

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування

Кафедра міського будівництва

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Принципи і методи застосування дренажних систем в захисті міських  
територій

Михайлюк Юлія Сергіївна

Київ 2023 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Факультет урбаністики та просторового  
планування Випускова кафедра: міського будівництва  
Освітній ступінь: магістр  
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія  
Освітня програма: міське будівництво та  
господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Декан факультету

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ  
РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ  
МАГІСТРА**

(бакалавра, магістра)

Михайлюк Юлії

Сергіївни

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Принципи і методи застосування дренажних систем в  
захисті міських територій

затверджена наказом ректора КНУБА №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

2. Керівник роботи \_\_\_\_\_ доцент, кандидат технічних наук Приймаченко О. В.

( прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Огляд основних проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях

Р. 2. Ознайомлення з принципами дренажу та його роллю в захисті міських  
територій

Р. 3. Глибинний дренаж

Р. 4. Поверхневий дренаж

Р. 5. Системи очищення води перед дренажною системою

Р.6. Альтернативні різновиди дренажу

5. Графічний матеріал за розділами:

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1 Огляд основних проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях	27.05.23
Розділ 2 Ознайомлення з принципами дренажу та його роллю в захисті міських територій	01.06.23
Розділ 3 Глибинний дренаж	08.06.23
Розділ 4 Поверхневий дренаж	13.06.23
Розділ 5 Системи очищення води перед дренажною системою	13.06.23
Розділ 6 Альтернативні різновиди дренажу	14.06.23
Остаточне оформлення роботи	16.06.2023
Направлення роботи для перевірки на плагіат	16.06.2023
Попередній захист робіт на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	16.06.2023

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5.			
Розділ 6			

9. Дата видачі завдання 16.11.22

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

Резюме (SUMMARY) до астетастійної випускної роботи здобувача:		Михайлюк Юлія Сергіївна Mykhailiuk Yuliia Sergiivna (ПІБ здобувача українською та англійською)	
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Принципи і методи застосування дренажних система в захисті міських Principles and methods of studying drainage systems in the protection of urban areas		
Освітній ступінь	магістр		
Факультет	Факультет урбаністики і просторового планування		
Випускова кафедра	Кафедра міського будівництва		
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Міське будівництво та господарство		
Керівник	Приймаченко О.В.		
Обсяг роботи	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	80	5	10
Розділ 1 Огляд основних проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях	У цьому розділі розглядається як підтоплення інфраструктури впливає на міські території і які відбуваються процеси під час цього.		
Розділ 2 Ознайом лення з принципа ми дренажу та його роллю в захисті міських територій	У цьому розділі розглядається які є види дренажу за: конструктивним рішенням; ступенем гідродинамічної досконалості; за призначенням та дана їхня загальна характеристика , Описано на якому рельєфі розміщувати дренажі, як природні умови впливають на вибір території будівництва		
Розділ 3 Глибинний дренаж	У цьому розділі розписані які є види глибинного дренажу, їх розміщення відносно об'єктів будівництва та його розрахунки		
Розділ 4 Поверхневий	У цьому розділі розписано які є види поверхневого дренажу та розрахунки		

дренаж	
Розділ 5 Системи очищення води перед дренажною системою	У цьому розділі розглядається загальне поняття стічних вод, показники, які впливають на їх очищення і чому потрібно встановлювати очисні споруди разом з дренажними системами
Розділ 6 Альтернативні різновиди дренажу	У цьому розділі розглядається альтернативні види дренажу у порівнянні зі звичайними видами дренажу, та їх переваги
Висновки по роботі:	Підсумовано аналітичну частину дипломної роботи і як висновок надано, що правильно обраний дренаж за певними показниками покращує загальну систему водовідведення і захищає міські території від підтоплення
Ключові слова  Keywords:	дренаж, дренажна система, ґрунт, підтоплення, очистка, стічні води, захист міських територій  drainage, drainage system, soil, heating, cleaning, waste water, protection of urban areas

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ  
ФАКУЛЬТЕТ УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО  
ПЛАНУВАННЯ  
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

---

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
Принципи і методи застосування дренажних систем в захисті міських територій**

Виконав Михайлюк Юлія Сергіївна  
192 Будівництво та цивільна інженерія  
Міське будівництво та господарство  
Групи МБГ-61  
Керівник Приймаченко О.В.  
доцент, кандидат технічних наук  
*Ідентичність підтверджую*

Київ 2023 р.

## Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ....	10
Огляд основних проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях .....	10
1.1 Наслідки підтоплення .....	10
1.2 Фактори впливу підтоплення та процеси, які відбуваються .....	10
РОЗДІЛ 2 .....	15
Ознайомлення з принципами дренажу та його роллю в захисті міських територій.....	15
2.1. Еколого-гігієнічний вплив природних умов на вибір території для будівництва міст .....	15
2.1. Різновиди дренажу .....	18
2.3 Управління рівнем ґрунтових вод.....	21
РОЗДІЛ 3 .....	26
Глибинний дренаж .....	26
3.1. Горизонтальний дренаж і його види .....	26
3.2. Розрахунки горизонтальних та пластових дренажів .....	35
3.3. Вертикальний дренаж і його види.....	44
РОЗДІЛ 4 .....	53
Поверхневий дренаж.....	53
4.1 Види поверхневого дренажу .....	53
4.2 Види поверхневого водовідведення.....	55
4.3 Розрахунки поверхневого дренажу .....	57
РОЗДІЛ 5 .....	63
Системи очищення води перед дренажною системою .....	63
5.1 Стічні води та причини використання очистки.....	63
5.2 Основні показники, які потрібно враховувати при очищенні води .....	69
РОЗДІЛ 6 .....	74
Альтернативні різновиди дренажу.....	74
6.1 Інфільтраційний блок.....	74
6.2 Дренажний тунель.....	75
ВИСНОВКИ .....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	79

## ВСТУП

Сукупні наслідки зростання населення, урбанізації та індустріалізації негативно змінюють гідрологічну реакцію ураженої території та викликають різні впливи на навколишнє середовище. Природне середовище змінюється на створене людиною із супутніми кількісними та якісними змінами кругообігу води. Міський дренаж є частиною цього циклу і пов'язаний з міською гідрологічною системою дуже складним чином. Тому, планування міських дренажних систем має не тільки оцінювати зв'язки з іншими зусиллями з міського планування, але також має бути інтегровано з плануванням інших аспектів міських водних ресурсів, таких як водопостачання, очищення стічних вод та використання приймальних вод.

Дренажна система в Україні може мати різні рівні розвитку. У деяких містах та населених пунктах існують добре розвинуті дренажні системи, які допомагають відведенню поверхневих вод і запобігають підтопленню. Однак, у деяких районах країни дренажна інфраструктура може бути менш розвиненою або потребувати модернізації. Це може бути пов'язано з фінансовими обмеженнями, недостатнім управлінням, недостатньою увагою до дренажних проблем або обмеженими ресурсами місцевих органів влади.

Україна поступово звертає увагу на розвиток та модернізацію дренажної інфраструктури, зокрема у рамках реалізації програм та проектів з екологічного будівництва та урбанізації. Але потрібно розуміти, що цей процес постійний, і з кожним роком з'являються покращені види дренажу, також, переймання досвіду та організації дренажних систем від інших країн.

**Тема роботи:** Принципи і методи застосування дренажних систем в захисті міських територій.

**Предмет дослідження:** дренажні системи.

**Об'єкти дослідження:** інженерна підготовка міських територій або захист міських територій.

**Мета дослідження** полягає у вивченні, аналізі і систематизації принципів та методів використання дренажних систем з метою забезпечення захисту міських територій від проблем, пов'язаних з вологою.

**Наукова новизна** полягає у проведенні комплексного аналізу проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях, і встановлення зв'язку між цими проблемами і ефективним застосуванням дренажних систем. Розробка нових моделей або аналітичних методів допомагає зрозуміти складні взаємозв'язки і знайти оптимальні рішення.

## РОЗДІЛ 1.

### Огляд основних проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях

#### *1.1 Наслідки підтоплення*

Підтоплення забудованих територій – проблема з якою зіштовхуються часто в сфері міського будівництва.

Основні наслідки включають:

- Підтоплення може спричинити пошкодження будівель, інфраструктури та обладнання міста. Вода може проникати в приміщення, призводячи до руйнування стін, підлог, електричних систем та інших об'єктів.
- Підтоплення може призвести до припинення роботи підприємств, транспорту та інших важливих функцій міста. Це може негативно вплинути на економіку, громадський транспорт та доступ до необхідних послуг.
- Вода, що затоплює території, може бути забрудненою, що створює ризик поширення хвороб та інфекцій. Також можуть виникати проблеми зі сміттєзвалищами та стічними водами, які можуть потрапити у водойми та створити загрозу забруднення джерел питної води

Це один із екологічних факторів, який порушує міське середовище. Як причинно-наслідковий зв'язок, не вдаючись до деталей, можемо бачити просідання будівель, виникнення деформацій і руйнування архітектурних об'єктів, доріг, підтоплення підвальних приміщень.

Підтоплення - це гідрогеологічне явище природного та природно-техногенного характеру. Воно виникає у поверхневій товщі ґрунтів і, як наслідок, виражається у тимчасовому або тривалому підйомі ґрунтових вод до поверхні землі.

#### *1.2 Фактори впливу підтоплення та процеси, які відбуваються*

Процес підтоплення може бути локального характеру (окремі будівлі, ділянки, споруди) та розповсюдженого характеру (райони, квартали і навіть регіони).

Природні фактори :

- 1) атмосферні опади (дощова та тала вода);
- 2) ґрунтові води з навколишньої території;
- 3) рух пароподібної вологи у зоні аерації.

Техногенні фактори:

- Ліквідування боліт, які є природними випаровувачами ґрунтових вод;
- Велика площа дорожнього покриття. Фактор, який вилучає ґрунт з кругообігу речовин. Внаслідок, виникає різниця температур між покриттям та ґрунтом, що сприяє розвитку підтоплень;
- Будівництво гідротехнічних споруд;
- Незадовільне функціонування чи повна відсутність у населених пунктах зливової мережі, інших систем водовідведення;
- Перекриття природного стоку внаслідок спорудження інженерних комунікацій та приватних будівель.
- Порушення технологій архітектурно-будівельних процесів;
- Скидання промислових стоків у ґрунт.

Підтоплення впливає не тільки на архітектурно-будівельну галузь, але й на загальний екологічний стан природного середовища: виникає суховершинність, засолення ґрунтів, корозійна активність та набухання ґрунтів, осадки та просадки. ґрунтові води на забудованій території набувають агресивних властивостей щодо бетонів і металів, що призводить до руйнування фундаментів, виникнення суфозійних і просадкових явищ. Також, процес підтоплення впливає на такі явища:

1. «Суфозія - це руйнування і винесення потоком підземних вод окремих компонентів і великих мас дисперсних і зцементованих уламкових порід, у тому числі й тих, що формують скельні масиви. Суфозійне руйнування

гірських порід може бути хімічним (розчинення) і механічним, у вигляді розмивання чи фільтраційного руйнування. В результаті на земній поверхні утворюються осади, провали, зсуви, а під землею – порожнини й ослаблені зони. Ґрунти втрачають міцність і несучу здатність, збільшується їх водопроникність. Переважно, суфозія розвивається приховано, проявляється раптово і є явищем, дуже чутливим до техногенного впливу на геологічне середовище. Отже, головна небезпека суфозії – швидке руйнування будівель і споруд, яке може бути зумовлене впливом зовнішніх факторів (вібрації і т.п.).

2. Зсуви – це сходження земельних мас вниз по схилу під дією власної ваги і навантажень (фільтраційних, сейсмічних, вібраційних). Дуже часто зсуви є наслідком проведення будівельних робіт на схилах. Однією з причин також може бути підтоплення: вологі ґрунти стають більш пластичними і рухливими, втрачають несучу здатність.
3. Карст – це геологічне явище, пов'язане з розчиненням водою гірських порід, з утворенням при цьому підземних порожнин і, як наслідок, провалами земної поверхні. Масиви гірських порід, у яких розвивається карст, називають закарстованими. Містобудівельне освоєння закарстованих масивів призводить до активізації карстів: утворюються нові провали, воронки, колодязі. Окремі воронки досягають 50-60 м в діаметрі і мають глибину до 30 м.» [2]

Порушення технологій архітектурно-будівельних процесів або недостатній аналіз містобудівельних і гідро-геологічних умов передують розвитку підтоплення окремих територій або навіть цілих районів міста.

Проблеми підтоплення в міських територіях:

1. Загроза підтопленню історичних частин міст.

Підтоплення створює небезпеку фізичному збереженню історичної забудови, де скоцентовані пам'ятки архітектури і культури. Цей фактор потрібно

враховувати при реконструкційних та реставраційних роботах, але при цьому виникають проблемні ситуації:

- Сусідство пам'яток архітектури і пам'яток археології. Пам'ятки археології потребують збереження високого рівня підземних вод, які виступають для них головним консерватором. Для пам'яток архітектури, навпаки, - захист від затоплення підземними водами заглиблених приміщень.
- Взаємодія геологічного середовища з пам'ятками архітектури та містобудування . Геологічне середовище потребує спеціальних інженерних засобів для припинення інтенсифікації небезпечних геологічних процесів через свій загрозливий вплив на пам'ятки архітектури та містобудування. А другим потрібно зберегти свої планувальні структури і склад.
- Сусідство пам'яток архітектури з сучасною забудовою. Сучасна забудова вимагає певного рівня благоустрою і визначеного складу інфраструктури, тим самим, може призвести до руйнування історичної забудови.
- Загальних уніфікованих рекомендацій для розв'язання даних протиріч бути не може.

Засоби захисту від підтоплення існуючої забудови:

- зниження вразливості пам'ятки архітектури до підтоплення (відмостка з відведенням води, гідроізоляція, закріплення ґрунтів і фундаментів, пристінний дренаж тощо);
- нейтралізація джерел підтоплення (ліквідація впливу поверхневого стоку і екрануючих асфальтових покриттів тощо);
- запобігання впливу підземних і поверхневих вод на пам'ятку архітектури (завіси, вертикальне планування майданчику, кільцевий дренаж тощо .
- “Захист від підтоплення повинен включати:
- локальний захист будинків, споруд, ґрунтів основ і захист забудованої території в цілому;
- водовідведення поверхневого стоку;

- очищення (за необхідності) вод, що скидаються (дренажні, поверхневі, стічні);
- систему моніторингу за режимом підземних і поверхневих вод, за витратами (втратами води) і напорами в водонесучих комунікаціях, за деформаціями основ, будинків і споруд, а також за роботою споруд інженерного захисту.

Локальна система інженерного захисту повинна бути спрямована на захист окремих будівель і споруд. Вона включає дренажі (кільцевий, променевий, пристінний, пластовий, систематичний, вентиляційний, супутній тощо), відведення поверхневого стоку, протифільтраційні завіси та екрани.

Територіальна система повинна забезпечувати загальний захист забудованої території (ділянки). Вона включає перехоплюючі дренажі (головний, береговий, відсічний, систематичний і супутній), протифільтраційні завіси, вертикальне планування території з організацією поверхневого стоку, прочищення відкритих водотоків і інших елементів природного дренажу, дощову каналізацію і регулювання режиму рівнів водних об'єктів.” [1].

## РОЗДІЛ 2

### Ознайомлення з принципами дренажу та його роллю в захисті міських територій

#### *2.1. Еколого-гігієнічний вплив природних умов на вибір території для будівництва міст*

Розташування населеного пункту або планування міської території визначаються з урахуванням кліматичних умов, рельєфу, гідрологічних та інженерно-геологічних умов, а також наявності природних зелених насаджень. Мікрокліматичні умови мають важливий вплив на вибір території для населеного пункту та на планувальні рішення міської території, зокрема щодо її функціонального зонування.

Для ефективного відведення поверхневих вод на міській території необхідно мати нахил не менше 0,4%.

При виборі території для розміщення населеного пункту велике значення має гідрологія. Природні водоймища, такі як річки, озера і ставки, є важливими елементами, що впливають на планування міста і створюють сприятливі мікрокліматичні умови разом з зеленими насадженнями. Водоймища використовуються для водопостачання, організації водного транспорту, водноспортивних споруд і місць відпочинку для населення.

Необхідно детально досліджувати заболочені території, оскільки їх поява і режим тісно пов'язані з кліматичними умовами, рельєфом території, гідрологією відкритих водоймищ, режимом ґрунтових і поверхневих вод. Гідрологічні дослідження повинні встановлювати ступінь заболочення району: густину і конфігурацію гідрографічної мережі, басейни і умови живлення річок, характеристики річок, зокрема повені, сучасне використання водоймищ, якість води, запаси води для різних потреб і т.д.

Інженерно-геологічні умови, разом із заляганням ґрунтових вод, визначають умови стійкості споруд і будівель, конструкції фундаментів. Освоєння території для міської забудови вимагає проведення комплексу планувальних і будівельних

заходів, що збільшує вартість міського будівництва і негативно впливає на загальну економіку будівництва та експлуатацію міста. Тому інженерно-геологічні умови мають важливу роль у процесі.

Для різних видів дренажу відповідають різні типи рельєфу. За рахунок їхнього поєднання можна добитися кращої роботи всієї системи.

Для поверхневого дренажу підходить рівний або слабо нахилений рельєф. Він дозволяє створити канави, канали або греблі для збирання і відведення поверхневих вод. Також, підходить рельєф з невеликими низинами або долинами, де вона накопичується, оскільки там можна легко встановити канави або канали для відведення надлишкової води.

Для вертикального дренажу підходить рельєф з наявністю глибоких шарів пористих матеріалів, таких як піски або гравій, є сприятливим для вертикального дренажу. Такий рельєф забезпечує швидке відведення води з ґрунту через дренажні свердловини або каналізаційні труби. Глибокі долини або яри можуть також бути використані для вертикального дренажу, оскільки вони можуть забезпечувати природну дренажну функцію.

Для горизонтального дренажу підходить рівні або слабо нахилений рельєф з рівномірною поверхнею є сприятливим для горизонтального дренажу. Цей вид дренажу передбачає створення системи горизонтально розташованих дренажних труб або каналів для збирання і відведення води. Також підходить рельєф з наявністю нижніх точок або природних споруд, які забезпечують стік води.

Для складання проекту дренажу необхідні наступні дані і матеріали:

- Технічний висновок про гідрогеологічні умови будівництва; п
- План території в масштабі 1: 500 з існуючими та проєктованими будівлями і підземними спорудами;
- Проєкт організації рельєфу;
- Плани та відмітки підлог підвальних приміщень та підпілля будівель;
- Плани, розрізи і розгортки фундаментів будівель;

- Плани, поздовжні профілі і розрізи підземних каналів.
- У технічному висновку про гідрогеологічні умови будівництва повинні бути дані характеристики підземних вод, геолого-літологічної будови ділянки та фізико-механічних властивостей ґрунтів.
- У розділі характеристики підземних вод повинні бути зазначені:
  - Причини утворення і джерела живлення підземних вод;
  - Режим підземних вод та відмітки з'явився, усталеного і розрахункового рівнів підземних вод, а в необхідних випадках висота зони капілярного зволоження ґрунту;
  - Дані хімічного аналізу і висновки про агресивність підземних вод по відношенню до бетонів та розчинів.
  - У геолого-літологічному розділі дається загальний опис будови ділянки.
  - У характеристиці фізико-механічних властивостей ґрунтів повинні бути зазначені:
    - Гранулометричний склад піщаних ґрунтів;
    - Коефіцієнти фільтрації піщаних ґрунтів і супісків;
    - Коефіцієнти пористості і водовіддачі;
    - Кут природного укосу і несуча здатність ґрунтів.

Трасування дренажів визначає:

Розміщення дренажної мережі у плані, вибір глибини закладення мережі, сполучення дренажних ліній у плані й профілі, вибір проектних ухилів дренажів. Розміщення дренажної мережі у плані визначають системою і типом дренажу, а також характером забудови.

Глибину закладення визначають величиною зниження рівня підземних вод, системою і типом дренажу і гідрогеологічними умовами дренажної території. Проектні ухили регламентуються умовами роботи дренажу і гідравлічними характеристиками. Поздовжній дренаж проектується на ділянках з ухилом проїзної частини менше 30 ‰ з ухилом, що відповідає ухилу лотків, але не менше 4



1	Магістральні вулиці та дороги	+	+						+	+	+			
2	Громадські та інженерні споруди	+	+						+	+	+			
3	Пам'ятки історії та архітектури	+	+						+					
4	Складні дорожньо-транспортні споруди	+	+						+	+	+	+		
5	Великі резервуари	+	+								+	+		
6	Берегові контрбанкети і контрфорси	+	+											
7	Споруди, розташовані окремо			+	+	+	+							+
8	Сформована міська забудова	+	+							+				+
9	Окремі спортивні споруди					+	+			+	+			+
10	Вулиці і дороги місцевого значення									+	+	+	+	
11	Міські садово-паркові території									+		+	+	+
12	Лісові, заповідні зони											+	+	+

По ступеню гідродинамічної досконалості дренажі поділяються на:

Дренаж досконалого типу закладають на водоупорі. Ґрунтові води надходять в дренаж зверху та збоку. Відповідно цей дренаж повинен мати дренажне обсіпання зверху і з боків.

Дренаж недосконалого типу закладають вище водоупору. Ґрунтові води надходять в дренаж з усіх боків, тому дренажне обсіпання повинно виконуватися замкнуто з усіх боків.

Фактори за якими визначається необхідність устанавлення дренажу:

- Рельєф місцевості. Якщо ділянка залягає в місцях вододілів або в низині, то потрібен дренаж.
- Щільність ґрунту. Варто встановлювати дренаж, якщо ділянка розташована на ґрунтах з низьким показником пропуском води.
- Глибина розташування ґрунтових вод. Якщо ділянка знаходиться, де води залягають на глибині 1,5 метри, то це ознака для встановлення дренажу.
- Площа водозбору.

Для дослідження дренажних систем використовують такі аспекти і принципи у захисті міських територій:

Збір і відведення води: Основний принцип дренажу полягає в зборі надлишкової вологи з міських територій та її відведенні. Це включає встановлення дренажних систем, таких як трубопроводи, канали, каналізаційні системи, для забезпечення швидкого та ефективного відведення води.

Управління рівнем ґрунтових вод: Дренажні системи використовуються для контролю рівня ґрунтових вод на міських територіях. Це дозволяє запобігати затопленням, вирубуванням ґрунту, пошкодженню будівель та інфраструктури.

Регулювання рівня ґрунтових вод може здійснюватися за допомогою дренажних систем з налагоджуваними клапанами, насосами та іншими контрольними пристроями.

Оптимізація дренажної мережі: Це включає визначення оптимальної конфігурації мережі, розрахунок оптимальних діаметрів трубопроводів, розміщення дощеприймачів та інших елементів системи.

Захист від повеней та ерозії: Дренажні системи виконують важливу роль у захисті міських територій від повеней та ерозії. Вони сприяють швидкому відведенню дощових стоків та збереженню стійкості ґрунту. Для досягнення цього можуть використовуватися такі елементи, як розсікачі стоків, канали, водозахисні споруди та інші заходи.

Екологічна рівновага: Дренажні системи можуть бути розроблені з урахуванням принципів екологічної рівноваги. Це означає використання природних матеріалів, розробку систем зелених дренажних об'єктів, створення екосистем, які сприяють збереженню природних ресурсів та біорізноманіття.

### *2.3 Управління рівнем ґрунтових вод*

Основні принципи та методи застосування дренажу для управління рівнем ґрунтових вод включають:

Горизонтальний дренаж: Цей метод використовується для відведення надлишкової вологи з ґрунту шляхом прокладання горизонтальних дренажних труб або каналів. Дренажні труби розташовуються на певній глибині та забезпечують збір та відведення води до відповідних збірних пунктів.

Вертикальний дренаж: Цей метод використовується, коли ґрунт має обмежену водопроникність або наявні шари, які утримують воду. Вертикальні дренажні труби або колодязі прокладаються вглиб ґрунту, щоб створити шлях для швидкого відведення води з верхніх шарів до глибинних шарів.

Комбінований дренаж: Цей метод поєднує горизонтальний та вертикальний дренаж для досягнення оптимальних результатів. Він використовується там, де ґрунт має різні властивості або проблеми з водопроникністю на різних глибинах. Комбінація горизонтальних та вертикальних дренажних елементів дозволяє ефективно керувати рівнем ґрунтових вод на різних рівнях.

Контрольоване розташування дренажних елементів: Ефективне управління рівнем ґрунтових вод передбачає правильне розташування дренажних елементів відповідно до місцевих умов та властивостей ґрунту. Це може включати визначення оптимальної глибини розташування труб, врахування нерівномірностей та нахилів території, а також врахування розташування існуючих джерел води та зон водоносності.

Для захисту від підтоплення міських територій використовуються аналітичні методи, які дозволяють розрахувати типові гідрогеологічні схеми та визначити криву депресії при роботі дренажу. Завдяки гідрогеологічним розрахункам та моделюванню можна обґрунтовано призначити глибину закладання дренажу, враховуючи необхідну норму осушення.

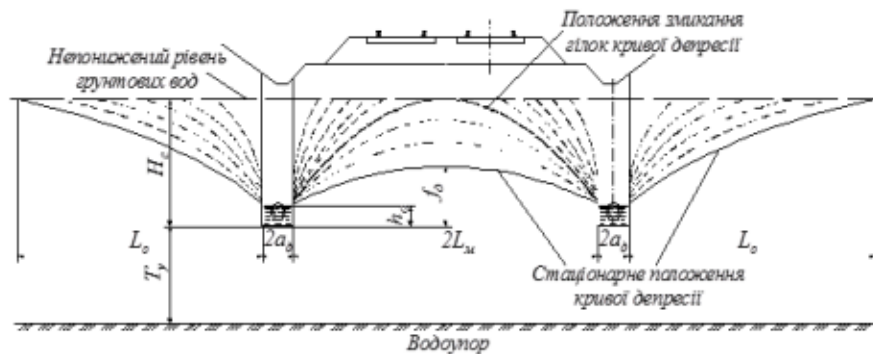
Крива депресії при роботі дренажу- це графік залежності між рівнем ґрунтових вод і глибиною дренажної системи. Крива відображає, як змінюється рівень ґрунтових вод у міру просочування води через дренажні труби або канали.

На кривій депресії видно, що на початку роботи дренажної системи рівень ґрунтових вод знижується швидко, оскільки вода активно відводиться. Проте з часом швидкість зниження рівня ґрунтових вод зменшується, і крива депресії стабілізується на певному рівні. Цей рівень називається стабілізаційним рівнем ґрунтових вод.

Крива депресії є важливим інструментом для оцінки ефективності дренажної системи, дозволяє встановити оптимальну глибину розташування дренажних труб або каналів, а також оцінити вплив різних факторів, таких як водопроникність ґрунту, розміщення дренажу та інші, на роботу системи.

Для захисту від підтоплення міських територій використовуються аналітичні методи, які дозволяють розрахувати типові гідрогеологічні схеми та визначити криву депресії при роботі дренажу. Завдяки гідрогеологічним розрахункам та моделюванню можна обґрунтовано призначити глибину закладання дренажу, враховуючи необхідну норму осушення.

Осушення ґрунту – час, за який буде реалізована визначена ефективність осушення дренажем, тобто криві депресії ґрунтової води замуть своє стаціонарне положення. (Рис.2.1) [3]



Мал. 2.1 – Схема осушення ґрунту дренажем

Термін осушення визначається за такою формулою (2.1):

$$t_0 = \frac{m_0 \cdot L_0^2}{K_\Phi \cdot \sqrt{B_0}} \cdot (\eta_1 \cdot \eta_2) \quad (2.1)$$

де  $m_0$  – водовіддача;

$K_\Phi$  – коефіцієнт фільтрації;

$L_0$  – проекція кривої депресії на горизонтальну вісь.

Для двосторонніх дренажів слід приймати:  $L_0=L_M$

Для односторонніх дренажів використовують формулу (2.2):

$$L_0 = \frac{2(l-l_0)}{(2-l_0)l_0} \cdot (H_\Gamma \cdot h_0) \quad (2.2)$$

де  $H_\Gamma$  – висота незниженого горизонту ґрунтових вод над дном дренажу (для досконалих дренажів над рівнем водоупору) (2.3):

$$H_\Gamma = H_0 + f_0 \quad (2.3)$$

де  $B_d$  – коефіцієнт, який урахує недосконалість дренажу (2.4):

$$B_d = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{a_d \cdot T_y}{(H_\Gamma + T_y) \cdot H_\Gamma}} \quad (2.4)$$

де  $T_y$  – відстань від дна дренажної траншеї до водоупору (2.5):

$$T_y = A_{ГВ} - A_{ВУ} + H_{Г} \quad (2.5)$$

де  $A_{ГВ}$  та  $A_{ВУ}$  – відповідно відмітки рівня ґрунтових вод і водоупору;

$a_d$  – половина ширини дренажної траншеї;

\*при досконалому дренажі  $T_y=0$  і  $B_d=1$ ;

$\eta_1$  та  $\eta_2$  – функції, які визначають час осушення;

при двосторонніх дренажах вказані функції розраховують для міждренажного простору:

$\eta_1$  – час від початку осушення до моменту змикання гілок кривої депресії (2.6):

$$\eta_1 = \frac{H_{Г} + 2h_0}{3(H_{Г} + h_0^2)} \quad (2.6)$$

$\eta_2$  – час від моменту змикання гілок кривої депресії до її переходу в стаціонарне положення (2.7):

$$\eta_2 = \frac{2}{3A_d^2} \cdot \left( \frac{1}{f_0} - \frac{1}{H_{Г}} \right) \quad (2.7)$$

де  $A_d$  – коефіцієнт, величина якого приймається з таблиці 2.2 залежно від відношення  $\frac{h_0}{H_0}$ , тобто  $A_d = f \frac{h_0}{H_0}$ , (Табл. 2.2)

$f_d$  – відстань від дна дренажної траншеї до стаціонарного положення кривої депресії в розрахунковому перерізі двостороннього дренажу (2.8):

$$f_d = h_0 + \varepsilon_0 + l_0 + L_M \quad (2.8)$$

при цьому значення висоти височування води  $\varepsilon_0$  уточнюється за формулою (2.9):

$$\varepsilon_0 = \frac{l_0}{(2-l_0)} \cdot (H_{Г} - h_0) \quad (2.9)$$

при односторонніх дренажах і двосторонніх дренажах з польової сторони:  $\eta_1$  – час від початку осушення до зайняття гілками кривої депресії стаціонарного положення (2.10):

$$\begin{cases} \eta_1 = \frac{4(H_r^3 - h_0^3)}{3(H_r^2 - h_0^2)} \\ \eta_1 = 0 \end{cases} \quad (2.10)$$

Табл. 2.2

Значення коефіцієнта  $A_d = f \frac{h_0}{H_0}$

$\frac{h_0}{H_0}$	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$A_d$	0,862	0,861	0,857	0,842	0,817	0,781	0,734	0,674	0,597	0,497	0,357

Після розрахунків термінів осушення для кожного з конкретних варіантів їх порівнюють з допустимими значеннями, після чого приймається кінцеве рішення про улаштування того, чи іншого дренажу. Допустимий термін осушення встановлюється залежно від мети та завдань осушення і визначається конкретно для кожного об'єкта відповідним технічним та техніко-економічним обґрунтуванням. Допускають терміни осушення приблизно від 1 до 3 років.

## РОЗДІЛ 3

### Глибинний дренаж

#### *3.1. Горизонтальний дренаж і його види*

Горизонтальний дренаж – це гідротехнічна споруда, що передбачає розміщення горизонтальних дренажних шарів або трубопроводів в ґрунті з метою зниження рівня ґрунтових вод. Також, може виступати як самостійний елемент інженерного захисту, вкладається на глибинах до 6-8 м. В умовах міської промислової забудови, як правило влаштовують закритий дренаж трубчастого типу, хоча при певних обставинах застосовують відкритий горизонтальний дренаж у вигляді траншеї або каналу. [1]

Обидва види горизонтальних систем складаються з трьох частин: збираючої, водовідвідних колекторів та водоприймаючої. Горизонтальний дренаж відкритого типу використовують при осушенні великих площ - переважно це об'єкти сільськогосподарського призначення. Застосування відкритих дренажів в умовах міста несумісне з благоустроєм міських територій, з міськими вулицями і забудовою. Тому, відкритий дренаж може влаштовуватись на незабудованій території, на ділянках зелених насаджень, в приміській зоні міста і в зоні відпочинку. Однак, і в цих умовах відкриті канави і траншеї необхідно розглядати як тимчасові заходи, які при першій можливості необхідно замінити підземним дренажем. [10]

Горизонтальний дренаж закритого типу найчастіше поширюється у цивільному, приватному та промисловому будівництві. Такий дренаж не перешкоджає використанню території з містобудівельною метою, але в містах з капітальною багатоповерховою забудовою цей тип дренажу не може забезпечити стабільне пониження рівня ґрунтових вод і не виключає можливість виникнення аварій і катастроф. Надійність роботи закритого дренажу, можливість його постійного засмічення і складність прочищення визначає його застосування тільки

на територіях з некапітальною тимчасовою забудовою, на ділянках зелених насаджень, в приміській зоні. [10]

Різновидом закритого підземного дренажу є трубчастий дренаж, який використовують в міських умовах (рис. 3.1) Конструкція трубчастого дренажу представляє собою дренажну трубу з дренажною обсіпкою, яка захоплює ґрунтові води. Траншея трубчастого дренажу засипана повністю і на поверхню землі виходять лише люки колодязів, які встановлені на дренажних лініях.

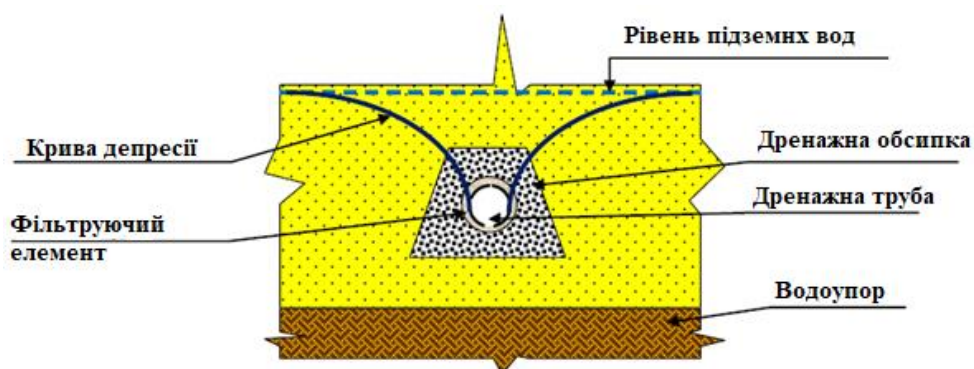


Рис. 3.1. Розріз трубчастого дренажу

Для влаштування трубчастого дренажу використовуються керамічні, бетонні і азбестоцементні труби. ґрунтові води поступають в труби через незаповнені стики, щілини і отвори. Найбільш доцільно застосовувати перфоровані азбестоцементні труби із стиками з муфтами або без них.

Діаметри дренажних труб знаходяться в межах 100...250 мм, але можуть бути і більші, дренажних колекторів, які відводять зібрані води – 400 мм і більше. (Табл.3.1)

Табл. 3.1.

Глибина залягання труб

Ґрунти основи	Труби	Максимальна глибина залягання (м), при діаметрі труб, (мм)			
		150	200	250	300

Піски гравелисті великої та середньої крупності, глини і суглинки напівтверді, тугопластичні	Бетонні	-	4	-	3,5
	Керамічні каналізаційні	7,3	5,7	4,9	4,7
	Азбестоцементні напірні				
	ВТ-6	9,3	8,4	6,8	6,5
	ВТ-9	16,9	14,9	12,3	12,5
Піски дрібні та пилюваті	Бетонні	-	4,1	-	3,6
	Керамічні каналізаційні	7,6	5,9	5,1	4,9
	Керамічні дренажні та азбестоцементні безнапірні	3,6	3,7	3,1	-
	Азбестоцементні напірні				
	ВТ-6	9,7	9,3	7,1	6,8
	ВТ-9	17,5	15,5	12,8	13
	Поліетиленові, полівінхлоридні	1,2	1,5	1,5	1,6

В якості фільтраційного матеріалу в дренажній системі використовують гравій, щебінь та крупнозерністі піски (Табл.3.2). Фільтраційний матеріал (обсипку) – є основним елементом дренажу, що здійснює захват підземних вод. Обсипка є проміжним шаром між дрібними фракціями водонасиченого ґрунту і водоприймальними отворами дренажних труб. Вона запобігає виносу частинок водонасиченого ґрунту в дренажну трубу, але й сама не повинна проникати в неї.

Табл.3.2

#### Коефіцієнт фільтрації різних порід

Породи	Коефіцієнт фільтрації, м/доб
Глини	0,001

Суглинки	0,01-0,1
Супіски	0,1-0,5
Піски сильно глинисті	0,5-1,0
Піски мілкозернисті	1,0-5,0
Піски середньозернисті	5,0-15,0
Піски крупнозернисті	15,0-50,0
Піски із галькою	50,0-100,0
Пісковики	100,0-200,0

Тому в обсіпці повинна бути дрібна і крупна фракції матеріалу, який використовується. В кожному конкретному випадку виконується підбір складу обсіпки з врахуванням крупності зерен ґрунту водонасиченого шару і самої обсіпки (Рис. 3.2).

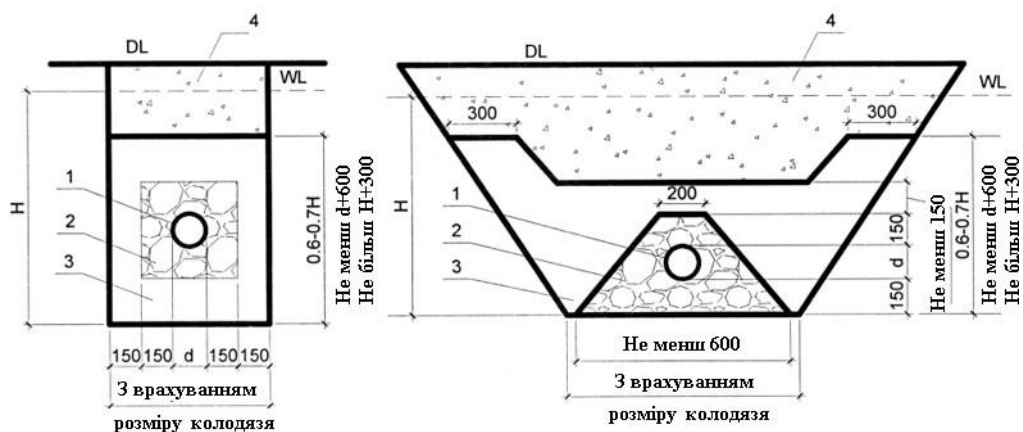


Рис. 3.2 Схема влаштування обсіпки

а – прямокутна; б – у вигляді трапеції; 1 – дренажна труба; 2 – щебінь; 3 – пісок з коефіцієнтом фільтрації не менше 5 м/добу; 4 – місцевий ґрунт

Також, є такі різновиди обсіпок:

- фільтруючі обгортки із нетканих, геосинтетичних матеріалів, із рулонних фільтруючих матеріалів на основі мінеральних, синтетичних або полімерних волокон, а також із скловолокна і склосітки;
- комбіновані обсіпки з геосинтетичних (чи натуральних) матеріалів у поєднанні з піщано-гравійними. (дбн)

Фільтруючі одношарові обсіпки, застосовуються в гравелистих і крупнозернистих пісках, а також в пісках середньої крупності з діаметром часток (0,3-0,4) мм і більше.

Двошарові обсіпки слід влаштовувати в супісках, дрібних пилюватих і середньозернистих пісках з середнім діаметром часток менше за вказане, а також при шаруватій будові водоносного пласту.

В трубчатих дренах із водонепроникних матеріалів необхідно передбачати сукупність спеціальних водоприймальних проходів. В стінках азбоцементних або пластмасових труб просвердлюють круглі отвори діаметром від 2 до 5 мм або нарізають щілини шириною від 1,5 мм до 5,0 мм, а стики перекривають муфтами. Водоприймальними проходами в керамічних трубах служать зазори на стиках ланок. Перфорація зони розміщення проходів (отвори, щілини, зазори) слід приймати в межах від 0,1% до 5% від площі поверхні.

Водоприймальні проходи в стінках труб знижують їх міцність, що оцінюють коефіцієнтом  $\gamma_m$ , який характеризує відношення моментів опору перерізу перфорованої та неперфорованої труби (Рис. 3.3) і визначається за формулою (3.1):

$$\gamma_m = \frac{\theta - \sin\theta}{\pi} \quad (3.1)$$

де  $\theta$  – кут бачення, град.

Значення  $\gamma_m$  повинне бути не більше 0,75.

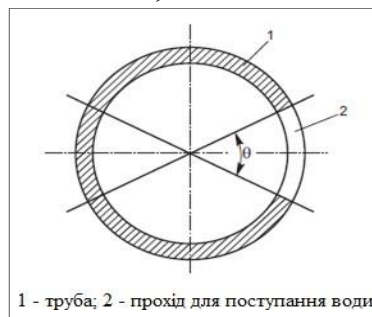


Рис.3.3 – Переріз труби з водоприймальними проходами

Витрату води  $Q$ ,  $\text{см}^3/\text{с}$ , яка поступає через проходи загальною площею  $A$ ,  $\text{см}^2$ , можна наближено визначати за формулою (3.3):

$$Q = \mu \cdot A \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (3.2)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати води;  $\mu=0,3$ ;

$H$  – перевищення відмітки ґрунтових вод на зовнішньому контурі труби, яке приймається рівним її діаметру, см.

Дренажі слід прокладати з уклонами, що забезпечує самопливний рух води зі швидкостями, що виключають замулювання труб і розмив ґрунту, а також з врахуванням водного живлення осушуваного горизонту.

Мінімальний уклон трубчастого дренажу приймають: у піщаних ґрунтах – 0,003; у глинистих – 0,002. Дрени доцільно влаштовувати з мінімальними поздовжніми уклонами, оскільки збільшення уклону дрен призводить до зростання об'ємів робіт.

Пристінний дренаж застосовується для відведення надлишкової вологості вздовж фундаменту або стіни будівлі. Він ефективно захищає споруду від порушень, які пов'язані з цвілью, калюжами у підвалах, високою вологістю у приміщеннях, за рахунок цього продовжується термін служби фундаменту, і як результат – не руйнується будівля. Монтаж здійснюється з зовнішньої сторони будівлі по його контуру, на відстані від 700 до 900 мм. Ця відстань може змінюватися, враховуючи розміщення колодязів. Допускається встановлення дренажу вище підшви фундаменту, якщо конструкція фундаменту розміщена на значній глибині, але з врахування, якщо передбачені усі заходи запобігання просадки дренажної системи. Для економічно вигідного будівництва рекомендується гідроізоляція фундаменту, яка виконується завдяки геокомпозитам. (Рис. 3.4, Рис. 3.5)

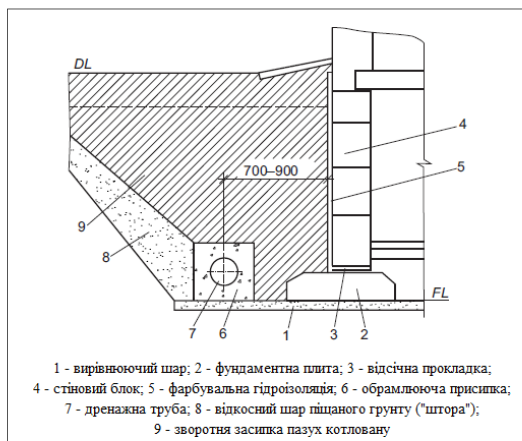


Рис.3.4 Пристінний дренаж будівель з підвалами

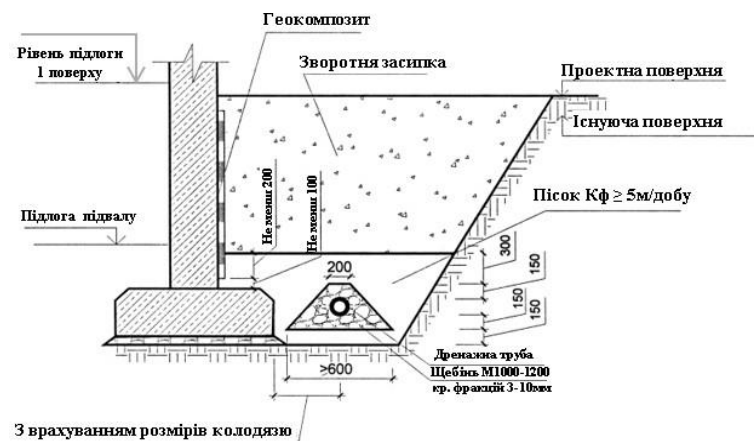


Рис.3.5. Схема конструкції пристінного дренажу дренажно-ізоляційного геокompозита

Геокompозити – геосинтетичні матеріали які є об'єднання між собою різними різновидами геосинтетичних матеріалів. При цьому створюється окремий матеріал, який поєднує в собі властивості та характеристики геоматеріалів, з яких він складається. Геотекстиль-профільована (шипоподібна) геомембрана – геотекстиль в таких композитах виступає як фільтр, а геомембрана виступає як гідроізоляційний шар і забезпечує простір для вільного протікання води або газу в площині геокompозиту.

Використовують у суглинних і глинистих ґрунтах незалежно від водонасиченості для недопущення формування верховодки в приямках і пазах. Конструкція цього дренажу залежить від структури ґрунту – що менше фракції ґрунту, тим більше шарів переходу.

Основні галузі застосування:

- вертикальні та горизонтальні дренажі;
- застінні дренажі підпірних стін;
- дренажі зелених та експлуатованих покрівель;
- вертикальні прикрімні дренажі автомобільних доріг;
- дренажі під час будівництва полігонів поховання відходів;
- газові дренажі під час рекультивації та закриття полігонів відходів;
- вертикальні гнти дрена для прискорення консолідації перезволожених ґрунтів основи;

Оглядові колодязі необхідні для здійснення ревізії стану дренажної системи та проведення очистки її елементів. Відстань між оглядовими колодязями дренажної системи з діаметром до 300 мм не повинна перевищувати 50 м, а оптимальна гранична відстань при експлуатації дренажної системи - 40 м. Якщо відстань від повороту до найближчого колодязя не перевищує 20 м, то не обов'язково встановлювати колодязь. Якщо дренажна мережа має декілька поворотів між колодязями, оглядові колодязі встановлюються через кожен другий поворот.

Ділянки дренажної мережі довжиною до 20 м можуть бути виконані без першого оглядового колодязя. В такому випадку рекомендується встановити заглушку на дренажній трубі. Потрібно пам'ятати про глибину встановлення елементів дренажної системи, яка повинна бути не менше рівня промерзання ґрунту. Колодязі можуть виготовлятися з бетону, полімерних матеріалів (полівінілхлорид або поліетилен), металу, композитних матеріалів (склопластик) (Рис. 3.6).



Рис.3.6 Приклади оглядових колодязів

Пластовий дренаж використовується, безпосередньо, під час закладання фундаменту будівництва. Його використовують, коли будівля будується на слабопроникних ґрунтах, збираючи вологу з під фундаментних плит, дренаж може повноцінно відвести її за межі території.

Пластовий дренаж виконують у вигляді одношарового або двошарового суцільного піщано-гравійного шару (Рис.3.7). Одношаровий роблять з щебню (гравію), товщиною не менше 300 мм, двошаровий – товщина щебеневого шару не

менше 200 мм, піщаного – 100 мм. Використовують щебінь з фракцією 3-200 мм (коефіцієнт неоднорідності- не більше 5) та середньозернистий пісок. Між шарами укладається геотекстильне полотно. Пластовий дренаж з'єднується із засипкою дренажної труби. На завершальному етапі дренажного прошарку укладають арматуру на щебінь та заливають її бетоном. Отримана система труб, розташованих під фундаментом, з'єднується з пристінним або кільцевим дренажем і складаючи з ним в одне ціле, відводить воду з збірний колодязь.

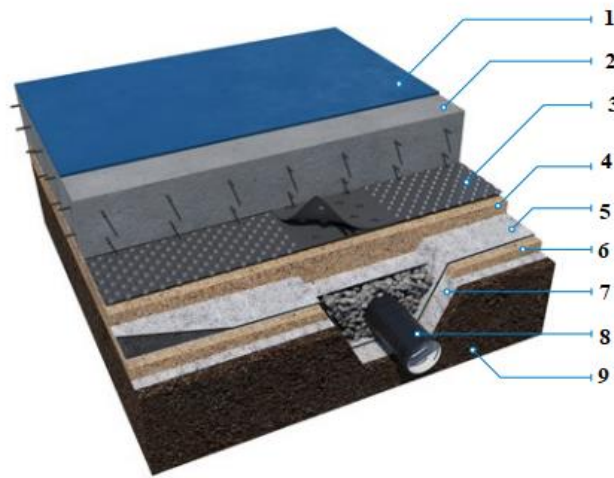


Рис. 3.7. Пластовий дренаж

1-покриття підлоги, 2-плита фундаменту, 3-бетонна підготовка, 4-обсипка з піску, 5-дренажний геокомпозит, 6-піщаний прошарок, 7-геотекстиль, 8-водозбірна дрена, 9-грунт

Переваги:

- Висока ефектність. За рахунок цього дренажу, збільшується загальний обсяг збору води і виведення її за територію будівлі.
- Фінансові витрати. Використані матеріали (шари) здешевлюють вартість гідротехнічної споруди.
- Об'єднання з іншими система водовідведення. У разі різкого підвищення ґрунтових вод один вид дренажу може не впоратися. Конструкції в яких використовуються тільки труби, не здатен забезпечити збирання води на

великих площадках, тому проблема вирішується об'єднанням декількох типів дренажу.

### **3.2. Розрахунки горизонтальних та пластових дренажів**

Розрахунок виконано на підставі:

- ДБН В 1.1-25:2009 "Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення 2. Алгоритм розрахунку

«Розрахунки діляться на 2 етапи:

1) гідрогеологічні розрахунки, за допомогою яких визначають дебіт дрен і положення депресивних поверхонь підземних вод на території, що захищається;

2) гідравлічні розрахунки, що визначають необхідну пропускну спроможність вибраних параметрів дрен при допустимих в них швидкостях течії води і відповідному наповненні.

Гідравлічні розрахунки дренажу виконують методом підбору.

Гідрогеологічні (фільтраційні) розрахунки виконують на основі спеціальних розрахункових схем для відображення основних гідрогеологічних характеристик майданчика будівництва і умов роботи дрен.

При виборі розрахункових схем враховують конкретні умови майданчика будівництва:

- систему дренажу і джерела живлення підземних вод;
- тип дренажу (досконалий або недосконалий);
- будова осушуваного масиву і фільтраційні властивості його шарів;
- гідравлічний стан водоносного пласта (напірні або безнапірні води);
- характеристику підземних вод (напрямок, потужність, уклони).

Варіанти розрахункових схем:

- однолінійна горизонтальна дрена (берегова, головна) з одностороннім або двостороннім притоком ґрунтових вод з вищерозміщеної території і/або з боку водойми;
- дволінійний горизонтальний дренаж (поєднання берегової і головної

дрен) з двостороннім притоком ґрунтових вод з вищерозміщеної території і з боку водойми;

- контурна горизонтальна система (кільцевий або пристінний дренажі) при живленні підземних вод, що поступають переважно в межах площі, що лежить поза дренаваним контуром;
- горизонтальні дрени, розташовані на майданчику на умовно рівних відстанях (систематичний дренаж), що працюють, зазвичай, при живленні ґрунтових вод згори і/або знизу;
- пластовий дренаж в основі об'єкту, що захищається, при надходженні підземних вод збоку і/або знизу.

У приведених нижче формулах і на малюнках розрахункових схемах, прийняті наступні позначення:

$H$  – глибина початкового РГВ над водоупором, м;

$h$  - глибина закладання дрени від початкового РГВ, м;

$T$  - перевищення недосконалої дрени над водоупором, м;

$H_x$  - перевищення кінцевого РГВ над рівнем води в недосконалій і досконалій дренах на відстані  $x$  від них, м;

$h_y$  - перевищення пониженого РГВ відносно дрени в центрі контурного дренажу, м

$H_{max}$  - максимальна висота пониженого РГВ над водоупором в міждреновому просторі систематичного дренажу, м;

$h_{вис}$  - висота височування - розриву між рівнем води в дрені і на контакті дренажної обсіпки з ґрунтом, м;

$R$  - радіус депресії дренажу, м;

$r_0$  - приведений радіус контура, м;

$r_g$  - радіус дрени, м;

$\alpha$  - половина відстані між дренами систематичного дренажу, м;

$Q$  - розрахункова витрата, м<sup>3</sup>/добу;

$Q_0$  - питома витрата, м<sup>3</sup>/добу на 1 пог.м;

$W$  - інтенсивність просочування атмосферних опадів, м/доб.

Розрахунок горизонтальних трубчастих і пластових дренажних пристроїв, працюючих в умовах усталеного безнапірної фільтрації і однорідного середовища слід робити за приведеними нижче розрахунковими формулами. Розрахунок виконують виходячи з гідрогеологічних умов майданчика будівництва, фактичного проектного положення дренажу, його системи (місцева або загальна) і типу (досконалий або недосконалий).

При неоднорідній будові водовмісної товщі середньозважене значення коефіцієнт фільтрації  $K_{cp}$  розраховують за формулою (3.4):

$$K_{cp} = \frac{K_1 m_1 + K_2 m_2 + \dots + K_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.4)$$

де  $K_1 + K_2 + \dots + K_n$  - коефіцієнти фільтрації окремих осушуваних шарів ґрунту, м/добу;

$m_1 + m_2 + \dots + m_n$  - потужність відповідних шарів, м, яку приймають на основі вихідних даних і розрахункової схеми дренажу.

Область використання формули (3.4) обмежується співвідношенням коефіцієнтів фільтрації різних шарів не більше ніж 1:20 ( $K_n / (K_n + 1) < 20$ ).

Інтенсивність просочування атмосферних опадів визначають з урахуванням характеру ґрунту, кількості опадів і степені благоустрою ділянки забудови.

Витрати дренажних вод і криві депресії однолінійних і дволінійних дренажів (місцевих і загальних) розраховують за нижченаведеними формулами.

Для досконалих дренажів (Рис. 3.8., а) питому витрату визначають за формулою (3.5) для двостороннього притоку підземних вод і за формулою (3.6) - для одностороннього притоку:

$$Q_0 = \frac{KH}{R} \quad (3.5)$$

$$Q_0 = \frac{KH^2}{2R} \quad (3.6)$$

де  $R$  - радіус кривої депресії дренажу, м, який розраховують за формулою (3.7) або

визначають за рисунком 3.9

$$R = h \sqrt{\frac{K}{2W}} \quad (3.7)$$

Витрата дренажних вод для дренажної лінії загальною довжиною  $L$  визначають за формулою (3.8)

$$Q = Q_0 L \quad (3.8)$$

Криву депресії будують, використовуючи для розрахунків її ординат формулу (3.9)

$$H_x = H \sqrt{\frac{x}{R}} \quad (3.9)$$

Питому витрату однолінійного дренажу (рисунок 3.8, б) недосконалого типу визначають по формулі (3.10)

$$Q_v = Kh \left[ \frac{h}{v} + \frac{\pi}{\ln \frac{T}{g}} \frac{1}{2T} \right] \quad (3.10)$$

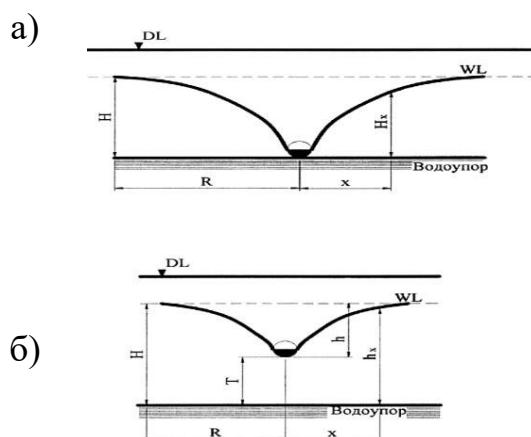


Рис. 3.8 - Розрахункові схеми однолінійного дренажу: а - досконалого типу; б – недосконалого типу

$$r_g = 0,5 b \quad (3.11)$$

де  $b$ -ширина траншеї дренажу, м

У випадках, коли:  $T \ll \pi r_g$  величиною логарифма у формулі (3.10) можна нехтувати; водоупор знаходиться на великій глибині, величину  $T$  можна прийняти рівній різниці відмітки лотка труби і відмітки низу піщано-щебеневої відсіпки в підшві фундаменту або пальового ростверку.

Радіус кривої депресії  $R$  розраховують за формулою (3.7) або визначають за графіком на рисунку 3.9. Криву депресії обчислюють за формулою (3.12)

$$h_x = \frac{Q_0}{K} \left[ \frac{\ln 1 - e^{-\frac{\pi x}{H}}}{\pi} + \frac{R-x}{2H} \right] + H \quad (3.12)$$

Розрахунок дволінійних дрен виконують з урахуванням двох незалежних зон фільтрації: зовнішньої – з боку притоку підземних вод з вище розміщеної території і внутрішньої – з боку берега. Відповідно використовують формули для визначення витрат однолінійних дрен – головної і берегової.

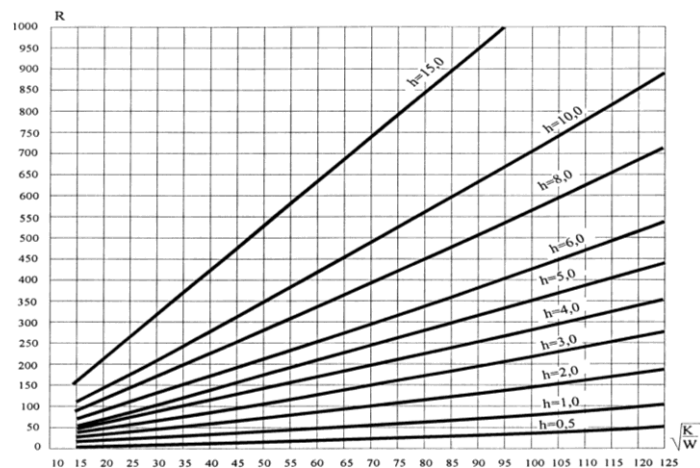


Рис.3.9 - Графік для визначення радіусів кривої депресії лінійних дрен

Розрахунок положення зниженого рівня в міждренному просторі виконують за формулами, що використовуються для визначення положення такого ж рівня в систематичному дренажі. При цьому замість величини, рівній половині відстані між сусідніми систематичними дренами, для дволінійних систем приймають величину, рівну половині відстані між головною і береговою дренами.

Контурні системи дренажу. Витрата дренажних вод для контурних систем дренажу (кільцевого, прифундаментного) досконалого типу, розрахункова схема яких показана на рисунку 3.10, а, визначають за формулою (3.13)

$$Q = \frac{\pi K H^2}{\ln \frac{R}{r_0}} \quad (3.13)$$

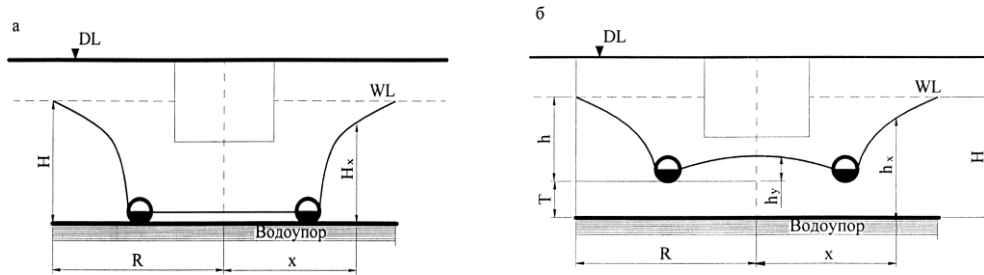


Рис. 3.10 Витрата дренажних вод для контурних систем

а) досконалого типу, б) – недосконалого типу

Розрахункові схеми контурного (кільцевого, пристінного) дренажу

У тому випадку, коли  $r_0$  більше  $R$ , знаменник формули (3.13) можна прийняти рівним одиниці.

Приведений радіус  $r_0$  визначають за формулою (3.14):

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (3.14)$$

а радіус кривої депресії  $R$  - з рівняння (3.15)

$$R \sqrt{\log R - \log r_0 - 0,217} = 0,66 \sqrt{\frac{Kh^2}{W} - 0,5r_0} \quad (3.15)$$

Рівень води усередині контуру приблизно дорівнює рівню води в дренажі, поза контура (3.16)

$$H_x = \sqrt{\frac{Q \ln \frac{x}{r_0}}{\pi K}} \quad (3.16)$$

При  $x$  менше  $r_0$  відношення  $x / r_0$  у формулах (3.16) можна прийняти рівним одиниці.

Витрату дренажних вод для контурного дренажу недосконалого типу (рисунок 3.12, б) визначають за формулою (3.17)

$$Q = \pi K h \left[ \frac{h_0}{\ln r_0} + \frac{2\pi T r_0}{T \ln r_g + 2\varphi r_0} \right] \quad (3.17)$$

де  $r_g$  - розраховують за формулою (3.11);  $r_0$  - за (3.14);  $R$  - з рівняння (3.15) або за графіком (рисунок 3.11);  $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ , значення  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  визначають за графіком (рисунок 7.26 а, б).

Криву депресії поза контуром розраховують за формулою (3.18), усередині контуру (у центрі) - по (7.31):

$$h_x = h_{\text{вис}} + \sqrt{\frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x}{r_0}} \quad (3.18)$$

$$h_{\text{вис}} = \frac{0,22Q_0}{K} \quad (3.19)$$

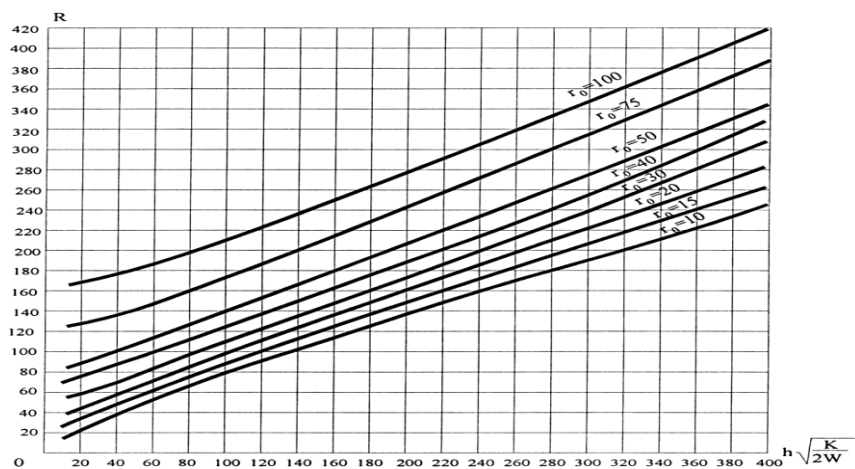


Рис. 3.11- Графік визначення радіусу депресії контурних і пластових дрен

де  $F$  знаходять за графіком (рисунок 3.12, в)

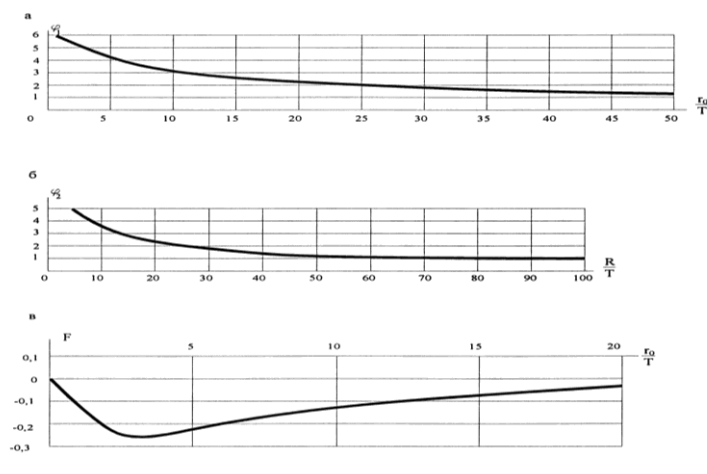


Рис. 3.12 Графік F

а -  $\varphi 1$ ; б -  $\varphi 2$ ; в -  $F$

Систематичний дренаж. Витрату дренажних вод систематичного дренажу досконалого типу розраховують за формулою (3.20):

$$Q = 2W\alpha L, \quad (3.20)$$

де  $L$  - довжина дрени, м;  $\alpha$  - половина відстані між дренами, м;

$$2\alpha = 2H_{max} \sqrt{\frac{K}{W}} \quad (3.21)$$

Витрату дренажних вод систематичного дренажу недосконалого типу (рисунок 3.13, б) розраховують за виразом , а відстань між дренами за формулою:

$$2\alpha = \pi K h \left[ \sqrt{\frac{8Kh_{max}}{WT} \cdot \frac{1+h_{max}}{2T} + B_1^2} - B_1 \right], \text{ де } B_1 = 2,94 \log \frac{1}{\sin \frac{\pi r g}{2T}} \quad (3.22)$$

Для визначення величини максимального пониження рівня води в міждреновому просторі використовують рівняння, отримані на основі формул.

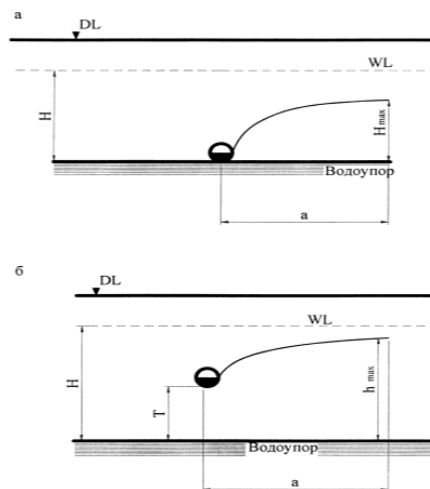


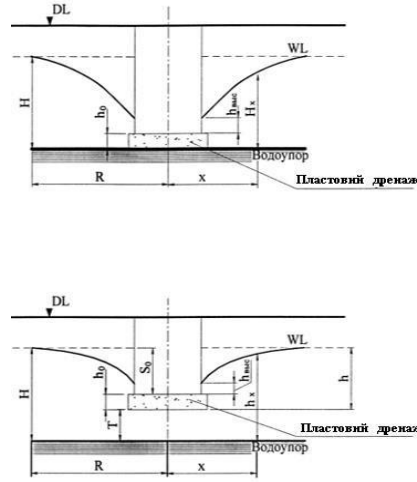
Рис. 3.13 а - досконалого типу; б – недосконалого

Пластовий дренаж. Витрату площадного пластового дренажу досконалого типу (рисунок 3.14, а) розраховують за формулою (7.32), криву депресії - за (7.35). Витрату пластового площадного дренажу недосконалого типу (рисунок 7.28, б) при співвідношенні  $r/T \geq 0,5$  розраховують за формулою (3.23):

$$Q = \pi K S_0 \left[ \frac{S_0}{\ln \frac{R}{r_0}} + \frac{2r_0}{f_{\text{пл.др.}}} \right] \quad (3.23)$$

де  $f_{\text{пл.др}}$  знаходять за графіком (рисунок 3.12);

$R, r_0$  - за формулами.



а - досконалого типу; б – недосконалого

Рисунок 3.14 - Розрахункові схеми пластового дренажу

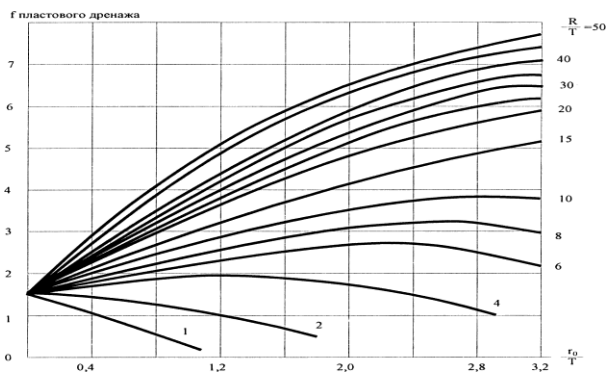


Рисунок 3.15 - Графік для визначення величини гідравлічного опору  
пластового дренажу

Криву депресії розраховують за формулою (3.25)

$$h_x = T + h \sqrt{1 - \frac{\ln R/x}{\ln R/r_0}} \quad (3.25)$$

При  $x \leq h + r_0$  в формулу (7.38) слід ввести поправку на величину височування (3.26):

$$h_{\text{вис}} = \frac{\sqrt{Q/K}}{3.58 \sqrt{\frac{S_0}{H} - 0.96}} - T - h_0 \quad (3.26)$$

де  $h_0$  - шар води в пластовому дренажі, м;

$S_0$  - пониження РГВ в дренажі (відстань від початкового РГВ до рівня води в пластовому дренажі (рисунок 3.15), м.

Витрату лінійного пластового дренажу розраховують за формулами відповідно для досконалих і недосконалих дрен. При цьому радіус впливу  $R$  визначають з виразу (3.28)

$$R = 2S\sqrt{HK}$$

де  $S$  - величина пониження РГВ, м.» (1)

### **3.3 Вертикальний дренаж і його види**

Вертикальний дренаж – це система розташування дренажних елементів у вигляді вертикальних структур, які проникають у глибину ґрунту для забезпечення відведення надлишкової води з ґрунтового шару.

Застосовують при:

- Необхідності значного зниження депресійної поверхні;
- Неоднорідної шаруватої будови дренуючої товщі великої потужності;
- Залягання дренуючої товщі під потужним шаром слабопроникних ґрунтів.
- Якщо влаштування горизонтального дренажу ускладнено або неможливе внаслідок високої щільності забудови і насиченості її інженерними комунікаціями.

Види вертикального дренажу:

- Голкофільтровані споруди;
- Поглинаючі колодязі;

- Водознижувальні свердловини;
- Електродренаж.

Голкофільтрові споруди – це системи, що використовуються для очищення й фільтрації надлишкової води переведенням її у ґрунт або дренажну систему. Вони складаються з геотекстильних матеріалів, які утримують тверді частки забруднення та дозволяють воді просочуватися через себе. Застосовують для осушення піщаних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації 1,5-2 м/добу.

Голкофільтр – це труба діаметром 38 чи 50 мм та ланки фільтра на нижньому кінці, яка складається з двох труб: внутрішньої труби діаметром 38 мм, яка є подовженням загальної труби та зовнішньої труби діаметром 60 мм з отворами для пропускання води. Зовнішня труба обмотана дротом діаметром 3 мм і покрита фільтраційною і захисною сітками. Наконечник ланки фільтра містить шаровий та кільцевий клапан.

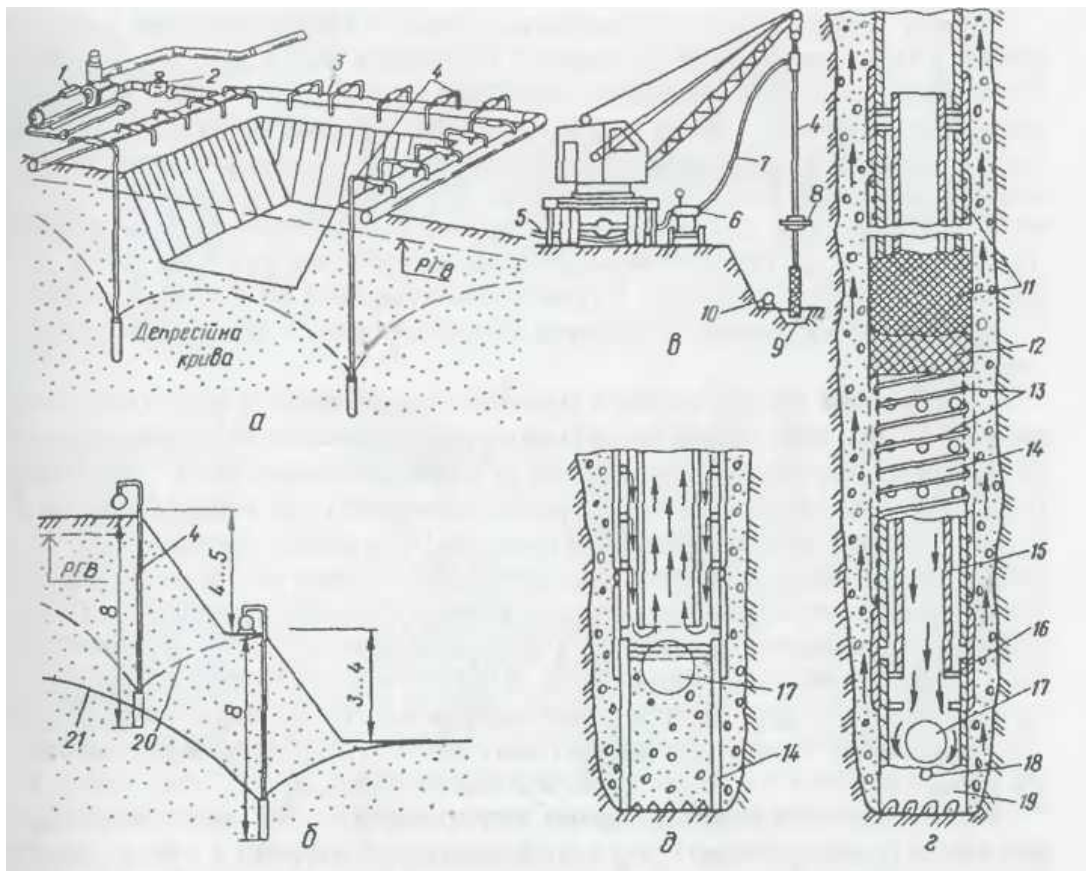


Рис.2.3.1 Зниження рівня ґрунтових вод легкими голкофільтровими установками:  
а- котлован з голкофільтрами, встановленими в один ярус, б- встановлення ко-

фільтрів у 2 яруси, в – гідравлічне занурювання голкофільтра, г- ланка фільтра й схема роботи клапанів під час гідравлічного занурення голкофільтра, д – те саме при викачуванні води.

1- Відцентровий насос, 2 - засувка, 3 – колектор, 4- голкофільтри, 5 – підвідний трубопровід для води, 6 – насос, 7 – напірний рукав, 8 – хомут для ручного регулювання, 9 – приямок, 10 – всмоктувальний колектор, 11 – фільтраційна сітка, 12 – захисна сітка, 13 – сталева спіральна обмотка, 14 – зовнішня труба з отворами, 15 – внутрішня труба, 16 – кільцевий клапан, 17 – шаровий клапан, 18 – стопорний болт, 19 – наконечник, 20 – крива депресії при відкачуванні води з першого ярусу, 21 – те саме, з другого ярусу.

Голкофільтри зазвичай занурюють у ґрунт за допомогою гідравлічного способу. (Рис.3.2.1). Вода, яка нагнітається по внутрішній трубі під тиском до 0,3 МПа, відкриває шаровий клапан (кільцевий клапан при цьому закриває проміжок між зовнішньою та внутрішньою трубами). Вода, виходячи з наконечника, розмиває ґрунт навколо голкофільтра та виносить його частинки на поверхню. При похитуванні або поворотах голкофільтра, він легко занурюється у ґрунт під дією власної ваги, коли його підтримує кран.

Легкі голкофільтрові установки (ЛГУ) застосовують переважно для осушення піщаних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації 1,5...2 м/добу. До комплексу ЛГУ належать голкофільтри (до 100 шт.), водозбірний колектор діаметром 100...200 мм та два центробіжних насоси для забезпечення безперебійної роботи установки, один із яких є резервним (Рис.2.3.1, а).

Під час викачування води (Рис. 2.3.1, д) внаслідок розрідження шаровий клапан спливає, а кільцевий опускається, відкриваючи шлях ґрунтовій воді, яка поступає через фільтраційну сітку та перфоровану трубу в голкофільтр і далі у колектор.

Голкофільтри встановлюють по периметру осушуваної виїмки (Рис.2.3.1, а) на відстані 0,5 м від бровки укосу. Якщо потрібно знизити рівень ґрунтових вод більш як на 4,5 м, голкофільтри монтують у два яруси (Рис.2.3.1, б). Проте при двоярусній

установці значно збільшується обсяг земляних робіт за рахунок улаштування ряду берм.

Установки з вакуумним водозниженням (УВВ) доцільно застосовувати, якщо коефіцієнт фільтрації становить від 1 до 0,01 м добу. Суть вакуумного водозниження полягає в тому, що на відміну від водозниження легкими голкофільтрами, де ґрунтові води проникають у них тільки під дією сил ваги, а центробіжний насос створює в ґрунті додатковий позитивний надмірний тиск (Рис.2.3.2, а), у ланці фільтра вакуумного голкофільтра та в оточуючому ґрунті створюється та безперервно підтримується негативний надмірний тиск, тобто вакуум (Рис.2.3.2, б). Він сприяє відсмоктуванню з ґрунту гравітаційної та капілярної води.

Водоповітряна суміш надходить у голкофільтр і відкачується вакуум-насосом.

У глинистих водонасичених ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації менше ніж 0,1 м/добу, де звичайна голкофільтрова установка малоефективна, застосовують спосіб, заснований на явищі електроосмосу. Постійний струм, проходячи крізь глинисті ґрунти, призводить до переміщення води в порах ґрунту в бік негативного полюса. Суть цього способу полягає у тому, що між бровкою котловану та голкофільтрами заглиблюють труби діаметром 38 мм або стрижні з арматурної сталі. Після цього їх підключають до позитивного полюса генератора напругою 30...60 В, а голкофільтри — до його негативного полюса. Під дією електричного струму вода, що міститься у порах ґрунту, переміщується в бік голкофільтрів. Таким чином збільшується водовіддача глинистого ґрунту, внаслідок чого ви-тягується не тільки гравітаційна, а й капілярна вода.

Ежекторні голкофільтрові установки (ЕГУ) застосовують для зниження рівня ґрунтових вод з коефіцієнтом фільтрації 1...40 м/добу з глибини до 20 м (Рис. 2.3.2, г).

Ежекторний голкофільтр (Рис.2.3.2, д) складається з двох колон надфільтрових труб діаметром 70 мм та внутрішньої труби діаметром 48 мм, до нижнього кінця якої прикріплено ежекторний пристрій — дифузор з насадкою.

Під час роботи установки в кільцевий простір між зовнішньою та внутрішньою колонами труб голкофільтра під тиском 0,6... 1,0 МПа подають «робочу» воду, яка спрямовується у насадку. Біля виходу з насадки внаслідок різкого зростання швидкості руху «робочої» води створюється розрідження, під дією якого через прорізи всмоктується ґрунтова вода, що пройшла до цього через гофрований фільтр. Ґрунтові води біля входу у горловину змішуються з «робочою» водою і далі проходять крізь дифузор, піднімаються доверху, де виливаються через патрубок в бак.

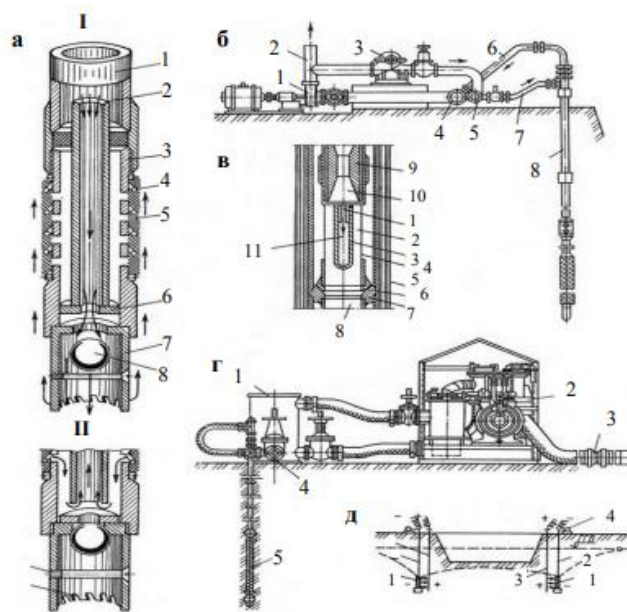


Рисунок 3.2.2 – Водозниження за допомогою легких та ежекторних голкофільтрів, вакуумних установок та електроосушення:

а – пристрій голкофільтра: I→II – положення голкофільтра під час занурення та відкачування води; 1 – надфіiltroва труба; 2 – внутрішня труба; 3 – зовнішня перфорована труба; 4 – дротова обмотка; 5 – сітка; 6 – кільцевий клапан; 7 – наконечник з зубчастою коронкою; 8 – кульовий клапан; 9 – обмежувач; б – ежекторна установка: 1 – низьконапірний насос; 2 – напірний трубопровід; 3 – високонапірний насос; 4 – усмоктувальний колектор; 5 – розподільний

трубопровід; 6 – шланг викидний; 7 – шланг з'єднувальний; 8 – ежекторний голкофільтр; в – ежекторна ланка: 1 – насадка ежектора; 2 – порожнина для проходу відкачуваної води; 3 – скоба, приварена до стінок труби; 4 – вікна патрубку; 5 – сітка; 6 – опорне кільце; 7 – сідло; 8 – приймальний патрубок; 9 – дифузор гумовий; 10 – камера зміщення; 11 – вода під тиском; г – установка вакуумного водозниження: 1 – вакуумна камера; 2 – насосна установка; 3 – скидна лінія; 4 – колектор; 5 – голкофільтр; д – схема електроосушення; 1 – голкофільтрові ланки; 2 – надфільтрова труба (катод); 3 – металеві стрижні (анод); 4 – усмоктувальний колектор

Вбирні колодці облаштовують, якщо під водотривким шаром залягає ґрунт, який має високе водопроникнення (Рис. 3.2.3).

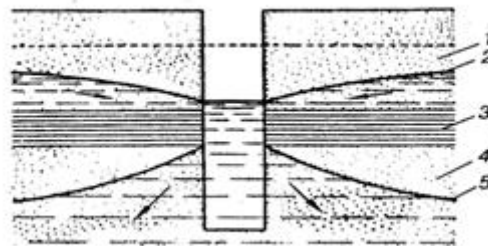


Рис. 3.2.3. Вбирний колодязь

1 – шар, який розробляють; 2 – депресійні криві; 3 – водотрив; 4 – ґрунт, який має високе водопроникнення; 5 – криві воронки водопоглинання

В такому випадку вода з верхніх шарів водовмісних горизонтів по колодязю буде поступати вглиб шару, який має значний коефіцієнт фільтрації, при цьому товща ґрунту, який розробляють осушується.

Вбирні виробки скидають воду як у безводні, так і в обводнені породи. В якості вбирних колодязів можна застосовувати свердловини, шурфи та колодязі. Вбирні виробки або значно знижують рівень води в кар'єрах, або зовсім їх осушують.

Водознижувальні свердловини, що обладнані індивідуальними насосами, застосовують у лінійних, кільцевих і групових системах. У деяких випадках

використовують також поодинокі свердловини. Осушення за допомогою 44 свердловин практикують за глибини зниження понад 4 м і коефіцієнтів фільтрації ґрунтів, як правило, більше 1м/добу. Свердловини з насосами використовують здебільшого для створення зовнішніх (стосовно об'єкта, що захищається) водознижувальних систем, які зручні в експлуатації, оскільки не звужують фронт земляних робіт, адже попередньо осушують масив ґрунту, в якому виконуватимуться роботи. У деяких випадках такі свердловини розміщують також усередині контуру осушуваної виїмки. Залежно від природних й експлуатаційних умов свердловини можуть бути відкритими (сполучені з атмосферою) чи вакуумними (із герметизованим гирлом). З урахуванням гідрогеологічних умов можуть бути також свердловини водобірні (без насосів) і такі, що самовиливаються (з виливом води через гирло). Конструкцію відкритої водознижувальної свердловини, що обладнана заглибним насосом, показано на рисунку 3.2.4. Водознижувальна свердловина має оснащуватися манометром, засувкою, зворотним клапаном, краном для відбору проб води, водомірним пристроєм і п'єзометром для вимірювання рівня води в свердловині. Вакуумні свердловини відрізняються тим, що їхнє гирло загерметизовано і вони оснащені вакуумметром. Основним елементом будь-якої водознижувальної свердловини є фільтрова колона, всередині якої міститься насос, а зовні – водоприймальне покриття у вигляді сітки. Зовні фільтрову колону обсипають піщано-гравійною сумішшю, гранулометричний склад якої підбирають залежно від навколишнього ґрунту так, щоб не було виносу його часток у фільтрову колону. За висотою фільтрова колона містить фільтрові ланки і відрізки глухих труб. Нижня глуха частина фільтрової колони слугує відстійником, глибину якого визначають у межах 2–5м.

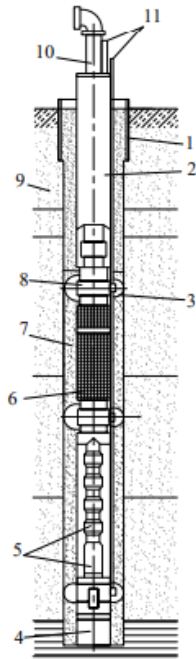
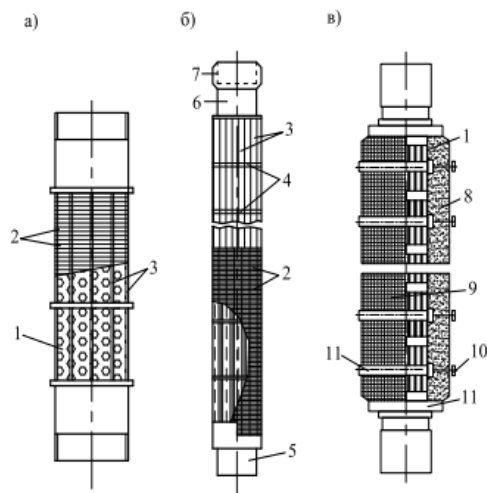


Рисунок 3.2.4 – Відкрита водознижувальна свердловина з насосом, що занурюється: 1 – кондуктор; 2 – надфільтрова колона; 3 – напрямні ліхтарі; 4 – відстійник; 5 – насосна установка; 6 – водоприймальне покриття фільтра; 7 – піщано-гравійне обсіпання; 8 – муфта; 9 – місцевий ґрунт; 10 – колона водопідіймальних труб; 11 – п’єзометри

Важливим елементом водознижувальної свердловини є її фільтр. Існує багато конструкцій фільтрів, як-от: трубчасті, каркасно-стержневі, кожухові й інші (рисунок 3.2.5). У міцних тріщинуватих скельних породах, де немає небезпеки вивалів ґрунту, свердловини облаштовують без фільтрів.



### Рисунок 3.2.5 – Фільтри водознижувальних свердловин:

а – трубчастий із дротяною обмоткою; б – каркасно-стержневі, кожухові; в – кожуховий з піщано-гравійним обсипанням; 1 – перфорована труба; 2 – дротяна обмотка; 3 – металеві стержні; 4 – опорні пояси жорсткості; 5 – нижній з'єднувальний патрубок; 6 – верхній з'єднувальний патрубок; 7 – з'єднувальна муфта; 8 – піщано-гравійне обсипання; 9 – сітка панцирна; 10 – штирі для кріплення сітки; 11 – обручі для кріплення сітки

У більшості випадків для свердловин застосовують методи шнекового, роторного, канатно-ударного чи гідравлічного буріння. При цьому в нестійких ґрунтах стінки свердловин кріплять за допомогою обсадних труб. У цілому свердловина – це складна конструкція з ряду трубчастих обсадних колон різного призначення.

У загальному випадку передбачають такі види обсадних колон свердловин:

- шахтовий напрямок (форшахта) – відрізок труби великого діаметра (1000 – 1600 мм), встановлюваний у шурфі глибиною 1,5 – 2 м із бетонуванням затрубного простору, застосовується в конструкціях свердловин глибиною більше 150 м;
- кондуктор – колона труб, що забезпечує кріплення верхнього нестійкого шару ґрунту, створення опори для спускання наступних колон, запобігання забрудненню шарів ґрунту буровим розчином;
- проміжні колони ізолюють інтервали геологічного розрізу, зв'язок яких з шарами, розташованими нижче, неприпустимий за умовами буріння й експлуатації;
- експлуатаційні колони є проміжними колонами, що залишаються на період експлуатації;
- фільтрова колона забезпечує кріплення стовбура свердловини за висотою водоносного шару, який дронується; до складу цієї колони входять відстійник, фільтр і надфільтрові труби.

## РОЗДІЛ 4

### Поверхневий дренаж

#### *4.1 Види поверхневого дренажу*

Поверхневий дренаж є одним з методів водовідведення, який використовується для збирання і відведення поверхневих вод з міських територій, доріг, площадок, а також землі під землеробством. Цей метод базується на використанні систем канав, жолобів, лотків та інших відкритих каналізаційних елементів для збирання води і перенаправлення її до відведення або водоприймальних споруд.

Основні компоненти поверхневого дренажу включають:

**Канави:** Це штучні або природні розкопки, які служать для збирання води з поверхні землі. Канави можуть мати різні форми і розміри в залежності від конкретних потреб і умов місцевості.

**Жолоби і лотки:** Це відкриті канави або трубопроводи, які збирають воду з певних ділянок і перенаправляють її до відведення або водоприймальних споруд. Жолоби і лотки зазвичай встановлюються вздовж доріг, тротуарів або площадок.

**Водоприймальні споруди:** Це спеціальні конструкції, які призначені для збору і затримки води перед її відведенням. Вони можуть бути ямами, ставками або резервуарами, які забезпечують водовідведення в контрольованих кількостях та запобігають затопленню місцевих територій.

**Решітки і сита:** Ці елементи встановлюються на входах до каналізаційної системи для затримки сміття, листя та інших великих частинок, які можуть заважати роботі системи.

**Сполучні трубопроводи:** Це труби або канали, які з'єднують різні компоненти системи поверхневого дренажу і перенаправляють зібрану воду до місця відведення або водоприймальних споруд.

Переваги поверхневого дренажу включають:

- Ефективне збирання і відведення поверхневих вод, що допомагає запобігти затопленню і підтопленню місцевих територій.
- Легка установка і обслуговування системи.
- Можливість контролю і регулювання водостоку шляхом налаштування параметрів системи.
- Можливість використання зелених інфраструктурних елементів, таких як зелені жолоби і канави, які сприяють збереженню природи і естетичному оформленню.

Однак, поверхневий дренаж має свої обмеження. Наприклад, великі кількості води або висока швидкість стоку можуть вимагати більш потужної системи або використання інших методів водовідведення. Крім того, потребує регулярного обслуговування і очищення від сміття та інших забруднень, що можуть заважати роботі системи.

#### Лінійна система

Використовується при облаштуванні зливових систем у більшості міст, і також на приватній території. До числа основних конструкції входять:

- Водовідвідні лотки;
- Захисні (дренажні) ґрати;
- Труби;
- Пісковловлювачі (резервуари для збору піску і часток ґрунту, принесених дощем).

Такі системи встановлюють по периметру будинків, уздовж дорожнього полотна або на ділянках в низині. Виготовляються з бетону (армованого або полімерного), пластику. Ґрати, якими накривають вхід зливної ями, повинні витримувати підвищенні навантаження і не піддаватися корозії, тому для виготовлення цих виробів часто використовують чавун. У зонах з низькою прохідністю і мінімум навантажень рекомендується встановлювати стандартні

модифікації. На ділянках з інтенсивним рухом, а також підтоплюваних територіях, краще встановлювати посилене водовідведення.

#### *4.2 Види поверхневого водовідведення*

##### Точкове відведення

Складається з резервуару, в який стікає тала вода і дощові потоки з дахів. Ця система дозволяє уникнути калюж, утворюються на асфальті, отмостках або щільному ґрунті з низькою мірою адсорбції.

Принцип роботи полягає в тому, що потоки, які стікають в трубу водостоку, потрапляють в колодязь, а далі рідина по трубах, прокладених неглибоко під землею, потрапляє в каналізацію. Резервуари мають невеликі розміри, тому можна їх встановлювати в таких місцях збору: на вході у будинку, під поливним краном, біля в'їзних воріт і так далі). Зазвичай, виготовляють їх з пластику, накривають ґратами, для виготовлення яких може застосуватися міцний пластик або чавун.

##### Трубчасті системи водовідведення.

Трубчасті системи водовідведення мають оглядові колодязі, що є шахтами з окремими лотками над трубами. Рекомендується встановлювати у місцях, де ухил, розмір або напрям труб міняє свій напрям. Можуть використовуватися в комплексі з лінійними конструкціями.

##### Різновиди конструкцій поверхневого дренажу

Канави - це водовідвідний канал або каналізаційна система, створена з метою збирання, транспортування і відведення води з поверхні землі. Канави використовуються в системах поверхневого дренажу для зменшення негативних наслідків зливових вод, таких як затоплення або ерозія ґрунту.

Основні характеристики канав включають їх форму, розмір, профіль і нахил. Форма канави може бути прямою, кривою або комбінованою, в залежності від геометричних особливостей місцевості та потреб системи дренажу. Розмір канави визначається шириною і глибиною, які залежать від обсягу води, яку потрібно

зібрати і відвести. Профіль каналу може бути рівним або трапецієподібним, в залежності від швидкості руху води і режиму її течії. Нахил каналу визначається для забезпечення ефективного стоку води, запобігання заторів і затримки седиментів.

Канави можуть бути виконані з різних матеріалів, таких як бетон, камінь, пластик, метал або природний ґрунт. Вони також можуть мати додаткові елементи, такі як решітки, сита або фільтри, для затримки сміття і інших забруднень.

Канави встановлюються вздовж доріг, тротуарів, площадок, а також в сільському господарстві і ландшафтних зонах. Вони грають важливу роль у забезпеченні ефективного відведення поверхневих вод і запобіганні шкідливих наслідків, пов'язаних з надмірним збором води. (Рис.4.1)



Рис.4.1. Приклади побудови каналу

Водовідвідні лотки і жолоби

Лотки потрібні для:

- Для локального збору каналізаційних стоків з поверхонь автомобільних доріг, земельних ділянок, вимощених тротуарів, паркувань, нерівних та низинних ділянок, які затоплюються в першу чергу під час опадів.
- Для управління потоками дощових та талих вод з подальшим відведенням зливових стоків у каналізаційну мережу, септик, очисну установку або дренажні фільтраційні поля.

Використання відповідних лотків у системах лінійного водовідведення дозволяє істотно знизити обсяги земляних робіт, і відповідно, фінансові витрати.



Рис.4.2. Приклад встановлення водовідвідних лотків

Види та особливості лотків

Розрізняють:

- Пластикові використовуються на поверхнях, де виключається вплив великих навантажень: тротуари, парки, пішохідні зони.
- Бетонні та полімербетонні використовуються при облаштуванні автомобільних доріг, паркінгів та інших навантажених покриттів.

Водовідвідні лотки бувають з внутрішнім ухилом, з каскадом висот, з вертикальним випуском.

#### *4.3 Розрахунки поверхневого дренажу*

Для наглядного прикладу компанія Vodaland, надала розрахунки за яким алгоритмом відбувається прорахунок, розрахунки відбуваються на основі нормативних документів [9]:

*Розрахунок об'єму регулюючого резервуару для накопичення частини дощового стоку:*

#### 1. Посилання на нормативні документи

Розрахунок виконано на підставі:

– ДБН В.2.5-75-2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди».

#### 2. Алгоритм розрахунку

Робочий об'єм,  $W$ , м<sup>3</sup>, акумулюючої ємкості при прийманні частини розрахункового дощу, що підлягає очищенню, можна визначати за формулою 4.1. ДБН В.2.5-75-2013:

$$W = 10 * h_a * F * \Psi_{mid}, \quad (4.1)$$

де  $h_a$  – максимальний шар опадів за дощ, мм, стік від якого надходить в акумулюючу ємкість у повному обсягу. Для промислових підприємств першої групи та житлових територій приймається від 10 мм до 15 мм, що відповідає добовому шару опадів від мало інтенсивних часто випадаючих дощів з періодом одноразового перевищення розрахункової інтенсивності  $P$  від 0,05 року до 0,1 року;

$F$  – розрахункова площа стоку, га, яка визначається згідно з А.4, ДБН В.2.5-75-2013;

$\Psi_{mid}$  – середній коефіцієнт стоку.

Середній коефіцієнт стоку,  $\Psi_{mid}$ , визначається за формулою (4.2) ДБН В.2.5-75-2013:

$$\Psi_{mid} = Z_{mid} * \frac{A^{0,2}}{t_r^{0,2*n-0,1}}, \quad (4.2)$$

де  $Z_{mid}$  – середнє значення коефіцієнта покриву;

$A$  – параметр, що характеризує розрахунковий дощ;

$t_r$  – розрахункова тривалість дощу, хв;

Середнє значення коефіцієнта покриву,  $Z_{mid}$ , визначається як середньозважена величина в залежності від значень коефіцієнта покриву для різного виду поверхонь по формулі 4.3:

$$Z_{mid} = \frac{Z_1 * F_1 + Z_2 * F_2 + Z_3 * F_3 + Z_4 * F_4 + Z_5 * F_5 + Z_6 * F_6 + Z_7 * F_7}{F}, \quad (4.3)$$

де  $Z_i$  – коефіцієнт покриву по видам покриттів, визначається згідно з А.7, ДБН В.2.5-75-2013, для водонепроникних поверхонь, брусчатої бруківки і чорних щебених покриттів доріг, бруківки, щебених покриттів не

оброблених в'язкими речовинами, гравійних садово-паркових доріжок, спланованих ґрунтових поверхонь та газонів відповідно;

$F_i$  – площа відповідного типу покриття, га.

Параметр, що характеризує розрахунковий дощ,  $A$ , визначається за формулою 4.4 ДБН В.2.5-75-2013:

$$A = q_{20} * 20^n * \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (4.4)$$

де  $q_{20}$  – інтенсивність дощу, л/с на 1 га, тривалістю 20 хв для даної місцевості при  $P=1$  рік, яку допускається приймати згідно з таблицею А.1 ДБН В.2.5-75-2013;

$P$  – період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу, який приймається згідно з А.3 ДБН В.2.5-75-2013;

$m_r$  – середня кількість дощів за рік, яку допускається приймати згідно з таблицею А.1 ДБН В.2.5-75-2013;

$\gamma$  – показник ступеня, який допускається приймати згідно з таблицею А.1 ДБН В.2.5-75-2013.

Розрахункова тривалість дощу,  $t_r$ , хв, визначається за формулою 4.5 ДБН В.2.5-75-2013:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (4.5)$$

де  $t_{con}$  – тривалість протікання дощових вод до вуличного лотка, хв, яку можна визначити згідно з А.6 ДБН В.2.5-75-2013;

$t_{can}$  – тривалість протікання дощових вод по вуличним лоткам, хв;

$t_p$  – тривалість протікання дощових вод по трубах до розрахункового перерізу, хв.

Тривалість протікання дощових вод по лоткам,  $t_{can}$ , хв, визначається по формулі 4.6 ДБН В.2.5-75-2013:

$$t_{can} = 0,021 * \frac{l_{can}}{v_{can}}, \quad (4.6)$$

де  $l_{can}$  – довжина лінії лотків, м;

$v_{can}$  – швидкість течії води в лотках, м/с.

Тривалість протікання дощових вод по лоткам,  $t_p$ , хв, визначається по формулі 4.7 ДБН В.2.5-75-2013:

$$t_p = 0,017 * \frac{l_p}{v_p}, \quad (4.7)$$

де  $l_p$  – довжина розрахункових ділянок колектора, м;

$v_p$  – розрахункова швидкість течії на ділянці, м/с.

*Визначення розрахункової витрати дощових стоків для добору перерізу лотка*

Розрахунок схожий, але додаються деякі розрахунки

Алгоритм розрахунку

Розрахункова витрата дощового стоку в лінії лотків,  $q_r$ , л/с, визначається по формулі 4.8 ДБН В.2.5-75-2013:

$$q_r = \frac{Z_{mid} * A^{1,2} * F}{t_r^{1,2*n-0,1}} * m, \quad (4.8)$$

де  $Z_{mid}$  – середнє значення коефіцієнта покритву;

$A$  – параметр, що характеризує розрахунковий дощ;

$n$  – показник ступеня, який допускається приймати згідно з таблицею А.1 ДБН В.2.5-75-2013;

$F$  – розрахункова площа стоку, га, яка визначається згідно з А.4, ДБН В.2.5-75-2013;

$t_r$  – розрахункова тривалість дощу, хв;

$m$  – коефіцієнт, що враховує тривалість дощу.

Середнє значення коефіцієнта покриття,  $Z_{mid}$ , визначається як середньозважена величина в залежності від значень коефіцієнта покриття для різного виду поверхонь по формулі.

Параметри розрахункового дощу, коефіцієнт, розрахункова тривалості дощу наведено вище.

Тривалість протікання дощових вод по лоткам,  $t_{can}$ , хв, визначається по формулі 4.9 ДБН В.2.5-75-2013:

$$t_{can} = 0,021 * \frac{l_{can}}{v_{can}}, \quad (4.9)$$

де  $l_{can}$  – довжина лінії лотків, м;

$v_{can}$  – швидкість течії води в лотках, м/с.

Швидкість течії води в лотках,  $v_{can}$ , м/с, визначається згідно формули 4.10:

$$v_{can} = C * \sqrt{R * i}, \quad (4.10)$$

де  $C$  – коефіцієнт Шезі;

$R$  – гідравлічний радіус потоку в лотку, м;

$i$  – ухил лінії лотків.

Коефіцієнт Шезі,  $C$ , визначається згідно формули (4.11):

$$C = \frac{1}{n_1} * R^y, \quad (4.11)$$

де  $n_1$  – коефіцієнт шорсткості, що характеризує матеріал лотка;

$y$  – показник ступеня при гідравлічному радіусі.

Показник ступеня при гідравлічному радіусі,  $y$ , визначається за формулою 4.12:

$$y = 2,5 * \sqrt{n_1} - 0,75 * \sqrt{R} * (\sqrt{n_1} - 0,1) - 0,13. \quad (4.12)$$

Гідравлічний радіус потоку в лотку,  $R$ , м, визначається за формулою 4.13:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (4.13)$$

де  $\omega$  – площа живого перетину потоку в лотку,  $m^2$ , визначається геометричними розмірами перетину лотка і розрахунковим ступенем наповнення;

$\chi$  – змочений периметр потоку в лотку, м, визначається геометричними розмірами перетину лотка і розрахунковим ступенем наповнення.

## РОЗДІЛ 5

### Системи очищення води перед дренажною системою

#### *5.1 Стічні води та причини використання очистки*

Очищення води перед викидом в дренаж є необхідним кроком, оскільки воно гарантує оптимальну функціональність дренажної системи, забезпечує захист довкілля і відповідає вимогам нормативно-правових актів.

Причини використання системи очистки:

- До дренажної системи надходить вода, яка може містити забруднення (пісок, глина, органічні та хімічні частки). За рахунок цього, робота дренажних труб, колодязів та інших компонентів може утруднюватися. Тому очищення запобігає забрудненню та забезпечити ефективну роботу дренажної системи.
- Вода може містити шкідливі речовини, які можуть забруднити природні водні ресурси, порушити екологічну рівновагу та спричинити шкоду для екосистеми. Тому очищення дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.
- У багатьох країнах існують правові норми та вимоги щодо якості води, яка викидається з дренажної системи. Очищення води перед викидом дозволяє відповідати цим нормам.

Для того, щоб зрозуміти як система очищення впливає, потрібно розуміти яку воду потрібно очищати.

#### Поняття «стічні води»

У поняття "стічні води" входять різні за походженням, складом й фізико-хімічними властивостями води, які використовуються людиною для побутових і технологічних потреб. При цьому вода забруднюється, і її фізико-хімічні властивості змінюються. Стічні води різноманітні за складом й, отже, за своїми властивостями.

Розрізняють три основні категорії стічних вод залежно від їхнього походження:

- господарсько-побутові;
- виробничі;
- атмосферні.

Побутові стічні води утворюються в житлових, адміністративних й комунальних (лазні, пральні й ін.) будинках, а також у побутових приміщеннях промислових підприємств. Це стічні води, які надходять у водовідвідну мережу від санітарних приладів (умивальників, раковин або мийок; ванн, унітазів і трапів – приладів з ґратами, розташованих на підлозі). Вони містять фізіологічні виділення людей, а також господарські відходи: залишки продуктів харчування, пісок, мило і пральні засоби, тканину, папір тощо.

Господарсько-побутові стічні води можна розглядати як розбавлену суміш сечі і фекалій, кухонних (стоки від приготування їжі і миття посуду) і банно-пральних стоків (стоки від гігієнічних процедур і прання білизни). Особливістю господарсько-побутових стічних вод є відносна постійність їх складу, що зумовлюється подібністю фізіології людини і її господарської діяльності.

Виробничі стічні води утворюються в процесі виробництва різних товарів, виробів, продуктів, матеріалів та ін. Виробничі стічні води надзвичайно різноманітні за кількістю і складом, які, у свою чергу, залежать від виду виробництва, сировини і технології, що застосовується.

У системи каналізації населених пунктів можуть бути прийняті виробничі стічні води, які не викликають порушення в роботі каналізаційних мереж і споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації і можуть бути очищені сумісно зі стічними водами населених пунктів до вимог і нормативів, що задовольняють «Правилам охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Виробничі стічні води при скиданні їх у водовідвідну мережу не повинні:

- перевищувати витрати стічних вод і вміст завислих, спливаючих речовин, установлених для конкретного промислового підприємства;

- порушувати роботу мереж і споруд;
- містити речовини, які здатні засмічувати труби водовідвідних мереж або відкладатися на стінках труб (окалина, вапно, пісок, гіпс, металева стружка, та т.п.);
- виявляти руйнівну дію на матеріал труб і елементи очисних споруд;
- містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші у водовідвідних мережах і очисних спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водойму (з урахуванням ефективності очищення);
- мати температуру вище 40°C;
- мати рН за межами 6,5 - 9;
- містити небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини;
- мати ХПК, що перевищує БПКповн більш ніж у 1,5 рази

Табл. 5.1

Припустимі величини показників якості стічних вод і води водоймищ

Найменування показників	ГПК стічних вод, що надходять на СБО, г/м <sup>3</sup>	Орієнтована ефективність очистки СБО, %	ГПК у водоймі	
			Господарсько-питного водокористування, г/м <sup>3</sup>	Рибогосподарського призначення г/м <sup>3</sup>
Азот амонійний	30	20-60	2,0	0,5
Залізо	2,5	50	0,3	0,05
Жири	50	70	-	-
Кадмій	0,01	60	0,001	0,005
Нафта	10	858	0,3	0,05
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	45	-	45	40

Нітрити	3,3	-	3,3	0,08
Сульфіди	1,0	-	0	-
Фенол	10	95	0,001	0,001
Фосфати	10	10-20	3,5	-
Сульфати	500	-	500	100
Хлориди	350	-	350	300

Забруднення, характерні для виробничих стічних вод, умовно поділяють на п'ять категорій:

- біологічно нестійкі органічні сполуки;
- малотоксичні органічні солі;
- нафтопродукти; біогенні сполуки;
- речовини зі специфічними токсичними властивостями, у тому числі важкі метали, біологічно жорсткі органічні синтетичні сполуки, що не розкладаються.

Виробничі стічні води, що містять органічні речовини, а також токсичні домішки, що перешкоджають біохімічному окисленню цих органічних речовин, піддають локальному очищенню з метою видалення токсичних домішок, після чого скидають у міську каналізацію. Стічні води багатьох виробництв, окрім розчинних неорганічних і органічних речовин, містять колоїдні домішки, а також завислі грубодисперсні й дрібнодисперсні домішки, щільність яких може бути більше або менше за щільність води. Скидання виробничих стічних вод у міську каналізацію регламентується правилами прийому виробничих стічних вод в системи каналізації населених пунктів. Надходження виробничих стічних вод у міську каналізацію може бути рівномірним чи нерівномірним, безперервним або залповим, цілорічним чи сезонним.

Атмосферні стічні води утворюються в процесі випадіння дощів і танення снігу як на житловій території населених пунктів, так і території промислових підприємств, АЗС й ін. До цієї категорії стічних вод відносять поталі води, а також

води від поливання вулиць. Атмосферні стічні води у сучасних містах містять, крім піску і сміття, що змиваються із бруківок, також і органічні речовини, тому за своїм складом вони часто можуть бути віднесені до слабо забруднених побутових стічних вод. Забруднення території промислових підприємств призводить до появи в зливових водах домішок, характерних для даного виробництва. Відмінною рисою зливого стоку є його епізодичність і різко виражена нерівномірність по витраті й концентраціям забруднень. Залежно від системи каналізації господарсько-побутові і виробничі, або господарсько-побутові, виробничі й атмосферні стічні води надходять у міську каналізаційну мережу, утворюючи міські стічні води. Залежно від гідрогеологічних умов місцевості, характеру виробничих процесів у певному регіоні, витрати води на господарсько-побутові й виробничі цілі вибирається та або інша система водовідведення й, відповідно, схема водовідвідної мережі. Всі зазначені вище стічні води потребують обов'язкового очищення при їх відведенні у відкриті водойми, оскільки в них містяться різні забруднюючі речовини у концентраціях, що значно перевищують допустимі. Різний ступінь забруднення стічних вод й природа їхнього утворення вимагають при проектуванні спільного або роздільного відведення окремих видів стічних вод, спільного або роздільного їх очищення.

До мінеральних забруднень відносять пісок, глинисті частинки, шлак, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, мінеральні масла тощо.

Органічні забруднення бувають рослинного і тваринного походження. До забруднень рослинного походження відносяться залишки овочів, фруктів, злаків, паперу тощо. Основним хімічним елементом цього виду забруднень є вуглець. До забруднень тваринного походження відносяться фізіологічні виділення людей і тварин, залишки м'язових і жирових тканин тварин, клейові речовини тощо. Вони характеризуються значним вмістом азоту.

Органічні забруднення за хімічним складом поділяють на безазотисті, які містять вуглець, водень і кисень, та на азотовмісні. Основу безазотистих органічних домішок господарсько-побутових стічних вод складають вуглеводи і

жири. З вуглеводів у стічних водах найчастіше зустрічаються моносахариди – глюкоза, лактоза (молочний цукор) і дисахарид – сахароза.

Компонентами господарсько–побутових стічних вод є також такі полісахариди, як целюлоза і крохмаль, які, на відміну від простих вуглеводів, не розчиняються у воді. У стічних водах целюлоза знаходиться у завислому стані, складаючи значну частину твердої фази.

Найбільшу санітарну небезпеку представляють забруднення органічного походження. Вміст органічних забруднень, що перебувають у розчиненому стані, оцінюється значеннями біохімічної потреби в кисні (БПК) і хімічної потреби в кисні (ХПК).

Побутові стічні води мають БПК=100-400 мг/л, а ХПК=150-600 мг/л, і їх можна оцінити як сильно забруднені. При зберіганні вони здатні загнитися через 12-24 год (при температурі 20°C).

Для міських стічних вод кількість забруднень органічного походження доволі значна і складає 45-58 %. Мінеральні речовини і забруднення становлять відповідно 42-55 %.

Витрата побутових вод з 1 га площі кварталів міста зазвичай дорівнює 0,3-2 л/с (питома витрата) або 10000 – 60 000 м<sup>3</sup> /рік. У водовідвідну мережу вони надходять порівняно нерівномірно за годинами доби. У денний час витрата більше, ніж у нічний час, витрати за годинами доби можуть змінюватися в 2-5 разів.

Нерівномірність припливу стічних вод й їхньої концентрації у всіх випадках погіршує роботу очисних споруд й ускладнює експлуатацію.

Для прикладу нижче наведені характеристики стічних вод деяких галузей промисловості. У стічних водах заводів чорної металургії по окремих цехах утримується: завислих неорганічних речовин 0,2-5 г/л; окалини 0,3-2 г/л; фенолів 0,7-1 г/л, смол і масел 0,2-1,8 г/л.

У стічних водах целюлозно–паперових заводів завислих речовин утримується 400–2000 мг/л. Це переважно деревне волокно й целюлоза. У стічних водах текстильних підприємств утримується: завислих речовин 250-400 мг/л, мийних засобів 50-120 мг/л, БПК їх досягає 300-350 мг/л.

У дощових водах утримується значна кількість нерозчинених мінеральних домішок, а також забруднення органічного походження. БПК дощових вод досягає 50-60 мг/л. Дослідженнями встановлено, що дощові води можуть бути джерелами забруднення водойм. Загальна витрата дощових вод за рік становить 1500-2000 м<sup>3</sup> з 1 га, тобто в 5-30 разів менше витрати побутових вод.

Утворення (випадання) дощових вод відбувається нерівномірно. Їх витрата змінюється від нуля (у суху погоду) до максимального значення 300 л/с (у період інтенсивних злив).

### *5.2 Основні показники, які потрібно враховувати при очищенні води*

Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод визнають їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізують фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але й стічних вод від окремих цехів.

Концентрація іонів водню виражається величиною рН. Цей показник надзвичайно важливий для біохімічних процесів, швидкість яких може істотно знижуватися при різкій зміні реакції середовища. Установлено, що стічні води, що подаються на споруди біологічного очищення, повинні мати значення рН у межах 6,5–8,5. Виробничі стічні води (кислі або лужні) повинні бути нейтралізовані перед скиданням у водовідвідну мережу, щоб запобігти її руйнуванню. Міські стічні води зазвичай мають слабколужну реакцію середовища (рН = 7,2–7,8). Прозорість характеризує загальне забруднення стічної води нерозчиненими й колоїдними домішками, не ідентифікуючи вид забруднень. Прозорість міських стічних вод зазвичай становить 1 – 3 см.

Сухий залишок характеризує загальне забруднення стічних вод органічними й мінеральними домішками в різних агрегативних станах (у мг/л). Визначається цей показник після випарювання й подальшого висушування при температурі 105 °С проби стічної води. Після проколювання (при температурі – 600°C) визначається зольність сухого залишку. За цими двома показниками можна судити про співвідношення органічної й мінеральної частин забруднень у сухому залишку

Завислі речовини – показник, що характеризує кількість домішок, що затримується на паперовому фільтрі при фільтруванні проби. Це один з найважливіших технологічних показників якості води, що дозволяє оцінити кількість осадів, що утворюються в процесі очищення стічних вод. Крім того, цей показник використовується як розрахунковий параметр при проектуванні первинних відстійників. Кількість завислих речовин – один з основних нормативів при розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод. Втрати при прожарюванні завислих речовин визначаються так само, як для сухого й щільного залишків, але виражаються зазвичай не в мг/л, а у вигляді процентного відношення мінеральної частини завислих речовин до їх загальної кількості за сухою речовиною. Цей показник називається зольністю. Концентрація завислих речовин у міських стічних водах зазвичай становить 100 – 500 мг/л. Осідаючі речовини – частина завислих речовин, що осідають на дно відстійного циліндра за 2 год відстоювання у стані спокою. Цей показник характеризує здатність завислих часток до осідання, дозволяє оцінити максимальний ефект відстоювання й максимально можливий обсяг осаду, що може бути отриманий в умовах спокою. У міських стічних водах осідаючі речовини в середньому становлять 50 – 75% загальної концентрації завислих речовин

Вміст фосфатів у міських стічних водах знаходиться в межах 5 – 10 мг/л і зумовлюється фізіологічними виділеннями людей, відходами господарської діяльності людини і деякими видами виробничих стічних вод. В очищених стічних водах вміст фосфатів складає 1,5-5 мг/л. В останні роки вміст фосфатів у стічних водах різко збільшується, тому що до 40 % маси багат

Вміст хлоридів і сульфатів у господарсько-побутових стічних водах незначний і зумовлюється їх вмістом у водопровідній воді. Однак у виробничих стічних водах їх може міститися значно більше, тому в суміші господарськопобутових і виробничих стічних вод, яка надходить на очисні споруди, вміст хлоридів і сульфатів складає відповідно близько 180-300 й 80-160 мг/л.

Концентрацію забруднень, які надходять на очисні споруди, визначають хімічним аналізом або розрахунком. Для побутових стічних вод виходять з норм водовідведення на 1 мешканця, для виробничих – за технологічними даними або хімічним аналізом. Основними визначальними критеріями забруднення стічних вод є значення БПК, ХПК, концентрація завислих речовин, азоту амонійних солей, фосфатів, хлоридів та поверхнево – активних речовин (ПАР). Кількість завислих речовин у побутових стічних водах складає близько 65 г сухої речовини на одного мешканця на добу. В середньому 40 г (60 – 75 %) цієї кількості випадає в осад. Кількість розчинних органічних речовин, які визначаються їх кисневим еквівалентом БПК<sub>повн</sub>, складає 75 г на одну людину на добу в неосвітлених стічних водах.

Концентрацію забруднень побутових стічних вод за кількістю завислих речовин, БПК, кількістю амонійного азоту, фосфатів (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) і хлоридів визначають за формулою 5.1:

$$C = a \times 1000 \cdot n, \quad (5.1)$$

де  $a$  – кількість забруднень на одного мешканця на добу, г/(мешк.×добу),

$n$  – норма водовідведення, л/(мешк.×добу).

Побутові стічні води надходять на каналізаційні стічні споруди разом з виробничими, тому необхідно розрахувати концентрацію забруднення суміші (5.2):

$$C_c = C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + \sum C_{\text{пн}} \cdot Q_{\text{пн}} \quad Q_{\text{поб}} + \sum Q_{\text{пн}}, \quad (5.2),$$

де  $S_{\text{поб}}$ ,  $C_{\text{пн}}$  – концентрація забруднень побутових і виробничих стічних вод, мг/л;  
 $Q_{\text{поб}}$ ,  $Q_{\text{пн}}$  – середньодобова витрата побутових і виробничих СВ, м<sup>3</sup> /добу.

Вплив виробничих стічних вод на склад міських стічних вод може враховуватись за еквівалентним числом мешканців.

Еквівалентне число мешканців  $N_{\text{екв}}$  – це умовна кількість мешканців, які вносять таку саму масу забруднень, як і витрата промислових стічних вод, визначається за формулою (5.3):

$$N_{\text{екв}} = \sum Q_p C_p a \quad (5.3)$$

де  $Q_p$  – середньодобова витрата промислових стічних вод окремих підприємств, м<sup>3</sup> /добу;  $C_p$  – концентрація забруднень промислових стічних вод, г/м<sup>3</sup> ;

$a$  – кількість цих забруднень, що вносить в стічні води 1 людина за добу, г.

#### Схеми очистки стічних вод

Спосіб і метод очистки поверхневого стоку й типи споруд, які застосовують для очистки, залежать від схеми каналізації, а також від складу і кількості стоку. Для відведення поверхневих стічних вод можуть застосовуватися різні схеми каналізації, залежно від яких у вітчизняній практиці і закордоном ведуться розробки технологічних схем очистки і конструкцій очисних споруд. Виходячи з характеристики поверхневого стоку, для його очистки рекомендується передбачати споруди механічної і фізико-хімічної очистки. Для забезпечення більш глибокого ступеня очистки, ніж який досягається у відстійних спорудах, застосовуються фільтрування, коагуляція і флотація. При необхідності досягнення більш глибокої очистки від колоїдних розчинених речовин поверхневий стік доцільно подавати на споруди для спільної біологічної очистки з міськими або виробничими стічними водами. [12]

Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують:

- механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування),
- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція),
- фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація),
- комбіновані. [12]

У системи каналізації населених пунктів можуть бути прийняті виробничі стічні води, які не викликають порушення в роботі каналізаційних мереж і споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації і можуть бути очищені сумісно зі стічними водами населених пунктів до вимог і нормативів, що задовольняють «Правилам охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Виробничі стічні води при скиданні їх у водовідвідну мережу не повинні:

- перевищувати витрати стічних вод і вміст завислих, спливаючих речовин, установлених для конкретного промислового підприємства;
- порушувати роботу мереж і споруд;
- містити речовини, які здатні засмічувати труби водовідвідних мереж або відкладатися на стінках труб (окалина, вапно, пісок, гіпс, металева стружка, та т.п.);
- виявляти руйнівну дію на матеріал труб і елементи очисних споруд; - містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші у водовідвідних мережах і очисних спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водойму (з урахуванням ефективності очищення); - мати температуру вище 40°C; - мати рН за межами 6,5 - 9;
- містити небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини; - мати ХПК, що перевищує БПКповн більш ніж у 1,5 рази.

## РОЗДІЛ 6

### Альтернативні різновиди дренажу

#### 6.1 Інфільтраційний блок

Зараз набирають популярність дренажні тунелі та інфільтраційні блоки, вони є альтернативою дренажному полю щебню.

Інфільтраційні блоки використовуються коли на об'єкті не працює або взагалі відсутня центральна каналізація.

Інфільтраційний блок – це міцний полегшений модуль, зроблений з полімерних матеріалів (поліпропілену). Збірний модуль елемент стикується з такими ж модулями з різних боків за допомогою спеціальних фіксаторів, у результаті чого утворюється цілісна конструкція прямокутної форми, котру називають «система інфільтрація». Один виріб місткістю 300 літрів здатний замінити ціле фільтраційне поле насипного щебню масою близько 800-850 кг, причому він поглинає у 2-3 рази більше вологи, ніж щебінь аналогічного обсягу.

При правильному монтажі витримує навантаження, котре можна порівняти з тиском від наїзду вантажного автомобіля, що дає можливість встановлення під паркінгом, стоянками, складськими майданчиками. За рахунок високої міцності, модулі можна укладати ярусами в кілька шарів, що суттєво збільшить продуктивність установки без необхідності розширювати територію під дренаж.



Ри.6.1. Встановлення дренажних блоків

Переваги:

- Використовуються майже з усіма типами очисного обладнання;
- Замінюють сипучі матеріали;
- Швидко з'єднуються між собою, без додаткового монтажу;
- Не вимагають постійного підсипання ґрунту за умови, що виконано якісне утрамбування;
- Можуть використовуватися як тимчасовий накопичувальний резервуар для води, якщо обернути споруду водонепроникною мембраною.

Встановлюються на таких відстанях:

- До основи будинку – 1,5 висоти фундаменту будівлі з урахуванням підземної та наземної частини.
- До дерев – не менше одного діаметра проекції крони дерева.
- До огорожі – від 3 метрів.

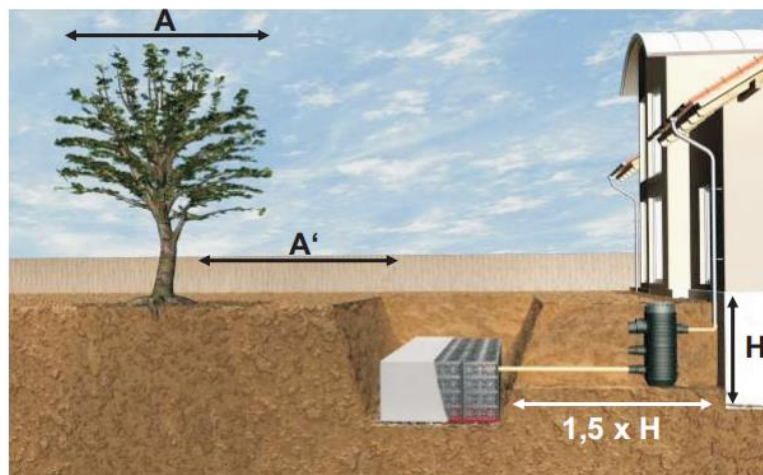


Рис.6.2. Відстань встановлення блоків

### 6.2 Дренажний тунель

Дренажні тунелі створюють галереї або порожнечі під землею з великою місткістю, що дозволяє набагато більше води, ніж здатний увібрати ґрунт. Це забезпечує великий запас міцності для інфільтраційних полів, оскільки вода, що потрапляє в дренажний тунель, може бути увібрана в ґрунт з певною швидкістю, враховуючи умови ґрунту. При побудові інфільтраційних полів з використанням

дренажних тунелів, такі тунелі є вигідним вибором. Наприклад, один дренажний тунель може замінити 30 метрів дренажної труби, а завдяки великим дренам в корпусі тунелю він практично не засмічується, що не можна сказати про дренажну трубу з вузькими отворами, які можуть забруднюватись. Це забезпечує тривалий термін служби для інфільтраційного поля.

Підставою для тунелів служить шар щебню (товщина 80-100мм фракції 10-15 або 20-40 залежно від фільтраційних властивостей ґрунту). Тунелі встановлюються на щебень і з'єднуються між собою у поздовжньому напрямку. Тунелі обсыпаються щебенем фракції 20-40 до верхньої частини. Фільтраційне поле вкривається геотекстилем разом із тунелями з перекриттям 30-50см.

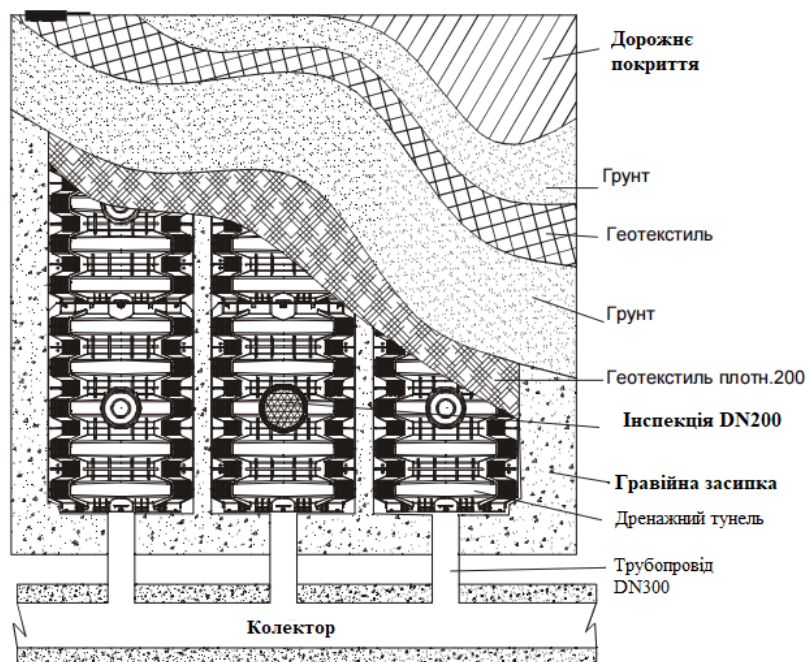


Рис. 6.3. План встановлення дренажних тунелей

Зворотне засипання проводиться ґрунтом з пошаровим ущільненням та відповідним покриття для транспортного навантаження. У разі влаштування газону передбачити водостійкий шар для унеможливлення пересихання газону над дренажним полем.

Стійка до гниття підкладка може бути використана для розподілу навантаження при розміщення у місцях з рухом транспорту.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було досліджено різні види дренажу, які дозволили отримати загальне уявлення про їхні принципи роботи, переваги і недоліки.

Використання дренажних систем на міській території має велике значення, головна функція якого – забезпечити відведення зайвої води та попередити затоплення, які можуть принести шкоду міським територіям.

Підтоплення територій міста має негативний вплив на життя та інфраструктуру міста. Тому для боротьби з проблемою підтоплення міста використовуються різні заходи, як покращення та створення дренажних систем.

В роботі було зроблено нахил в сторону зниження ґрунтових вод за допомогою дренажу та обираючи рельєфу, який підходить до того, чи іншого дренажу

Дренаж виконує такі завдання: захист від затоплення, захист будівель та інфраструктури в цілому, зберігає якість ґрунту та захищає його від ерозії.

Досліджено еколого-гігієнічний вплив природних умов на вибір території для будівництва міст з врахуванням систем водовідведенням.

У роботі, було наведено розрахунки конструктивного рішення дренажу – горизонтального, як найбільш використовуваним у захисті міських територій. Також, наведені розрахунки лотків та дощеприймачів, як основа поверхневого дренажу.

Для дослідження було взято альтернативні способи дренажу, які зараз набирають популярність заміни звичайним.

Виконання розрахунків дренажних систем дозволило встановити оптимальні параметри, такі як глибина розташування дренажних труб, їхній діаметр, відстань між ними та потужність дренажного шару. Ці розрахунки забезпечують правильне функціонування системи і ефективне управління рівнем ґрунтових вод.

Отже, висновки з дослідження видів дренажу і їхнього розрахунку вказують на значимість цих аспектів у розв'язанні проблем, пов'язаних з вологою на міських територіях. Розуміння цих принципів і правильне використання дренажних систем допоможуть ефективно захищати міста від негативних впливів води та забезпечити стійкість і безпеку міської інфраструктури.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В 1.1-25:2009 "Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення"
2. Екологія в архітектурі і містобудуванні : навч. посібник / С. П. Цигичко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х : ХНАМГ, 2012. – 146 с. ISBN 978-966-695-276-2
3. Конспект лекцій з дисципліни «Інженерна підготовка в складних містобудівних умовах» для студентів магістерської програми денної, заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 192 –Будівництво та цивільна інженерія)/ І. Е. Линник, Ю. І. Гайко; Харків. нац. ун-т місьгосп-ва ім. О. М. Бекетова. –Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. –39с.
4. Возненко С. І., Вітольберг В. Г., Малішевська А. С. Коля (земляне полотно): Конспект лекцій. – Харків:УкрДУЗТ, 2020. – 88 с.
5. Інженерна підготовка і благоустрій міських територій. Навчальний посібник. – Рівне. : 2015. – 293 с.
6. ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування"
7. 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. 2. – 544 с. – (Серія «Міське будівництво та господарство»)
8. Земляні роботи : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 157 с.
9. Електронний ресурс - <https://www.vodaland.com.ua/>
10. Інженерна підготовка і благоустрій міських територій. Навчальний посібник. – Рівне. : 2015. – 293 с
11. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» / Т. С. Айрапетян ;

Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 73 с.

12. Екологія міських систем : конспект лекцій / укладач І. Ю. Аблєєва. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 178 с