

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ  
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ГІДРОТЕХНІЧНІ МЕЛІОРАЦІЇ З  
ОСНОВАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ»**

**Одеса – 2015**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

**з дисципліни**

**«Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами  
експлуатації водогосподарських об'єктів»  
для спеціалістів 1-го курсу денної форми навчання  
Напрямок підготовки „Гідрометеорологія”  
Спеціальність – 7.04010503 «Гідрологія»**

**Затверджено  
на засіданні методичної комісії  
гідрометеорологічного інституту  
протокол № 2 від 12.10.2015 р.  
голова метод. комісії \_\_\_\_ Овчарук В.А.**

**Затверджено  
на засіданні кафедри  
гідрології суші  
протокол № 1 від 27.08.2015 р.  
зав. кафедри \_\_\_\_\_ Гопченко Є.Д.**

**Одеса – 2015**

Методичні вказівки до практичної роботи з дисципліни “Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами експлуатації водогосподарських об’єктів” для спеціалістів 1-го курсу денної форми навчання за спеціальністю 7.04010503 «Гідрологія» / Укладачі: Кулібачин О.Г., Кічук Н.С. – Одеса, ОДЕКУ, 2015. – 33 с., укр. мова.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	4
1	Основні теоретичні положення.....	5
	1.1 Визначення розрахункових витрат відкритої зрошувальної мережі	5
	1.2 Розрахунки та характеристики закритої зрошувальної мережі.....	8
	1.3 Принципова схема автоматизації водорозподілу .....	10
2	Гідравлічні розрахунки.....	19
	2.1 Гідравлічні розрахунки закритої зрошувальної системи.....	19
	2.2 Визначення розрахункової витрати зрошувального трубопроводу..	20
	2.2 Проектування закритої зрошувальної мережі.....	21
3	Практичне завдання.....	23
	3.1 Приклад проектування та розрахунку закритої зрошувальної мережі на сівозмінній ділянці при поливі дощувальними машинами «Фрегат».....	23
	3.2 Визначення розрахункових витрат і гідравлічний розрахунок ЗЗМ.....	23
	3.3 Приклад проектування ЗЗМ у вертикальній площині.....	29
	Контрольні запитання.....	31
	Література до практичних завдань.....	32

## Вступ

Дисципліна «Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами експлуатації водогосподарських об'єктів» вивчає основи меліоративних засобів, принципів і методів режиму зрошення, розподіл і використання водних ресурсів, основні вимоги щодо експлуатації водного господарства, експлуатації гідротехнічних споруд, основи сільськогосподарського водопостачання для забезпечення ефективної діяльності споживачів водних ресурсів.

Головне завдання дисципліни «Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами експлуатації водогосподарських об'єктів» – вироблення у студентів розуміння суті основних методів структури керування водним господарством та набуття студентами навичок розрахунків зрошувальних і поливних норм, визначення пропускнуєї спроможності каналів, гідроспоруд і трубопроводів.

**Метою методичних вказівок** є закріплення студентами знань, отриманих під час вивчення дисципліни «Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами експлуатації водогосподарських об'єктів».

**Завдання методичних вказівок** – набуття на основі вихідних даних практичних навичок гідравлічного розрахунку закритої зрошувальної мережі.

У результаті виконання практичних робіт студенти повинні:

**Знати** методи та значення гідравлічних розрахунків.

**Вміти** виконувати проектування і розрахунки закритої зрошувальної мережі.

Методичні вказівки містять у собі завдання: проектування та розрахунок закритої зрошувальної мережі на сівозмінній ділянці при поливі дощувальними машинами «Фрегат».

Вихідні дані для виконання завдань знаходяться у методичних вказівках та видаються викладачем дисципліни.

Оцінювання виконаних практичних робіт здійснюється згідно з робочою програмою дисципліни.

## 1 Основні теоретичні положення

### 1.1 Визначення розрахункових витрат відкритої зрошувальної мережі

Зрошувальна система – це земельна територія разом із мережею каналів, гідротехнічних і експлуатаційних споруд, які забезпечують забір води з джерела, транспортування і розподіл її для зрошення.

Зрошувальні системи за конструкцією розподіляються на три основних типи: відкриті, закриті і комбіновані.

Відкриті зрошувальні системи найбільш поширені. Вони мають канали в земляному руслі чи у вигляді лотків. Канали звичайно споруджують із протифільтраційним захистом.

У проектах зрошувальних систем встановлена така номенклатура розрахункових витрат: нормальна, мінімальна і форсована.

Нормальна витрата  $Q_{норм}$  – це витрата води, яку пропускає канал тривалий час.

Мінімальна витрата  $Q_{min}$  – найменша витрата води, яку потрібно пропустити каналом згідно із розрахунковим графіком гідромодуля і розрахунковим планом водоподачі і водообміну.

Форсованою витратою  $Q_{форс}$  називається збільшена нормальна витрата, яку потрібно пропустити каналом за короткий час в особливих умовах експлуатації.

Розрахункова витрата розподільного трубопроводу, л/с, при поверхневому поливі визначається за формулою:

$$Q_{civ} = g_{роз} \cdot W_{civ} \quad (1.1)$$

де:  $g_{роз}$  – розрахункова ордината укомплектованого графіка гідромодуля, л/с на 1 га;

$W_{civ}$  – площа сівозмінної ділянки нетто, га.

Графік гідромодуля для ЗЗС складається так само, як і для відкритої мережі. При його укомплектовуванні важливо домогтися зниження максимальних ординат, оскільки це дозволить зменшити діаметри трубопроводів.

Розрахункова витрата польового трубопроводу, л/с, визначається за формулою:

$$Q_{nm} = m \cdot W_{nm} / 86,4 \cdot t \quad (1.2)$$

де:  $m$  – поливна норма, м<sup>3</sup>/га;

$W_{nm}$  – площа поля (ділянки), що поливається з польового трубопроводу, га;

$t$  – тривалість поливу сільськогосподарської культури (за укомплектованим графіком гідромодуля), діб.

Під час поливу дощувальними машинами попередньо складається графік їх роботи на сівозмінній ділянці.

За укомплектованим графіком роботи поливних або дощувальних машин встановлюється їх кількість, розташування і схема переміщення полями, а також максимальна витрата на сівозміну (ділянку).

Розрахункова витрата польового трубопроводу приймається такою, що дорівнює сумарній витраті поливних або дощувальних машин, які одночасно працюють на даному полі

$$Q_{nt} = n \cdot Q_{dm} \quad (1.3)$$

де  $Q_{dm}$  – витрата дощувальної машини, л/с;

$n$  – кількість дощувальних машин, що працюють одночасно.

Якщо на польовому трубопроводі одночасно працює декілька дощувальних машин, діаметр трубопроводу для зменшення його вартості виконується змінним за довжиною.

Максимальна розрахункова витрата розподільного трубопроводу, що подає воду на сівозмінну ділянку, дорівнює сумі витрат польових трубопроводів, які одночасно отримують із нього воду.

Розрахункова витрата нетто і брутто.

$$Q_{нетто} = \sum Q_i \quad (1.4)$$

де:  $Q_i$  – всі машини, що працюють одночасно.

$$Q_{нетто} = 360 \text{ л/с}$$

$$Q_{брутто} = Q_{нетто} / 0,92 = 360 / 0,92 = 391 \text{ л/с}$$

Витрата брутто – витрата води в голові каналу з урахуванням втрат води за його довжиною.

Витратою нетто системи називають витрату води, що подається на поля, а витратою брутто - витрата в голові магістрального каналу.

Для визначення розрахункових витрат зрошувальних каналів враховується потреба у воді окремих господарств і режим джерела зрошення.

Для визначення потреби господарств у воді розраховують режим зрошення сільськогосподарських культур, виходячи з біологічних особливостей, проектної врожайності, кліматичної характеристики і забезпеченості розрахункового року.

На основі режиму зрошення складають графік витрат води на сівозмінній ділянці або графік гідромодуля.

Основною розрахунковою витратою є витрата каналу, яка подається на сівозмінну ділянку, визначається за укомплектованим графіком водоподачі

або обчислюється за залежністю

$$Q_{civ}^{nm} = gF_{civ}^{nm} \quad (1.5)$$

де  $Q_{civ}^{nm}$  – витрата нетто на сівозмінній ділянці, л/с;

$g$  – розрахункова ордината укомплектованого графіка гідромодуля, л/с на 1 га;

$F_{civ}^{nm}$  – площа сівозмінної ділянки нетто, га.

За розрахункову приймають максимальну ординату укомплектованого графіка гідромодуля в тому випадку, якщо її величина не менша за одну декаду; в інших випадках за розрахункову приймають середню величину із значень, близьких до максимальної ординати за період, не менший за одну декаду.

Витрати всіх інших каналів зрошувальної мережі обчислюють через  $Q_{civ}^{nm}$  з урахуванням загальносистемного плану водокористування.

Якщо витрата на сівозмінній ділянці більша за 250 л/с, то її розподіляють між двома або більше дільничними каналами.

Витрати всіх ланок зрошувальної мережі в межах сівозмінної ділянки повинні бути ув'язані послідовно від молодших ланок до старших з урахуванням втрат.

$$\Sigma Q_{во}^{бр} = Q_{вг.р}^{nm}; \Sigma Q_{вг.р}^{бр} = Q_{civ}^{nm} \quad (1.6)$$

Якщо з господарського розподільника здійснюється також подача води по окремих каналах на ділянки, зайняті монокультурою, садами, виноградниками на присадибні ділянки, то витрата його визначається за залежністю

$$Q_{г.р}^{nm} = \Sigma Q_{civ}^{бр} + \Sigma Q_{уч.}^{бр} \quad (1.7)$$

Витрата міжгосподарського розподільника дорівнює сумі витрат господарських каналів, які отримують із нього воду

$$Q_{мг.р}^{nm} = \Sigma Q_{г.р}^{бр} \quad (1.8)$$

Витрата магістрального каналу дорівнює сумі витрат міжгосподарських розподільників, господарських та інших каналів, які отримують із нього воду.

$$Q_{мк}^{nm} = \Sigma Q_{мг.р}^{бр} \quad (1.9)$$

Розрахункові витрати зрошувальної мережі каналів при дощуванні визначаються згідно з графіком поливів, який враховує кількість і параметри дощувальної техніки. Витрати тимчасових зрошувачів призначають відповідно до витрати дощувальної машини.



Кількість зрошувачів, що одночасно працюють на полі, а отже, і дощувальних машин, визначають при складанні графіка поливів. Для цього визначають тривалість поливу поля однією дощувальною машиною за залежністю, дїб

$$n = mF_n^{hm} k_{вин} / 86,4Qk_{дїб} \quad (1.10)$$

де  $m$  – розрахункова поливна норма, м<sup>3</sup>/га;

$F_n^{hm}$  – площа поля сівозміни, зайнята даною культурою, га;

$k_{вин}$  – коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування при дощуванні (витрати води на створення мікроклімату в процесі дощування);

$Q$  – витрата дощувальної машини, л/с;

$k_{дїб}$  – коефіцієнт використання часу доби.

Нормальна витрата дільничного каналу в цьому випадку дорівнює сумі витрат дощувальних машин (тимчасових зрошувачів), які одночасно працюють на полі

$$Q_{вг.р}^{нт} = \Sigma Q_{тз}^{бр} \quad (1.11)$$

Мінімальну витрату води старших зрошувальних каналів визначають як суму цілого числа витрат дільничних розподільників. Для забезпечення умов незаболоченості і незасміченості каналів мінімальна витрата води в них повинна становити не менше ніж 40% від нормальної витрати.

При зміні умов водообміну, складу культур або площі під вологолюбними культурами, а також у дуже засушливі періоди виникає необхідність у пропуску форсованих (підвищених) витрат води по каналах. Форсовану витрату води необхідно приймати такою, що дорівнює нормальній витраті, збільшеній на коефіцієнт форсування  $k_{ф}$ : для міжгосподарських і господарських розподільників при витраті води меншій за 1 м<sup>3</sup>/с  $k_{ф} = 1,2 \dots 1,3$ , при витраті від 1 до 10 м<sup>3</sup>/с  $k_{ф} = 1,15 \dots 1,2$ , а при витраті понад 10 м<sup>3</sup>/с -  $k_{ф} = 1,1 \dots 1,15$ . Витрати внутрішньогосподарських розподільників і тимчасових зрошувачів, що працюють по черзі, не форсуються.

## 1.2 Розрахунки та характеристики закритої зрошувальної мережі

Перша закрыта зрошувальна система (ЗЗС) в Росії була збудована Г.І. Арістовим 1875 року. Натиск у трубопроводах створювався за рахунок природного ухилу. До чавунних трубопроводів приєднувався переносний гнучкий шланг завдовжки 250 м із примітивними пристосуваннями (типу "брандспойт") для поливу.

*Закриті зрошувальні системи мають такі переваги:* відсутність втрат води на фільтрацію і випаровування, що забезпечує високий к.к.д. систем і підвищує зрошувальну здатність джерел зрошування; високий коефіцієнт земельного використання; можливість розподілу води по зрошуваній площі

при складному рельєфі; сприятливі умови для здійснення автоматизації роботи зрошувальних систем; можливість використання природного натиску на підвищених ухилах місцевості.

*До недоліків закритої зрошувальної мережі належать:* потреба у великій кількості труб, що значно збільшує капітальні й експлуатаційні витрати; витрати електроенергії на створення потрібного натиску в трубопроводах за відсутності або недостатності природного натиску.

*Класифікація закритих напірних зрошувальних мереж.* Залежно від способу подачі води розрізняють два типи закритої зрошувальної мережі: з самопливно-напірною закритою або комбінованою мережею; з механічним подаванням води в закриту мережу.

У самопливно-напірній мережі зрошувальна вода в трубопроводах транспортується за рахунок натиску, що створюється природним ухилом місцевості. Тому її доцільно будувати на ділянках з ухилом від 0,003 і вищим.

Зрошувальні системи з механічним подаванням води застосовуються в тих випадках, коли рівень води у джерелі зрошування нижчий за рівень поверхні зрошуваної ділянки або натиск, що створюється природним ухилом місцевості, виявляється недостатнім.

Залежно від конструкції мережі ЗЗС діляться на стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні.

Найбільшого поширення набула стаціонарна мережа, у якій вода транспортується трубопроводами, закладеними в землю. На підземних трубопроводах встановлюють гідранти, за допомогою яких вода подається в дощувальні машини або інші поливні пристрої [2].

Напівстаціонарна мережа складається з підземних і пересувних поверхневих трубопроводів. За рахунок застосування пересувних польових трубопроводів будівельна вартість цих систем знижується, але збільшуються експлуатаційні витрати, оскільки в процесі поливу трубопроводи необхідно переміщати полем.

У пересувних закритих системах трубопроводи розташовують на поверхні землі. Усю мережу можна розбирати і переміщувати на іншу ділянку. Застосовують її на невеликих ділянках.

Для будівництва трубопроводів в основному застосовують азбестоцементні, напірні залізобетонні, напірні залізобетонні зі сталевим осердям, сталеві, чавунні і пластмасові труби.

Напірні азбестоцементні труби діаметром від 100 до 500 мм застосовують у зрошуванні зазвичай трьох класів: ВТ- 9, ВТ- 12, ВТ- 15, з максимальним розрахунковим тиском відповідно до 0,6; 0,9 і 1,2 МПа. Труби випускаються завдовжки 2,95; 3,95; 5,0; 5,9 і 6,0 м. Для з'єднання окремих труб використовують азбестоцементні або чавунні муфти з гумовими кільцями. Термін служби азбестоцементних труб – 20 років [2].

Залізобетонні напірні віброгідропресовані і центрифуговані труби залежно від величини розрахункового тиску в трубопроводі поділяють на три класи: 1,5 МПа - I; 1,0 МПа - II; 0,5 МПа - III. Труби випускаються діаметром

від 500 до 1600 мм з товщиною стінки 55 - 105 мм і завдовжки 5 м. Для герметизації з'єднань труб застосовують ущільнювач - гумові кільця. Термін служби труб - 40 років[2].

Сталеві труби застосовують декількох типів. Сталеві електрозварні труби використовують при робочому тиску 2 МПа і більшим. Зовнішня поверхня захищена від корозії ізоляцією. З'єднання труб здійснюється зварюванням. Термін служби таких труб - до 20 років.

Сталеві електрозварні спіралешовні тонкостінні труби із захисним покриттям на основі лаку етиноль виготовляють із рулонної вуглецевої сталі марки Ст 3. Труби діаметром 200.. 400 мм з товщиною стінки 1,8..4,0 мм, завдовжки 5; 6; 9 і 12 м розраховані на робочий тиск до 1,5 МПа. З'єднання труб здійснюється за допомогою обичайок завдовжки 100 мм, приварених до торців труб величиною 20 мм. Частіше застосовують відрізки труб нафтового сортаменту[2].

Труби укладають на глибину не меншу ніж 0,7 м. Термін служби – від 10 до 20 років. Застосування спіралешовних труб забезпечує велику економію металу, швидкість і легкість монтажу.

Сталеві тонкостінні електрозварні труби із внутрішнім цементно-піщаним і зовнішнім бітумним або етинолевим покриттям випускають діаметром від 219 до 530 мм. Вони розраховані на робочий тиск до 2 МПа. З'єднуються труби муфтами типу "Жибо". Глибина їх укладання - до 2 м, термін служби – 10 років.

Чавунні труби. Їх випускають розтрубними або з рівним торцем. Для ущільнення стиків застосовують гумові кільця, що самоущільнюються. Діаметр чавунних труб – від 65 до 1000 мм. Довжина труб – 2, 3, 4, 5 і 6 м. У чавунних трубах типу "напірні під закарбовування" робочий тиск обмежується міцністю стику і не перевищує 1 МПа. У трубах типу "напірні безрозтрубні" герметичність стикових з'єднань забезпечують за рахунок сполучних муфт. Термін служби чавунних труб – до 60 років.

Поліетиленові напірні труби випускаються типів Л, СЛ, З і Т, розрахованих на максимальний тиск води відповідно до 0,25; 0,4; 0,6 і 1,0 МПа. Труби виготовляють завдовжки 6,8,10 і 12 м. Поліетиленові напірні труби можна використовувати для транспортування води температурою не вищою ніж 30 °С. Термін служби – до 40 років.

### **1.3 Принципова схема автоматизації водорозподілу**

Автоматизацію процесу водорозподілу на зрошувальних системах залежно від оснащення засобами автоматики можна розподілити на такі етапи:

I етап (часткова автоматизація) – споруди, обладнані засобами місцевої автоматики (автоматичні регулятори або місцеві програмні пристрої) для стабілізації необхідних параметрів (рівнів, витрат), а також контрольно-вимірювальними приладами. Зміна режиму водорозподілу і контроль ведуться постійним лінійним персоналом експлуатації. Режим

водокористування розробляється диспетчерським апаратом. Зв'язок диспетчера з лінійним персоналом (для отримання інформації та передавання керівних команд) підтримується по телефону, радіо або кур'єрами.

II етап (часткова автоматизація) – до першого етапу додаються телемеханічні засоби централізованого контролю. Автоматичне надходження інформації на диспетчерський пункт підвищує оперативність керування і дозволяє здійснювати систематичний контроль водорозподілу і контроль за ним.

III етап (комплексна автоматизація) – другий етап автоматизації посилюється засобами централізованого телекерування. Лінійний персонал експлуатації в керуванні роботою споруд участі не бере. Автоматизовані всі споруди. Процес керування замкнений – через диспетчера. Диспетчерський апарат обробляє інформацію, отриману за допомогою засобів телеконтролю, визначає оптимальний режим водорозподілу, формує команди керування і передає їх пристроям місцевої автоматики.

IV етап (комплексна автоматизація) відрізняється від третього етапу використанням на допомогу диспетчерові обчислювальної техніки для обробки інформації та визначення оптимального режиму водорозподілу. Питання зміни режиму і передавання керівних команд вирішує диспетчер.

V етап (повна автоматизація) – процес водорозподілу здійснюється без участі людини – автоматично, за допомогою керівних машин. Таким чином, більш високий етап автоматизації досягається поступовим збільшенням оснащення зрошувальних систем засобами автоматики. Засоби доречної автоматизації (гідравлічні автоматичні регулятори та інші пристрої) є першоосновою для здійснення автоматичного керування.

Однак найголовніше полягає у визначенні доцільності ступеня автоматизації з урахуванням специфічних особливостей технологічного процесу.

Основна особливість зрошувальних систем полягає у великій кількості розосереджених на великій території водорозподільних гідроспоруд, що підлягають автоматизації. Про повну автоматизацію процесу водорозподілу на таких системах, у всякому разі на даному етапі, не може бути й мови. Поки це і технічно нездійсненно. Вирішальні фактори при виборі ступеня автоматизації водорозподілу на зрошувальних системах – це техніко-економічна доцільність, а також рівень підготовки експлуатаційних кадрів.

На різних ланках зрошувальних систем слід передбачати різний ступінь автоматизації. Так, в умовах гірських зрошувальних систем (на даному рівні розвитку техніки) для внутрішньогосподарської мережі цілком прийнятний I етап часткової автоматизації, для міжгосподарської мережі – II, а для великих магістральних каналів, включно із головним водозабірним вузлом, – III або IV етап (комплексна автоматизація). При цьому слід мати на увазі, що з часом, за необхідності, ступінь автоматизації кожної з цих ланок може бути підвищений дообладнанням відповідними технічними засобами автоматики. Тому, як правило, при здійсненні будь-якого етапу автоматизації зрошувальних систем або їх ланок слід передбачити можливість переведення

їх на більш високий етап автоматизації без реконструкції. Однак слід усе ж точно визначити очікуваний вищий етап автоматизації даної ланки, щоб уникнути непотрібного ускладнення об'єкта. Наприклад, водовипуск у тимчасовий зрошувач (при поверхневих способах поливу або при дощуванні пересувними агрегатами), обладнаний гідроавтоматом постійної витрати, навряд чи потрібно контролювати і керувати ним із диспетчерського пункту, оскільки керування таким водовипуском зводиться до введення його в роботу на початку поливу і вимкнення споруди після закінчення роботи поливальника, що може зробити сам поливальник.

*Схеми гідроавтоматичного регулювання процесу водорозподілу на зрошувальних системах.* Безліч точок відведення води, що працюють незалежно і неузгоджено, зумовлюють непостійний, безперервно змінюваний гідравлічний режим потоку в каналах зрошувальних систем. Від гідравлічного режиму роботи каналу залежить і робота розташованих на ньому вододільних споруд. Отже, вододільні споруди теж повинні перебувати в стані безперервного перерегулювання відповідно до зміни режиму роботи каналу. Зрозуміло, що таке безперервне регулювання кожної споруди на зрошувальній системі здійснити вручну неможливо.

Без регулювання вододільної споруди витрата води у відведенні змінюється порівняно з початковим, встановленим потрібним значенням у відкритих каналах удвічі, а в закритих напірних системах навіть у п'ять разів. При такій неточності у розподілі поливної води великого ефекту від зрошення очікувати не можна. Зрошення ефективно при розподілі води в чіткій відповідності до плану водокористування, а це можливо тільки при автоматизації зрошувальних систем. Можливі такі схеми гідравлічної автоматизації процесу водорозподілу на зрошувальних системах:

- регулювання по верхньому б'єфу;
- регулювання безпосереднім відбором постійних витрат;
- регулювання по нижньому б'єфу;
- змішаного регулювання;
- регулювання підтриманням постійних гідравлічних перепадів на спорудах.

На різних ланках однієї зрошувальної системи можна застосовувати різні схеми гідроавтоматичного регулювання. Таке регулювання називається комбінованим.

Згідно з цими схемами, водорозподіл можна здійснити за принципом планового водокористування та водокористування «на вимогу». Планове водокористування може бути реалізоване локальними системами місцевої автоматики за всіма перерахованими схемами, а водокористування «на вимогу» – каскадними системами місцевої автоматики за трьома останніми схемами. Галузь застосування кожної схеми регулювання визначається її позитивними якостями та недоліками.

Регулювання по верхньому б'єфу забезпечує розподіл води в зрошувальну систему у чіткій відповідності до задалегідь складеного плану водокористування (рис. 1.1). Ця схема передбачає автоматичну стабілізацію

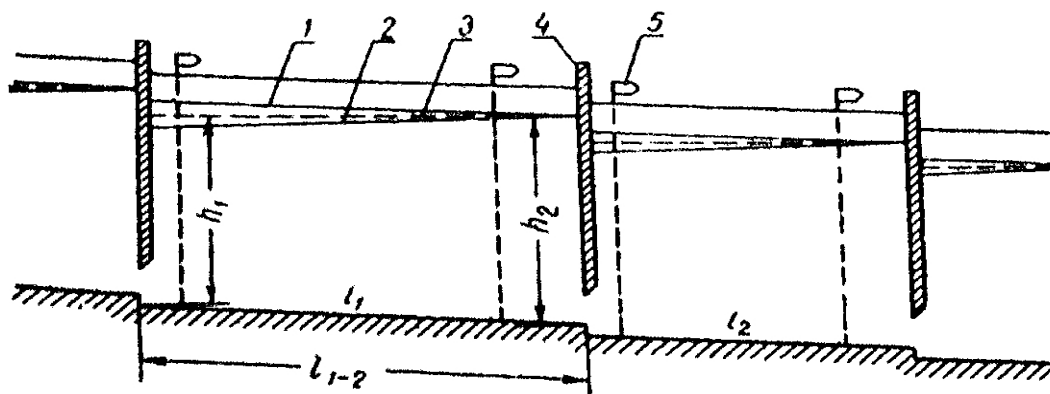


Рисунок 1.1 – Криві вільної поверхні води при регулюванні по верхньому б'єфу: 1 – при  $Q_{\max}$ ; 2 – при  $Q = 0$ ; 3 – при  $0 < Q < Q_{\max}$ ; 4 – автоматична споруда, що перегороджує; 5 – водовипуск.

рівня води у верхніх б'єфах споруд, що перегороджують канал, і, отже, подавання у відведення постійних витрат. Регулювання по верхньому б'єфу має такі переваги:

- регулювання рівня води в каналі відбувається в межах нормальної глибини потоку, що відповідає максимальній витраті. Отже, при цій схемі не потрібне додаткове підвищення бортів (берм) каналу;
  - відстань між перегороджувальними спорудами (автоматичними регуляторами верхнього б'єфа) може бути прийнята як завгодно великою. Виходячи з цього, ухил дна каналу можна проектувати за звичайними умовами пропуску заданої витрати і гідроавтоматичні регулювання додаткових вимог не ставлять;
  - на автоматичне регулювання по верхньому б'єфу можуть бути переведені всі наявні зрошувальні системи без додаткових витрат на переобладнання самих каналів;
  - не потрібні перегороджувальні пристрої гідроавтоматів на холостих ділянках каналів;
  - неможливе переливання через брівки каналу, тому немає необхідності будувати бічні скиди уздовж його траси. Вода скидається тільки в кінці каналу, оскільки зайва витрата пропускається по каналу транзитом. При цьому верхній б'єф усіх перегороджувальних споруд підтримується в заповненому стані, що складає аварійний резерв для використання при випадковому порушенні нормальної водоподачі з джерела зрошення;
  - забезпечується надійний і точний водорозподіл за планом водокористування;
  - мала кількість операцій з регулювання витрат і простота експлуатації.
- Регулювання по верхньому б'єфу має і недоліки:

- відсутність зворотного гідравлічного зв'язку між б'єфами, необхідного для зменшення або збільшення водоподачі з головного регулятора при зміні водоспоживання на трасі каналу;
- неминучість холостих скидів;
- утворення дефіциту води в розташованих нижче відвідних каналах при заборі з початкової ділянки з витратами, що перевищують розрахункові, хоча це і є порушенням принципу планового водокористування, до якого пристосована схема регулювання по верхньому б'єфу.

Проте недоліки регулювання по верхньому б'єфу можна усунути або звести до мінімуму, якщо під час будівництва постійної зрошувальної мережі врахувати зазначені рекомендації (створення проміжних ємностей для акумуляції скидних витрат і їх повторного використання, зональне розташування магістральних каналів, кільцювання розподільних каналів тощо).

*Регулювання та водорозподіл безпосереднім відбором постійних витрат* здійснюється незалежно від рівнів води в каналах, тобто не за допомогою стабілізації рівня води в каналі, як це практикується при схемах регулювання по верхньому і нижньому б'єфах. Відбір постійної витрати води ведеться спеціальними пристроями (спорудами), призначеними для цього. Регулювання безпосереднім відбором постійних витрат можна застосовувати, як при ухилах каналу, більших за критичний ( $i > i_k$ ), так і для каналів з ухилами, меншими за критичний ( $i < i_k$ ).

Безпосередній відбір постійних витрат можливий також із водосховищ, ставків і басейнів при невеликих коливаннях рівнів у них. Ця схема регулювання має ті ж переваги і недоліки, що і схема регулювання по верхньому б'єфу. Важлива перевага схеми безпосереднього відбору витрат полягає також у відсутності необхідності будівництва перегороджувальних споруд на каналах. Завдяки цьому схема регулювання безпосередньо відбором постійної витрати є єдиною прийнятною для каналів з ухилами, більшими за критичний. Вона дозволяє пропускати через водорозподільні споруди транзитні витрати без порушення їх кінематичної структури. Автоматичне регулювання процесу водорозподілу в напірних зрошувальних мережах також ведеться за схемою безпосереднього відбору постійних витрат. У напірних мережах робочий напір у кожного гідранта значно змінюється залежно від кількості і комбінації водо випусків, які працюють одночасно. Тому функції водовипускних споруд тут полягають у автоматичному регулюванні витрати, що забирається, незалежно від зміни напору в самій мережі.

*Регулювання по нижньому б'єфу* забезпечує водорозподіл у зрошувальній системі за потребами водокористувачів (рис.1.2).

Ця схема заснована на автоматичній стабілізації рівнів у нижніх б'єфах споруд, що перегороджують канал. При цьому відстань між перегороджувальними спорудами є залежною від величини підпору з таким розрахунком, щоб крива підпору поширення розповсюджувалася на всю

довжину б'єфа. Цим забезпечується зворотній гідравлічний зв'язок між б'єфами на всю довжину регульованої ділянки каналу. Збільшення водозабору викликає зниження рівня в нижньому б'єфі, на що негайно реагує

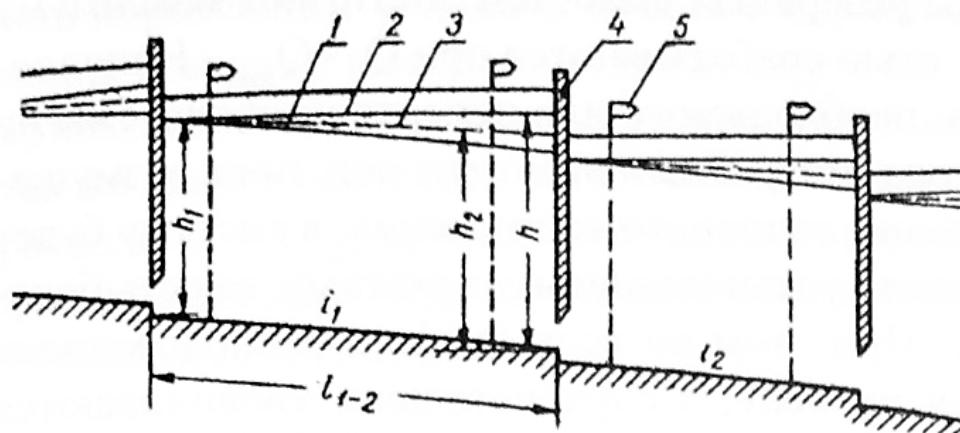


Рисунок 1.2 – Криві вільної поверхні води при регулюванні по нижньому б'єфі: 1– при  $Q_{\max}$ ; 2– при  $Q = 0$ ; 3– при  $0 < Q < Q_{\max}$ ; 4– автоматична перегороджувальна споруда; 5 - водовипуск

автоматичний регулятор, відкриваючи затвор для подавання відповідної додаткової витрати з попереднього б'єфа. Спрацювання рівня в попередньому б'єфі викликає, відповідно, відкриття розташованого вище регулятора тощо. Таким чином, процес перерегулювання поширюється до головної споруди, збільшуючи тим самим кількість води, яка подається з джерела зрошення. При зменшенні водозабору на трасі каналу відбувається зворотний процес – процес автоматичного перерегулювання всіх перегороджувальних споруд.

До позитивних якостей регулювання по нижньому б'єфі належать:

- зворотній гідравлічний зв'язок, завдяки якому на зміну водоспоживання негайно реагує вся система, відповідно змінюючи витрату головного водозабору;
- наявність резервних обсягів води для оперативного витрачання при дефіциті водоподачі з головної споруди;
- відсутність холостих скидів при нормальних експлуатаційних режимах.

Недоліки регулювання по нижньому б'єфі:

- об'єм регулювання у б'єфах, розташованих нижче від створу зміни недоспоживання, не використовується для покриття дефіциту водоподачі;
- об'єм регулювання розташований вище за нормальну глибину наповнення каналу, що відповідає максимальній розрахунковій витраті, тому потрібне значне підвищення берм каналу, що викликає додаткові витрати;
- наповнення каналу збільшується зі зменшенням витрат, у зв'язку з чим підвищується небезпека можливого замулення каналу, який працює в підпірному режимі;
- зменшення живого перерізу потоку зі збільшенням витрати каналу;



- необхідність передбачення в кожному б'єфі аварійних автоматичних скидів;
- значна втрата площі, що викликається необхідністю підвищення берм каналу;
- необхідність отримання зворотного гідравлічного зв'язку вимагає будівництва перегороджувальних споруд на холостих ділянках каналу. Ухили дна каналу при цьому допускаються дуже незначні ( $i = 0,0003$ ). Наявність на каналі перепадів порушує зворотний гідравлічний зв'язок, який можна підтримувати спеціальними додатковими пристроями;
- неможливість застосування цієї схеми на наявних зрошувальних системах;
- великі фільтраційні втрати через постійну роботу каналів у підпірному режимі;
- неможливість обмеження водоспоживання;
- при дефіциті води в джерелі зрошення на початкових ділянках каналу не можна забезпечити нормальні підперті рівні, у результаті чого водоспоживачі цієї зони не отримують потрібної витрати;
- великі розміри поперечних перерізів каналів, викликані необхідністю збільшення розрахункових витрат на випадок збігу максимальних вимог водокористувачів, оскільки за цією схемою кожному споживачеві надається право користуватися водою (в межах плану) на його розсуд.

Змішане регулювання дозволяє поєднувати на одній і тій самій системі регулювання за схемами верхнього і нижнього б'єфів (рис.1.3). Перехід системи з однієї схеми регулювання на іншу відбувається автоматично. При цій схемі усуваються два істотні недоліки регулювання по нижньому б'єфу:

- необхідність передбачення скидів з кожного б'єфу через небезпеку переповнення б'єфів та переливання води через борти каналу в разі аварії на головній або перегороджувальних спорудах;
- можливість спорожнення початкової частини каналу при дефіциті водоподачі з головної споруди.

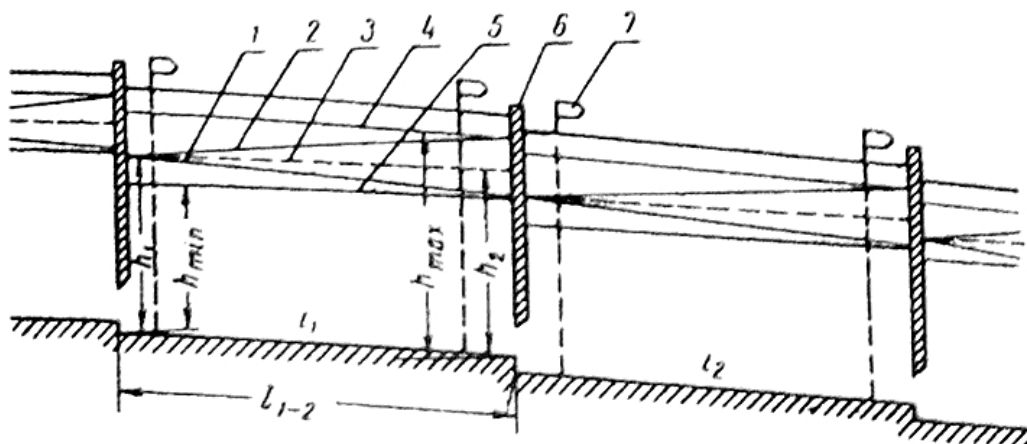


Рисунок 1.3 - Криві вільної поверхні води при змішаному регулюванні:  
 1 – при  $Q_{max}$ ; 2 – при  $Q = 0$ ; 3 – при  $0 < Q < Q_{max}$ ; 4 – при  $Q_{катастр}$ ; 5 – при  $Q = Q_{min}$ ;  
 6 – автоматична перегороджувальна споруда; 7 – водовипуск.

За нормальних умов експлуатації система працює за схемою регулювання по нижньому б'єфу, а в разі небезпеки переповнення або спорожнення каналу переходить на регулювання по верхньому б'єфу.

*Регулювання підтриманням постійних перепадів між рівнями верхнього і нижнього б'єфів* перегороджувальних споруд являє собою сполучення трьох схем регулювання: по верхньому і нижньому б'єфу і за постійними перепадами. Схема регулювання постійними перепадами має всі переваги змішаного регулювання і, крім цього, у б'єфах зосереджений збільшений об'єм води, що дозволяє здійснювати добове або навіть декадне регулювання. Слід зазначити також, що, на відміну від системи регулювання по нижньому б'єфу, тут кожен водовипуск може споживати резерви води не тільки вище, але й нижче від розташованих б'єфів. До недоліків регулювання постійними перепадами відносять: збільшення вартості будівництва каналів порівняно зі змішаним регулюванням і ще більше ускладнення та здорожчання перегороджувальних автоматичних регуляторів.

На підставі наведеної характеристики різних схем автоматичного регулювання можна зробити висновок, що в умовах гірського рельєфу автоматизацію водорозподілу як на відкритих, так і закритих (напірних і безнапірних) зрошувальних системах доцільно здійснювати за схемами безпосереднього відбору постійних витрат і по верхньому б'єфу. Каскадні схеми автоматичного регулювання можна застосовувати у виняткових випадках на окремих ділянках розподільних каналів і на магістральних каналах за наступних умов:

- ухили каналів менші від критичних;
- немає можливості створити на мережі проміжні ємності для акумуляторів скидних витрат;
- є відповідні геологічні і гідрогеологічні передумови;
- немає перепадів і швидкотоків;
- наявне техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування.

Запровадження автоматизації обліку води та водорозподілу змінює структуру експлуатаційної служби на гідромеліоративних системах: з'являються відділи зв'язку й автоматики, посади інженерів, техніків.

Для автоматизації обліку води застосовують первинні вимірювальні пристрої. Первинні пристрої мають перетворювачі, що дозволяють під'єднати засоби телемеханіки й авторегулювання. При запровадженні автоматизації водорозподілу за довжиною каналів на гідроспорудах встановлюють затвори-регулятори та пристрої телемеханіки і зв'язку з диспетчерським пунктом. Регулювання витрат здійснюють по верхньому і нижньому б'єфу і змішаним способом, коли канали, споруди, резервні ємності і скиди будують з урахуванням коливань витрат при водокористуванні.

В умовах експлуатації більшість випусків працює за принципом підтримання стійких витрат у нижніх б'єфах, коли можна раціонально використовувати поливну техніку й підтримувати розрахункові режими зрошення. При надлишкових витратах вода надходить у резервні ємності. Малі витрати рівномірно розподіляються між б'єфами. При цьому способі

регулювання витрат будують автоматичні перегороджувальні споруди по довжині каналів, які перерозподіляють витрати по одному-двох бокових відводах і забезпечують розрахункове подавання води на нижні ділянки.

Таким чином, виникає ціла низка автономних систем автоматичного регулювання з гідротехнічними спорудами у ролі виконавчих органів. Регулювання із взаємопов'язаною роботою відсіків називається каскадним.

Великі гідротехнічні споруди мають електропідіймачі, до них прилаштовують системи приладів для диспетчерського регулювання витрат за допомогою телемеханіки.

Гідравлічними розрахунками визначають залежність витрат від змінних величин на кожній споруді – глибини води у верхньому і нижньому б'єфах, висоти підняття щитів і способу витікання води крізь отвори.

Автоматизована насосна станція підкачування передбачає пуск, зупинку і роботу насосних агрегатів у нормальному режимі без обслуговуючого персоналу, можливість дистанційного керування і контролю з центрального пульта, автоматичний захист при виникненні аварійних ситуацій, небезпечних для обладнання, раціональне завантаження насосних агрегатів.

Обов'язковою умовою автоматизації є вибір регульованих параметрів станції: тиску, подачі, сили струму або потужності електроприводу. Застосування різнотипного насосного обладнання, а також робота в основному і черговому режимах зумовлюють вибір змішаних схем регулювання: тиск - подача, тиск - сила струму.

Керування насосною станцією під тиском виконується від електроконтактних манометрів, встановлених на водоповітряних резервуарах. Під тиском автоматизують насоси з крутими напірними характеристиками. При цьому призначаються верхні й нижні межі тиску. Нижня межа визначається розрахунковим напором закритої мережі, а верхня – напірною характеристикою насоса при подачі, відповідно, водоспоживанням мінімальної кількості дощувальних пристроїв. Зону від нижніх до верхніх меж тиску поділяють на ділянки, як дорівнюють кількості насосів.

Для кожного насоса встановлюють верхню й нижню межі. При збільшенні витрати в мережі тиск знижується, і, коли він сягає нижньої межі, датчик подає сигнал для увімкнення чергового насоса. Вимикаються насоси в зворотному порядку.

Ступеневе регулювання за струмом застосовується для насосів із пологою напірною характеристикою. Перший агрегат вмикається від датчика тиску при зниженні тиску нижче за мінімальний.

## 2. Гідравлічні розрахунки

### 2.1 Гідравлічні розрахунки закритої зрошувальної системи

Гідравлічний розрахунок трубопроводів полягає у доборі їх діаметрів відповідно до розрахункових витрат води, визначенні шляхових і місцевих втрат напору для встановлення необхідного повного напору в голові і на ділянках зрошувальної системи з трубопроводами.

На підставі розрахункових витрат води і оптимальних швидкостей руху води трубопроводами попередні діаметри їх, мм, підбирають за формулою

$$D = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – розрахункова витрата води для даного трубопроводу, м<sup>3</sup>/с;

$v$  – швидкість води в трубопроводі, м/с.

Економічно найбільш вигідний діаметр труб можна орієнтовно визначити за таблицями, складеними Ф.А. Шевельовим, де він виділений потовщеними вертикальними лініями. Точніше економічно вигідний діаметр визначають кошторисно-фінансовим розрахунком.

Щоб уникнути замулення трубопроводів необхідно, щоб транспортувальна здатність потоку води в ньому була більшою за каламутність води, що транспортувалася.

Розрахунковий напір на початку трубопроводу, м, визначають за формулою

$$H = H_{geod} + \sum h_l + \sum h_{\omega} + H_{вил.гидр}, \quad (2.2)$$

де  $H_{geod}$  – геодезична різниця у відмітках на початку і в кінці розрахункової ділянки трубопроводу, м;

$\sum h_l$  – втрати напору на розрахунковій ділянці за довжиною трубопроводу, м;

$\sum h_{\omega}$  – втрати напору на подолання місцевих опорів за довжиною трубопроводу, м; зазвичай місцеві втрати в зрошувальних трубопроводах складають 5...10 % від шляхових, тобто,  $\sum h_{\omega} = (0,05...0,1)\sum h_l$ ;

$H_{вил.гидр}$  – необхідний вільний напір у гідранті в розрахунковій точці трубопроводу, м.

Розрахунковий напір для розгалуженої закритої зрошувальної мережі визначають за трасою трубопроводів, що підводять воду до найбільш віддаленої, та яка має найбільшу відмітку поверхні землі гідранту.

Втрати напору визначають окремо для кожної ділянки розрахункової траси трубопроводу з різними витратами і діаметрами. Загальні втрати

напору за розрахунковою трасою трубопроводу обчислюють підсумовуванням втрат на окремих її ділянках.

Втрати по довжині, м, визначаються за формулою

$$h_l = \lambda \frac{v^2 l}{2gD}, \text{ (за таблицями Ф.А. Шевельова)} \quad (2.3)$$

де  $l$  – довжина ділянки трубопроводу, м;

$D$  – діаметр труб, м;

$v$  – швидкість руху води у трубі, м/с;

$\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору.

## 2.2 Визначення розрахункової витрати зрошувального трубопроводу

Розрахункова витрата розподільного трубопроводу, л/с, при поверхневому поливі визначається за формулою

$$Q_{civ}^{nm} = g_{розр} \omega_{civ}^{nm} \quad (2.4)$$

де  $g_{розр}$  – розрахункова ордината укомплектованого графіка гідромодуля, л/с на 1 га;

$\omega_{civ}^{nm}$  – площа сівозмінної ділянки нетто, га.

Графік гідромодуля для ЗЗМ складається так само, як і для відкритої мережі. При його укомплектовуванні важливо домогтися зниження максимальних ординат, оскільки це дозволить зменшити діаметри трубопроводів.

Розрахункова витрата польового трубопроводу, л/с, визначається за формулою

$$Q_{nm}^{nm} = \frac{m \omega_{nm}^{nm}}{86,4t} \quad (2.5)$$

де  $m$  – поливна норма, м<sup>3</sup>/га;

$\omega_{nm}^{nm}$  – площа поля (ділянки), що поливається з польового трубопроводу, га;

$t$  – тривалість поливу сільськогосподарської культури (за укомплектованим графіком гідромодуля), діб.

При поливі поливними або дощувальними машинами заздалегідь складають графік їх роботи на сівозмінній ділянці.

За укомплектованим графіком роботи поливних або дощувальних машин встановлюють їх кількість, розташування і схему пересування полями, а також максимальну витрату на сівозмінній ділянці.

Розрахункову витрату польового трубопроводу приймають такою, що дорівнює сумарній витраті поливних або дощувальних машин, які одночасно працюють на даному полі

$$Q_{nm}^{nt} = nQ_{d.m}, \quad (2.6)$$

де  $Q_{d.m}$  – витрата дощувальної (поливної) машини, л/с;

$n$  – кількість дощувальних (поливних) машин, що працюють одночасно.

Якщо на польовому трубопроводі одночасно працює декілька дощувальних (поливних) машин, діаметр трубопроводу для зменшення його вартості виконують змінним за довжиною.

Максимальна розрахункова витрата розподільного трубопроводу, що подає воду на сівозмінну ділянку, дорівнює сумі витрат польових трубопроводів, які одночасно одержують із нього воду.

### 2.3 Проектування закритої зрошувальної мережі

Закрита зрошувальна мережа складається з таких ланок: магістрального або головного трубопроводу, розподільних трубопроводів різних порядків і польових трубопроводів.

Магістральний трубопровід транспортує воду від місця водозабору до зрошуваного масиву й розподіляє її між розподільними трубопроводами першого порядку, з яких вода подається до розподільників другого порядку, а потім – до польових трубопроводів.

Взаємне розташування ланок ЗЗМ має бути узгоджене з організацією зрошуваної території в плані і з технікою поливу.

Залежно від рельєфу можуть застосовуватися дві схеми розташування трубопроводів. У першій схемі магістральний трубопровід розміщується за найменшим ухилом, розподільники першого порядку відходять від МТ під прямим кутом за найбільшим ухилом, розподільники другого порядку відходять від розподільників першого порядку під прямим кутом за найменшим ухилом тощо. У другій схемі магістральний трубопровід розташовується за найбільшим ухилом, а останні ланки мережі – залежно від нього.

Вибір першої або другої схеми визначається, в першу чергу, вимогами трасування за найбільш вигідним ухилом (для закритої мережі – за найбільшим ухилом) трубопроводів, що мають найбільшу питому протяжність на 1 га зрошуваної площі або іншими специфічними умовами.

Найчастіше ланкою, що визначає вибір схеми розташування закритої зрошувальної мережі, є польові трубопроводи, частка яких складає 70...80 % від усієї довжини мережі. Розташування польових трубопроводів за найбільшим ухилом дає економію в капітальних витратах, дозволяє більшою мірою використовувати природний напір у трубопроводах, створює кращі умови для роботи дощувальних пристроїв.

Польові трубопроводи рекомендується проектувати за умов двостороннього командування; у цих випадках відстань між ними визначається подвійною довжиною смуги зволоження дощувальним пристроєм з однієї позиції.

На практиці відстані між польовими трубопроводами залежно від техніки поливу можуть коливатися від 200 до 900 м і більше.

Довжина польових трубопроводів визначає відстань між розподільними трубопроводами, що впливає на питому протяжність останніх. Тому необхідно прагнути до збільшення довжини польових трубопроводів, з урахуванням умов їх експлуатації, а також допустимих робочих напорів у них. Тому довжина польових трубопроводів коливається від 500 до 3000 м.

### 3 Практичне завдання

#### 3.1 Приклад проектування та розрахунку закритої зрошувальної мережі на сівозмінній ділянці при поливі дощувальними машинами «Фрегат»

**Мета роботи:** Запроектувати внутрішньогосподарську зрошувальну мережу, дороги і лісонасадження на ділянці, розташованій в \_\_\_\_\_ області. Запроектувати закриту зрошувальну мережу (ЗЗМ) в плані. Встановити розрахункові витрати. Виконати гідравлічний розрахунок закритої зрошувальної мережі. Скласти поздовжні профілі трубопроводів.

**Вихідні дані.** Грунти на ділянці представлені суглинками середніми. Грунтові води прісні, залягають на глибині 10-15 м. Мінералізація зрошувальної води – 0,4 г/дм<sup>3</sup>. Відмітка мінімального розрахункового рівня води у міжгосподарському розподільнику біля насосної станції – 107,00 м. Сівозміна 10-пільна. Полив здійснюється чотирма дощувальними машинами «Фрегат» ДМУБ-463–90, які обслуговують по два суміжні поля кожна. Максимальна витрата нетто на сівозмінну ділянку за укомплектованим графіком поливів –  $Q_{сів}^{нт} = 360$  л/с.

#### *Проектування зрошувальної мережі в плані.*

Ділянка під проектування посівної площі на плані прямокутна. На ній розташовуються 10 полів сівозміни з розмірами 950×950 м згідно з технічною характеристикою дощувальної машини ДМУБ-463–90.

Внутрішньогосподарську зрошувальну мережу трубопроводів проектуємо за тупиковою схемою: високонапірна насосна станція – внутрішньогосподарський розподільний трубопровід РТ-1 і польові трубопроводи (рис. В.1).

#### 3.2 Визначення розрахункових витрат і гідравлічний розрахунок ЗЗМ

Згідно з укомплектованим графіком роботи дощувальних машин, на системі одночасно працює 4 дощувальних машини, що відповідає витраті  $Q_{сів}^{нт} = 90 \times 4 = 360$  л/с. З урахуванням коефіцієнта корисної дії ЗЗМ  $\eta = 0,97...0,98$  витрата системи буде дорівнювати

$$Q_{сист.розр} = \frac{Q_{сист}^{нт}}{\eta} = \frac{360}{0,98} = 368 \text{ л/с.}$$

Для розподілу витрат за окремими ділянками трубопроводів і гідравлічного розрахунку мережі складається схема зрошувальної мережі з нанесенням усіх розрахункових ділянок, витрат за ними і розрахункових точок (рис. В.2). Розрахунок виконують у табличній формі



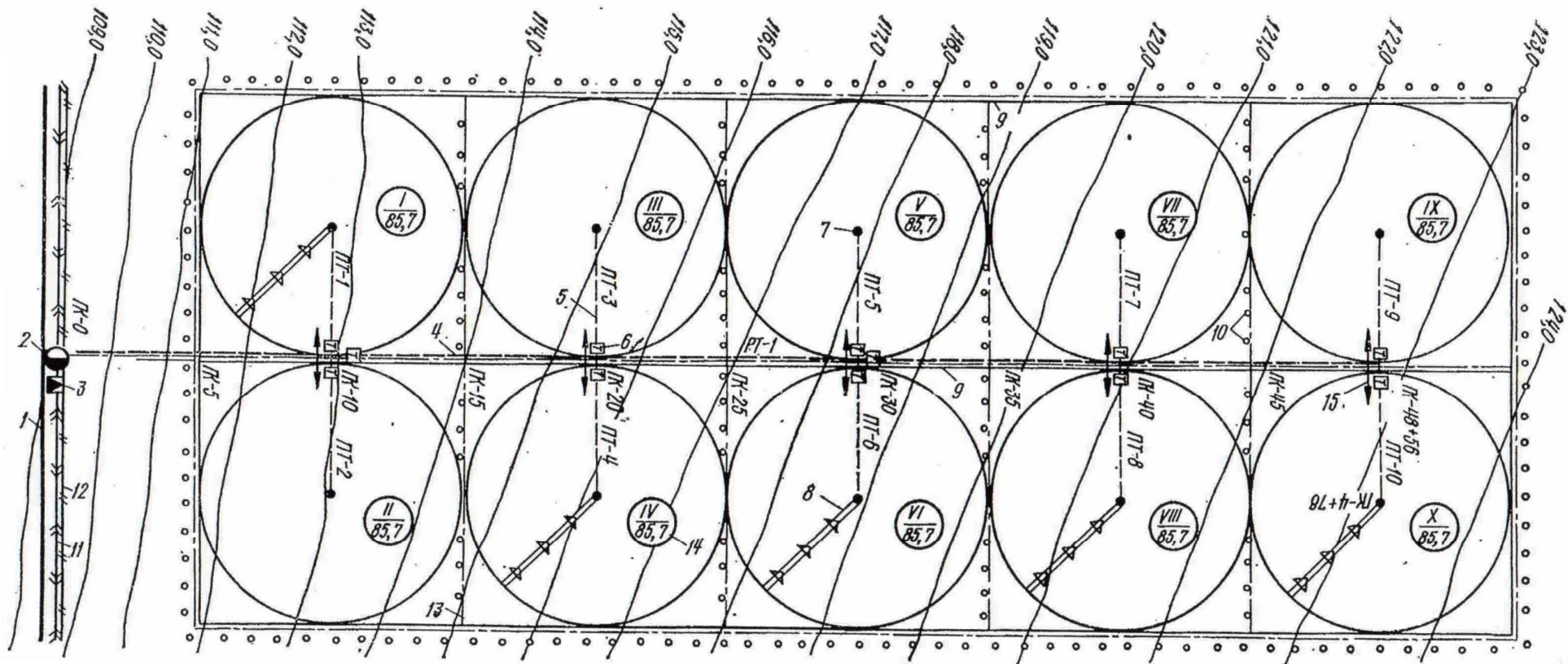


Рисунок В.1 – План зрошувальної ділянки:

- 1 – внутрішньогосподарський розподільний клапан; 2 – насосна станція; 3 – трансформаторна підстанція;  
 4 – розподільний трубопровід; 5 – польовий трубопровід; 6 – ремонтна засувка; 7 – гідрант для машини «Фрегат»;  
 8 – дощувальна машина «Фрегат»; 9 – польові та експлуатаційні дороги; 10 – лісосмуга; 11 – лінія електропередач;  
 12 – лінія зв'язку; 13 – межа полів; 14 – номер поля; 15 – напрям руху машини «Фрегат» з позиції на позицію.

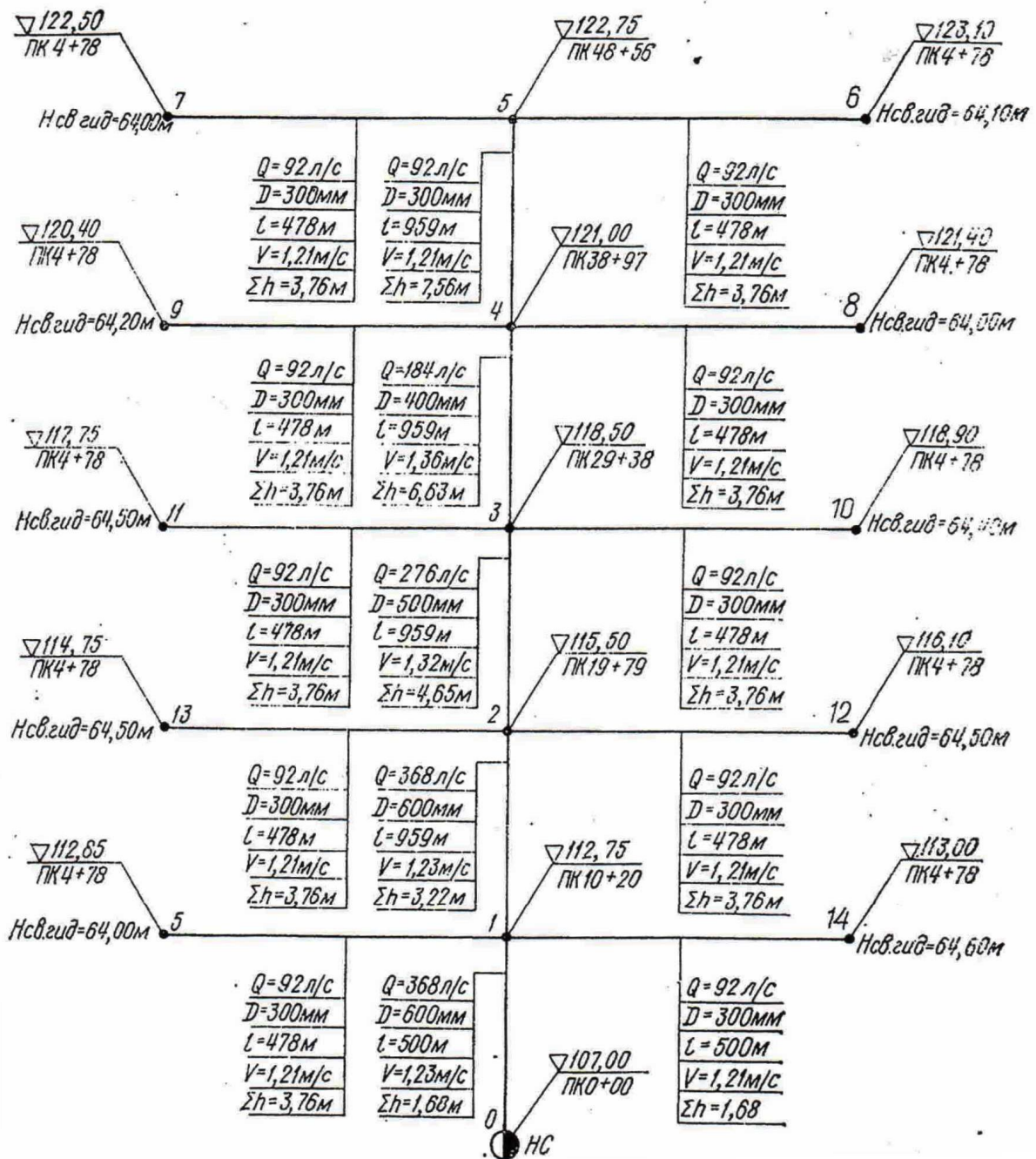


Рисунок В.2 – Схема гідравлічного розрахунку ЗЗМ:

$Q$  – витрата, л/с;  $D$  – діаметр трубопроводу, мм;  $l$  – довжина трубопроводу, м;  $v$  – швидкість, м/с;  $H_{св.гид}$  – вільний напір на гідранті, м;  $\nabla$  - відмітка поверхні землі, м;  $\Sigma h$  – сумарні втрати напору.

(табл. В.1). У таблицю вписують номери точок, ділянок, довжину ділянок. Далі встановлюють витрати за ділянками.

У даному прикладі кожна машина обслуговує дві позиції. Отже, всі поливні трубопроводи необхідно розраховувати на пропуск витрати однієї дощувальної машини. При призначенні розрахункових витрат магістрального і розподільного трубопроводів слід розглянути випадок, коли максимальна кількість дощувальних машин, які працюють одночасно, під'єднана до гідрантів, що найбільш віддалені від насосної станції і знаходяться у найбільш невідповідних топографічних умовах відносно неї. У нашому прикладі почнемо завантажувати зрошувальну мережу з кінця (найбільш віддалені і високо розташовані ділянки мережі відносно НС).

Кінцева ділянка розподільного трубопроводу РТ(4–5) подає воду до однієї дощувальної машини, що працює по черзі на двох поливних трубопроводах ПТ–9 і ПТ–10. Отже, цю частину трубопроводу розраховуватимемо на пропуск витрати однієї дощувальної машини. Наступна з кінця ділянка (3–4) трубопроводу РТ подаватиме воду вже до двох дощувальних машин: до вищезазначеної машини і до машини, що працює по черзі на поливних трубопроводах ПТ–7 і ПТ–8. Відповідно, ділянка 2–3 розраховується на пропуск витрати трьох дощувальних машин, а ділянка 1–2 та 0–1 – на пропуск витрати чотирьох дощувальних машин.

Розподіливши розрахункові витрати за ділянками, визначаємо діаметри, матеріал трубопроводів і втрати напору в них.

Одним із визначальних факторів, що впливає на вибір матеріалу труб, є напір. Тому на початку гідравлічного розрахунку матеріал труб обирається залежно від приблизно визначеного напору. Для цього береться найбільш віддалена і високо розташована точка на мережі і визначається для неї геодезичний напір  $H_{геод}$ , вільний натиск на гідранті  $H_{віль.гидр}$  і приблизно втрати напору від НС до точки  $\sum h$ . Отримані величини підсумовуються й отримується напір. У даному прикладі ці розрахунки виконані для точки 6:

$$\begin{aligned} H &= H_{геод} + H_{віль.гидр} + \sum h = \\ &= (123,10 - 107,00) + (63,00 + 1,10) + 29,24 = 109,44 \text{ м}, \end{aligned}$$

де  $H_{геод}$  – різниця відміток поверхні землі у точці 6 (123,10 м) і мінімального рівня в джерелі зрошування (107,00 м);

$H_{віль.гидр}$  – вільний напір на гідранті, при якому забезпечується нормальна робота дощувальної машини, розраховується для кожного гідранта за залежністю

$$H_{віль.гидр} = H_{віль.гидр}^{i=0} + \Delta h,$$

Таблиця В.1 – Гідравлічні розрахунки закритої зрошувальної мережі (ЗЗМ)

Ділянка трубопроводу	Пікетаж	Відмітка поверхні землі на кінці ділянки, $\square$ п.з.н.д, м	Вільний напір на гідранті, $H_{віль.гідр.}$ , м	Відмітка п'єзометричної лінії на кінці ділянки, м	Довжина ділянки, $l$ , м	Витрата води, $Q$ , л/с	Швидкість, $v$ , м/с	Діаметр, $D$ , мм	$1000i$ , м	Втрати напору по довжині, $h_l$ , м	Місцеві втрати напору, $h_w$ , м	Повні втрати напору, $\Sigma h$ , м	Відмітка п'єзометричної лінії на початку ділянки, $\square$ п.з.н.д, м
5-7	ПК 0... ПК 4+78	122,50	64,00	186,50	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	190,26
5-6	ПК 0... ПК 4+78	123,10	64,10	187,20	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	190,96
4-5	ПК 38+97 ПК 48+56	122,75	–	190,96	959,00	92,00	1,21	300	7,16	6,87	0,69	7,56	198,52
4-9	ПК 0... ПК 4+78	120,40	64,20	184,60	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	188,36
4-8	ПК 0... ПК 4+78	121,40	64,00	185,40	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	189,16
3-4	ПК 29+38 ПК 38+97	121,00	–	198,52	959,00	184,00	1,36	400	6,29	6,03	0,60	6,63	205,15
3-11	ПК 0... ПК 4+78	117,75	64,50	182,25	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	186,01
3-10	ПК 0... ПК 4+78	118,90	64,40	183,30	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	187,06
2-3	ПК 19+79... ПК 29+38	118,50	–	205,15	959,00	276,00	1,32	500	4,41	4,23	0,42	4,65	209,80
2-13	ПК 0... ПК 4+78	114,75	64,50	179,25	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	183,01
2-12	ПК 0... ПК 4+78	116,10	64,50	180,60	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	184,36
1-2	ПК 10+20... ПК 19+79	115,50	–	209,80	959,00	368,00	1,23	600	3,06	2,93	0,29	3,22	213,02
1-15	ПК 0... ПК 4+78	112,85	64,00	176,85	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	180,61
1-14	ПК 0... ПК 4+78	113,00	64,60	177,60	478,00	92,00	1,21	300	7,16	3,42	0,34	3,76	181,36
0-1	ПК 0... ПК 10+20	112,75	–	213,02	1020,00	368,00	1,23	600	3,06	3,12	0,31	3,42	216,44

$H_{вил.гидр}^{i=0}$  – вільний напір на гідранті за нульовим ухилом поля (приймається відповідно до технічної характеристики дощувальної машини, для ДМУБ-463–90  $H_{вил.гидр}^{i=0} = 63,00$  м);

$\Delta h$  – перевищення рівня землі по довжині дощувальної машини при розташуванні її по найбільшому додатному ухилі на полі (визначається за топографічним планом як різниця відміток землі в кінці дощувальної машини і біля гідранта  $\Delta h = 1,10$  м).

Оскільки напір отримали більший за 100 м, то необхідно брати сталеві труби.

Далі, за таблицями Ф.А.Шевельова, залежно від витрати і швидкості руху води ( $v = 1,0 \dots 1,5$  м/с), виписуємо у відповідні графи таблиці діаметр, швидкість і втрати напору на 1 км. (1000*i*). Потім для кожної ділянки розраховуємо втрати напору за формулою

$$h_l = 1000il,$$

де  $l$  – довжина ділянки трубопроводу, км.

Місцеві втрати напору приймають такими, що дорівнюють 10 % від втрат напору за довжиною на даній ділянці  $h_{\omega} = 0,1h_l$ . Повні втрати напору на ділянці визначаємо за залежністю

$$\sum h = h_l + h_{\omega}.$$

Необхідну відмітку п'езометричної лінії на кожному гідранті визначаємо, додаючи до відміток поверхні землі біля гідранту необхідний вільний напір на гідранті

$$\nabla_{н.л.гидр} = \nabla_{н.з.гидр} + H_{вил.гидр}.$$

Відмітку п'езометричної лінії на початку розрахункової ділянки визначаємо, додаючи до відмітки п'езометричної лінії у кінці ділянки (на гідранті) повні втрати напору на цій ділянці

$$\nabla_{н.л.н.д} = \nabla_{н.л.к.д} + \sum h.$$

Для вузлових точок 5, 4, 3, 2, 1 за розрахункову приймаємо найбільшу відмітку п'езометричної лінії з розрахованих для трубопроводів або їх ділянок, що відгалужуються від цих вузлів.

Максимальний напір, за яким обирається марка насоса, визначається за виразом

$$H_{нс} = \nabla_{н.л.т.в} - \nabla_{\min} + h_{сн} = 216,44 - 107,00 + 2,00 = 111,44 \text{ м},$$

де  $\nabla_{п.л.т.в}$  – відмітка п'єзометричної лінії на початку розподільного трубопроводу біля НС (216,44 м);

$\nabla_{\min}$  – відмітка мінімального рівня води в джерелі зрошування, м;

$h_{сн}$  – втрати напору у насосній станції,  $h_{сн} = 2,0$  м.

Результати розрахунків заносимо у відповідні графи таблиці.

### 3.3 Приклад проектування ЗЗМ у вертикальній площині

**Мета роботи:** За вихідними даними поздовжні профілі будують відповідно до вимог ОСТ 33–19–76 «Профілі лінійних споруд» у такому порядку.

**Порядок розрахунків:**

1. За відмітками, отриманими з плану, креслять поздовжній профіль місцевості по осі трубопроводів.

2. Виділяють на профілі характерні ділянки з однаковим ухилом, визначають величину ухилу і довжину ділянки, заповнюють графу 2.

3. На складному мікрорельєфі після зняття рослинного шару здійснюють планування траси трубопроводу. Відмітки спланованої траси (графа 6) визначають із профілю, збудувавши усереднену лінію поверхні траси після зняття рослинного шару товщиною 0,3 м.

4. Задля оберігання трубопроводів від механічних пошкоджень динамічними навантаженнями з поверхні ґрунту, величину заглиблення для сталевих труб приймають 0,8 м від верху труби.

5. Відмітку осі трубопроводу на початку ділянки обчислюють за залежністю

$$\nabla_{ос.тр} = \nabla_{пов.зем} - 0,8 - D'/2$$

де  $D'$  – зовнішній діаметр трубопроводу, м.

На подальших пікетах відмітки осі трубопроводу визначають через ухил і відстань, заповнюючи графу 3.

6. Відмітки верху трубопроводу (графа 4) і дна траншеї (графа 5) визначають, додаючи і віднімаючи від відмітки осі трубопроводу на даному пікеті значення  $D'/2$ .

7. При проектуванні слід прагнути до зменшення кількості ділянок із різними поздовжніми ухилами дна траншеї та не допускати переломів ухилів. На горизонтальних ділянках траси трубопроводу додають штучний ухил не менший за 0,001.

8. Траншею під трубопровід проектуємо з вертикальними стінками, оскільки глибина її не перевищує 1,5 м. Ширину траншеї приймають такою, що дорівнює діаметру труби, додавши 0,3 м та узгоджуючи з шириною робочого органа екскаватора.

9. Заповнюють графу 7, використовуючи дані гідравлічного розрахунку.

10. Глибину виїмки (графу 8) визначають як різницю між відміткою спланованої траси і дном траншеї на даному пікеті.

11. На плані траси показують ситуацію на відстані 20 м від трубопроводу.

На профілі показують усі споруди, свердловини та інші розвідувальні виробки, що використовуються для виконання інженерно-геологічного розрізу. Для регулювання розподілу води між окремими трубопроводами встановлюються засувки на початку поливних трубопроводів. Для виділення ремонтних ділянок на розподільному трубопроводі передбачають ремонтні засувки через 1...1,5 км. (рис. В.3). Для підтримання постійного розрахункового напору води встановлюють на початку поливних трубопроводів та перед дощувальною машиною «Фрегат» регулювальники напору.

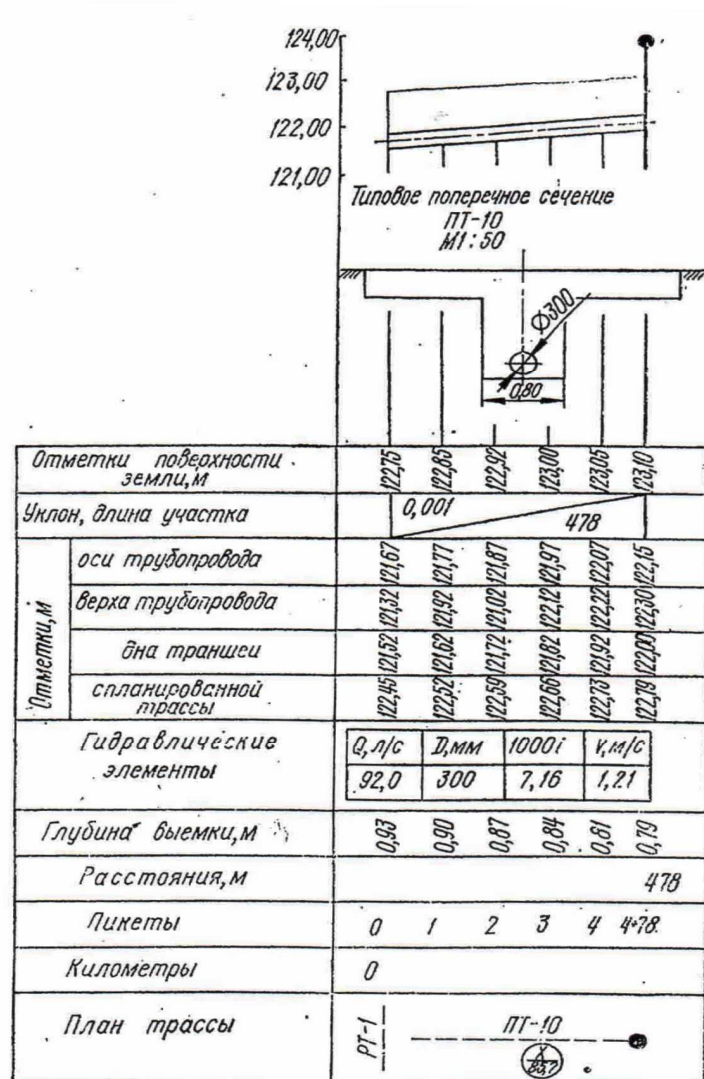


Рисунок В.3 – Поздовжній профіль розподільного трубопроводу ПТ-10

Регулювальники напору, арматуру слід встановлювати в колодязях із складаних залізобетонних блоків. Діаметри колодязів у плані визначаються кількістю й розмірами розміщеної в них арматури. Висота колодязів призначається залежно від параметрів розміщеної в них арматури і глибини закладання труб.

У підвищених точках перелому поздовжніх профілів трубопроводів і в кінці їх при додатніх ухилах встановлюються вантузи для випуску повітря. Для спорожнення закритої зрошувальної мережі, на випадок ремонту або консервації, передбачають скидні колодязі та спорожнювальні гідранти.

Для подавання води до дощувальних машин у кінці польових трубопроводів встановлюються гідранти. На польових трубопроводах із загальним додатнім ухилом встановлюються гідранти кінцеві з вантузом, а на польових трубопроводах з від'ємним ухилом по трасі – гідранти зі скиданням кінцеві.

### *Дорожня мережа і лісонасадження.*

Проектують експлуатаційну дорогу шириною 6 м уздовж РТ-1 та польові дороги шириною 5 м уздовж польових трубопроводів і меж посівних ділянок. За межами посівних полів і по контуру зрошуваної ділянки проектують трирядні лісосмуги прудовної конструкції шириною 9 м.

### **Контрольні запитання:**

1. Що розуміють під гідравлічними розрахунками?
2. За якою схемою виконується гідравлічний розрахунок трубопроводу?
3. Як встановити розрахункові витрати відкритої зрошувальної системи?
4. Як встановити розрахункові витрати закритої зрошувальної системи?
5. Як здійснюють розрахунки витрат води та к.к.д. каналів і зрошувальної системи?
6. Назвіть етапи вибору діаметра й матеріалу зрошувальних труб.
7. Як визначають нормативний тиск на поливному трубопроводі?
8. Конструкції каналів і лотків та їх гідравлічний розрахунок (форми перерізу каналів, типи перерізу, облицьовані та необлицьовані канали).
9. Гідравліка закритої зрошувальної мережі (пропускна спроможність труб, шорсткість, втрати тиску).
10. Для чого розраховують гідравлічний удар у трубах?
11. Засоби боротьби з гідравлічним ударом.



## Література до практичних завдань

### *Основна література*

1. Гопченко Є.Д., Гушля А.В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій. – Київ: ІСДО, 1994. – 296 с.
2. Кулибабин А.Г. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации с основами эксплуатации водохозяйственных объектов: Конспект лекций. – Одесса: Изд-во ТЕС, 2011. – 139 с.
3. Гончаров С.М., Коробченко С.М. Сельскохозяйственные мелиорации: Учебник. – К.: Вища школа, 1985. – 360 с.

### *Додаткова література*

1. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации / Под ред. И.П. Сухарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 319 с.
2. Палишкин Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
3. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 304 с.
4. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
5. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973. – С. 36-42

Методичні вказівки  
до практичних робіт  
з дисципліни  
**«Сільськогосподарські гідротехнічні меліорації з основами експлуатації  
водогосподарських об'єктів»**

Укладачі: Кулібабін Олександр Григорович, к.т.н., професор  
Кічук Наталія Сергіївна, к.геогр.н., доцент

Підп. до друку      Формат      Папір друк. №

Умовн. друк. Арк.      Тираж      Зам. №

Надруковано з готових оригіналів – макетів

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---