



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра водної інженерії та водних технологій

**01-01-48**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійної роботи та виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни «Автоматизоване проектування  
споруд та систем» для здобувачів вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною  
програмою «Водна інженерія та водні технології»  
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна  
інженерія та водні технології»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою з  
якості ННІВГП  
Протокол № 3 від 21.11.2019 р.

Рівне – 2019



Методичні вказівки для самостійної роботи та виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Автоматизоване проектування споруд та систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Рокочинський А. М., Коптюк Р. М., Волк П. П., Приходько Н. В. – Рівне : НУВГП, 2019. – 31 с.

Укладачі: Рокочинський А. М., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Коптюк Р. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри водної інженерії та водних технологій; Волк П. П., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій; Приходько Н. В., к.т.н., старший викладач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск – Волкова Л. А., к.с.-г.н., професор, завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Керівник групи забезпечення  
спеціальності

Хлапук М. М.

© А. М. Рокочинський,  
Р. М. Коптюк,  
П. П. Волк,  
Н. В. Приходько, 2019  
© НУВГП, 2019



## Зміст

Вступ.....	4
1. Мета та завдання навчальної дисципліни .....	4
2. Програма навчальної дисципліни .....	5
3. Самостійна робота.....	6
4. Лабораторні заняття .....	7
Рекомендована література .....	31





## Вступ

Відповідно до законів України «Про освіту» та «Про вищу освіту» заклади вищої освіти повинні готувати конкурентоспроможних висококваліфікованих спеціалістів. Останні повинні опанувати сучасні інноваційні технології, бути підготовленими до вирішення практичних задач у межах своїх фахових компетенцій.

Сучасною методологічною основою та універсальним технічним інструментом, який дозволяє удосконалювати практику проектування складних об'єктів і систем, що сьогодні успішно використовується і розвивається практично в усіх галузях науки, техніки й промисловості, є системи автоматизованого проектування.

Дисципліна «Автоматизоване проектування споруд та систем» дає змогу студентам отримати базові знання з питань застосування автоматизованого проектування і розрахунків елементів водогосподарських об'єктів.

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета курсу** «Автоматизоване проектування споруд та систем» є формування у майбутніх фахівців умінь і знань сучасних технологій регулювання водного режиму ґрунтів, конструкцій, автоматизованого проектування гідромеліоративних систем та гідротехнічних споруд.

**Завдання дисципліни:** ознайомлення студентів із сучасними технологіями регулювання водного режиму ґрунтів, застосування систем автоматизованого проектування (САПР) при виконанні водно-балансових розрахунків, гідравлічних розрахунків відкритої та закритої провідних мереж, автоматизованого проектування споруд та систем на плані.

**Студент повинен знати:**

- склад, зміст та види забезпечення систем автоматизованого проектування;
- вимоги до програмного забезпечення та вибір систем автоматизованого проектування



- типи гідромеліоративних систем, їх конструкції та призначення;

- методика інженерних розрахунків елементів систем з використанням автоматизованого проектування.

**Студент повинен вміти:**

- застосовувати на практиці сучасні прийоми та методи розрахунку при проектуванні гідромеліоративних систем та гідротехнічних споруд;

- виконувати автоматизоване проектування водогосподарських об'єктів з метою їхнього будівництва та реконструкції;

- застосовувати сучасні комп'ютерні технології при проектуванні та оформленні конструкторської документації.

## 2. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1.

#### Змістовий модуль 1. Основні відомості про САПР

**Тема 1. Процес інженерного проектування.** Суть та визначення процесу проектування. Етапи та стадії проектування. Визначення понять проектна процедура та проектна операція. Шляхи покращення проектної справи.

**Тема 2. Проектування як об'єкт автоматизації.** Суть та визначення систем автоматизованого проектування (САПР). Мета створення та основні функції САПР.

**Тема 3. Класифікація та структура САПР.** Необхідність класифікації САПР. Класифікація САПР по етапах, функціональному призначенню, масштабі застосування, ступені автоматизації, проектних документах, рівню автоматизації. Узагальнена структура САПР.

**Тема 4. Види забезпечення САПР.** Математичне, лінгвістичне, технічне, інформаційне, програмне, методичне, організаційне забезпечення САПР.



## **Змістовий модуль 2. Сучасні САПР у водогосподарському будівництві**

**Тема 5. Вимоги до програмного забезпечення та вибір САПР.** Вимоги до програмного забезпечення САПР. Системне програмне забезпечення. Види прикладних програм. Графічний редактор AutoCAD. Графічний редактор КОМПАС.

**Тема 6. Особливості САПР у водогосподарському будівництві.** Програмне забезпечення САПР у водогосподарському будівництві. Основні функції CAD, CAE, CAM-систем. Спеціалізоване програмне забезпечення.

**Тема 7. Геоінформаційні технології у водному господарстві.** Геоінформаційна система. Основні галузі сучасного використання ГІС. ГІС у водному господарстві. Автоматизована інформаційно-вимірвальна система для прогнозу паводків і управління водними ресурсами.

### **3. Самостійна робота**

#### **Завдання для самостійної роботи**

№ з/п	Назва теми
1.	Процес інженерного проектування
2.	Проектування як об'єкт автоматизації
3.	Класифікація та структура САПР
4.	Види забезпечення САПР
5.	Вимоги до програмного забезпечення та вибір САПР
6.	Особливості САПР у водогосподарському будівництві
7.	Геоінформаційні технології у водному господарстві
8.	Підготовка до аудиторних занять
9.	Підготовка до контрольних заходів



## 4. Лабораторні заняття

### Теми лабораторних занять

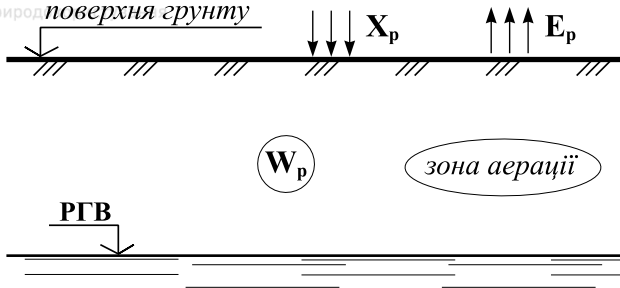
№ з/п	Назва теми
1.	Автоматизоване виконання водобалансових розрахунків
2.	Проектування відкритої та закритої провідної мережі на плані з використанням систем автоматизованого проектування
3.	Гідравлічний розрахунок магістрального каналу
4.	Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів
5.	Гідравлічний розрахунок дренажного колектора
6.	Автоматизований розрахунок та побудова поздовжнього профіля по дренажному колекторі
7.	Розрахунок та проектування гідротехнічних споруд на гідромеліоративних системах

#### Лабораторне заняття №1. Автоматизоване виконання водобалансових розрахунків

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання водобалансових розрахунків з використанням ЕОМ.

**Теоретична частина:** Воднобалансові розрахунки виконують з метою прогнозування водно-повітряного режиму ґрунту та встановлення типу осушувальної системи. Воднобалансові розрахунки виконуються для років різної вологості: середнього року 50% (дефіцит вологості повітря 50%), сухого року 75% (дефіцит вологості повітря 25%), гостропосушливого року 90 % (дефіцит вологості повітря 10%).

Воднобалансові розрахунки виконуються для вегетаційного року, який приймаємо з 1.05 по 1.09. Розрахунки виконуються для кожної культури окремо.



**Рис. 1.** Розрахункова схема водного балансу

Згідно розрахункової схеми (рис. 1) за загальноприйнятою методикою А.М. Янголя водний баланс осушуваних земель для розрахункового вегетаційного періоду можна представити

$$\pm M_p = E_p - X_p + W_p, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

де  $M_p$  – надлишок чи недостача води в активному шарі ґрунту,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E_p$  – сумарне випаровування за вегетацію з врахуванням водообміну між зонами аерації і ґрунтовими водами,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $X_p$  – ефективні опади за цей час,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_p$  – продуктивний запас води на початок вегетації,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

$$E_p = \alpha Y + n \sum D_p, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2)$$

де  $\alpha, n$  – емпіричні коефіцієнти;  $Y$  – проектна врожайність сільськогосподарських культур,  $\text{т}/\text{га}$ ;  $\sum D_p$  – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря розрахункової забезпеченості

$$\sum D_p = \kappa_p \sum D_0, \text{ мм}, \quad (3)$$

де  $\kappa_p$  – модульний коефіцієнт ( $\kappa_p=1, \kappa_p=1,15, \kappa_p=1,25$ );  $\sum D_0$  – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря в середньому по опадам і дефіцитам вологості повітря року, мм.





Ефективні опади за вегетаційний період визначаються

$$X_p = 10\eta h_p, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (4)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт використання опадів ( $\eta=0.75$ );  $h_p$  – розрахунковий шар опадів за вегетацію  $h_p = k_p h_0$ , мм;  $k_p$  – модульний коефіцієнт ( $k_{50\%}=1$ ,  $k_{75\%}=0,7$ ,  $k_{90\%}=0,37$ );  $h_0$  – середній за вегетацію шар опадів, мм.

Розрахунки виконуються на ЕОМ (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Вихідні дані до водно-балансових розрахунків

Область			Рівненська			
Опади за вегетаційний період, мм			332			
Дефіцит вологості повітря, мм			740			
№ поля	Сільськогосподарські культури	Проектна врожайність, т/га	Коефіцієнти		Продуктивні запаси вологи, м <sup>3</sup> /га	Площа, га
			$\alpha$	$n$		
1	Багаторічні трави	3,9	187,5	4,4	1900	57
2	Багаторічні трави	3,9	187,5	4,4	1900	57
3	Багаторічні трави	3,9	187,5	4,4	1900	57
4	Багаторічні трави	3,9	187,5	4,4	1900	57
5	Озиме жито	2,9	70,6	3,1	1900	57
6	Картопля	19,0	57,1	2,7	1730	57
7	Кукурудза на силос	25,0	19,2	2,7	1730	57
8	Гречка	2,0	70,6	2,7	1730	57



Таблиця 2

Результати водно-балансових розрахунків  
для сухого року (75% забезпеченості за опадами)

№ поля	Сільськогосподарськ і культури	$X_p, \text{м}^3/\text{га}$	$D_p, \text{м}^3/\text{га}$	$E_p, \text{м}^3/\text{га}$	Показник водного балансу, $\text{М}_p, \text{м}^3/\text{га}$		Об'єм води, $W_{75\%}, \text{м}^3/\text{га}$
					+	-	
1	Багаторічні трави	1743	851	4476	833		47461
2	Багаторічні трави	1743	851	4476	833		47461
3	Багаторічні трави	1743	851	4476	833		47461
4	Багаторічні трави	1743	851	4476	833		47461
5	Озиме жито	1743	851	2843		800	
6	Картопля	1743	851	3383		90	
7	Кукурудза на силос	1743	851	2778		695	
8	Гречка	1743	851	2439		1034	
Сума:					3331	2620	189844

**Лабораторне заняття №2. Проектування відкритої та закритої провідної мережі на плані з використанням систем автоматизованого проектування**

**Завдання:** ознайомитися з методикою проектування відкритої та закритої провідної мережі на плані з використанням ЕОМ.

**Теоретична частина:**

**Зрошувальна мережа.** Проектування провідної зрошувальної мережі каналів виконують на планах у масштабах 1: 10000 або 1:5000 з перерізом горизонталей через 0,5 м.

Мережу починають проектувати з нанесення на план меж господарств і визначення валової та придатної для зрошування площі, контурів ділянок, непридатних для зрошування за топографічними і ґрунтовими умовами. Аналізується рельєф, виділяються підвищені і понижені ділянки для можливого трасування зрошувальних і водозбірно-скидних каналів.

Траси розподільних каналів намічають за найвищими елементами рельєфу. Потім, залежно від характеру рельєфу і



техніки поливу, призначають 3...4 розрахункових «типорозміри» сівозмінного поля, застосовуючи масштабні шаблони сівозмін.

Оптимальним варіантом розміщення полів для такого «типорозміру» буде варіант з їх найкомпактнішим розміщенням при найменшій кількості полів неправильної форми.

Пов'язують траси каналів з границями господарств, полів сівозмін, дорогами та іншими комунікаціями і розпочинають розбивку поливних ділянок у межах кожної сівозміни.

Відкриті магістральні канали та їхні вітки позначають так: МК, 1-МК, 2-МК та ін.; закриті – МКр, 1-МКр, 2-МКр та ін. Великим каналам регіонального призначення дають власні імена, наприклад Північно – Кримський канал.

Зрошувальні канали позначають великою буквою К, причому розподільні канали мають цифрову індексацію перед буквеним позначенням, а зрошувачі – після буквенного позначення. Номери розподільних каналів або зрошувачів одцого порядку відокремлюють від номера цих каналів другого порядку крапкою. Наприклад, відкриті розподільники 1-, 2-, 3-го порядків позначають відповідно 1-1К, 1-1ЛК, 1-1.1 ЛК; закриті – 1-1 Кр, 1-1.1 Кр, 1-1.1.1 Кр. Відкриті зрошувачі різних порядків позначають так: 1-1К1, 1-1К1.1; закриті – 1-1 Кр 1, 1-1К1.1.

Закриту мережу в плані проектують, з урахуванням організації території та способів поливу, що застосовуються.

У деяких випадках, щоб зменшити діаметр труб і збільшити надійність водоподачі, виконують попарне кільцювання розподільних трубопроводів. Вибір схеми розміщення закритої мережі визначається польовими трубопроводами, що мають розміщуватися за найбільшим ухилом, а при можливості – з двостороннім командуванням. Відстань між ними коливається у межах 200...900 м і більше.

*Осушувальна мережа.* Провідна мережа призначена для прийому надлишкових поверхневих та ґрунтових вод з регулюючої і огорожуючої мереж і своєчасного їх відведення у водоприймач. До складу провідної мережі входять магістральні канали та їхні відгалуження, транспортуючі збирачі, відкриті і закриті колектори.



Відкрита провідна мережа проектується у вигляді каналів першого порядку (1Д, 2Д, 3Д), другого і послідуючих порядків (1.1 Д, 1.2 Д...).

Траси бічних провідних каналів проектуються з дотриманням таких правил:

- по мінімальних відмітках поверхні землі для забезпечення 2-х стороннього приймання води із закритих провідних колекторів;
- траси бічних каналів мають проходити через замкнені пониження;
- канали проектуються в напрямку загального ухилу місцевості, включаючи, при необхідності, перетинання підвищень;
- відстань між каналами має бути не менше 300-400 м;
- кути з'єднання бічних провідних каналів між собою і з магістральним каналом повинні становити 60-90°, в напрямку току води.

Регулююча мережа призначена для відведення із ґрунтів надлишкової вологи і підтримання в них необхідного водно-повітряного режиму.

Регулююча мережа за принципом дії поділяється на дренажну, що забезпечує своєчасне зниження рівня ґрунтових вод до норми осушення, і збиральну, яка забезпечує відведення надлишкових поверхневих вод і вод з орного горизонту у задані строки.

Траси дренажних колекторів проектуються з дотриманням таких правил:

- по найнижчих точках поверхні землі в напрямку найбільшого похилу території, забезпечуючи 2-х стороннє приймання регулюючих дрен;
- траса дренажного колектора слід проектувати з найменшим числом поворотів по найкоротшому шляху до водоприймача;
- довжина дренажних колекторів приймається до 1000 м, на безпохильних ділянках 300-400 м і уточнюється гідравлічним розрахунком в подальших розрахунках;



– кут спряження дренажних колекторів різного порядку між собою із відкритими провідними каналами проектуємо 60-90° в напрямку руху води;

– відстань між дренажними колекторами залежить від схеми підключення до них регулюючих дрен, похилу місцевості і довжини впадаючих регулюючих дрен;

Розрізняють дві схеми підключення регулюючих дрен до дренажних колекторів:

– одностороння схема підключення (проектується на схилах);

– двостороннє підключення регулюючих дрен (проектується на явно виражених тальвегах).

Довжина регулюючої мережі проектується  $L_{др}=50-200$  м, при  $i>0,002$   $L_{др\ max}=200$  м, при  $i<0,002$   $L_{др\ max}=100-150$  м.

Відстань між колекторами може бути в межах від 50 м до 200 м при одно сторонньому підключенні і від 50 м до 400 м при двосторонньому підключенні.

Закрита регулююча мережа проектується в плані в залежності від характеру рельєфу і похилу місцевості по проміжній, поперечній і поздовжній схемі.

Поздовжня схема розташування дрен в плані проектується на ділянках з похилом  $i<0,002$  (регулюючи дрени розташовуються вздовж ліній току).

Поперечна схема розташування дренажу в плані проектується на ділянках із похилом  $i>0,005$  (дрени розташовуються перпендикулярно до ліній току).

Проміжна схема розташування дренажу в плані проектується на схилах з незначним похилом направленим в сторону до водотоку (дрени розташовуються під гострим кутом до горизонталей,  $i=0,002-0,005$ ).

### **Лабораторне заняття №3. Гідравлічний розрахунок магістрального каналу**

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання водобалансових розрахунків з використанням ЕОМ.



**Теоретична частина:** Гідравлічні розрахунки проводяться для визначення розмірів поперечного перерізу каналів, глибини їх наповнення при пропуску розрахункових витрат 10% забезпеченості.

Згідно ДБН В.2.4.-1-99 розміри каналу з витратами  $< 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  визначаються конструктивно. У тому разі, коли витрати води в каналі менші  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , але ухили дна для супісків перевищують  $0,0015$ , для перевірки стійкості русла виконується гідравлічний розрахунок на пропускання максимальної з розрахункових витрат.

Форму поперечного перерізу провідних каналів необхідно взяти трапецеїдну. Ширина каналу по дну  $b = \frac{Q_p}{3}$ , м. Коефіцієнт закладання укосу приймаємо в залежності від механічного складу ґрунту, який є по трасі каналу. Проектний похил дна каналу береться з поздовжніх профілів. Коефіцієнт шорсткості приймаємо  $n = 0,03$ .

Для визначення глибини каналу встановлюємо глибину його наповнення при проходженні в ньому розрахункових витрат води. Розрахунок ведемо по формулах рівномірного руху води в відкритому руслі:

$$Q = \omega \cdot v, \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (1)$$

$$v = C\sqrt{R \cdot i}, \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (2)$$

$$\omega = (b + mh)h, \quad \text{м}^2, \quad (3)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \quad \text{м}, \quad (4)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad \text{м}, \quad (5)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (6)$$



де  $\omega$  – площа поперечного перерізу,  $m^2$ ;  $b$  – ширина каналу по дну,  $m$ ;  $\chi$  – змочений периметр,  $m$ ;  $i$  – ухил дна каналу;  $h$  – глибина води в каналі,  $m$ ;  $R$  – гідравлічний радіус,  $m$ ;  $v$  – швидкість руху води в каналі,  $m/c$ ;  $Q$  – витрата,  $m^3/c$ ;  $C$  – швидкісний коефіцієнт.

Гідравлічний розрахунок по визначенню глибини води в каналі представлений в табл. 1, 2, 3.

Таблиця 1

Розрахункові витрати води в каналі

Витрати весняної повені $Q_{повн}$ , $m^3/c$	Високолітні витрати $Q_{вл}$ , $m^3/c$	Посівні витрати $Q_{пос}$ , $m^3/c$	Межені витрати $Q_{меж}$ , $m^3/c$
0,9630	0,5240	0,1698	0,0136

Таблиця 2

Гідравлічний розрахунок каналу

Ширина каналу по дну ( $b$ ), $m$					1,0					
Коефіцієнт закладання укосу ( $m$ )					2,5					
$b$ , $m$	$h$ , $m$	$t$	$\omega$ , $m^2$	$\chi$ , $m$	$n$	$R$ , $m$	$C$	$i$	$v$ , $m/c$	$Q$ , $m^3/c$
1,0	0,0	2,5	0,000	1,000	0,03	0,000	0,000	0,0005	0,00	0,00
1,0	0,2	2,5	0,300	2,077	0,03	0,144	24,145	0,0005	0,21	0,06
1,0	0,4	2,5	0,800	3,154	0,03	0,254	26,521	0,0005	0,30	0,24
1,0	0,6	2,5	1,500	4,231	0,03	0,355	28,043	0,0005	0,37	0,56
1,0	0,8	2,5	2,400	5,308	0,03	0,452	29,203	0,0005	0,44	1,05
1,0	1,0	2,5	3,500	6,385	0,03	0,548	30,155	0,0005	0,50	1,75
1,0	1,2	2,5	4,800	7,462	0,03	0,643	30,970	0,0005	0,56	2,67
1,0	1,5	2,5	7,125	9,078	0,03	0,785	32,014	0,0005	0,634	4,52
1,0	2,0	2,5	12,000	11,770	0,03	1,020	33,441	0,0005	0,755	9,06
1,0	2,5	2,5	18,125	14,463	0,03	1,253	34,611	0,0005	0,866	15,70
1,0	3,0	2,5	25,500	17,155	0,03	1,486	35,610	0,0005	0,971	24,75



Результати гідравлічного розрахунку каналу

Ухил	Витрата $Q$ , м <sup>3</sup> /с		Швидкість руху води $v$ , м/с	Глибина наповнення каналю $h$ , м	Допустима швидкість руху води $v_{доп}$ , м/с
0,0005	$Q_{вл}$	0,5240	0,367	0,58	0,9
	$Q_{пос}$	0,1698	0,272	0,34	
	$Q_{меж}$	0,0136	0,128	0,09	
	$Q_{влов}$	0,9630	0,429	0,77	

**Лабораторне заняття №4. Гідравлічний розрахунок  
напірних трубопроводів**

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів з використанням ЕОМ.

**Теоретична частина:** За результатами гідравлічного розрахунку встановлюють:

- діаметр та тип труб всіх трубопроводів системи;
- відмітки п'єзометричних ліній у вузлових точках;
- повний напір насосної станції.

Гідравлічний розрахунок закритої зрошувальної мережі виконують у табличній формі.

Вихідні умови:

- планове розміщення трубопроводів закритої зрошувальної мережі;
- розрахункова кількість дощувальних машин (після укомплектування графіка роботи дощувальних машин);
- технічні характеристики дощувальної машини.

Гідравлічний розрахунок виконують у такій послідовності:

1. Розбивають трубопровід на пікети (через кожні 100 м та у вузлових точках);





2. Розбивають трубопровід на розрахункові ділянки виділяючи вузлові точки на трубопроводі;

3. Встановлюють значення витрат води для кожної ділянки трубопроводу виходячи з розрахункової кількості одночасно працюючих дощувальних машин та їх витрати.

4. Для кожної ділянки трубопроводу встановлюють економічно найбільш вигідний діаметр трубопроводу:

$$d_l = 1130 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V}}, \text{ мм}, \quad (1)$$

де  $Q$  – витрата, яка транспортується по трубопроводу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V$  – рекомендована швидкість руху води у трубопроводі,  $1,0 \dots 1,5$   $\text{м}/\text{с}$ .

5. За економічно доцільним встановлюють найближчий більший стандартний діаметр (зовнішній та внутрішній).

6. Встановлюють фактичну швидкість руху води у трубопроводі:

$$V_\phi = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \text{ м}/\text{с}. \quad (2)$$

7. Встановлюємо втрати напору по довжині трубопроводу:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{V_\phi^2 \cdot l}{2 \cdot g \cdot d_{\text{вн}}}, \text{ м}, \quad (3)$$

де  $\lambda$  – гідравлічний коефіцієнт тертя (0,02);  $l$  – довжина ділянки трубопроводу м.

8. Встановлюємо повні втрати на трубопроводі:

$$h_w = h_l + h_m = 1,1h_l, \text{ м}, \quad (4)$$

де  $h_m$  – місцеві втрати напору, м (складають 10% від втрат напору по довжині).

9. Встановлюємо відмітку п'єзометричної лінії в кінці поливного трубопроводу:

$$\downarrow \frac{ПЛ}{КТ} = \downarrow \frac{ПЗ}{КТ} + H_o, \text{ м}, \quad (5)$$



де  $\downarrow \frac{ПЗ}{КТ}$  – відмітка поверхні землі на кінці трубопроводу, м;

$H_o$  – вільний напір на гідранті, м.

10. Встановлюємо відмітку п'єзометричної лінії на початку поливного трубопроводу:

$$\downarrow \frac{ПЛ}{ПТ} = \downarrow \frac{ПП}{КТ} + h_w, \text{ м.} \quad (6)$$

10. Результати розрахунку представляємо у табл. 1. (Результати гідравлічного розрахунку закритої зрошувальної мережі).

Таблиця 1

Результати гідравлічного розрахунку закритої зрошувальної мережі

Назва трубопроводу	Ділянка	Довжина ділянки, м	Витрата трубопроводу, л/с	Марка труб	Умовний діаметр, мм	Відмітки п'єзометричної лінії на кінці ділянки, м	Швидкість руху води у трубопроводі, м/с	Втрати напору, м			Відмітки п'єзометричної лінії на початку ділянки, м
								$h_l$	$h_m$	$h_w$	
1Кр	НС-1	955	212	ВТ-9	500	95,77	1,3	3,61	0,36	3,97	99,74
1.1Кр	1-2	783	106	ВТ-6	350	87,35	1,3	4,19	0,42	4,61	91,96
1.2Кр	1-3	783	106	ВТ-6	350	82,35	1,3	4,19	0,42	4,61	86,96
1Кр	1-4	810	212	ВТ-9	500	92,46	1,3	3,01	0,3	3,31	95,77
1.3Кр	4-5	783	106	ВТ-6	350	87,85	1,3	4,19	0,42	4,61	92,46
1.4Кр	4-6	783	106	ВТ-6	350	82,80	1,3	4,19	0,42	4,61	87,41
1Кр	4-7	810	212	ВТ-9	500	87,96	1,3	3,01	0,3	3,31	91,33
1.5Кр	7-8	783	106	ВТ-6	350	83,35	1,3	4,19	0,42	4,61	87,96
1.6Кр	7-9	783	106	ВТ-6	350	81,80	1,3	4,19	0,42	4,61	86,41



## Лабораторне заняття №5. Гідравлічний розрахунок дренажного колектора

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання гідравлічного розрахунку дренажного колектора з використанням ЕОМ.

**Теоретична частина:** Мета гідравлічного розрахунку – встановити діаметр колектора та визначити місце зміни його на інший стандартний діаметр. Для виконання гідравлічного розрахунку необхідно знати розрахунковий модуль дренажного стоку, який відповідно до формули А.М. Янголя, становить:

$$q_p = q_T \cdot \kappa_0 \cdot \kappa_\theta \cdot \kappa_p, \text{ л/с} \cdot \text{га}, \quad (1)$$

де  $q_p$ ,  $q_T$  – розрахунковий модуль десяти відсоткової забезпеченості в передпосівний період, л/с·га;  $\kappa_0$  – коефіцієнт, який залежить від річної норми опадів;  $\kappa_\theta$  – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта фільтрації ґрунту;  $\kappa_p$  – коефіцієнт, який залежить від прийнятої міждренної відстані.

Маючи розрахунковий модуль дренажного стоку для виконання гідравлічного розрахунку необхідно знати проектний ухил дна колектора на певних його ділянках.

Проектний ухил колектора визначається шляхом побудови поздовжнього профілю по ньому для гідравлічного розрахунку прийнятого дренажного колектора.

При наявності розрахункового модуля дренажного стоку і проектного ухилу певної ділянки, гідравлічний розрахунок виконуємо у такій послідовності:

1. У верхів'ї колектора задаються стандартним мінімальним діаметром 75 мм. Для колектора даного діаметра при відповідному похилі його дна визначають швидкість руху води в колекторі та витрату, яку він може пропустити.

$$Q = \omega \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot C \sqrt{RI} = \frac{\pi d^2}{8} \cdot C \sqrt{dI}, \quad (2)$$

де  $I$  – ухил колектора.



2. Визначаємо площу, на якій буде формуватися витрата дренажного стоку  $F = Q/q_p$ , га.

3. Знаючи площу визначаємо сумарну довжину дрен, яка може бути розташована на даній площі  $L = \frac{10000 \cdot F}{E}$ , м.

Шляхом сумування довжин дрен від верхів'я колектора визначаємо сумарну довжину, яка наближена, але не перевищує отриману величину  $L$ . Ця довжина визначає місце зміни діаметра на більший стандартний. Повторюємо розрахунок наступних параметрів:

- 1)  $d$  – діаметр колектора, мм;
- 2)  $q_p$  – розрахунковий модуль дренажного стоку;
- 3)  $F$  – площа, га;
- 4)  $E$  – міждренна відстань, м;
- 5)  $L$  – сумарна довжина дрен, м.

Вихідні дані та результати розрахунків зводимо у табл. 1-4.

Таблиця 1  
Вихідні дані для побудови поздовжнього профілю колектора

Глибина закладки дрен, м		1,2				
Відмітки землі, м	229,2	229,5	229,6	230	230,5	230,6
Відстань, м	0	70	100	200	300	322

Таблиця 2  
Вихідні дані для розрахунку дренажного колектора

Кількість дрен	Довжина колектора $L_{кол}$ , м	Відстань між дренами $E$ , м	Річна норма опадів $X$ , мм	Коефіцієнт фільтрації $k_f$ , м/доб
23	322	16	740	0,5



Таблиця 3

Гідравлічний розрахунок дренажного колектора

№ дрени	$L_{\partial}$ , м	$L_{n.\partial}$ , м	$C_{\partial}$	$\sum L_{\phi}$ , м	$d$ , мм	$L_{з.м.д}$ , м
						322
23	130	320	п	130	75	
22	130	304	п	260	75	
21	130	288	п	390	75	
20	130	272	п	520	75	
19	130	256	п	650	75	
18	130	240	п	780	75	
17	130	224	п	910	75	
16	130	208	п	1040	75	
15	50	202	л	1090	75	
14	76	192	п	1166	75	
13	50	184	л	1216	75	
12	76	176	п	1292	75	
11	50	168	л	1342	75	
10	76	160	п	1418	75	
9	76	144	п	1494	75	
8	76	128	п	1570	75	
7	76	112	п	1646	75	100
6	96	96	п	1742	100	
5	130	80	п	1872	100	
4	130	64	п	2002	100	
3	130	48	п	2132	100	
2	130	32	п	2278	100	
1	130	16	п	2424	100	0

*Примітка.* В табл. 3 використані такі позначення:  $L_{\partial}$  – довжина дрени, м;  $L_{n.\partial}$  – відстань підключення дрени по довжині колектора (від ПК0), м;  $C_{\partial}$  – сторона підключення дрени до колектора в напрямку стоку (п – з правого боку колектора, л – з лівого);  $\sum L_{\phi}$  – сумарна фактична довжина дрен, м;  $d$  – діаметр колектора, мм;  $L_{з.м.д}$  – відстань місця зміни діаметра колектора (від ПК0), м.



Розрахункові параметри поздовжнього профілю колектора

Відмітки землі, м	229,2	229,5	229,6	230	230,5	230,6
Ухил		0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Відмітки дна, м	228,00	228,28	228,40	228,80	229,20	229,29
Глибина, м	1,20	1,22	1,20	1,20	1,30	1,31
Діаметр, мм	100	100	75	75	75	75
Відстань, м	0	70	100	200	300	322

**Лабораторне заняття №6. Автоматизований розрахунок та побудова поздовжнього профіля по дренажному колекторі**

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання розрахунку та побудови поздовжнього профіля з використанням ЕОМ.

**Теоретична частина:**

*Порядок побудови поздовжнього профілю по дренажному колектору.* Розбиваємо пікетаж по трасі дренажного колектора на плані масштабу 1:2000 від гирла до верхів'я через 100 м, знімаємо відмітки поверхні землі. Заповнюємо графі план траси і пікетаж. Будуємо лінію поверхні землі по трасі дренажного колектора. Дно траншеї проектуємо паралельно поверхні землі, враховуючи що мінімальний ухил становить  $i_{min} = 0,002$ .

$$i = \frac{\nabla_2 - \nabla_1}{L} \quad (1)$$

Визначаємо відмітку дна траншеї у верхів'ї дренажного колектора або у диктуючій точці (точка по трасі колектора з мінімальною відміткою поверхні землі)

$$\nabla_3 = \nabla_{повз} - T_{кол}, \text{ м} \quad (2)$$

де  $T_{кол}$ - глибина закладання колектора, м

$$T_{кол} = T_{op} + d_{кол}, \text{ м} \quad (3)$$

Визначаємо відмітку дна траншеї на кожному пікеті і в місцях зміни похилу дна траншеї, віднімаючи перевищення

$$\nabla h = i \times L, \text{ м} \quad (4)$$



За визначеними значеннями відмітки дна траншеї будемо лінію дна траншеї.

Визначаємо глибину виїмки

$$H_6 = \nabla_{повз} - \nabla_{днат}, \text{ м} \quad (5)$$

Проставляємо відстані між пікетами, місцями зміни похилу, місцями зміни діаметру дренажного колектора.

Вихідні дані та результати розрахунків зводимо у табл. 1-2.

Таблиця 1

Вихідні дані для побудови поздовжнього профілю колектора

Глибина закладки дрен, м			1,2			
Відмітки землі, м	229,2	229,5	229,6	230	230,5	230,6
Відстань, м	0	70	100	200	300	322

Таблиця 2

Розрахункові параметри поздовжнього профілю колектора

Відмітки землі, м	229,2	229,5	229,6	230	230,5	230,6
Ухил		0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Відмітки дна, м	228,00	228,28	228,40	228,80	229,20	229,29
Глибина, м	1,20	1,22	1,20	1,20	1,30	1,31
Діаметр, мм	100	100	75	75	75	75
Відстань, м	0	70	100	200	300	322

Приклади плану типової ділянки колектора та поздовжнього профілю по трасі дренажного колектора представлені на рис. 1 та рис. 2.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

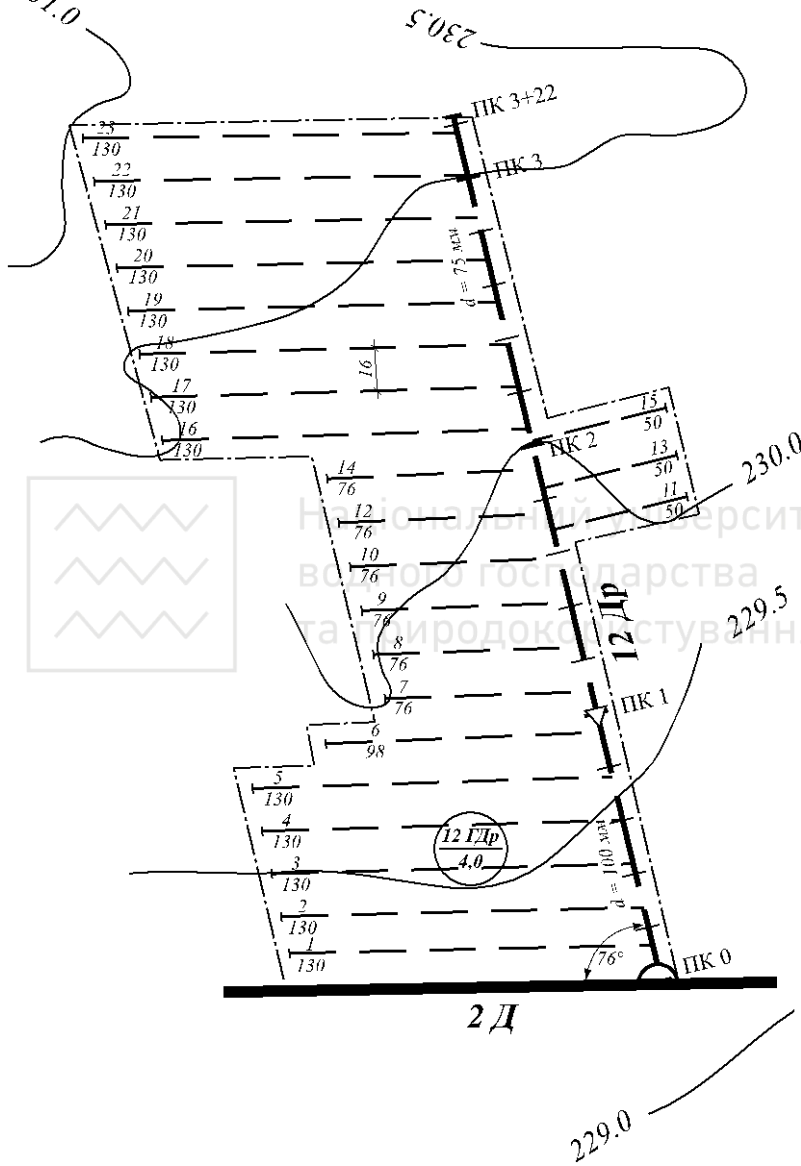


Рис. 1. План типової ділянки колектора



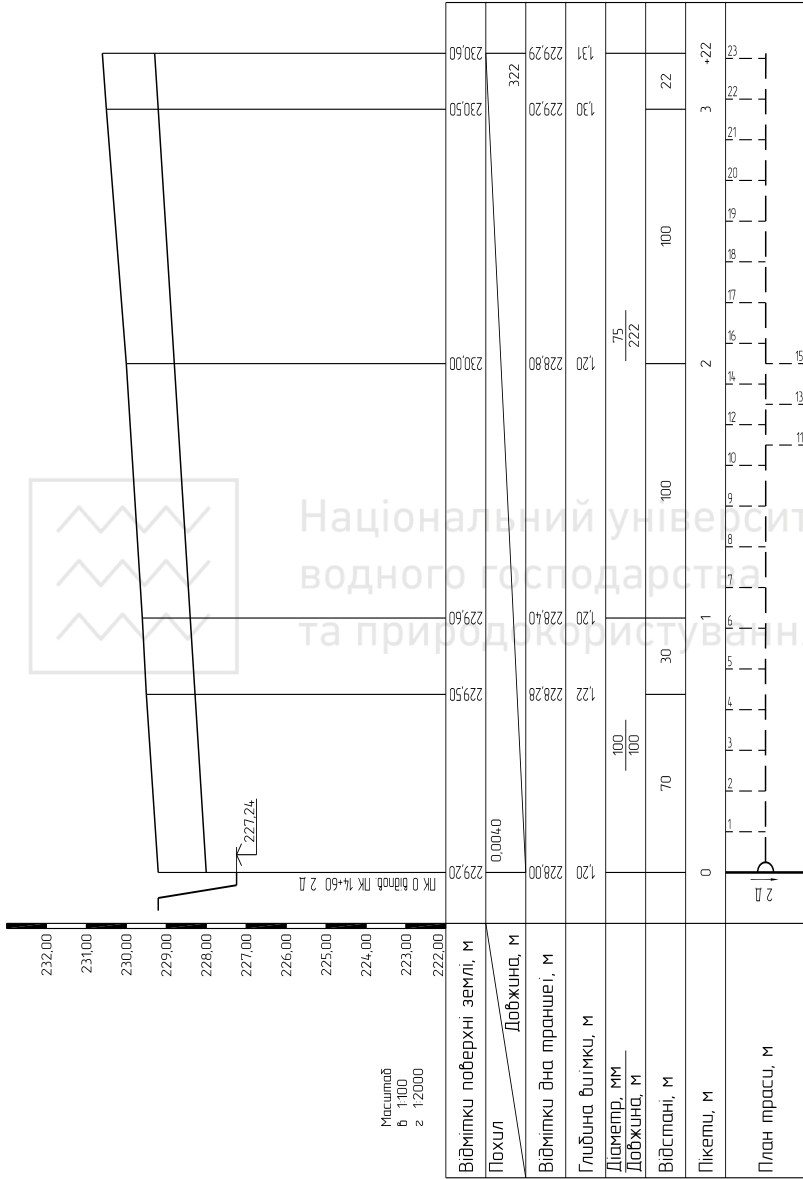


Рис. 2. Поздовжній профіль по трасі дренажного колектора



## Лабораторне заняття №7. Розрахунок та проектування гідротехнічних споруд на гідромеліоративних системах

**Завдання:** ознайомитися з методикою виконання розрахунку та проектування гідротехнічних споруд на гідромеліоративних системах з використанням ЕОМ.

### **Теоретична частина:**

*Споруди і арматура на зрошувальних трубопроводах.* На закритій зрошувальній мережі передбачено влаштування таких споруд:

- розподільчі колодязі, проектуються в місцях розгалуження трубопроводів і служать для установки арматури;
- опорожнювальні (скидні) колодязі, влаштовуються в самих низьких місцях по трасах трубопроводів. Служать для спорожнення зрошувальної мережі на зимовий період або період ремонту;
- гідранти, влаштовуються для підключення дощувальних машин на зрошувальній системі.

Для забезпечення надійної роботи закритої зрошувальної мережі на трубопроводах передбачено влаштування спеціальної арматури, яку можна розбити на 4 групи:

1. Запірна арматура (засувки або поворотні затвори), які влаштовуються в головах польових трубопроводів. Засувки влаштовуються в колодязях.
2. Регульовальна арматура (регулятори тиску і регулятори витрат).
3. Аераційна арматура, служить для випуску і пуску повітря із зрошувальної мережі. До неї належать вантузи, клапани випуску і пуску повітря, і клапани впуску і защемлення повітря. Вантузи влаштовують в найвищих точках.
4. Запобіжна арматура, служить для захисту трубопроводів від гідравлічного удару (гасники удару мембранні і клапани захисні гідравлічні).

*Споруди на осушувальних системах.* Для забезпечення нормальної роботи осушувальні системи обладнуються гідротехнічними, дорожніми, природоохоронними та



експлуатаційними спорудами і пристроями.

Споруди, що влаштовуються на відкритих осушувальних каналах, за призначенням поділяються на 5 груп:

1. Регулювальні – призначені для регулювання рівнів і в окремих випадках витрат води у каналах; застосовуються на осушувально-зволожувальних та осушувальних системах з попереджувальним шлюзуванням; до них належать шлюзи-регулятори різного типу;

2. Переїзdnі – забезпечують переїзд через канали і річки; до них належать мости, трубчасті переїзди та пішохідні містки;

3. Спряжувальні – призначені або для зменшення похилів каналів (перепади і бистротоки) або для спряження каналів у місцях пересічення їх з балками, ярами та іншими водотоками (дюкери і акведуки);

4. Природоохоронні – застосовують для охорони тваринного і рослинного світу, рекреаційних та інших цілей; до них належать водопої, відстійники, мости-переходи для диких тварин, охоронні зони на водотоках та ін.;

5. Експлуатаційні – забезпечують контроль та керування водним режимом ґрунтів на системі; до них належать: гідромеліоративні створи із спостережними свердловинами, гідрометричні пости, водоміри, засоби зв'язку і керування.

На закритих дренажних системах влаштовують гирлові споруди і колодязі. Гирлові споруди являють собою кінцеву частину дренажного колектора довжиною 1,0...1,5 м, підсилену звичайно азбестоцементною трубою, і закріплену ділянку укусу каналу у місці виходу колектора. Для запобігання підпорам води та замуленню дно дренажних колекторів повинно бути розміщено вище дна каналу не менше як на 0,3 м і вище побутових горизонтів води не менше як на 0,1 м.

Колодязі на дренажній мережі за своїм призначенням поділяються на такі:

– з'єднувальні (оглядові) – влаштовують у вузлах з'єднання кількох колекторів або в місцях різких поворотів їх у плані;

– регулятори – застосовують на осушувально-зволожувальних системах для створення підпору води у



колекторах за допомогою засувок;

– поглиначі – влаштовують для відведення поверхневих вод із замкнених та безстічних понижень, а також у місцях впуску відкритих каналів у закриті колектори;

– відстійники – застосовують для осадження завислих наносів з дренажних вод, проєктують у місцях різкого зменшення за течією похилів колекторів і швидкостей руху води в них;

– перепади – влаштовують на ділянках з великими похилами поверхні землі для зменшення похилів колекторів і спряження дренажних ліній на різних рівнях.

За конструкцією колодязі можуть бути відкритими або закритими. Найчастіше проєктують відкриті колодязі, кришка яких підвищена над землею не менше як на 0,3 м, такі колодязі легко відкривати і прочищати. У закритих колодязях кришка заглиблена не менше як на 0,7...0,8 м від поверхні землі для того, щоб вони не перешкоджали глибокому розпушенню ґрунту. Експлуатація таких колодязів складніша і вони рідше використовуються.

Дно колодязів заглиблюють приблизно на 0,4 м нижче підключення дренажних колекторів для того, щоб тут осідали і нагромаджувались завислі наноси. Тому колодязі всіх типів виконують функції осаджувальних.

### ***Прив'язка колодязя на колекторно-дренажній мережі***

Метою прив'язки колодязя на дренажній мережі є: підбір залізобетонних елементів з яких складається колодязь; встановлення відміток, необхідних для монтажу колодязя.

Вихідними даними для прив'язки колодязя є:

1. Поздовжній профіль по колекторно-дренажній мережі 1.2 Др, на якому вказано відмітки поверхні землі  $\downarrow A = 149,91$  м, дна колектора  $\downarrow B = 148,60$  м, глибина закладання колектора  $h_{\text{кол}} = 1,31$  м в точці влаштування колодязя (ПК 0+20).

2. Альбом типових уніфікованих залізобетонних конструкцій.

Прив'язку колодязя проводимо в такій послідовності.



1. Визначаємо наближену висоту колодязя

$$H'_K = h_{кол} + h_1 + h_2,$$

де  $h_{кол}$  – глибина закладання колектора,  $h_{кол} = 13,1$  м;  $h_1$  – відстань від низу колектора до плити дна колодязя,  $h_1 = 0,4$  м;  $h_2$  – перевищення колодязя над поверхнею землі на 0,3...0,6 м, приймаємо мінімальне перевищення  $h_2 = 0,3$  м.

$$H'_K = 1,31 + 0,4 + 0,3 = 2,01 \text{ м}.$$

2. Уточнена висота колодязя приймається заокругленням наближеної висоти в більшу сторону до найближчих значень: 1,8 м, 2,1 м, 2,4 м, 2,7 м.

При  $H'_K = 2,01$  м приймаємо  $H_K = 2,1$  м.

3. Встановлюємо відмітку дна колодязя

$$\downarrow B = \downarrow B - h_1 = 148,60 - 0,4 = 148,20 \text{ м}.$$

де  $\downarrow B$  – відмітка дна колектора,  $\downarrow B = 148,60$  м.

4. Встановлюємо відмітку дна котловану під колодязь

$$\downarrow \Gamma = \downarrow B - \delta_{но} = 148,20 - 0,1 = 148,10 \text{ м}$$

де  $\delta_{но}$  – товщина плити дна колодязя,  $\delta_{но} = 0,1$  м.

5. Встановлюємо відмітку верха колодязя

$$\downarrow D = \downarrow B + H_K + \delta_{nn} = 148,20 + 2,1 + 0,1 = 150,40 \text{ м},$$

де  $\delta_{nn}$  – товщина плити перекриття колодязя,  $\delta_{nn} = 0,1$  м.

Результати прив'язки зводимо в таблицю 1.

Викреслюємо колодязь в масштабі М 1:20 (рис. 1)

Таблиця 1

Відомість прив'язки колодязя на колекторно-дренажній мережі

Шифр колодязя	Колектор	Пікет	Відмітки				
			$\downarrow A$	$\downarrow B$	$\downarrow B$	$\downarrow \Gamma$	$\downarrow D$
КО 10-21	1.2 Др	ПК 0+20	149,91	149,60	148,20	148,10	150,40



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

### КО 10-21 на 1.2 Др ПК 0+20 М 1:20

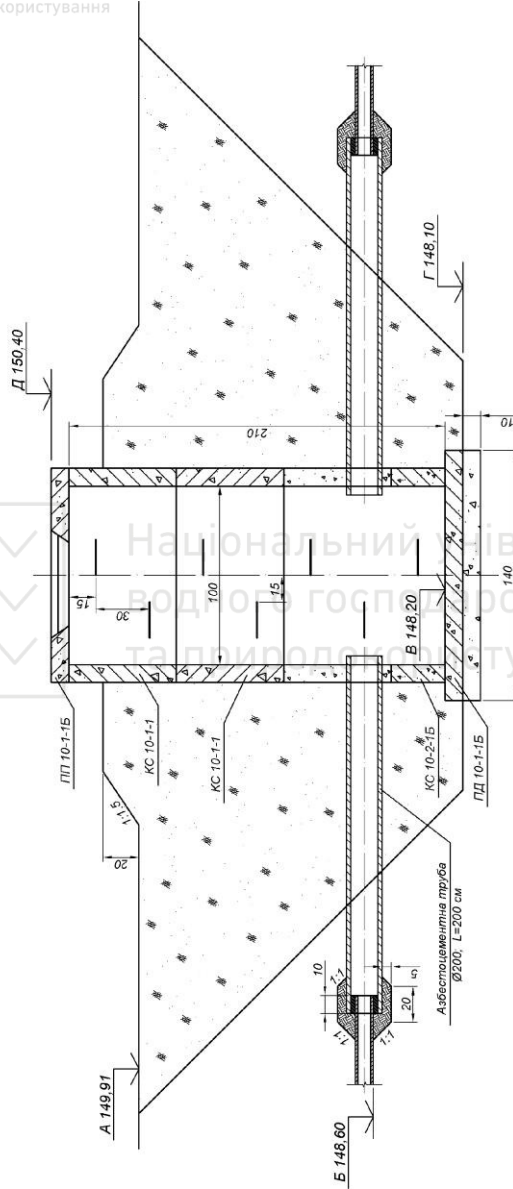


Рис. 1. Прив'язка оглядового колодязя на колекторі 1.2 Др на ПК 0+20



## Рекомендована література

1. Зображення земляних споруд за допомогою методу проєкцій з числовими позначками: навч. посібник з грифом НУВГП, № 1 від 25.01.2017 р. / Кривцов В. В., Козяр М. М., Коптюк Р. М.; за ред. проф. А. М. Рокочинського, проф. Горбатюка Р. М. Рівне : НУВГП, 2017. 176 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/8219/>.

2. Проектування осушувальних систем з основами САПР : практикум / М. О. Лазарчук, А. М. Рокочинський, А. В. Черенков. К. : ІСДО, 1984. 408 с.

3. Рокочинський А. М., Наумчук О. М., Величко С. В., Коптюк Р. М. Основи систем автоматизованого проектування : навч. посібник. / За ред. проф. А. М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2010. 178 с.

4. ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». К. : 2000. 176 с. URL: <http://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-288>.

5. Інженерний захист територій : навч. посібник / А. М. Рокочинський, В. А. Живиця, Л. А. Волкова, М. І. Ромащенко та ін.; за ред. А. М. Рокочинського, Л. А. Волкової, В. А. Живиці, В. П. Чіпака. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 355 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15539/>.

6. 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. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1647/>.

7. Рокочинський А. М., Антонов О. Д., Шалай С. В. Інженерні вишукування для водогосподарського та природоохоронного будівництва : навчальний посібник / За редакцією Рокочинського А. М. Рівне : НУВГП, 2010. 173 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/10594/>.