


**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАХИСТУ
ДОВКІЛЛЯ В УРБО-ІНДУСТРІАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ**

**методичні рекомендації
до виконання індивідуального завдання № 2**

Запоріжжя 2025



УДК 504.06:622 (072)
072

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №3 від 26.12.2025 р.)

Укладач

Максимова Н.М., канд. техн. наук, доцент

072 Основи технологічних рішень для захисту довкілля в урбо-індустріальному комплексі : методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання № 2 / уклад.: Н. М. Максимова. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 27 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематику індивідуального завдання № 2, методичні пояснення щодо порядку виконання завдання та приклад виконання, питання для самоперевірки, список рекомендованих джерел.

УДК 504.06:622 (072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025



ЗМІСТ

Вступ	4
Індивідуальне завдання № 2. Розрахунок горизонтального систематичного дренажу досконалого типу	6
2.1 Визначення горизонтального систематичного дренажу досконалого типу	6
2.1.1 Визначення розрахункового зниження рівня ґрунтових вод	8
2.1.2 Визначення середньої потужності водоносного горизонту	8
2.1.3 Визначення відстані між дренами-осушувачами	9
2.1.4 Визначення питомих витрат (припливу) води до дрени	9
2.1.5 Визначення пропускної здатності труби й швидкості течії води в трубах	10
2.1.6 Приклад розрахунку горизонтального систематичного дренажу досконалого типу	13
2.2 Розрахунок горизонтального систематичного дренажу недосконалого типу	19
2.3 Завдання	21
Питання для самоперевірки	25
Перелік рекомендованих джерел	25
Додаток А. Приклад титульного аркушу робіт, виконаних здобувачем	26



ВСТУП

У методичних рекомендаціях наведено тематика індивідуального завдання, методичні пояснення щодо порядку виконання, питання для самоперевірки тощо.

Рівень сформованості знань та навичок здобувача вищої освіти з освітнього компоненту за виконання індивідуального завдання оцінюють за бальною шкалою, яка наведена в силабусі та робочій програмі.

Додаткові зауваження:

– студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](#));


– оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем.

Особливі підходи до визнання результатів навчання

– В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються;

– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з питань проєктування та визначення основних параметрів горизонтального систематичного дренажу досконалого і недосконалого типів (наприклад, Coursera, Udemy або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то: 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самостійно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів



неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university).

Як приклад оформлення розрахунково-графічної частини індивідуального завдання слід орієнтуватись на відповідні приклади рішення, які наведені за змістом методичних рекомендацій.



Індивідуальне завдання № 2

Розрахунок горизонтального систематичного дренажу досконалого типу

2.1 Визначення горизонтального систематичного дренажу досконалого типу

Під час розрахунку систематичного дренажу горизонтального типу необхідно визначити відстань між дренами, положення рівня ґрунтових вод після осушення, приплив ґрунтових вод до дрен і до колектора, діаметри та ухили труб дрен і колектора (рис. 2.1) [1].

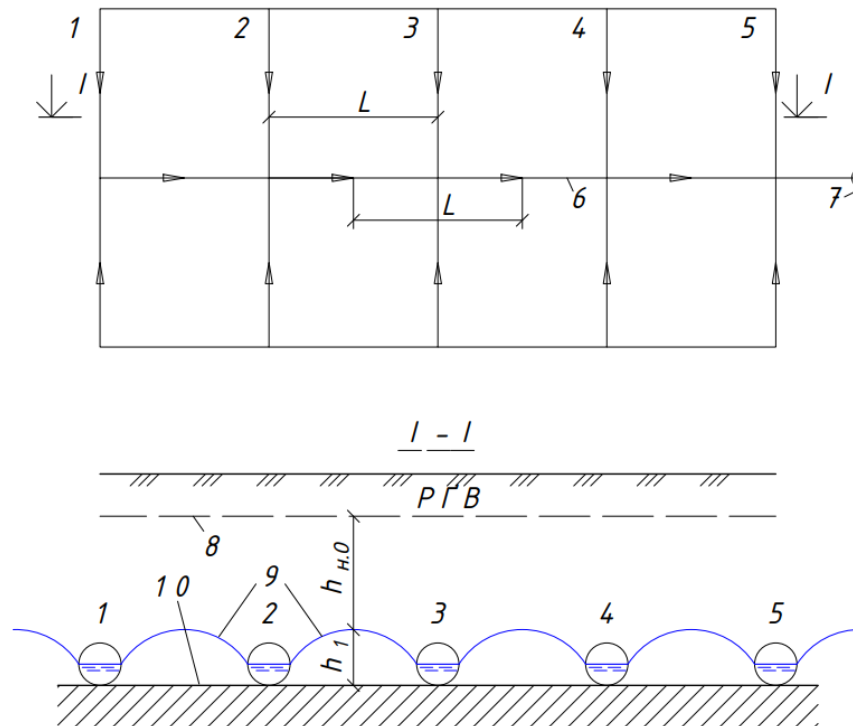


Рисунок 2.1 – Загальна схема осушувальної мережі досконалого систематичного дренажу [1]:

1–5 – дрени-осушувачі; 6 – колектор; 7 – зливостоки; 8 – рівень ґрунтових вод (PГВ) до осушення; 9 – рівень ґрунтових вод при роботі дренажу; 10 – водоупір; $h_{н.о}$ – глибина пониження рівня ґрунтових вод; h_1 – висота шару води над водоупором; L – відстань між дренами

Вихідними даними для проєктування систематичного дренажу є дані інженерних вишукувань по ділянці заданих розмірів. Для цього, по-перше, виконують топографічний план ділянки дренажу, виконаний в масштабі 1:1000–1:2000, створений на основі сітки квадратів зі сторонами 50 м × 50 м або 100 м × 100 м. По-друге, для отримання геологічних і гідрогеологічних даних у вершинах квадратів бурять розвідувальні свердловини з відбором зразків ґрунтів та вимірами глибин появи води [1].

Вихідні дані для виконання учбового завдання по варіантах

наведено в табл. 2.6, а дані інженерних вишукувань по майданчикам – у табл. 2.7 і 2.8 [1].

Далі, на основі топографічних, геологічних і гідрогеологічних даних по свердловинам будують зображення поверхні водоупора (план майданчику в ізогісах). Ізогіпси – це лінії на планах, які з'єднують точки з однаковим значенням абсолютних висот (аналог горизонталей, тільки під рівнем земної поверхні). Гідроізогіпси – це лінії, які єднують точки з однаковим значенням абсолютних висот поверхні водоупора (глини) [1].

Значення позначки ізогіпси в кожній вершині квадратів (кожній свердловині) визначаємо за формулою [1]:

$$H_{\text{ізог}} = H_{\text{Г}} - H_{\text{св}} + h_{\text{гл}} \quad (2.1)$$

- де $H_{\text{Г}}$ – відмітка вершини гирла свердловини на поверхні землі, м (рис. 2.2 і табл. 2.7-2.8);
 $H_{\text{св}}$ – глибина свердловини, м (рис. 2.2 і табл. 2.7-2.8);
 $h_{\text{гл}}$ – товща глинистого шару ґрунту, м (рис. 2.2 і табл. 2.7-2.8)

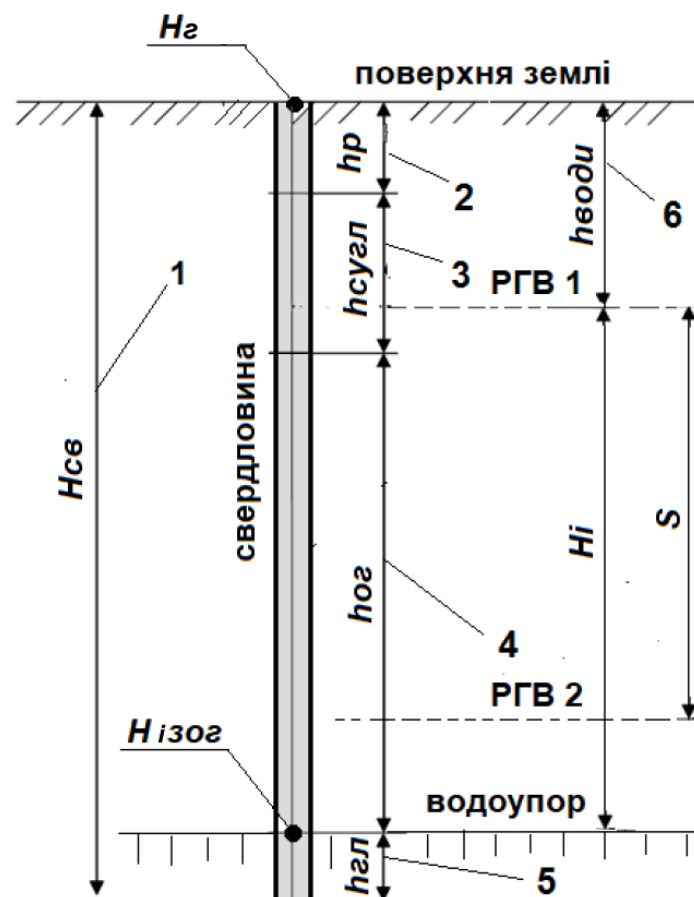


Рисунок 2.2 – Переріз по свердловині [1]:

1 – глибина свердловини; 2 – рослинний шар; 3 – суглинок; 4 – основний ґрунт; 5 – глина; 6 – глибина появи води; РГВ1 і РГВ2 – рівні ґрунтових вод

На рис. 2.5 зображено приклади плану майданчику в ізогіпсах. Крім того, будуюмо поздовжні та поперечні розрізи по майданчику, які дозволяють за мінімальними величинами позначок ізогіпс (поперечний розріз) і відповідного ухилу (поздовжній розріз) визначити трасу дренажного колектора (рис. 2.5) [1].

2.1.1 Визначення розрахункового зниження рівня ґрунтових вод

Розрахункове зниження рівня ґрунтових вод S (рис. 2.1) визначають залежно від функціонального використання території, глибини закладання фундаментів будівель, наявності підвальних приміщень, а також від глибин залягання рівня ґрунтових вод за формулою [1]:

$$S = h_{\text{доп}} - h_{\text{води}} + 0,5, \text{ м}, \quad (2.2)$$

- де $h_{\text{доп}}$ – допустима мінімальна глибина залягання ґрунтових вод, м, (приймають за табл. 2.1 у відповідності із заданим функціональним призначенням території, що вказано в табл. 2.6);
- $h_{\text{води}}$ – мінімальна глибина появи води від поверхні землі, м (взяти мінімальне значення по свердловинам із табл. 2.7-2.8).

Таблиця 2.1 – Допустима мінімальна глибина залягання рівня ґрунтових вод [1]

Функціональне призначення території забудови	$h_{\text{доп}}, \text{ м}$
Багатоповерхова забудова без підвалів	2
Багатоповерхова забудова з підвалами	2,5
Малоповерхова садибна забудова	1,5
Парки, зелені насадження	1
Стадіони, спортивні майданчики, інші площинні споруди	0,5

2.1.2 Визначення середньої потужності водоносного горизонту

Для подальших розрахунків потрібно визначити середню потужність водоносного горизонту H за формулою [1]:

$$H = \frac{\sum H_i}{N}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

- де N – кількість свердловин;
- H_i – висота рівня підземних вод над водоупором в i -тій свердловині (рис. 2.2), яку розраховують так:

$$H_i = H_{\text{св}} - h_{\text{води}} - h_{\text{гл}}, \text{ м}, \quad (2.4)$$



- де $H_{св}$ – глибина свердловини, м (табл. 2.7-2.8);
 $h_{води}$ – глибина появи води від поверхні землі в i -тій свердловині, м (табл. 2.7-2.8);
 $h_{гл}$ – товщина глинистого шару ґрунту, м (табл. 2.7-2.8)

2.1.3 Визначення відстані між дренами-осушувачами

Відстань між дренами-осушувачами L [1]:

$$L = 2(H - S) \sqrt{\frac{K}{\rho}}, \text{ м,} \quad (2.5)$$

- де K – коефіцієнт фільтрації ґрунтів, м/добу (визначають за табл. 2.2 відповідно із заданим типом основного ґрунту за варіантами, що викладені в табл. 2.6);
 ρ – величина інфільтрації поверхневої води, м/добу (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Середні значення параметрів K і ρ [1]

Ґрунт	Коефіцієнт фільтрації ґрунтів K , м/добу	Величина інфільтрації поверхневої води ρ , м/добу
Крупнозерністі піски	50	0,02
Середньозерністі піски	15	0,01
Дрібнозерністі піски	6	0,007
Супіски	0,4	0,002
Суглинки легкі	0,08	0,001

Розміщення дрен-осушувачів у плані проводять після побудови поверхні водоупору в ізолініях і визначення траси колектора [1].

Знаючи відстань між дренами, викреслюємо схему дрен в плані (див. приклад, рис. 2.5) і по схемі визначаємо кількість дрен m [1].

2.1.4 Визначення питомих витрат (припливу) води до дрени

У розрахунку передбачається, що з обох боків на 1 м довжини дрени-осушувача надходить вода з прилеглої до неї території шириною смуги $\frac{L}{2} \cdot 2 = L$ [1].

Питомі витрати (приплив) води на 1 м довжини дрени q знаходимо за формулою [1]:

$$q = \rho \cdot L, \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.6)$$

За довжини дрени L_d , визначеної за планом (це ширина ділянки –



див. рис. 2.5), розрахункові витрати води у дрені Q_p^d складають:

$$Q_p^d = q \cdot L_d, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.7)$$

Розрахункові витрати в колекторі Q_p^k складуть:

$$Q_p^k = Q_p^d \cdot m, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.8)$$

де m – кількість дрен, що прилягають до колектора

2.1.5 Визначення пропускної здатності труби й швидкості течії води в трубах

Метою гідравлічного розрахунку систематичного дренажу є визначення діаметрів дренажної труби і колектора. При розрахунку діаметрів дренажних труб слід виходити з умови безнапірного руху води в них, тобто при неповному їх заповненні. Розрахунок перерізу труби проводиться методом послідовних спроб, тобто спочатку визначають розрахункові витрати, потім задаються деяким перерізом з розрахунком пропускної спроможності при повному заповненні труб і надалі перевіряється відповідність прийнятого перерізу розрахунковим витратам. Для нормальної роботи дренажу його водозахоплююча здатність повинна перевищувати його розрахункову витрату [1].

Подальший розрахунок систематичного дренажу виконують повірочним методом, при якому попередньо задають мінімальні діаметри труб і значення ухилів дренажу, а потім розрахунком перевіряють прийнятність допущень [1].

Рекомендується для розрахунку першого наближення прийняти мінімальні значення діаметрів труб d і ухилів i [1]:

- для дрен-осушувачів $d = 125$ мм, $i = 0,005$;
- для колектора $d = 200$ мм, $i = 0,003$.

Для оцінки пропускної здатності Q_n дренажної труби і труби колектора при їх повному заповненні використовують формулу Шезі для розрахунку витрат [1]:

$$Q = \omega V, \text{ м}^3/\text{с}, \text{ або } Q_n = 86400 \cdot \omega \cdot V, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.9)$$

де ω – площа перерізу труби, м^2 ;
 V – швидкість течії води в трубі, $\text{м}/\text{с}$

$$\omega = \pi \cdot d^2 / 4, \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

де π – математична константа, яка дорівнює приблизно 3,14;
 d – діаметр труби (дрени або колектора), м

Розрахункова швидкість води за повного заповнення труб визначається за формулою Шезі [1]:

$$V = C\sqrt{Ri}, \text{ м/с}, \quad (2.11)$$

де i – поздовжній ухил труби, тис. частки;
 C – коефіцієнт опору тертя по довжині труби (коефіцієнт Шезі), $\text{м}^{0,5}/\text{с}$
 R – гідравлічний радіус труби, м

$$R = d/4, \text{ м},$$

де d – діаметр труби, м

Коефіцієнт Шезі знаходять за формулою М.М. Павловського [1]:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ м}^{0,5}/\text{с}, \quad (2.12)$$

де n – коефіцієнт шорсткості, що характеризує матеріал труби (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнту шорсткості n (за Маннінгом)*


Типи трубопроводів за матеріалом					
азбестоцементні	керамічні	залізобетонні	стальні	труби ПВХ	чавунні
0,011	0,014	0,011	0,012	0,01	0,012

Примітка. «*» Стаття 28 Закону України «Про систему громадського здоров'я» [3]: «3. У технологічних процесах та під час здійснення будівельно-монтажних робіт на будь-яких об'єктах забороняється виробництво і використання азбесту незалежно від виду, а також азбестовмісних виробів і матеріалів. Заходи безпеки і захисту від шкідливого впливу азбесту та азбестовмісних виробів і матеріалів визначаються державними медико-санітарними правилами.»

Також за даними Єдиного веб-порталу органів виконавчої влади України «Урядовий портал»: Для підвищення безпеки здоров'я людей у нових змінах до державних будівельних норм «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» та «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди» вилучена можливість використання азбестоцементних труб при проектуванні напірних водоводів та мереж водопостачання, а також каналізаційних трубопроводів. Ці норми вступили в дію 29 січня 2019 року. Зміни були розроблені ДП «Український державний науково-дослідний і проектно-вишукувальний інститут «УкрНДІводоканалпроект» та внесені до ДБН В.2.5-74-2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» та ДБН В.2.5.75-2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди». Ці норми вступили в дію 29 січня 2019 року [4].

Показник ступеня у розраховують із співвідношення [1]:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75(\sqrt{n} - 0,1)\sqrt{R}. \quad (2.13)$$



Далі перевіряємо відповідність прийнятого перерізу умовам необхідних (розрахункових) витрат (для дрени і для колектора) [1]:

$$Q_n \geq Q_p, \quad (2.14)$$

де Q_n – пропускна здатність при повному заповненні труби, м³/добу;
 Q_p – розрахункові витрати води в дрени (колекторі), м³/добу

Якщо ця умова не виконується, то задаємося більшими діаметрами труб і повертаємося до розрахунків за формулами (2.9–2.14) до виконання умови (2.14) [1].

Далі обчислюють відношення розрахункових витрат труб за неповного заповнення до пропускної здатності труб за повного заповнення Q_p / Q_n (для дрени і для колектора) [1].

Перехід від швидкості за повного заповнення труб до швидкості за неповного їхнього заповнення знаходять так [1]:

$$V_1 \geq V \cdot \eta, \quad (2.15)$$

де V_1 – швидкість за неповного наповнення труб, м/с;
 η – перехідний коефіцієнт, що визначає зміну швидкості (визначається за графіком із співвідношення Q_p / Q_n , див. рис. 2.3)

Знайдені швидкості руху води в дренажній мережі не повинні виходити за межі допустимих значень (від 0,2 м/с до 1,2 м/с) [1].

Максимальну глибину заповнення дрен і колектора водою h розраховують множенням прийнятих величин відповідних діаметрів на співвідношення витрат [1]:

$$h = d \cdot (Q_p / Q_n), \quad (2.16)$$

де Q_p – розрахункові витрати води в трубі;
 Q_n – пропускна здатність труби

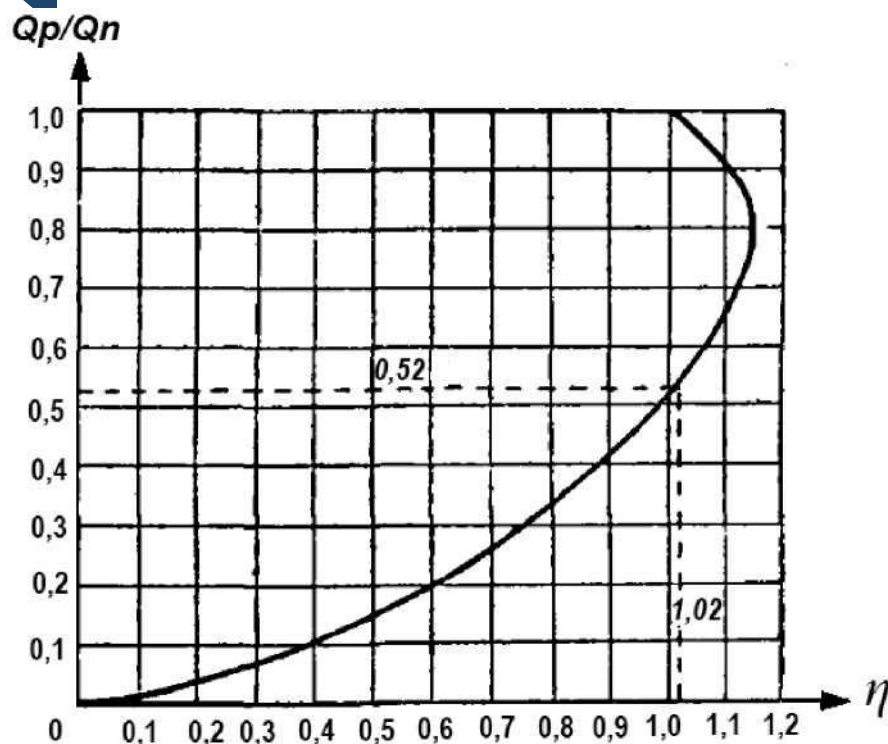


Рисунок 2.3 – Графік для визначення коефіцієнта η [1]

Перевіркою пропускної здатності труб, допустимої швидкості течії в них води за певного рівня заповнення підтверджується правильність попередньо обраних параметрів дренажу [1].

2.1.6 Приклад розрахунку горизонтального систематичного дренажу досконалого типу

Розглянемо приклад розрахунку горизонтального систематичного дренажу досконалого типу [1].

Вихідні дані [1]:

Розмір ділянки – 400 м × 400 м.

Основний вид ґрунту – пісок дрібнозернистий.

Призначення ділянки – парк.

Тип матеріалу дренажних труб – керамічні.

Далі заповнюємо форму таблиці вихідних даних (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Вихідні дані [1]

Номер свердловини	Глибина свердловини, м	Глибина появи води від поверхні землі, м	Товщина шару ґрунту, м				Існуюча позначка, H_e , м	Розрахункові дані, м	
			рослинний шар	суглинок	основний ґрунт	глина		$H_{изог}$	H_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-А	4,11	0,55	0,15	0,2	3,53	0,23	158,8	154,92	3,33
1-Д	4,58	0,44	0,18	0,3	3,91	0,19	158,6	154,21	3,95
1-И	4,65	0,7	0,25	0,25	3,92	0,23	158,3	153,88	3,72
3-А	4,01	0,15	0,1	0,1	3,57	0,24	158,25	154,48	3,62
3-Д	5,05	1,35	0,1	0,3	4,42	0,23	158,86	154,04	3,47
3-И	5,22	1,29	0,05	0,65	4,2	0,32	158,6	153,7	3,61
5-А	5,52	1,06	0,13	0,5	4,73	0,16	159,22	153,86	4,3
5-Д	6,4	0,69	0,28	0,1	5,87	0,15	159,8	153,55	5,56
5-И	6,22	1,01	0,14	0,15	5,8	0,13	159,18	153,09	5,08
7-А	5,41	0,19	0,13	0,5	4,56	0,22	159,68	154,49	5
7-Д	5,34	0,46	0,12	0,4	4,69	0,13	159,32	154,11	4,75
7-И	5,33	0,55	0,15	0,15	4,87	0,16	158,63	153,46	4,62
9-А	5,21	0,53	0,1	0,2	4,73	0,18	159,67	154,64	4,5
9-Д	5,24	0,45	0,15	0,25	4,49	0,35	159,21	154,32	4,44
9-И	4,8	0,23	0,13	0,23	4,21	0,23	158,47	153,9	4,34
Σ									64,29

Рішення

Визначаємо розрахункове зниження рівня ґрунтових вод за формулою (2.2) [1]:

$$S = h_{\text{доп}} - h_{\text{води}} + 0,5 = 1 - 0,15 + 0,5 = 1,35 \text{ м}$$

де $h_{\text{доп}}$ – допустима мінімальна глибина залягання ґрунтових вод, м, (приймають за табл. 2.1 у відповідності із заданим функціональним призначенням території, що вказано в табл. 2.6);

$h_{\text{води}}$ – мінімальна глибина появи води від поверхні землі, м (взяти мінімальне значення по свердловинам із табл. 2.7-2.8)

$$S = h_{\text{доп}} - h_{\text{води}} + 0,5 = 1 - 0,15 + 0,5 = 1,35 \text{ м.}$$

Визначаємо висоту рівня підземних вод над водоупором в i -тій свердловині (рис. 2.2), яку розраховують за формулою (2.4):

$$H_i = H_{\text{св}} - h_{\text{води}} - h_{\text{гл}}, \text{ м,}$$



де $H_{\text{св}}$ – глибина свердловини, м (табл. 2.7-2.8);
 $h_{\text{води}}$ – глибина появи води від поверхні землі в i -тій свердловині, м (табл. 2.7-2.8);
 $h_{\text{гл}}$ – товщина глинистого шару ґрунту, м (табл. 2.7-2.8)

Наприклад, висота рівня підземних вод над водоупором в свердловині № 1-а складе за формулою (2.4):

$$H_{1-a} = 4,11 - 0,55 - 0,23 = 3,33 \text{ м}$$

Аналогічні розрахунки зводимо в табл. 2.4.

Визначаємо середню потужність водоносного горизонту за формулою (2.3) [1]:

$$H = \frac{\sum H_i}{N} = \frac{\sum 64,29}{15} = 4,29 \text{ м}$$

де N – кількість свердловин;
 H_i – висота рівня підземних вод над водоупором в i -тій свердловині (рис. 2.2), яку розраховують так:

Визначаємо відстані між дренами-осушувачами за формулою (2.5) [1]:

$$L = 2(H - S) \sqrt{\frac{K}{\rho}} = 2(4,29 - 1,35) \sqrt{\frac{6}{0,007}} = 172,5 \approx 172 \text{ м}$$

де K – коефіцієнт фільтрації ґрунтів, м/добу (визначають за табл. 2.2 відповідно із заданим типом основного ґрунту за варіантами, що викладені в табл. 2.6);
 ρ – величина інфільтрації поверхневої води, м/добу (табл. 2.2)

Визначаємо питомі витрати (приплив) води на 1 м довжини дрени за формулою (2.6) [1]:

$$q = \rho \cdot L = 0,007 \cdot 172 = 1,2 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

За довжини дрени L_d , визначеної за планом (ширина ділянки), витрати води у дрени Q_p^d складають за формулою (2.7) [1]:

$$Q_p^d = q \cdot L_d = 1,2 \cdot 400 = 480 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Кількість дрен $m = 3$ (див. рис. 2.5 відповідно до варіанту).

Розрахункові витрати в колекторі Q_p^k складуть за формулою (2.8) [1]:

$$Q_p^k = Q_p^d \cdot m = 480 \cdot 3 = 1440 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де m – кількість дрен, що прилягають до колектора

Визначення пропускної здатності труби й швидкості течії води в трубах виконуємо нижче [1].

Для розрахунку першого наближення приймаємо мінімальні значення діаметрів труб і гідравлічних ухилів [1]:

– для дрен-осушувачів $d = 125$ мм, $i = 0,005$;

– для колектора $d = 200$ мм, $i = 0,003$.

Розраховуємо гідравлічний радіус R .

Для дрени $R = d/4 = 0,125 / 4 = 0,03125$ м.

Для колектора $R = d/4 = 0,2 / 4 = 0,05$ м.

Розраховуємо показник ступеня y за формулою (2.13) [1]:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75(\sqrt{n} - 0,1)\sqrt{R}.$$

Для дрени:

$$y = 2,5\sqrt{0,014} - 0,13 - 0,75(\sqrt{0,014} - 0,1)\sqrt{0,03125} = 0,163375.$$

Для колектора:

$$y = 2,5\sqrt{0,014} - 0,13 - 0,75(\sqrt{0,014} - 0,1)\sqrt{0,05} = 0,162731.$$

Розраховуємо коефіцієнт Шезі за формулою (2.12) [1]:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ м}^{0,5}/\text{с},$$

де n – коефіцієнт шорсткості, що характеризує матеріал труби (табл. 2.3)

Для дрени:

$$C = \frac{1}{0,14} 0,03125^{0,163375} = 40,548 \text{ м}^{0,5}/\text{с},$$

Для колектора:

$$C = \frac{1}{0,14} 0,05^{0,162731} = 43,869 \text{ м}^{0,5}/\text{с}.$$

Розраховуємо швидкість води за повного заповнення труб (2.11) [1]:

$$V = C\sqrt{Ri}, \text{ м/с,}$$

- де i – поздовжній ухил труби, тис. частки;
 C – коефіцієнт опору тертя по довжині труби (коефіцієнт Шезі), $\text{м}^{0,5}/\text{с}$
 R – гідравлічний радіус труби, м

Для дрени:

$$V = C\sqrt{Ri} = 40,548\sqrt{0,03125 \cdot 0,005} = 0,50685 \text{ м/с.}$$

Для колектора:

$$V = C\sqrt{Ri} = 43,869\sqrt{0,05 \cdot 0,003} = 0,5373 \text{ м/с.}$$

Визначаємо площу перерізу труби ω , м^2 , за формулою (2.10) [1]:

$$\omega = \pi \cdot d^2 / 4, \text{ м}^2.$$

Для дрени:

$$\omega = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{0,125^2}{4} = 0,0123 \text{ м}^2$$

Для колектора:

$$\omega = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2$$

Розраховуємо пропускну здатність труб при їх повному заповненні за формулою (2.9) [1]:

$$Q_n = 86400 \cdot \omega \cdot V, \text{ м}^3/\text{добу,}$$


Для дрени:

$$Q_n = 86400 \cdot 0,0123 \cdot 0,50685 = 537 \text{ м}^3/\text{добу,}$$

Для колектора:

$$Q_n = 86400 \cdot 0,0314 \cdot 0,5373 = 1457 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Далі перевіряємо відповідність прийнятого перерізу вимогам



необхідних (розрахункових) витрат (для дрени і для колектора) за рівнянням (2.14) [1]:

$$Q_n \geq Q_p,$$

де Q_n – пропускна здатність при повному заповненні труби, м³/добу;
 Q_p – розрахункові витрати води в дрени (колекторі), м³/добу

Для дрени:

$$(Q_n = 537 \text{ м}^3/\text{добу}) \geq (Q_p = 480 \text{ м}^3/\text{добу}),$$

Для колектора:

$$(Q_n = 1457 \text{ м}^3/\text{добу}) \geq (Q_p = 1440 \text{ м}^3/\text{добу}).$$

Перевіркою пропускної здатності труб підтверджується правильність попередньо обраних параметрів дренажу [1].

Далі обчислюємо відношення розрахункових витрат труб (при неповному заповненні) до пропускної здатності труб при повному заповненні Q_p / Q_n [1].

Для дрени:

$$\frac{Q_p}{Q_n} = \frac{480}{537} = 0,89.$$

Для колектора:


$$\frac{Q_p}{Q_n} = \frac{1440}{1447} = 0,99.$$

Визначаємо за графіком (рис. 2.3) перехідний коефіцієнт η із співвідношення Q_p / Q_n . Для дрени $\eta = 1,11$. Для колектора $\eta = 1,01$ [1].

Визначаємо розрахункову швидкість води за неповного заповнення труб за формулою (2.15) [1]:

$$V_1 = V \cdot \eta,$$

де V_1 – швидкість за неповного наповнення труб, м/с;
 η – перехідний коефіцієнт, що визначає зміну швидкості (визначається за графіком із співвідношення Q_p / Q_n , див. рис. 2.3)



Для дрени:

$$V_1 = V \cdot \eta = 0,50685 \cdot 1,11 = 0,56 \text{ м/с.}$$

Для колектора:

$$V_1 = V \cdot \eta = 0,5373 \cdot 1,01 = 0,54 \text{ м/с.}$$

Знайдені швидкості не виходять за межі допустимих значень (від 0,2 м/с до 1,2 м/с) [1].

Максимальну глибину заповнення дрен і колектору водою розраховують множенням прийнятих величин діаметрів на співвідношення витрат за формулою (2.16) [1]:

$$h = d \cdot (Q_p/Q_n),$$

де Q_p – розрахункові витрати води в трубі;
 Q_n – пропускна здатність труби

Для дрени:

$$h = d \cdot \left(\frac{Q_p}{Q_n}\right) = 125 \cdot 0,89 = 111,0 \text{ мм.}$$

Для колектора:

$$h = d \cdot \left(\frac{Q_p}{Q_n}\right) = 200 \cdot 0,99 = 198,0 \text{ мм.}$$

2.2 Розрахунок горизонтального систематичного дренажу недосконалого типу

У разі залягання водоупору понад 5 м від поверхні землі проєктують недосконалий систематичний дренаж [1].

Дренаж проєктують за принципом перевірного розрахунку: перевіряють прийняті значення швидкостей і ухилів, діаметрів, пропускну здатність труб, ступінь заповнення труб і отримують ефект водозниження [1].

Приплив ґрунтових вод до дрени розраховують з урахуванням притоку із зони, розташованої вище глибини закладення дренажу і зони нижче закладення дренажу (рис. 2.4), тобто [1]:

$$q = q_1 + q_2. \quad (2.17)$$

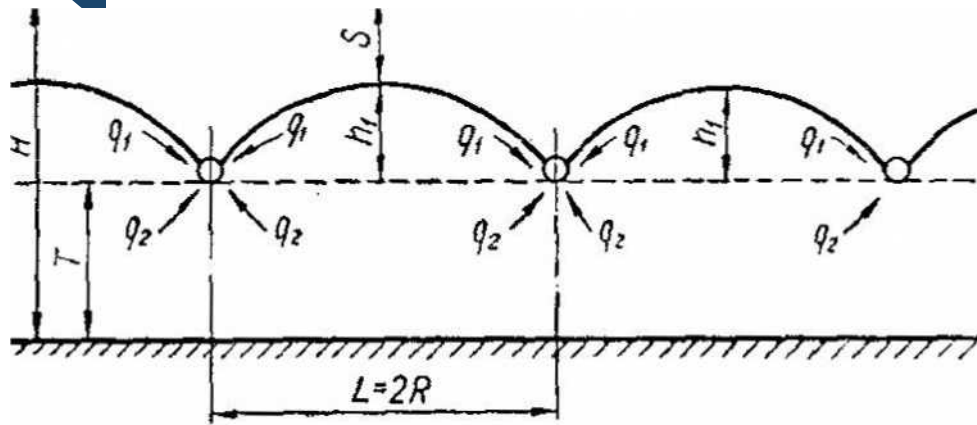


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема горизонтального недосконалого систематичного дренажу [1]

Приплив на 1 м дрени [1]:

$$q = K \frac{h_1^2}{2R} + 2K \frac{h_1}{Rn} Tm, \quad (2.18)$$

- де K – коефіцієнт фільтрації, м/добу (визначають за таблицею 6.2 у відповідності із заданими ґрунтами);
 T – відстань між дренами та водоупором, прийнята рівною 3 м;
 R – радіус впливу дренажу, м

Величину h_1 (див. рис. 2.4), обчислюють так [1]:

$$h_1 = H - T - S, \quad (2.19)$$

- де H – середня потужність водоносного горизонту;
 S – потрібне зниження рівня ґрунтових вод, м

Радіус впливу дренажу R розраховують за формулою [1]:

$$R = \frac{h_1}{\operatorname{tg} \alpha'}, \quad (2.20)$$

- де $\operatorname{tg} \alpha'$ – тангенс кута нахилу депресійної кривої (табл. 2.2) [1]

Через те, що лінії струмів довше величини R , тоді для отримання середнього значення довжин струмів застосовують коефіцієнт $n = f(R/T)$, що приймають згідно табл. 2.5 [1].

Таблиця 2.5 – Значення величини n [1]

R/T	n
20	1,15
5	1,18
4	1,23
3	1,3
2	1,44
1	1,87

У зв'язку з тим, що лінії струмів охоплюють не всю площу ґрунту під дренами, вводять поправочний коефіцієнт $m = 0,75$ [1].

Відстань між дренами недосконалого типу буде дорівнювати [1]:

$$L = 2 \sqrt{K \frac{h_1^2}{\rho} + 2 \frac{Km}{\rho n} T h_1}, \quad (2.22)$$

де ρ – коефіцієнт інфільтрації, який приймають за максимальним значенням [1]:

$$\rho = K \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \left(1 + 2 \frac{m}{nh_1} T \right), \quad (2.23)$$

За довжини дрени L_d , визначеної за планом, витрати води у дрени будуть такими [1]:

$$Q = q \cdot L_d, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.24)$$

Далі проводять перевірочні розрахунки аналогічно (див. формулу (2.14)) [1].

2.3 Завдання

Ознайомитись з основами проектування інженерних заходів щодо захисту міських територій від затоплення і підтоплення та розрахунку необхідних задля цього інженерних споруд. Визначити основні параметри горизонтального систематичного дренажу досконалого типу за даними за варіантами (табл. 2.6). Приклад зображено на рис. 2.5.

Для всіх варіантів задано тип матеріалу дренажних труб: труби ПВХ.

У пояснювальній записці наводять розрахункові частини за всіма завданнями, наведеними в прикладі (див. пп. 2.1.6), а саме: визначити розрахункове зниження рівня ґрунтових вод; середню потужність водоносного горизонту; відстані між дренами-осушувачами; питомі витрати (припливу) води до дрени; пропускну здатність труби й швидкість течії води в трубах.

Графічну частину бажано виконати на аркушах формату А3. Креслення виконати бажано використовуючи AutoCad, а за бажанням можна накреслити «вручну» на аркуші паперу, використовуючи лінійки, олівець, ластик тощо. На окремих аркушах слід накреслити: план майданчика в ізогіпсах, схему дрен і траси колектору, розрізи по дренам і колектору.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для проєктування дренажних систем по варіантах [1]

Варіант	Номер майданчика	Тип основного ґрунту	Функціональне призначення майданчика	Розміри майданчика, м
1	1	Пісок дрібнозернистий	Багатоповерхова забудова без підвалів	500 × 400
2		Пісок середньозернистий	Багатоповерхова забудова з підвалами	
3		Пісок дрібнозернистий	Малоповерхова садибна забудова	
4		Супісок	Парк	
5		Супісок	Спортивний майданчик	
6	2	Пісок середньозернистий	Багатоповерхова забудова без підвалів	500 × 300
7		Пісок дрібнозернистий	Багатоповерхова забудова з підвалами	
8		Пісок дрібнозернистий	Малоповерхова садибна забудова	
9		Супісок	Парк	
10		Суглинок легкий	Спортивний майданчик	
11	1	Супісок	Багатоповерхова забудова без підвалів	450 × 400
12		Пісок дрібнозернистий	Багатоповерхова забудова з підвалами	
13		Супісок	Малоповерхова садибна забудова	
14		Пісок дрібнозернистий	Парк	
15		Суглинок легкий	Спортивний майданчик	
16	2	Пісок дрібнозернистий	Багатоповерхова забудова без підвалів	450 × 350
17		Пісок середньозернистий	Багатоповерхова забудова з підвалами	
18		Супісок	Малоповерхова садибна забудова	
19		Суглинок легкий	Парк	
20		Супісок	Спортивний майданчик	
21	1	Пісок середньозернистий	Багатоповерхова забудова без підвалів	450 × 300
22		Пісок крупнозернистий	Багатоповерхова забудова з підвалами	
23		Пісок середньозернистий	Малоповерхова садибна забудова	
24		Пісок дрібнозернистий	Парк	
25		Суглинок легкий	Спортивний майданчик	

Таблиця 2.7 – Майданчик №1. Дані інженерно-геологічних вишукувань [1]

Номер свердловини	Глибина свердловини, $H_{св}$, м	Глибина появи води від поверхні землі, $h_{води}$, м	Товщина шару ґрунту, м				Існуюча позначка, H_e , м
			рослинний шар, h_p	суглинок, $h_{сугл}$	основний ґрунт, $h_{ое}$	глина, $h_{гл}$	
1-А	4,12	0,65	0,15	0,20	3,52	0,25	158,8
1-Д	4,59	0,55	0,18	0,30	3,91	0,20	158,6
1-И	4,62	0,80	0,25	0,25	3,87	0,25	158,3

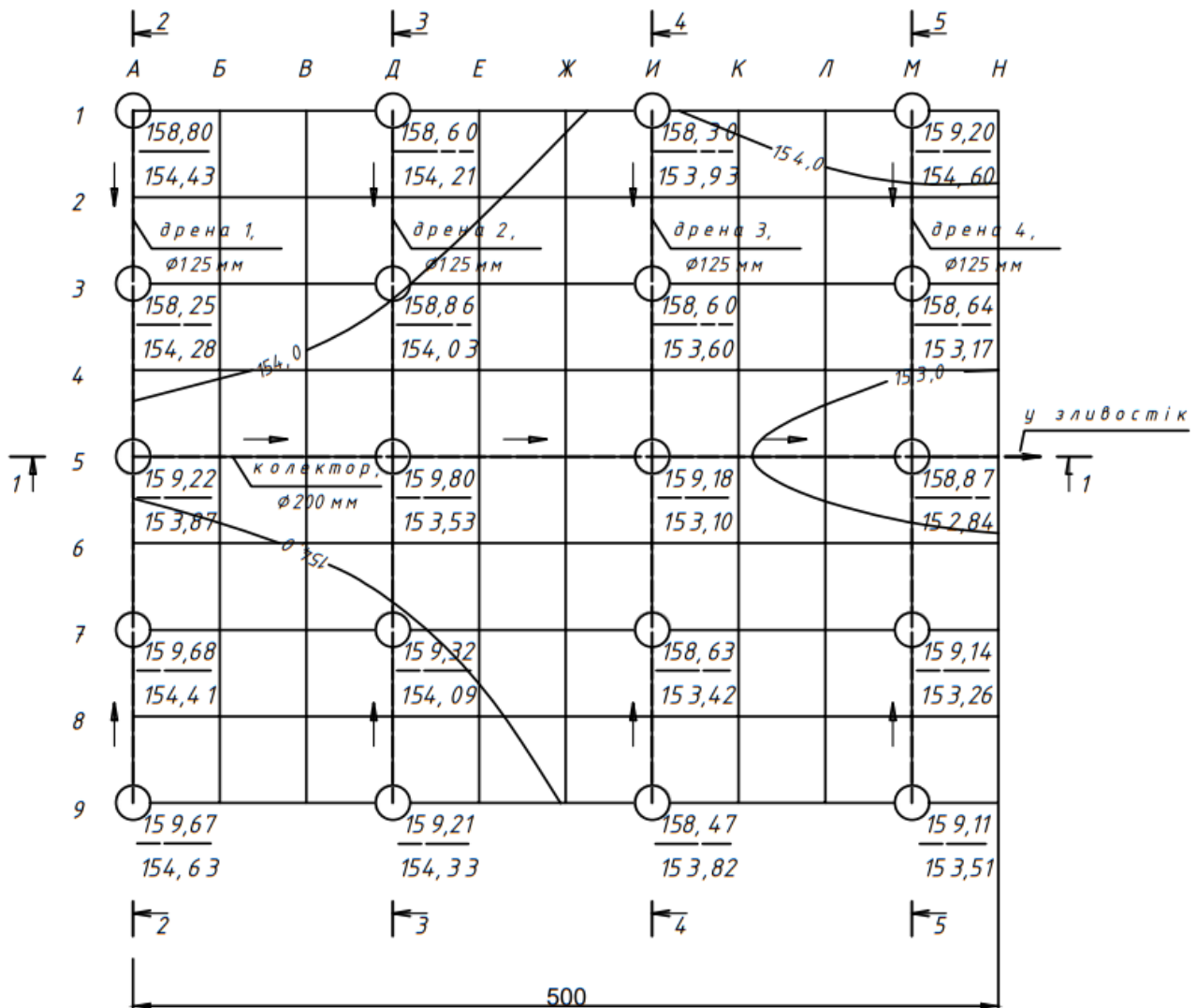
Номер свердловини	Глибина свердловини, $H_{св}$, м	Глибина появи води від поверхні землі, $h_{води}$, м	Товщина шару ґрунту, м				Існуюча позначка, H_e , м
			рослинний шар, h_p	суглинок, $h_{сугл}$	основний ґрунт, $h_{ог}$	глина, $h_{гл}$	
1-М	4,92	1,3	0,15	0,40	4,07	0,30	158,1
3-А	4,02	0,25	0,10	0,10	3,57	0,25	158,25
3-Д	5,07	1,45	0,16	0,30	4,37	0,24	158,86
3-И	5,32	1,34	0,05	0,65	4,30	0,32	158,6
3-М	5,82	0,86	0,18	0,70	4,59	0,35	158,64
5-А	5,53	1,17	0,12	0,30	4,93	0,18	159,22
5-Д	6,42	0,81	0,28	0,10	5,89	0,15	159,8
5-И	6,21	1,01	0,14	0,15	5,79	0,13	159,18
5-М	6,25	0,66	0,12	0,10	5,81	0,22	158,87
7-А	5,40	0,30	0,13	0,05	5,09	0,13	159,68
7-Д	5,35	0,62	0,12	0,40	4,71	0,12	159,32
7-И	5,35	0,63	0,15	0,15	4,91	0,14	158,63
7-М	6,04	1,24	0,10	0,20	5,58	0,16	159,14
9-А	5,22	0,55	0,15	0,25	4,64	0,18	159,67
9-Д	5,23	0,45	0,12	0,23	4,53	0,35	159,21
9-И	4,80	0,35	0,22	0,10	4,33	0,15	158,47
9-М	5,70	0,60	0,25	0,30	5,05	0,10	159,11

Таблиця 2.8 – Майданчик №2. Дані інженерно-геологічних вишукувань [1]

Номер свердловини	Глибина свердловини, $H_{св}$, м	Глибина появи води від поверхні землі, $h_{води}$, м	Товщина шару ґрунту, м				Існуюча позначка, H_e , м
			рослинний шар, h_p	суглинок, $h_{сугл}$	основний ґрунт, $h_{ог}$	глина, $h_{гл}$	
1-А	4,11	0,55	0,15	0,2	3,53	0,23	158,6
1-Д	4,58	0,44	0,18	0,3	3,91	0,19	158,4
1-И	4,65	0,7	0,25	0,25	3,92	0,23	158,1
1-М	4,95	1,25	0,17	0,42	4,04	0,32	157,9
3-А	4,01	0,15	0,1	0,1	3,57	0,24	158,05
3-Д	5,05	1,35	0,1	0,3	4,42	0,23	158,66
3-И	5,22	1,29	0,05	0,65	4,20	0,32	158,4
3-М	5,85	0,84	0,2	0,54	4,73	0,38	158,44
5-А	5,52	1,06	0,13	0,5	4,73	0,16	159,02
5-Д	6,4	0,69	0,28	0,1	5,87	0,15	159,6
5-И	6,22	1,01	0,14	0,15	5,80	0,13	158,98
5-М	6,3	0,58	0,14	0,18	5,62	0,36	158,67
7-А	5,41	0,19	0,13	0,5	4,56	0,22	159,48
7-Д	5,34	0,46	0,12	0,4	4,69	0,13	159,12
7-И	5,33	0,55	0,15	0,15	4,87	0,16	158,43
7-М	6,1	0,95	0,2	0,28	5,41	0,21	158,94
9-А	5,21	0,53	0,1	0,2	4,73	0,18	159,47
9-Д	5,24	0,45	0,15	0,25	4,49	0,35	159,01
9-И	4,8	0,23	0,13	0,23	4,21	0,23	158,27
9-М	5,55	0,55	0,25	0,35	4,83	0,12	158,91

План майданчика з позначенням гідроізогіпс
(Варіант приклад)

Масштаб



Умовні позначення

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | $\frac{159,21}{154,33}$ | — абсолютна відмітка вершини гирла свердловини на поверхні землі, м
абсолютна відмітка рівня підземних вод, м |
| 2 | ○ | — свердловина |
| 3 | $\frac{\text{дрена 1,}}{\phi, \text{мм}}$ | — <u>позначення труби,</u>
характеристики потоку
($\phi, \text{мм}, i, Q, \text{м}^3 / \text{добу}, L, \text{м}$) |
| 4 | $\text{---} 154,0$ | — гідроізогіпса, м |

Рисунок 2.5 – План майданчика (приклад)



Питання для самоперевірки

1. Опишіть послідовність виконання розрахунку перерізу труби, яка входить до складу горизонтального систематичного дренажу досконалого типу?
2. Як оцінюють пропускну здатність дренажної труби і труби колектора горизонтального систематичного дренажу досконалого типу при їх повному заповненні?
3. Які показники впливають на розмір відстані між дренами-осушувачами?

Перелік рекомендованих джерел

1. Інженерна підготовка в складних містобудівних умовах : методичні рекомендації / уклад. : І. Е. Линник, Ю. І. Гайко. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 64 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/>
2. Проектування міських територій : підручник : у 2 ч. / за ред. І. Е. Линник, О. В. Завального ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. Ч. II. 544 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/>
3. Про систему громадського здоров'я : Закон України від 6 вересня 2022 р. № 2573-IX. Дата оновлення: 01.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text> (дата звернення: 20.10.2025).
4. В Україні заборонили використання азбестоцементних труб в системах водопостачання та каналізації, – норми ДБН. Урядовий портал : Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/v-ukrayini-zaboronili-vikoristannya-azbestocementnih-trub-v-sistemah-vodopostachannya-ta-kanalizaciyi-normi-dbn> (дата звернення: 20.10.2025).
5. Доценко В. І., Коваленко В. В., Рудаков Л. М., Ткачук Т. І. Розрахунок і проектування дренажу на зрошувальних системах : навчальний посібник. Дніпро : ДДАЕУ, 2018. 270 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/1335>
6. ДБН В 1.1-25:2009 Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 31 с. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074293124562945479?doc_type=2 (дата звернення: 20.10.2025).

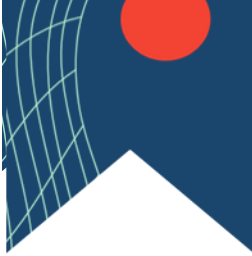
Приклад титульного аркушу робіт, виконаних здобувачем
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАХИСТУ
ДОВКІЛЛЯ В УРБО-ІНДУСТРІАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ:**

Індивідуальне завдання № __ за варіантом № __

Виконав:
Здобувач(ка) вищої освіти
групи _____
Прізвище І.П.

Перевірила:
доц. Максимова Н.М.



Навчально-методичне видання

Наталія Миколаївна Максимова

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАХИСТУ
ДОВКІЛЛЯ В УРБО-ІНДУСТРІАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ**

методичні вказівки до виконання індивідуального завдання № 2

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції