопних газів при спалюванні 1 літру дизельного пального становить 170 мкг. В цьому разі для наших умов виробництва робіт:

|                      |  |
|----------------------|--|
| Масштаб впливу       | – площа інтенсивного забруднення повітря становить 311 га, загальним об'ємом вихлопних газів 331,5 кг. |
| Інтенсивність впливу | – 47,4 кг/міс;   |
| Динамічність впливу  | – стабільно на період будівництва при проведенні робіт механізованим способом;                         |

Тривалість впливу – на період будівництва терміном у 7 місяців.

Високий рівень забруднення загрожує здоров'ю людей, що працюють на даному об'єкті, тому з метою мінімізації негативного впливу та зменшення забруднення атмосфери пропонується застосування різноманітних газо-, золо- і пило-уловлювачі, а також різне обладнання для рекуперації відходів.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 7.1 Основні заходи з охорони праці та безпеки у проекті виробництва робіт

Загальні вимоги техніки безпеки до виробничих процесів викладені в багатьох нормативних документах та навчальні літературі [3, 10, 19].

Безпека виробничих процесів на майданчику будівництва досягається комплексом організаційно-технічних заходів і засобів. До таких проектних рішень можна віднести наступні: прийняттям найбільш прогресивних та сучасних технологій виробництва робіт; оптимальні схеми вибору виробничого обладнання та розміщення його з урахуванням всіх діючих норм і правил його безпечної експлуатації; вибором і забезпеченням виробничо-майданчикових площ, комплектацією і розміщенням всіх споруд і будівель з урахуванням вимог промислової санітарії, гігієни праці та техніки безпечної роботи; професійним підбором та високою підготовкою відповідних кадрів на підприємстві; належною організацією всіх виробничо-технологічних процесів з урахуванням технічних можливостей наявного виду обладнання (устаткування); широким та обов'язковим застосуванням різних засобів колективного та індивідуального захисту всіх працівників від небезпечних факторів впливу; постійним наглядом і контролем за нормами техніки безпеки та виконанням вимог діючих норм і правил.

Важлива роль у досягненні належного рівня охорони праці та безпеки виробництва робіт відводиться у питаннях пожежної та вибухобезпеки, заміні у виробництві шкідливих і токсичних речовин на менш небезпечні тощо

При всьому сучасному різноманітті технологічних процесів і операцій на будівельному виробництві є спільні заходи й вимоги, виконання яких дозволяє створити більш безпечні та належні умови праці, а саме: застосування дистанційного методу управління; комплексна механізація та автоматизації переважної більшості виробничих процесів; мінімізація безпосереднього контакту робітників із шкідливими речовинами та негативними факторами; забезпечення герметизації технологічного устаткування та обладнання; застосування автоматизованої системи контролю за безпекою технологічних процесів; застосування сучасних засобів блокування та автоматичного відключення (аварійного вимкнення) технологічного обладнання; застосування раціональних режимів/ритмів роботи та відпочинку працівників; профілактика дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів, таких як впливу шуму та вібрації шкідливих хімічних речовин, радіонуклідів, психофізіологічного впливу тощо; забезпечення електричної безпеки під час роботи з електрообладнанням та приладами; забезпечення вибухо- і пожежо- безпеки на виробництві тощо.

Будь-яке будівництво здійснюється на основі проекту організації будівництва (ПОб), а також згідно до проекту виконання робіт (ПВР). Під час проектування безпечних умов і методів праці особливе значення мають перевірочні розрахунки на міцність та стійкість елементів конструкцій землерийних, підйомно-транспортних, будівельних машин і механізмів.

Спираючись на проект організації будівництва підрядні будівельні організації розробляють наступну документацію: будівельний генеральний план майданчику; сіткові графіки та календарні плани будівництва; графіки та схеми переміщення машин, механізмів, людських ресурсів при організації роботи; графіки поставки основних матеріалів, виробів і конструкцій. Варто

відзначити, що питання охорони праці і техніки безпеки є ключовими у проектах організації та виробництва робіт.

До першої групи питань пов'язаних з безпечними умовами праці належать: відповідність та наявність позначень і огороження небезпечних виробничих зон і технологічних ділянок; вибір та облаштування системи освітлення (сигналізації) на будівельному майданчику, технологічних проходів і робочих місць; організація санітарно-гігієнічного обслуговування та місць відпочинку / надання допомоги робітників [3].

До другої групи відносяться наступні: розробка інженерно-технічних та технологічних рішень щодо умов безпечного виконання основних земляних та будівельно-монтажних робіт; вибір оптимального комплекту машин і механізмів при навантажувальних та розвантажувальних роботах; розробка та запровадження заходів з профілактики і недопущення електротравматизму; забезпечення пожежної та вибухової безпеки при виробництві робіт.

До третьої групи можна віднести наступні: розробка та впровадження спеціальних заходів щодо забезпечення охорони праці та техніки безпеки при земляних і будівельно-монтажних роботах, пов'язаних з особливостями географічних і кліматичних умов праці на будівельному майданчику.

Склад і зміст основних положень з техніки безпеки та охорони праці в проекті виконання робіт має наступний зміст. У календарному плані враховують обсяги і час виконання додаткових видів робіт, які обумовлені вимогами. До цих видів робіт віднесеться тимчасове кріплення конструкцій під час монтажу, улаштування захисних та допоміжних елементів споруд (навіси, настили, огороження і таке інше). Одним з найважливіших питань охорони праці є правильна організація та контроль за одночасно виконуваними видами будівельних технологічних операцій. Важливим при розробці будгеплану є правильне визначення та виділення розмірів небезпечних зон. До таких можна віднести: ділянки впливу дії підйомних кранів, зберігання паливно-мастильних матеріалів, ліній електропередачі,

вибухових та/або шкідливих речовин, зон інтенсивного руху техніки й механізмів тощо.

У технологічних картах будівництва закритої зрошувальної мережі необхідно передбачити заходи щодо попередження впливу на робочих небезпечних і шкідливих факторів безпеки під час виконання земляних та будівельно-монтажних робіт.

## 7.2 Техніка безпеки під час виконання земляних робіт

При виконанні технологічних операцій пов'язаних із земляними видами робіт, вони можуть виконуватися як із застосуванням техніки і механізмів, так і вручну. В якості основних засобів механізації використовують землерийні машини: бульдозер, скрепер, екскаватор, бурові установки та засоби гідромеханізації.

На ділянці будівництва закритої зрошувальної мережі відповідно до нашого проекту землерийні роботи передбачають розробку виїмки (траншеї під трубопроводи, котловани під колодязі) з розташування техніки на поверхні землі. Роботи, які передбачається виконувати на глибині понад 2 м або в зоні розташування підземних комунікацій, відносяться до підвищеного рівня безпеки [10, 19].

Організація виконання та виробництво землерийних робіт. Перед початком таких видів робіт в зоні розміщення підземних елементів інженерних комунікацій все узгоджується з діючими планами (схемами), встановлюються місця розміщення на плані території і глибини залягання всіх наявних підземних комунікацій розташованих у робочій зоні. За умови відсутності даних про точне місце знаходження всіх інженерних комунікацій, виконують

ручне шурфування або зондування, щоб не пошкодити елементи комунікацій робочими органами машин чи механізмів. Будь-які види землерийних робіт в охоронній або небезпечних зонах діючих комунікацій та місцях з можливим патогенним зараженням ґрунтового покриву (сміттєзвалищах, скотомогильниках, кладовищах) виконуються лише за наявності наряду-допуску та всіх узгоджень з організаціями, які експлуатують та обслуговують інженерні комунікації. До виконання землерийних робіт можуть бути залучені лише працівники, які пройшли відповідні інструктажі та мають придатність до роботи в замкнутих просторах. У зоні можливого проходження людей і руху будівельного транспорту таке місце проведення земляних робіт обов'язково повинно бути огороженим та забезпеченим улаштуванням попереджувальними написами і знаками (з використанням штучного сигнального освітлення у нічний час).

Огорожа встановлюється на відстані не менше 2 м від межі виїмки. Для проходження людей через виїмку варто передбачити облаштування перехідних містків шириною (при односторонньому русі людей/працівників не менше 0,75 м, за умови двостороннього руху – не менше 1,2 м). У робочій зоні машин і механізмів, які можуть використовуватися під час землерийних робіт, не допускається виконання інших видів виробничої діяльності та перебування сторонніх працівників. Допустима межа небезпечної зони рухомого робочого органу землерийної техніки складає 5 м. Розроблений ґрунт виїмки (траншеї, колодязі), робочий інструмент та інвентар, конструктивні елементи споруд і матеріали – розміщують на відстані не ближче 0,5 м від бровки (зовнішнього краю) виїмки. При цьому не дозволяється розміщення розробленого ґрунту на розташовані поруч зони, де проходять інші інженерні комунікації.

Переміщення та рух землерийних і будівельних машин повинно проводитися за межами призми можливого обвалення ґрунту у виїмці. Не допускається розробка ґрунту шляхом підкопування. Навіси або відшарування ґрунтового масиву, що виникає під час розробки виїмки, своєчасно руйнують

зверху, попередньо звільнивши зону обвалення від працівників та інструменту. При виявленні в стінках виїмки валунів, великогабаритного каміння та/або залишків будівельних матеріалів їх необхідно видалити з виїмки. Під час розробки виїмки працюючі повинні розташовуватися таким чином, щоб не травмувати один одного робочим інструментом/інвентарем. Виїмку необхідно захищати від потрапляння поверхневих дощових та талих вод. Це досягається шляхом розміщення відвалу розробленого ґрунту з одного боку і облаштуванням водовідвідних (ловчих) каналів з іншої сторони виїмки. Забороняється розробка нестійкого та/або перезволожених піщаних, лесових і насипних (неущільнених) ґрунтів без кріплення укосів. Також забороняється допуск людей у траншею до моменту встановлення кріплень в таких ґрунтах. Прохід у виїмку здійснюється через влаштований на рівну поверхню трап шириною не менше 0,6 м з перильним огорожею висотою 1,1 м (для вузької виїмки допускається використання приставних сходів). Без виробничої необхідності не допускається переміщення по елементах кріплення виїмки та перебування у виїмці. При проведенні земляних робіт на складних та протяжних інженерних комунікаціях потрібно передбачати декілька місць виходів/опускання з виїмки [10, 19].

### 7.3 Безпека при проведенні будівельно-монтажних робіт

Безпечне виробництво всіх будівельно-монтажних робіт вимагає суворого дотримання працівниками відповідних правил і вимог техніки безпеки. Кожен працівник повинен бути добре ознайомлений і виконувати безпечні прийоми роботи. Тільки за цієї умови можна попередити та мінімізувати нещасні випадки на виробництві.



Основними причинами травматизму та небезпечних ситуацій під час монтажу різних елементів конструкцій зрошувальної мережі є падіння виробів і матеріалів, які монтуються; недосконалість або несправність механізмів и монтажного оснащення, недотримання технології виробництва робіт [3, 10, 19].

До виконання монтажних робіт можуть бути допущені працівники не молодше 18 років, які пройшли відповідний медичний огляд, інструктажі з охорони праці та техніки безпеки, навчені за спеціальною програмою, здали всі екзамени й мають відповідні посвідчення монтажника. Основні вимоги по техніці безпеки, при будівництві масиву зрошення наведені на рис. 7.1.

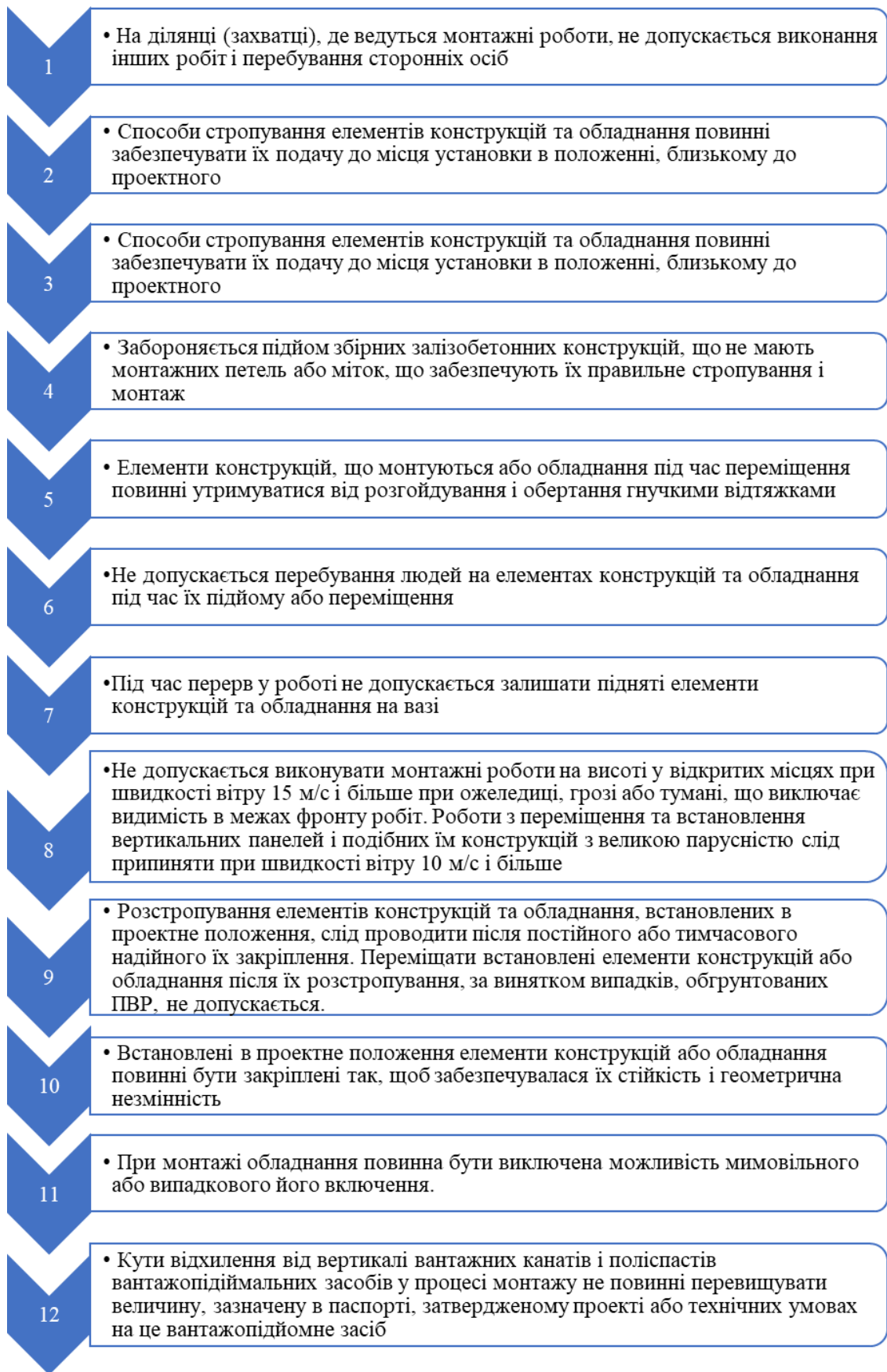


Рисунок 7.1 – Основні вимоги техніки безпеки під час будівництва закритої зрошувальної мережі



## 8 РОЗРАХУНОК КОШТОРИСНОЇ ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА ЗАКРИТОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Кошторисний розрахунок є важливим елементом виконання проєктів з будівництва, який визначає загальний рівень капіталовкладень. Основними структурними елементами у поясненні до кошторисної документації є наступні. Необхідно вказати на підставі яких вихідних технічних документів, розрахунків та матеріалів були проведені й складені кошторисні розрахунки. Обовязково зазначаємо рівень прийнятих накладних витрати і планові накопичення; розмір проєктних зворотних сум; резерв та можливі непередбачені проєктом виробництва робіт витрати. Розрахунок кошторисної вартості виконаний на підставі поточних ринкових цін на ресурси, деталі, обладнання, заробітну плату працівників, цін на паливно-мастильні та інші матеріали.

Всі основні елементи кошторисної документації, які наведені в кваліфікаційній роботі наступні (рис. 8.1).

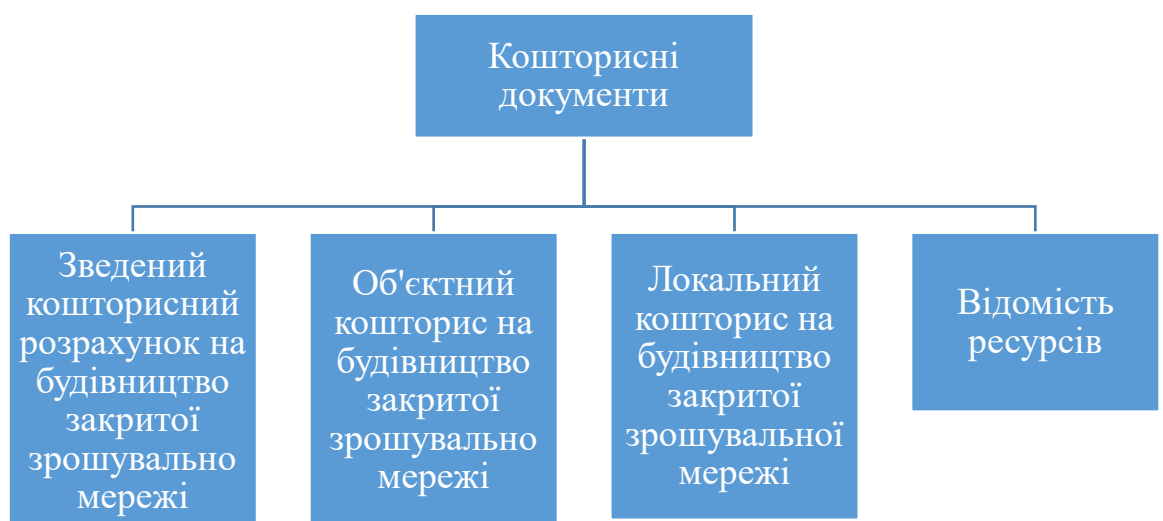


Рисунок 8.1 – Елементи кошторисної документація

(в рамках кваліфікаційної роботи)

Розрахунок кошторисної вартості будівництва закритої зрошувальної мережі у агрофірмі «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області виконаний із застосуванням програмного комплексу АВК. Всі перелічені види кошторисної документації наведені у відповідних Додатках до кваліфікаційної роботи.

За результатами проведених розрахунків отримали, що загальна кошторисна вартість будівництва закритої зрошувальної мережі складе 31060,588 тис.грн. Тобто капіталовкладення становлять 99,87 тис. грн/га

## 9 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

### 9.1 Визначення обсягів капіталовкладень

Для визначення розміру необхідних асигнувань і капіталовкладень були складені локальний, об'єктний і зведений кошториси на будівництво закритої зрошувальної мережі. Визначено, що кошторисна вартість будівництва ЗЗМ у агрофірмі «Надія» становить 30160,588 тис. грн.

### 9.2 Розрахунок техніко-економічних показників будівництва

Порядок розрахунку основних техніко-економічних показників процесу будівництва наступний:

1) рівень механізації – характеризує затрати праці, вираженої відношенням кількості робітників, які зайняті механізованими видами робіт до загальної кількості працівників на будівництві:

$$P_{\text{в}} \frac{\text{мех.по}}{\text{праці}} = \frac{H_{\text{мех}}}{H_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \quad (9.1)$$

де  $H_{мех}$  – кількість робітників, задіяних у механізованих будівельних операціях, 4 чоловік;  $H_{заг}$  – загальна кількість працівників на будівельному майданчику, 11 чоловік.

У нашому випадку отримаємо

$$P_{в} \frac{мех.по}{праці} = \frac{4}{11} \cdot 100\% = 36\%;$$

2) рівень механоозброєності будівництва – показує у відсотковому співвідношенні машинного парку ( $S_{маш.п}$ ) до річного обсягу будівельних робіт ( $Q_{буд.монт.роб.год.}$ ), що виконується всіма машинами і механізмами цього парку:

$$P_{в.мх} \text{ буд-ва} = \frac{S_{маш.п}}{Q_{буд.монт.роб.год.}} \cdot 100\%, \quad (9.2)$$

У нашому випадку отримаємо

$$P_{в.мх} \text{ буд-ва} = \frac{455,0}{1136,975} \cdot 100\% = 40\%.$$

3) рівень механоозброєності праці робітників – визначається відношенням вартості парку машин і механізмів, що приходить на одного задіяного працівника:

$$P_{в.мо. праці} = \frac{S_{маш}}{H}, \quad (9.3)$$

де  $S_{маш}$  – вартість парку машин, грн.;  $H$  – число працівників, чоловік.

У нашому випадку отримаємо

$$P_{в.мо. праці} = \frac{455,0}{11} = 41,2 \text{ тис. грн./працівника};$$

4) енергоозброєність та електроозброєності праці: перший показник – визначається через відношення сумарної потужності двигунів ( $\sum N_{маш.}$ ) на машинах і механізмах; другий показник встановлює потужність електродвигунів і установок у кіловатах ( $\sum N_{ел.}$ ) відносно до середньої кількості працівників:

$$E_{н.о.пр.} = \frac{\sum N_{маш}}{H_{ср.}}, \quad (9.4)$$

$$E_{н.о.пр.} = \frac{\sum N_{ел.}}{H_{ср.}}, \quad (9.5)$$

У нашому випадку при розрахунках отримаємо:

$$E_{н.о.пр.} = \frac{369}{4} = 92 \text{ кВт працівника},$$

$$E_{н.о.пр.} = \frac{110}{4} = 27,5 \text{ кВт працівника}$$



5) вартісне вираження проектного рівня продуктивності праці внаслідок вироблення проектної будівельної продукції за кошторисною вартістю на одного робітника:

$$P_{\text{в.прод.пр.}} = \frac{Q_{\text{кошт.варт}}}{T}, \text{ тис. грн./працівника,} \quad (9.6)$$

де  $Q_{\text{кошт.варт}}$  – кошторисна вартість земляних та будівельно-монтажних робіт при будівництві зрошувальної мережі згідно зведеного кошторисного розрахунку, 31060,588 тис. грн.;  $T$  – кількість робітників, 11 чоловік.

Для наших умов розрахунку отримаємо

$$P_{\text{в.прод.пр.}} = 31060,588 / 11 = 2823,7 \text{ тис. грн./чол.};$$

б) оцінювання рівня рентабельності роботи підприємства розраховується шляхом поділу річного чистого прибутку організації ( $D_{\text{ч}} = 1120,36$  тис. грн.) на об'єм його основних виробничих фондів і оборотних коштів ( $S_{\text{осн.ф.}} + S_{\text{обор.кошт.}} = 11136,975$  тис. грн.)

$$P_{\text{рив}} = \frac{D_{\text{ч}}}{S_{\text{осн.ф.}} + S_{\text{обор.кошт.}}} \cdot 100\%, \quad (9.7)$$

У нашому випадку отримаємо

$$P_{\text{рив}} = \frac{120,36}{1136,975} \cdot 100\% = 10,5\%.$$

З вищезазначених розрахунків витікає, що рівень рентабельності підприємства (організація-будівельник) складає на рівні 10,5%, а це є цілком задовільний показник при здійсненні проекту організації виробництва гідромеліоративних робіт з будівництва закритої зрошувальної мережі в агрофірмі «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області. Всі розрахунки техніко-економічних показників зведені на рис. 9.1.

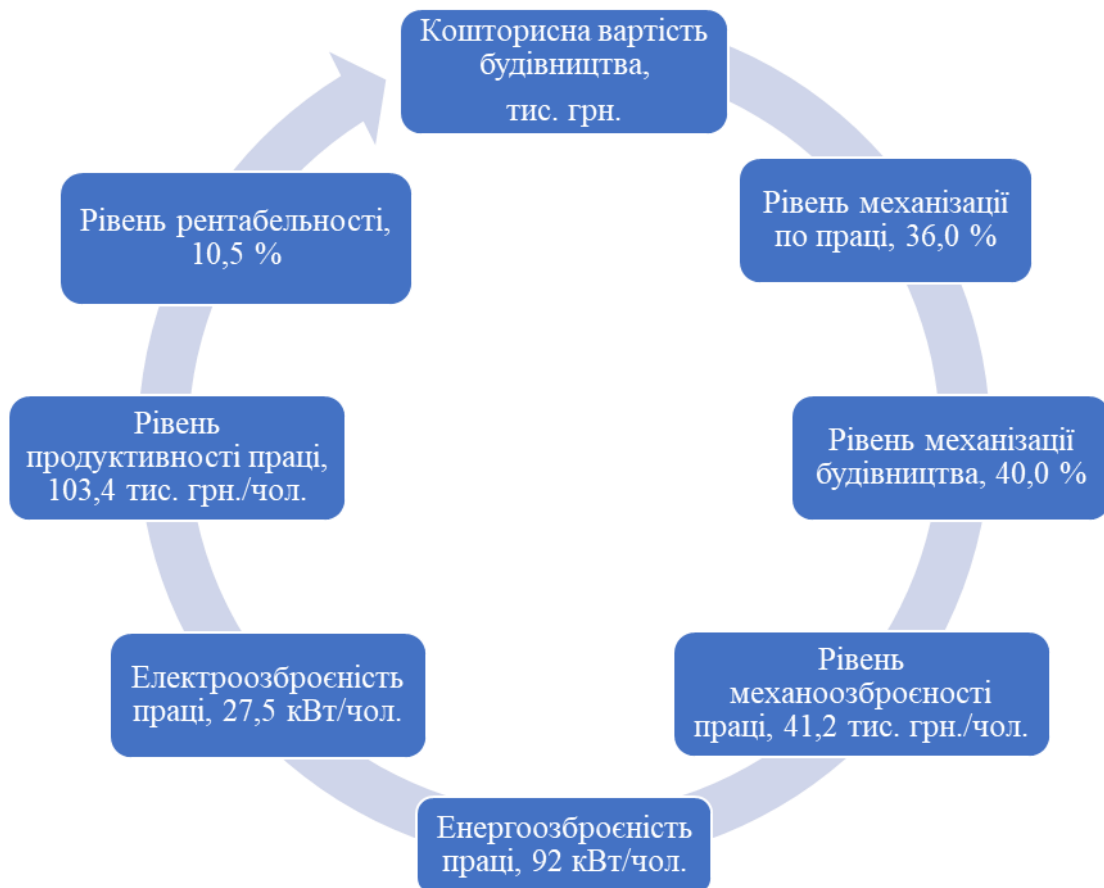


Рисунок 9.1 – Техніко-економічні показники проекту будівництва закритої зрошувальної мережі

В даному проекті ми отримали, що при загальній кошторисній вартості будівництва закритої зрошувальної мережі 31060,588 тис.грн., рівень рентабельності роботи будівельної організації складає 10,5%.

## ВИСНОВКИ

В проекті будівництва закритої зрошувальної мережі у фермерському господарстві «Надія» Синельниківського району Дніпропетровської області розроблені та запроектовані наступні технічні рішення:

- 1) Для зрошення сільськогосподарських культур на площі 311 га обґрунтовано та підібрано сучасну дощувальну техніку фронтальної дії Reinke у кількості трьох машин, які за рахунок переміщення, здатні зрошувати шестипільну кормо-зернову сівозміну;
- 2) Запроектовано закриту зрошувальну мережу, яка складається із поліетиленових труб ПЕ-100 SDR 17 діаметрами  $\varnothing 250$  мм (3950 м) та  $\varnothing 300$  мм (2100 м), в залежності від необхідної пропускної спроможності. Загальна довжина мережі складає 6,05 км;
- 3) Згідно розрахунку режиму зрошення сільськогосподарських культур встановлено, що середньозважена зрошувальна норма сягає  $1898 \text{ м}^3/\text{га}$ , поливна норма –  $300 \text{ м}^3/\text{га}$ . За рахунок укомплектування графіку поливів, досягнута одночасна робота трьох дощувальних машин. Гідромодуль при цьому складає  $0,60 \text{ л}\cdot\text{с}/\text{га}$ , що є прийнятним показником роботи системи;
- 4) Обґрунтовано підземний тип насосної станції, яка здатна забезпечити необхідну витрату ( $180 \text{ л}/\text{с}$ ) та напір (81 м) на зрошувальній мережі. На станції підібрані основні насосні агрегати з комплектацією насосами типу Д200-90 у кількості трьох основних та одного резервного, а також допоміжних насосів типу ЦНС 38-66. Загальна розрахункова потужність насосної станції при цьому складає 400 кВт.

- 5) Загальний об'єм земляних та будівельно-монтажних робіт при будівництві закритої зрошувальній мережі сягає 24640 м<sup>3</sup>. Комплекс машин і механізмів при будівництві складається з бульдозеру марки ДЗ-171, екскаватору ЕК-12 і автомобільного крану КС-5576Б. Наведена технологія та організація виконання основних технологічних видів робіт.
- 6) За календарним планом виконання робіт визначено, що тривалість будівництва масиву зрошення складе 197 днів, при цьому підвищення продуктивності праці складе 10,7%, виконання норми виробітку – 111,9%.
- 7) За результатами розрахунку кошторисної вартість будівництва встановлено, що загальні капіталовкладення сягають 31060,588 тис. грн. При цьому питомі капітальні вкладення становитимуть 99,87 тисяч грн/га. розрахунковий рівень рентабельності будівельної організації при цьому складає 10,5 %.
- 8) У кваліфікаційній роботі, також, розглянуті питання охорони праці та техніки безпеки під час виконання основних видів земляних та будівельно-монтажних робіт. Оцінено вплив процесу будівництва закритої зрошувальної мережі на навколишнє природне середовище та обґрунтовано основні заходи щодо мінімізації негативних наслідків на ґрунтовий покрив та водне середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області.  
<http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk>
2. Карта ґрунтів Дніпропетровської області. <https://geomap.land.kiev.ua/obl-3.html>
3. Охрана труда в агропромышленном комплексе Украины: учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации // [Беликов А.С., Сафонов В.В., Годяев С.Г., Ливченко А.И., Дмитриук С.П., Маладыка И.Г., Тищенко Е.А., Бойко О.В., Кравчук А.М., Устимович Л.Д., Одинец Е.А.]. – Черкасы издатель Чабаненкол Ю.А., 2014 – 646 с.
4. ДБН Д.2.2-1-99 (Е 1) Земляні роботи (РЕКН).  
[https://msmeta.com.ua/ua\\_open\\_norma\\_dbn\\_sbornik\\_sou.php?id=152&kat=8](https://msmeta.com.ua/ua_open_norma_dbn_sbornik_sou.php?id=152&kat=8)
5. ДБН Д.2.2-36-99 (Е 36) Земляні конструкції гідротехнічних споруді (РЕКН).  
[https://msmeta.com.ua/ua\\_open\\_norma\\_dbn\\_sbornik\\_sou.php?id=187&kat=8](https://msmeta.com.ua/ua_open_norma_dbn_sbornik_sou.php?id=187&kat=8)
6. ДБН Д.2.2-22-99 (Е 22) Водопровід - зовнішні мережі (РЕКН).  
[https://msmeta.com.ua/ua\\_open\\_norma\\_dbn\\_sbornik\\_sou.php?id=173&kat=8](https://msmeta.com.ua/ua_open_norma_dbn_sbornik_sou.php?id=173&kat=8)
7. ДБН Д.2.7-2000. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. – Київ.-2001.-337с.
8. Будівельні машини і обладнання. Практикум: навч. посібник / М.К. Сукач, С.Ю. Комоцька, М.М. Балака. – К.: КНУБА, 2016. – 120 с.

9. Організація і технологія будівельних робіт. Практикум: навч. посібник/ А. А. Білецький, С. В. Клімов, О. І. Ольховик, І. А. Рошик. – Рівне : НУВГП, 2019. – 93 с.
10. Жидецкий В.Ц. Джигирей В.С. Сторожук В.М. Практикум із охорони праці. Навч. посібник / За ред. к.т.н. доц. В.Ц.Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
11. Земляні роботи. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 1.: ДБН Д.2.2-1-99. – К.: Держбуд, 2000. – 186 с.
12. Назаренко І.І. Землеробство та меліорація: підручник [За ред. І.І.Назаренка] / Назаренко І.І., Смага І.С., Польчина С.М., Черлінка В.Р. - Чернівці: Книги ХХІ. 2006. – 543 с.
13. Кір'янов В.М. Організація, планування та управління будівництвом водогосподарських систем. Підручник. - Рівне: НУВГП, 2007. – 244 с.
14. Крани будівельні. Технічні характеристики: Довідник / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашич, С.В. Ракша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006.-186с. Мануйлов Ю.Г., Гарбузов В.Е. Машины для мелиоративного строительства: Справочник.-М.: Машиностроение, 1978.-222с.
15. Меліоративні системи та споруди: ДБН В.2.4.1-99. – К.:Держбуд України, 2000.
16. Доценко В. І. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування / В. І. Доценко, В. В. Морозов, Д. М. Онопрієнко. – Херсон: Олді-плюс, 2014, 498 с.
17. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с.
18. Технологія будівництва гідротехнічних, водогосподарських та природоохоронних споруд: навч. посібник [Електронне видання]. – Рівне: НУВГП, 2019. – 377 с. ISBN 978-966-327-431-7

19. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3074220455066862610?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610?doc_type=2)
20. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання: ВБН А.3.1-33-2.4-01-99. – Держводгосп України. Київ 1999.
21. Ольховик О. І., Ольховик Є. О. Організація і технологія водогосподарського будівництва : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 205 с.
22. Основи гідромеліорацій : навч. посіб. / [А. М. Рокочинський, Г. І. Сапсай, В. Г. Муранов [та ін.] ; за ред. проф. А. М. Рокочинського. – Рівне : НУВГП, 2014. – 255 с.
23. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів: ДБН Д.2.7-2000. – Київ, 2001.-337с.
24. Ткачук М. М. Організація водогосподарського будівельного виробництва. Рівне : РДТУ, 1998.
25. ВБН А.3.1-33-2.4-01-99 Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання. Організація і технологія будівництва. Держводгосп України, Київ, 1999
26. Склад і зміст матеріалів ОБНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А 2.2-1-2003
27. Проектування осушувальних систем. Навчальний посібник / [Лазарчук М. О. [та ін.]. Рівне: НУВГП, 2010. – 330 с.
28. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва. [https://ukrstone.org/files/DSTU/DSTU\\_B\\_A.3.1.22\\_2013.pdf](https://ukrstone.org/files/DSTU/DSTU_B_A.3.1.22_2013.pdf)