

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та
водного господарства
Кафедра водної інженерії та водних технологій

01-01-79М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Автоматизоване проектування споруд і систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, 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 ННІЕАВГ
Протокол № 6 від
28 січня 2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Автоматизоване проектування споруд і систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Приходько Н. В., Турченко В. О., Рокочинський А. М., Волк П. П., Кропивко С. М. – Рівне : НУВГП, 2025. – 35 с.

Укладачі: Приходько Н. В., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій; Турченко В. О., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Рокочинський А. М., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Волк П. П., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Кропивко С. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск: Турченко В. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Керівник (гарант) освітньої програми: Клімов С. В.

Попередня версія методичних вказівок: 01-01-48

© Н. В. Приходько,
В. О. Турченко,
А. М. Рокочинський,
П. П. Волк,
С. М. Кропивко, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

| | |
|--|----|
| Вступ | 3 |
| 1. Мета та завдання навчальної дисципліни | 4 |
| 2. Практичні заняття | 5 |
| Практичні заняття № 1, № 2, № 3. Автоматизоване виконання водобалансових розрахунків | 5 |
| Практичні заняття № 4, № 5, № 6. Проектування відкритої та закритої провідної мережі на плані з використанням систем автоматизованого проектування | 13 |
| Практичне заняття № 7. Гідравлічний розрахунок магістрального каналу | 16 |
| Практичне заняття № 8. Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів | 19 |
| Практичне заняття № 9. Гідравлічний розрахунок дренажного колектора | 22 |
| Практичні заняття № 10, № 11. Автоматизований розрахунок та побудова поздовжнього профіля по дренажному колекторі | 25 |
| Практичні заняття № 12, № 13. Розрахунок та проектування гідротехнічних споруд на гідромеліоративних системах | 29 |
| 3. Самостійна робота | 33 |
| 4. Рекомендована література | 34 |

Вступ

Навчальна дисципліна «Автоматизоване проектування споруд і систем» є складовою частиною вибіркових компонент для підготовки здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». Дисципліна дає змогу отримати базові знання з питань застосування автоматизованого проектування і розрахунків елементів водогосподарських об'єктів. Матеріали курсу «Автоматизоване проектування

споруд і систем» доцільні для виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: формування у майбутніх фахівців умінь і знань сучасних технологій регулювання водного режиму ґрунтів, конструкцій, автоматизованого проектування гідромеліоративних систем та гідротехнічних споруд.

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

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.

За результатами вивчення даного курсу 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;
- методику інженерних розрахунків елементів систем з використанням автоматизованого проектування.

На основі отриманих знань майбутні фахівці в результаті вивчення дисципліни набудуть таких умінь:

- 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. Практичні заняття

Практичні заняття № 1, № 2, № 3.

Автоматизоване виконання водобалансових розрахунків

Завдання: ознайомитися з методикою виконання водобалансових розрахунків з використанням ЕОМ за програмою «BALANS».

Теоретична частина: Програма «BALANS» призначена для автоматизованого розрахунку на комп'ютері оцінки ефективності різних технологій водорегулювання осушуваних земель та вибору раціональної кількості варіантів проектних рішень типів та конструкцій гідромеліоративних систем.

Основними джерелами даних для отримання результатів розрахунків є дані нормативно-технічної проектної документації. Для підготовки початкових даних можуть бути використані друковані бланки (табл. 1).

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

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

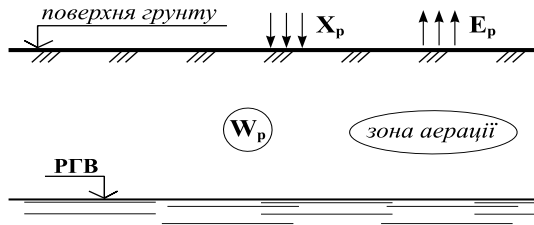


Рис. 1. Розрахункова схема водного балансу

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 вологи в активному шарі ґрунту, $\text{м}^3/\text{га}$;

E_p – сумарне випаровування за вегетацію з врахуванням вологообміну 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 вологи на початок вегетації, $\text{м}^3/\text{га}$.

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

де α, n – емпіричні коефіцієнти;

Y – проектна врожайність сільськогосподарських культур, т/га;

$\sum D_p$ – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря розрахункової забезпеченості

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

де κ_p – модульний коефіцієнт ($k_p=1, k_p=1,15, k_p=1,25$);

$\sum D_0$ – 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 η – 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.

Порядок виконання:

1. Заповнюємо картку введення початкових даних (табл. 1).

Таблиця 1. Вхідні дані

| Загальна характеристика об'єкту. | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| шифр: | кількість: | кількість: | середні | середня сума | | |
| зони: | культур | грунтів | опади за | серед.добових: | | |
| : | в сіво- | на ділян- | вегета- | деф-в волог- | і: | |
| : | зміні | ці | цію, мм | повітря, мм | : | |
| 2 | 5 | 1 | 417 | 846 | | |
| Опис ґрунтів. | | | | | | |
| шифр: | запас | площа роз- | : | | | |
| грун: | продук- | і:повсюджен- | : | | | |
| ту | вологи, | ґрунту на | : | | | |
| : | м3/га | ділянці, га | : | | | |
| 3 | 580 | 384.5 | | | | |
| Проектне с-г використання земель. | | | | | | |
| шифр: | проект.: | частка | : | | | |
| куль: | врожай, | культри | : | | | |
| тури: | ц/га | в сівозм: | : | | | |
| 14 | 30 | 0.2 | | | | |
| 3 | 32 | 0.2 | | | | |
| 6 | 170 | 0.2 | | | | |
| 16 | 350 | 0.2 | | | | |
| 8 | 430 | 0.2 | | | | |
| к.к.д | к.к.д. | способи регулювання | норма поливу: | | | |
| зрошення: | підґрунт.: | ----- | | | при зрошенні: | |
| дощуван- | зволожен- | попер: | зрош: | підгр: | осуш: | дощуванням, : |
| ням | ня | шлюз.: | дощ.: | звол.: | ення: | м3/га : |
| -1----- | -2----- | -3----- | -4----- | -5----- | -6----- | -7----- |
| 0.8 | 0.6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 350 |

2. Вводимо початкові дані в програмі і виконуємо розрахунок. Результати водобалансових розрахунків наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Розрахунок водного балансу

Rivnenska

РОЗРАХУНОК ВОДНОГО БАЛАНСУ.

Позначення: WPN- запас продукт.вологи,
OR- ефективні опади,
E- сумарне випаровування,
VII- величина живлення,що використовується,
MP- показник водного балансу.

| ----- | | | | | | |
|--|--------|------|---------|--------|---------|---------|
| ----- | | | | | | |
| місяць: | p=50 % | : | p=75 % | : | p=90 % | : |
| ----- | | | | | | |
| : підгр.звол.:зрошен.дожд:підгр.звол.:зрошен.дожд:підгр.звол.:зрошен.дожд: | | | | | | |
| ----- | | | | | | |
| Багаторіч.трави на сіно | | | | | | |
| квітень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| травень | 0 | 0 | 238 | 0 | 362 | 350 |
| червень | 52 | 0 | 250 | 350 | 443 | 700 |
| липень | 57 | 0 | 250 | 350 | 503 | 350 |
| серпень | 0 | 0 | 238 | 350 | 402 | 700 |
| верес. | 173 | 0 | 167 | 0 | 181 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| | 282 | 0 | 1143 | 1050 | 1891 | 2100 |
| ярові зернове | | | | | | |
| квітень | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| травень | 2 | 0 | 117 | 0 | 173 | 350 |
| червень | 38 | 0 | 165 | 350 | 372 | 700 |
| липень | 0 | 0 | 117 | 350 | 317 | 350 |
| серпень | 9 | 0 | 109 | 0 | 98 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| | 49 | 0 | 508 | 700 | 962 | 1400 |
| картопля | | | | | | |
| травень | 0 | 0 | 1 | 0 | 111 | 0 |
| червень | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | 350 |
| липень | 15 | 0 | 186 | 0 | 283 | 350 |
| серпень | 47 | 0 | 193 | 350 | 340 | 700 |
| верес. | 18 | 0 | 104 | 0 | 107 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| | 80 | 0 | 484 | 350 | 1053 | 1400 |
| кукурудза на силос | | | | | | |
| травень | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 |
| червень | 0 | 0 | 109 | 0 | 158 | 350 |
| липень | 5 | 0 | 118 | 0 | 171 | 350 |
| серпень | 41 | 0 | 166 | 0 | 479 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| | 46 | 0 | 393 | 0 | 871 | 700 |
| буряк кормовий | | | | | | |
| травень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| червень | 0 | 0 | 0 | 0 | 177 | 0 |
| липень | 12 | 0 | 170 | 0 | 248 | 700 |
| серпень | 47 | 0 | 226 | 350 | 409 | 350 |
| верес. | 33 | 0 | 185 | 350 | 505 | 700 |
| жовтень | 8 | 0 | 40 | 0 | 63 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| | 100 | 0 | 621 | 700 | 1402 | 1750 |
| ----- | | | | | | |
| ср.зрош.норма | 185.67 | 0.00 | 1049.67 | 700.00 | 2059.67 | 1837.50 |
| розрах.модуль | 0.03 | 0.00 | 0.12 | 0.30 | 0.22 | 0.51 |

Продовження табл. 2

Водний баланс с/г полів за вегетацію.

| | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
|----------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|----|------|-----|------|------|
| Р: | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| % | : wrn: | e | : | or | : | vvi | : | mp | : | vvi | : | mp |
| % | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| ----- | | | | | | | | | | | | |
| 14 багаторіч.трави на сіно | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 580 | 4136 | 2815 | 1190 | | 0 | 1190 | 0 | 1242 | 0 | 1028 | 0 |
| 75 | 580 | 4672 | 1970 | 1914 | 207 | 1471 | | 0 | 2615 | 0 | 1538 | 584 |
| 90 | 580 | 5029 | 1041 | 3027 | 381 | 1609 | | 0 | 3469 | 0 | 2194 | 1214 |
| ----- | | | | | | | | | | | | |
| 3 ярові зернове | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 580 | 2508 | 2439 | 245 | -177 | 245 | | 0 | 161 | -93 | 162 | -94 |
| 75 | 580 | 2850 | 1708 | 559 | 4 | 435 | | 0 | 944 | 0 | 373 | 189 |
| 90 | 580 | 3078 | 903 | 979 | 617 | 528 | | 0 | 1490 | 105 | 582 | 1013 |
| ----- | | | | | | | | | | | | |
| 6 картопля | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 580 | 2889 | 2471 | 281 | | 0 | 281 | 0 | 360 | 0 | 175 | 0 |
| 75 | 580 | 3177 | 1730 | 840 | 28 | 831 | | 0 | 1271 | 0 | 606 | 262 |
| 90 | 580 | 3369 | 914 | 1368 | 507 | 809 | | 0 | 1862 | 13 | 848 | 1027 |
| ----- | | | | | | | | | | | | |
| 16 кукурудза на силос | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 580 | 2385 | 2095 | 24 | 0 | 24 | | 0 | 70 | 0 | -38 | 0 |
| 75 | 580 | 2642 | 1467 | 524 | 71 | 481 | | 0 | 873 | 0 | 346 | 250 |
| 90 | 580 | 2813 | 775 | 861 | 597 | 506 | | 0 | 1377 | 81 | 493 | 965 |
| ----- | | | | | | | | | | | | |
| 8 буряк кормовий | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 580 | 3366 | 2783 | 446 | 0 | 446 | | 0 | 547 | 0 | 311 | 0 |
| 75 | 580 | 3712 | 1948 | 1112 | 72 | 981 | | 0 | 1520 | 0 | 827 | 356 |
| 90 | 580 | 3943 | 1030 | 1750 | 583 | 946 | | 0 | 2318 | 15 | 1112 | 1221 |
| ----- | | | | | | | | | | | | |

При виконанні водобалансових розрахунків для умов заданого об'єкту формуються такі групи вхідних даних.

1. Загальна характеристика об'єкта:

– шифр зони, середньо багаторічні значення опадів за вегетацію та відповідна сума середньодобових дефіцитів вологості (табл. 3);

– кількість культур у сівозміні, може приймати значення від 1 до 10;

– кількість ґрунтів на ділянці, від 1 до 5.

Таблиця 3. Основні види інформації, що використовуються при реалізації водобалансових розрахунків

| Позначення | Зміст інформації |
|--------------------------------|--|
| Вихідна документація | |
| ШЗ | Шифр кліматичної зони розміщення об'єкта |
| ШК _i | Шифри сільськогосподарських культур |
| ШГ _j | Шифри різновидів ґрунтів |
| F _j | Площа, які займають різні види ґрунтів у межах об'єкта |
| N _{50%} | Сума атмосферних опадів за IV-X місяці періоду вегетації 50%-ї забезпеченості, мм |
| $\sum D_{50\%}$ | Сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за той самий період, мм |
| Y_i^n | Проектний урожай вирощуваних культур, ц/га |
| α_i | Частка культури в сівозміні |
| WPh_j^0 | Запас продуктивної вологи у розрахунковому шарі ґрунту, коли рівноважний волого вміст є максимальним, м ³ /га |
| η | Коефіцієнт корисної дії (ККД) способу зволоження осушуваних земель |
| h | Розрахунковий шар ґрунту 0...0,5 м |
| t | Початковий час розрахунків |
| τ | Розрахунковий інтервал часу: місяць, період вегетації |
| ОС | Осушення |
| ЗВШ | Зволожувальне шлюзування |
| ПШ | Попереджувальне шлюзування |
| ЗР | Зрошення дощуванням |
| S | За способом регулювання |
| Проміжні показники | |
| WPh | Запас продуктивної вологи у розрахунковому шарі ґрунту, м ³ /га |
| X | Ефективні атмосферні опади, що йдуть на поповнення вологозапасів розрахункового шару ґрунту, м ³ /га |
| VVh | Потенційно можлива величина підживлення розрахункового шару ґрунту з нижчих шарів і РГВ, м ³ /га |
| VPh | Уживана величина підживлення розрахункового шару ґрунту з нижчих шарів і РГВ, м ³ /га |
| Основні розрахункові показники | |
| m | Поливна норма за розрахунковий період, м ³ /га |
| n | Кількість поливів за розрахунковий період |
| M^c | Зрошувальні норми за способом зволоження, м ³ /га |
| M_p | Показник водного балансу за розрахунковий період вегетації, м ³ /га |
| q | Модулі подавання води на зволоження, л/(с*га) |

2. Характеристика ґрунтів:

- шифри ґрунту (табл. 4);
- продуктивний запас вологи в розрахунковому шарі ґрунту 0,5 м на початок вегетаційного періоду, може приймати значення від 300 до 700 м³/га (табл. 4);
- площу розповсюдження ґрунту на ділянці, приймає значення від 400 до 600 га та визначається за відповідним варіантом.

Таблиця 4. Середні значення опадів і сум середньодобового дефіциту вологості повітря за вегетацію (IV–X міс.) для зони достатнього і нестійкого зволоження України, мм

| Шифр зони | Область | Опади N ⁵⁰ | Дефіцит вологості повітря, $\sum N_{50}$ | Кліматичний дефіцит, (E ₀ -N) | |
|-----------|-------------------|--------------------------|---|---|---------|
| | | | | області | зони |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Львівська | 545 | 905 | 180 | ≤ 240 |
| | Волинська | 431 | 812 | 218 | |
| | Івано-Франківська | 484 | 882 | 222 | |
| 2 | Чернівецька | 492 | 926 | 249 | 240-280 |
| | Тернопільська | 464 | 893 | 250 | |
| | Житомирська | 428 | 858 | 258 | |
| | Рівненська | 417 | 846 | 260 | |
| 3 | Закарпатська | 510 | 998 | 288 | 280-320 |
| | Хмельницька | 438 | 920 | 298 | |
| | Вінницька | 424 | 928 | 318 | |
| 4 | Чернігівська | 382 | 916 | 350 | 320-380 |
| | Київська | 428 | 986 | 361 | |
| | Сумська | 397 | 951 | 364 | |
| | Черкаська | 382 | 940 | 370 | |
| 5 | Полтавська | 359 | 951 | 402 | >380 |

3. Проектне сільськогосподарське використання земель:

- шифри культури проектної сівозміни, може приймати значення від 1 до 17 (табл. 5);
- частка культури в сівозмінні, має значення менші за 1 та більші за 0.

Таблиця 5. Продуктивний запас вологи в розрахунковому шарі 0,5 м для різних типів ґрунтів, м³/га

| Шифр ґрунту | Ґрунт | Продуктивний запас вологи |
|-------------|----------|---------------------------|
| 1 | пісок | 450–500 |
| 2 | супісок | 500–550 |
| 3 | суглинок | 550–600 |
| 4 | глина | 300–350 |
| 5 | торф | 650–700 |

4. Технічна характеристика гідромеліоративної системи:

– к.к.д. елементів регулюючої і провідної мережі. Значення к.к.д. встановлюється дослідним шляхом або приймається орієнтовно в залежності від виду ґрунту:

- а) для зволоження шлюзуванням $\eta_{шл} = 0,6-0,8$;
- б) для зволоження дощуванням $\eta_{д} = 0,7-0,9$;
- в) для каналів $\eta_{к} = 0,75-0,9$;
- г) для трубопроводів $\eta_{тр} = 0,9-0,95$.

Нижні границя значень к.к.д. відповідають достатньо водопроникним /піщаним, супіщаним, торф'яним/, а верхня – слабо водопроникним ґрунтам /суглинистим, глинистим/.

– можливі способи регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів:

- а) попереджувальне шлюзування;
- б) зрошення дощуванням;
- в) підґрунтове зволоження;
- г) осушення.

– поливна норма за розрахункову декаду задається лише у випадку застосування зрошення дощуванням. При цьому

величина поливної норми нетто залежить від механічного складу ґрунту, виду дощувальної техніки, що застосовується, водозабезпеченості системи і складає $m=200-400 \text{ м}^3/\text{га}$.

Практичні заняття № 4, № 5, № 6.
**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 AutoCAD.

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 буквеного позначення. Номери розподільних каналів або зрошувачів одного порядку відокремлюють від номера цих каналів другого порядку крапкою. Наприклад, відкриті розподільники 1-, 2-, 3-го порядків позначають відповідно 1-К, 1-ЛК, 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 проєктують, 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 проєктується у вигляді каналів першого порядку (1Д, 2Д, 3Д), другого і послідуочих порядків (1.1 Д, 1.2 Д...).

Траси бічних провідних каналів проєктуються 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 проєктуються 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 проєктуються 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 проєктувати 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 проєктуємо 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 (проєктується на схилах);

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

Довжина регулюючої мережі проектується $L_{op}=50-200$ м, при $i>0,002$ $L_{op\ max}=200$ м, при $i<0,002$ $L_{op\ max}=100-150$ 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, $i=0,002-0,005$).

Практичне заняття № 7.

Гідравлічний розрахунок магістрального каналу

Завдання: ознайомитися з методикою виконання гідравлічного розрахунку магістрального каналу з використанням ЕОМ за програмою «Розрахунок гідравлічних параметрів МК»

Теоретична частина: Розрахунок гідравлічних параметрів МК – призначений для обґрунтування типу, конструкції та параметрів магістральних каналів зрошувальних систем.

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 трапецоїдну. Ширина каналу по дну $b = \frac{Q_v}{3}$, 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. Розрахунки ведемо по формулах рівномірного руху води в відкритому руслі:

$$Q = \omega \cdot v, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

$$v = C \sqrt{R \cdot i}, \quad \text{м}/\text{с}, \quad (5)$$

$$\omega = (b + mh)h, \quad \text{м}^2, \quad (6)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \quad \text{м}, \quad (7)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad \text{м}, \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (9)$$

де ω – площа поперечного перерізу, м^2 ;

b – ширина каналу по дну, м;

χ – змочений периметр, м;

i – ухил дна каналу;

h – глибина води в каналі, м;

R – гідравлічний радіус, м;

v – швидкість руху води в каналі, $\text{м}/\text{с}$;

Q – витрата, м³/с;
 C – швидкісний коефіцієнт.

Гідравлічний розрахунок по визначенню глибини води в каналі представлений в табл. 6, табл. 7, табл. 8.

Таблиця 6. Розрахункові витрати води в каналі

| Витрати весняної повені $Q_{пов}$, м ³ /с | Високолітні витрати $Q_{вл}$, м ³ /с | Посівні витрати $Q_{пос}$, м ³ /с | Межені витрати $Q_{меж}$, м ³ /с |
|---|--|---|--|
| 0,9630 | 0,5240 | 0,1698 | 0,0136 |

Таблиця 7. Гідравлічний розрахунок каналу

| Ширина каналу по дну (b), м | | | | | 1,0 | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-----|------------------------------|---------------|------|------------|--------|--------|--------------|----------------------------|
| Коефіцієнт закладання укусу (m) | | | | | 2,5 | | | | | |
| b , м | h , м | m | ω , м ² | χ , м | n | R , м | C | i | v , м/с | Q , м ³ /с |
| 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 |

Таблиця 8. Результати гідравлічного розрахунку каналу

| Ухил | Витрата Q , м ³ /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 | |
| | $Q_{впов}$ | 0,9630 | 0,429 | 0,77 | |

Практичне заняття № 8.

Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів

Завдання: ознайомитися з методикою виконання гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів з використанням ЕОМ за програмою GRM.

Теоретична частина: Програма GRM (гідравлічний розрахунок закритої мережі) – призначена для виконання гідравлічних розрахунків трубопроводів закритої зрошувальної мережі при різних варіантах їх розміщення на плані.

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:

$$d_l = 1130 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V}}, \text{ мм}, \quad (10)$$

де Q – витрата, яка транспортується по трубопроводу, м³/с;

V – рекомендована швидкість руху води у трубопроводі, 1,0–1,5 м/с.

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

6. Встановлюють фактичну швидкість руху води у трубопроводі:

$$V_\phi = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \text{ м/с}. \quad (11)$$

7. Встановлюємо втрати напору по довжині трубопроводу:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{V_\phi^2 \cdot l}{2 \cdot g \cdot d_{\text{вн}}}, \text{ м}, \quad (12)$$

де λ – гідравлічний коефіцієнт тертя (0,02);

l – довжина ділянки трубопроводу м.

8. Встановлюємо повні втрати на трубопроводі:

$$h_w = h_l + h_m = 1,1h_l, \text{ м}, \quad (13)$$

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

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

$$\downarrow \frac{ПЛ}{КТ} = \downarrow \frac{ПЗ}{КТ} + H_o, \text{ м}, \quad (14)$$

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:

$$\downarrow \frac{ПЛ}{ПТ} = \downarrow \frac{ПП}{КТ} + h_w, \text{ м.} \quad (15)$$

11. Результати розрахунку представляємо на рис. 2 (Схема за результатами гідравлічного розрахунку закритої зрошувальної мережі) та у табл. 9. (Результати гідравлічного розрахунку закритої зрошувальної мережі).

Таблиця 9. 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 |

Практичне заняття № 9.

Гідравлічний розрахунок дренажного колектора

Завдання: ознайомитися з методикою виконання гідравлічного розрахунку дренажного колектора з використанням ЕОМ за програмою «DRENAG».

Теоретична частина: Програма «DRENAG» – дає змогу визначити оптимальну конструкцію та параметри закритої регулюючої мережі осушувальної системи у змінних ґрунтових та гідрогеологічних умовах реального об'єкта з урахуванням видів, структури посівів та врожайності сільськогосподарських культур проектної сівозміни за реалізацією економіко-математичного методу.

Мета гідравлічного розрахунку – встановити діаметр колектору 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:

$$q_p = q_T \cdot \kappa_0 \cdot \kappa_\epsilon \cdot \kappa_p, \text{ л/с} \cdot \text{га}, \quad (16)$$

де q_p , q_T – розрахунковий модуль десяти відсоткової забезпеченості в передпосівний період, л/с·га;

κ_0 – коефіцієнт, який залежить від річної норми опадів;

κ_ϵ – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта фільтрації ґрунту;

κ_p – коефіцієнт, який залежить від прийнятої міждренної відстані.

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

Проектний ухил колектору 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:

$$Q = \omega \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot C \sqrt{RI} = \frac{\pi d^2}{8} \cdot C \sqrt{dI}, \quad (17)$$

де I – ухил колектору.

1. У верхів'ї колектору 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.

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 колектору визначаємо сумарну довжину, яка наближена, але не перевищує отриману величину L . Ця довжина визначає місце зміни діаметра на більший стандартний.

Повторюємо розрахунок наступних параметрів:

d – діаметр колектору, мм;

q_p – розрахунковий модуль дренажного стоку;

F – площа, га;

E – міждренна відстань, м;

$\sum L$ – сумарна довжина дрен, м.

Вихідні дані та результати розрахунків зводимо у табл. 10–13.

Таблиця 10. 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 11. 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 12. Гідравлічний розрахунок дренажного колектора

| № дрени | L_{∂} , м | $L_{n,\partial}$, м | C_{∂} | $\sum L_{\phi}$, м | d , мм | $L_{зм,d}$, 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. 12 використані такі позначення: L_o – довжина дрени, м; $L_{n.o}$ – відстань підключення дрени по довжині колектора (від ПК0), м; C_o – 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 колектору, мм; $L_{з.м.d}$ – відстань місця зміни діаметра колектору (від ПК0), м.

Таблиця 13. 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 |

Практичні заняття № 10, № 11.

Автоматизований розрахунок та побудова поздовжнього профіля по дренажному колекторі

Завдання: ознайомитися з методикою виконання розрахунку та побудови поздовжнього профіля з використанням ЕОМ за програмою PROFIL.

Теоретична частина: Програма PROFIL – призначена для автоматизованої побудови та обрахунку об’ємів робіт відкритих та закритих елементів провідної мережі гідромеліоративних систем.

Порядок побудови поздовжнього профілю по дренажному колектору. Розбиваємо пікетаж по трасі дренажного колектора на плані (рис. 3) масштабу 1:2000 від гирла до верхів’я через 100 м. Заповнюємо графі план траси і пікетаж. Знімаємо відмітки поверхні землі і будуємо лінію поверхні землі по трасі дренажного колектора. Дно траншеї проектуємо паралельно поверхні землі, враховуючи що мінімальний ухил становить $i_{min} = 0,002$.

$$i = \frac{\nabla_2 - \nabla_1}{L} \quad (18)$$

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

$$\nabla_3 = \nabla_{новз} - T_{кол}, \text{ м} \quad (19)$$

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

$$T_{кол} = T_{оп} + d_{кол}, \text{ м} \quad (20)$$

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

$$\nabla h = i \times L, \text{ м} \quad (21)$$

За визначеними значеннями відмітки дна траншеї будуємо лінію дна траншеї.

Визначаємо глибину виїмки

$$H_g = \nabla_{\text{повз}} - \nabla_{\text{днат}}, \text{ м} \quad (22)$$

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

Вихідні дані та результати розрахунків зводимо у табл. 14, табл. 15 та рис. 4.

Таблиця 11. 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 12. 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 |

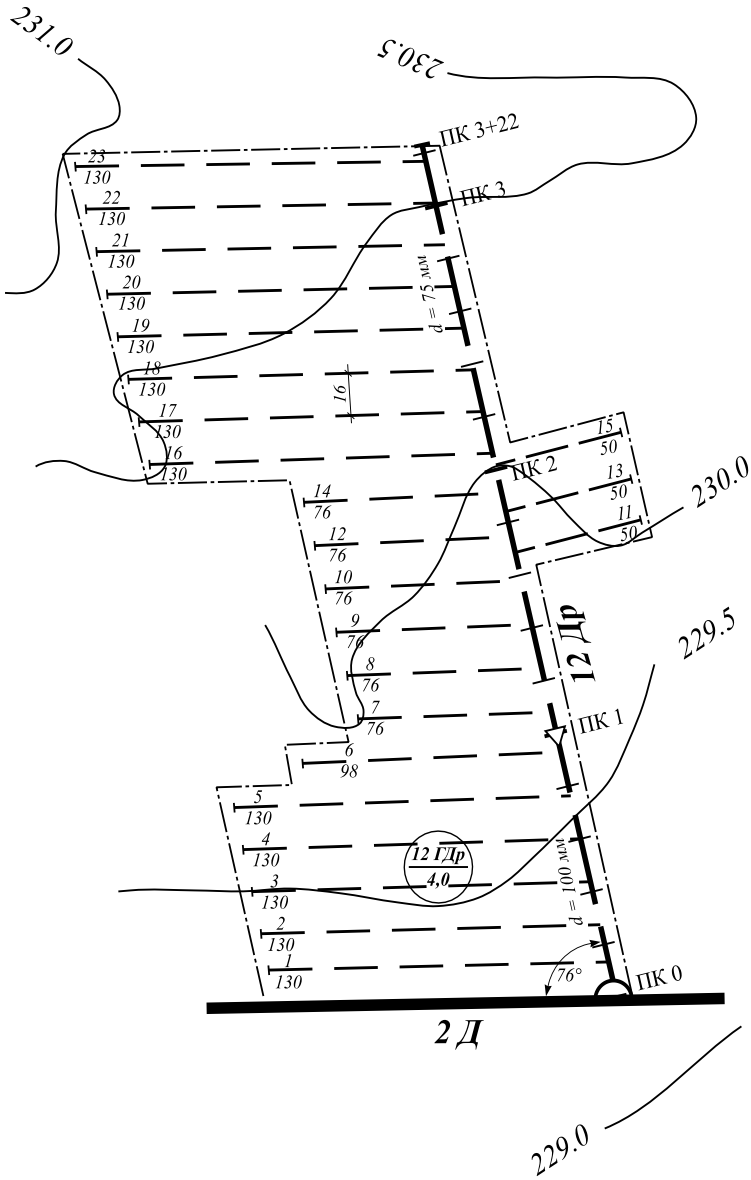


Рис. 3. План типової ділянки колектора

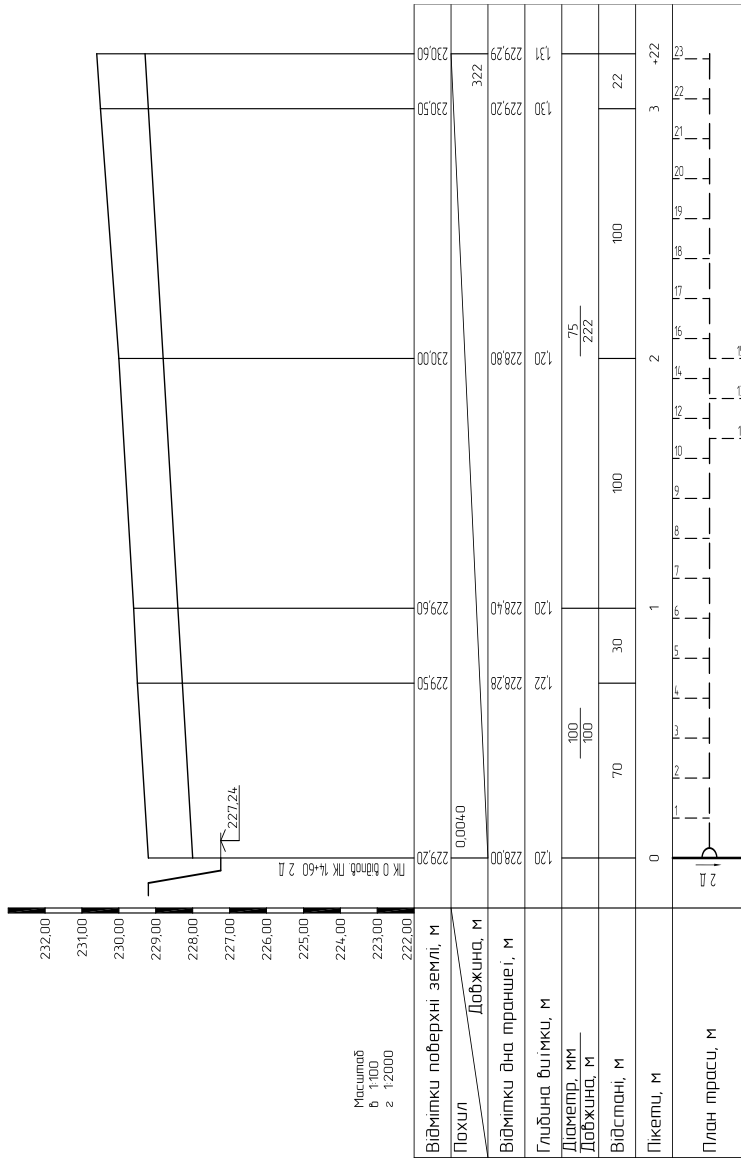


Рис. 4. Поздовжній профіль по трасі дренажного колектора

Практичні заняття № 12, № 13.
Розрахунок та проектування гідротехнічних споруд на
гідромеліоративних системах

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

Теоретична частина: Приклад проектування гідротехнічних споруд за допомогою програмного комплексу Autodesk AutoCAD представлено на рис. 5.



Рис. 5. Споруди на закритій осушувальній мережі

Споруди і арматура на зрошувальних трубопроводах. На закритій зрошувальній мережі влаштовують такі споруди:

- 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. Регулювальна арматура (регулятори тиску і 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. *Переїздне* – 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 замкнутих та безстічних понижень, а також у місцях впуску відкритих каналів у закриті колектори;

- відстійники – застосовують для осадження завислих наносів з дренажних вод, проектують 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 проектують 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 $\downarrow A = 149,91 \text{ м}$, дна колектору $\downarrow B = 148,60 \text{ м}$, глибина закладання колектору $h_{\text{кол}} = 1,31 \text{ м}$ 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

$$H'_K = h_{\text{кол}} + h_1 + h_2, \text{ м} \quad (23)$$

де $h_{\text{кол}}$ – глибина закладання колектору, $h_{\text{кол}} = 1,31 \text{ м}$;

h_1 – відстань від низу колектору до плити дна колодязя, $h_1 = 0,4 \text{ м}$;

h_2 – перевищення колодязя над поверхнею землі на 0,3–0,6 м, приймаємо мінімальне перевищення $h_2 = 0,3 \text{ м}$.

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

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 $H'_K = 2,01 \text{ м}$ приймаємо $H_K = 2,1 \text{ м}$.

3. Встановлюємо відмітку дна колодязя

$$\downarrow B = \downarrow B - h_f = 148,60 - 0,4 = 148,20 \text{ м}, \quad (24)$$

де $\downarrow B$ – відмітка дна колектору, $\downarrow B = 148,60 \text{ м}$.

4. Встановлюємо відмітку дна котловану під колодязь

$$\downarrow \Gamma = \downarrow B - \delta_{no} = 148,20 - 0,1 = 148,10 \text{ м}, \quad (25)$$

де δ_{no} – товщина плити дна колодязя, $\delta_{no} = 0,1 \text{ м}$.

5. Встановлюємо відмітку верху колодязя

$$\downarrow D = \downarrow B + H_K + \delta_{mn} = 148,20 + 2,1 + 0,1 = 150,40 \text{ м}, \quad (26)$$

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

Результати прив'язки зводимо в табл. 16.

Таблиця 16. 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 |

3. Самостійна робота

Завдання для самостійної роботи

| № | Назва теми |
|----|--|
| 1. | Передумови створення та реалізації САПР, сутність та складові проектної справи |
| 2. | Склад проектної документації |
| 3. | Визначення і класифікація САПР |
| 4. | Передумови для створення та реалізації САПР в меліоративному виробництві |
| 5. | ВІМ-технології |
| 6. | Технічне та програмне забезпечення САПР |
| 7. | Принципи побудови САПР меліоративних об'єктів |

4. 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. Проєктування 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 проєктування. Навч. посібник. / За ред. проф. А.М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2010. 178 с.

4. Рокочинський А.М., Турченко В.О., Волк П.П., Коптюк Р.М., Величко С.В., Приходько Н.В., Фроленкова Н.А., Волк Л.Р. Автоматизація проєктування та розрахунків водогосподарсько-меліоративних об'єктів : навч. посібник / за ред. проф. А.М. Рокочинського. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2020. 257 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/19770/>.

5. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проєктної документації на будівництво. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a_2_2_3_2014/1-1-0-1168

6. 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>

7. Інженерний захист територій: навч. посібник / А.М. Рокочинський, В.А. Живиця, Л.А. Волкова, М.І. Ромашенко [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/>.

8. 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/>

9. Проектування закритих зрошувальних систем: навчальний посібник (за редакцією проф. А.М. Рокочинського та проф. Ю.І. Гриня). Рівне : НУВГП; Дніпропетровськ : ДДАУ, 2015. 374 с.

10. 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/>.