

Виконання будівельного водозниження на територіях зі складними гідро-геологічними умовами

Дмитро ДМИТРІЄВ¹, Сергій КУРАШ²

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

вул. Преображенська, 5/2, Київ, Україна, 03037

¹dmitrievgts71@gmail.com, orcid.org/ 0000-0001-7307-2150

²zuvs2004@gmail.com, orcid.org/ 0009-0001-5810-9258

DOI: 10.32347/0475-1132.50.2025.64-76

Анотація. Урбанізовані території є прикладом потужного і незбалансованого впливу на геологічне середовище техногенних факторів, які порушують гідрогеологічні та геоекологічні умови території.

На забудованих територіях спостерігаються зміни умов формування поверхневого і підземного стоку, порушується характер гідравлічного зв'язку поверхневих і ґрунтових вод, а також водоносних горизонтів між собою.

При виконанні робіт зі спорудження заглиблених конструкцій та влаштування котлованів слід враховувати інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови ділянки будівництва.

Спорудження фундаментів на палях, тунелів, інженерних мереж, а також підземних паркінгів в більшості випадків призводить до баражування потоку ґрунтових вод, та як наслідок, до підтоплення території. Підземний простір сучасного міста насичений водонесучими комунікаціями, які мають непередбачувані витoki. Витоки вод з комунікацій викликають значний підйом рівнів ґрунтових вод верхнього водоносного горизонту, які мають випадковий характер і важко піддаються прогнозуванню. Проектування і будівництво нових будівель та споруд підвищеної відповідальності в складних інженерно-геологічних умовах та в щільній забудові потребує додаткових заходів, які повинні забезпечити можливість безпечного виконання будівельних робіт, обмежити вплив на оточуючі споруди і мережі та захистити новобудови та оточуючу забудову від прояву небезпечних інженерно-геологічних процесів.

В статті розглянуто заходи щодо влаштування котловану при виконанні реконструкції каналізаційного колектора $D=2280$ мм в м. Києві на лівому березі р. Дніпро на будівельний період.



Дмитро ДМИТРІЄВ

провідний науковий співробітник
відділу надійності конструкцій
будівель та споруд
к.т.н., с.н.с.



Сергій КУРАШ

старший науковий співробітник
відділу надійності конструкцій
будівель та споруд
к.т.н.

На даний час виконання таких робіт не регламентується в повній мірі сучасними чинними в Україні нормативними документами. Використовуються норми, що були розроблені при СРСР, але на даний час вони є діючими в нашій країні.

Виходячи з вище викладеного, при проектуванні і будівництві таких об'єктів слід передбачати комплекс заходів щодо захисту заглиблених конструкцій від впливу ґрунтових вод на будівельний та експлуатаційний періоди.

Ключові слова. Гідрогеологічні умови, рівень ґрунтових вод, будівельне водозниження, коефіцієнт фільтрації, голкофільтри.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Будівництво підземних споруд (паркінги, бомбосховища, фундаменти) і інженерних мереж (водоносні, зливові, каналізаційні мережі, мережі для електропостачання та ін.) потребують додаткових заходів щодо їх захисту від впливу ґрунтових вод на період їх зведення та експлуатації.

Важливу роль в даних умовах відіграють гідрогеологічні умови ділянки та фільтраційні властивості ґрунтів основи. Об'єкти нового будівництва часто розташовуються в щільній міській забудові. Всі ці фактори потребують їх врахування при проектуванні і виконанні будівельних робіт

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В нормативних документах та у роботах багатьох науковців (ДБН В.1.1–25–2009, 2011; ДСТУ–Н Б В.1.1–38:2016, 2017, E. Forego-Ortiz та ін., 2020; Yong-sik Han та ін., 2019) висвітлюється проблема впливу ґрунтових вод на заглибленні конструкції будівель та споруд. Переважно у публікаціях звучить те, що на період будівництва слід виконувати різноманітні заходи з будівельного водозниження, а на період експлуатації комбінований варіант з влаштування різного виду дренажів та гідроізоляції.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити можливість виконання реконструкції каналізаційного колектора $D=2280$ мм в м. Києві на лівому березі р. Дніпро в складних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах, з забезпеченням необхідних умов щодо безпеки виконання робіт та мінімізації впливу на оточуючу територію.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Будівництво заглиблених конструкцій будівель та споруд в гідрогеологічних умовах потребує додаткових і, зазвичай, складних і коштовних робіт (Дмитрієв та ін.,

2023; Бамбура та ін., 2016; Ishigaki та ін., 2015).

При високому рівні розташування ґрунтових вод необхідно виконувати спеціальні заходи, які повинні забезпечити безпечні умови при виконанні заглиблених конструкцій.

В даній роботі розглядаються результати робіт з проектування будівельного водозниження при виконанні реконструкції каналізаційного колектора $D=2280$ мм в Дарницькому районі м. Києва.

В адміністративному відношенні ділянка вишукувань розташована в Дарницькому районі м. Києва.

У геоморфологічному відношенні територія розташована в районі безморенних терас Деснянсько-Дніпровської зандрово-алювіальної підобласті. Ділянка робіт знаходиться на лівому березі р. Дніпро в межах заплави, поверхня якої спланована насипними ґрунтами.

Рельєф ділянки рівний, полого нахилений з півночі на південь. Абсолютні відмітки поверхні ділянки коливаються від 100,0 до 110,00 м.

Загалом у розрізі виділяється три стратиграфо-генетичних комплекси.

Стратиграфо-генетичний комплекс голоценових елювіальних відкладів.

Стратиграфо-генетичний комплекс голоценових техногенних відкладів.

Стратиграфо-генетичний комплекс голоценових алювіальних відкладів.

На майданчику вишукувань були виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

ІГЕ–1а – ґрунтово-рослинний шар – пісок мілкий, сірий, темно-сірий, пухкий, малого ступеню водонасичення, гумусований, з корінням рослин;

ІГЕ–1б – дорожнє покриття - асфальт;

ІГЕ–1 – насипний шар – пісок мілкий, сірий, темно-жовтий, пухкий, малого ступеню водонасичення, з включенням будівельного сміття;

ІГЕ–1щ – насипний шар – гранвідсів;

ІГЕ–2 – пісок пілуватий, світло-жовтий, середньої щільності, насичений водою, з

прошарками супіску, середнє значення коефіцієнту фільтрації 0,99 м/добу;

ПЕ-3 – пісок мілкий, жовтий, середньої щільності, від малого ступеня вологості до насиченого водою, середнє значення коефіцієнту фільтрації 6,67 м/добу;

ПЕ-4 – пісок середньої крупності, жовтий, середньої щільності, насичений водою, середнє значення коефіцієнту фільтрації 15,16 м/добу.

На Рис. 1 наведено інженерно – геологічний розріз на ділянці реконструкції. Згідно з ДБН В.1.2-12-2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови» ділянка відноситься до території з умовами ущільненої забудови.

На час проведення робіт ґрунтові води зустрінуті на глибині 4,1 – 12,6 м (абс. відм. 95,0 – 97,00 м).

За гідрогеологічним районуванням ділянка вишукувань належить до Дніпровського артезіанського басейну. Прогнозний підйом рівня ґрунтових вод може скласти до 1,0м, від зафіксованого при вишукуваннях. Територія робіт відноситься до підтоплюваної водами основного горизонту 25 (ДБН В.1.1-25-2009, 2011).

На підтоплюваних територіях повинні виконуватися заходи проти можливого розвитку підтоплення (ДБН В.1.1-25-2009,

2011; ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016, 2017). Ці заходи поділяються на попереджувальні і захисні.

Попереджувальні заходи виконуються з метою попередження розвитку підтоплення на територіях, що освоюються, і спрямовані проти факторів, дія яких може мати місце при будівництві і експлуатації об'єкта.

Попереджувальні заходи слід виконувати на всіх потенційно підтоплюваних територіях. Вони входять до комплексу робіт з інженерної підготовки

При виконанні робіт з розробки котловану буде відбуватися його затоплення ґрунтовими водами.

Штучне пониження ґрунтових вод (водозниження) в будівництві передбачають в будівельний і експлуатаційний періоди для захисту котлованів, основ, підземних і заглиблених споруд.

Для будівельного періоду передбачають використання водовідливу з котлованів і траншей, дренажі, голкофільтри для гравітаційного, вакуумного і електроосмотичного способів, відкритих і герметичних (вакуумних) водознижувальних свердловин; для експлуатаційного періоду - постійні дренажні системи різних видів, в тому числі з насосними станціями, і водознижувальних свердловин всіх видів.

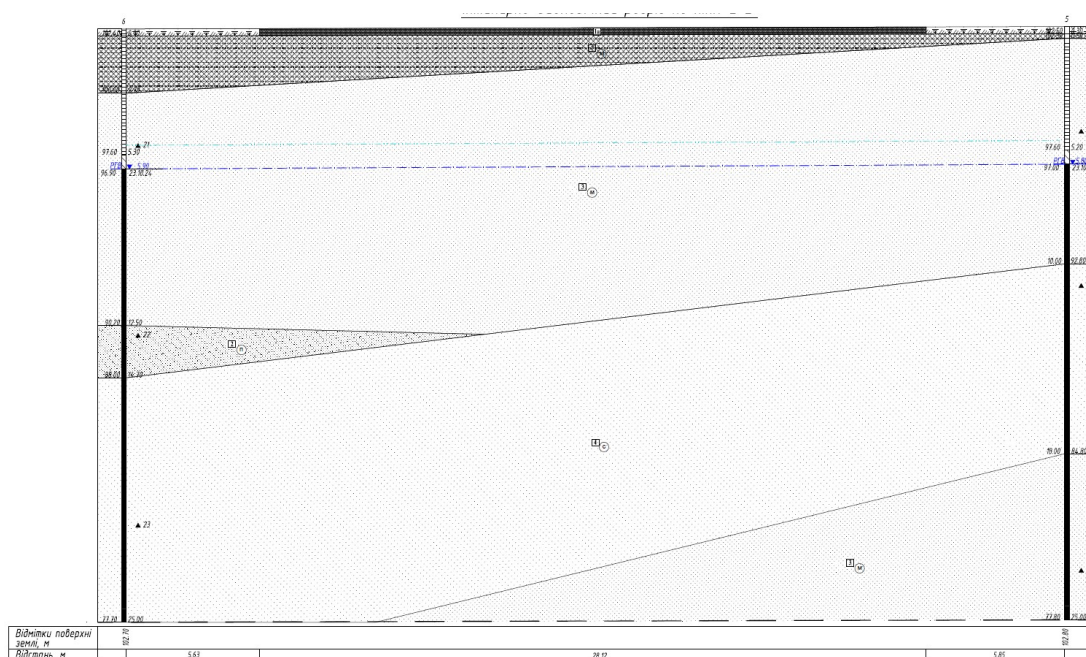


Рис.1. Інженерно-геологічний розріз майданчика будівництва.
Fig.1. Engineering-geological section of the construction site.

Глибину пониження рівня ґрунтових вод слід призначати:

- при зниженні напору в напірних водоносних шарах, які залягають нижче дна котловану або підлоги заглибленого приміщення, виходячи з необхідності виключення проривів води і забезпечення стійкості ґрунтів в основі споруд;
- при захисті котлованів і заглиблених приміщень, які не доходять на глибину до водонепроникних ґрунтів, виходячи з можливого підвищення рівня води за час аварійного відключення системи;
- при високому заляганні водонепроникних шарів або при прорізанні їх котлованом - виходячи з практично досяжної глибини пониження рівня ґрунтових вод в кожному водоносному шарі.

При необхідності виконання земляних і інших будівельних робіт в котловані насухо в проєкті повинно бути передбачено завчасний ввід в дію водознижувальних пристроїв для забезпечення необхідного випереджаючого розвитку водозниження по відношенню до земляних та інших робіт.

При будівництві рівень ґрунтових вод може бути знижений трьома способами: поверхневим, підземним і комбінованим (СНиП 2.06.14-85, 1986; ДБН В.2.1-10:2018, 2019). При цьому розрізняють попереднє водозниження, при якому осушення ділянки здійснюють до початку робіт, і паралельне, при якому роботи з водозниження та розробка котловану здійснюють одночасно.

Вибір заходів водозниження залежить від властивостей і умов залягання ґрунтів, умов живлення ґрунтових вод, водопроникності (коефіцієнта фільтрації) осушуваних порід, розмірів осушуваної зони, потужності водоносного горизонту, характеристик технічних засобів водозниження.

При високому рівні ґрунтових вод, у період будівництва застосовують штучне водозниження. Вибір раціонального способу водозниження залежить від характеру об'єкта, геологічної будови та гідрогеологічних умов ділянки.

Тимчасове зниження рівня ґрунтових вод застосовують на період будівництва і називають будівельним водозниженням, а

довгочасне – на період експлуатації споруд, його називають дренажем.

У залежності від конфігурації в плані споруд застосовують лінійні, кільцеві (контурні) та площинні водознижувальні системи.

Лінійні системи водознижувальних установок використовують для захисту витягнутих в плані виробок типу траншей.

Кільцеві установки використовують при значних розмірах осушуваної зони, коли лінійні системи не можуть осушити водоносний пласт. У залежності від глибини зниження використовують один або декілька контурів водознижувальних установок.

Кільцеві установки проєктують для боротьби з підтопленням окремих споруд з глибокими фундаментами. Вони можуть забезпечити повне перехоплення води по контуру осушуваної ділянки.

Враховуючи, що на ділянці розташування об'єкту слід понизити рівень ґрунтових вод на значну глибину в водопроникних пісках найбільш доцільним є варіант комбінованого методу водозниження, а саме водозниження відкачкою води установками УВВ-3А-6КМ та глибинними високодебітними свердловинами.

Найбільш розповсюдженим способом водозниження є система голкофільтрів, які занурюють навколо котловану. Нижні кінці труб обладнані фільтрами, а верхні приєднують до усмоктувального колектору.

Схема водозниження за допомогою голкофільтрів показана на Рис. 2.

Якщо відстань між свердловинами менша двох радіусів депресії, то при одночасному відкачуванні води такі свердловини взаємодіють, що призводить до змикання кривих депресії і до утворення зони зниження рівня ґрунтових вод.

Голкофільтр являє собою трубу діаметром 38мм, довжиною до 8,5м, до нижнього кінця якої приєднана фільтрова ланка, що складається з двох труб: внутрішньої, яка є продовженням загальної труби діаметром 38мм, і зовнішньої, діаметром 60мм з рівномірно розподіленими отворами для пропускання води.

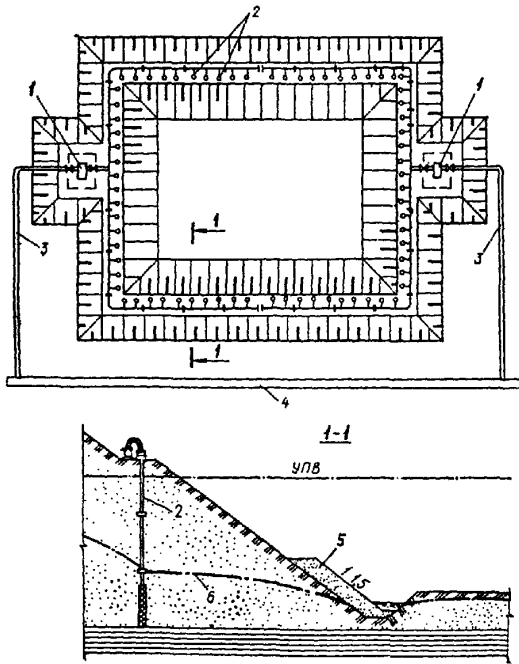


Рис. 2. Схема водозниження голкофільтрами:
 1 – насосний агрегат; 2 - голкофільтри; 3 – напірний трубопровід; 4 – скидний трубопровід; 5 – дренажне привантаження; 6 – знижений рівень ґрунтових вод.

Fig. 2. Scheme of water reduction by needle filters:
 1 – pumping unit; 2 – needle filters; 3 – pressure pipeline; 4 – discharge pipeline; 5 – drainage loading; 6 – reduced groundwater level

Зовнішня труба по спіралі обмотана дротом діаметром 3мм і покрита фільтровою і захисними сітками. Фільтрова ланка закінчується наконечником, всередині якого розміщені кульовий та кільцевий клапани.

Голкофільтри найчастіше занурюють в ґрунт гідравлічним способом, при цьому вони легко занурюється під дією власної ваги.

В ґрунтах, які можуть забивати сітки фільтрів або можливий виніс пилюватих пісків, голкофільтри встановлюють у попередньо пробурені свердловини. Для поліпшення надходження води в свердловину та для унеможливлення виносу ґрунтів основи навколо голкофільтру підсипають піщано-гравійну суміш.

При великих притоках води та коефіцієнтах фільтрації додатково до голкофільтрів потрібно використовувати високодебітні водознижувальні свердловини. Влаштування свердловин може виконуватися бурови-

ми установками ударно-канатного типу Mait R3, з влаштуванням кондуктора $\phi 530$ мм з вибурюванням ґрунту зсередини, далі влаштовується обсадна труба $\phi 400$ мм з вийняттям ґрунту зсередини колони. Після цього в свердловину монтують фільтрову колону $\phi 273$ мм, обсипають піщано-гравійною сумішшю з послідуочим влаштуванням насоса та підйомної труби. Далі монтується скидувальний трубопровід з металевих або поліетиленових трубопроводів.

По закінченні водозниження все обладнання демонтують, а водознижувальні свердловини ліквідують. Фільтрові колони при неможливості демонтувати залишають в землі. В залежності від гідрогеологічних умов, глибини та місця розташування по відношенню до найближчих споруд проводять ліквідаційний тампонаж.

Проектом передбачалося вакуумне пониження рівня ґрунтових вод за допомогою установок УВВ-3А-6КМ, та високодебітними глибинними свердловинами.

Буріння, занурення голкофільтрів і монтаж всмоктувального колектора здійснюється по існуючій відмітці або з пониженням відмітки на 1,5 метра.

Ділянка виконання робіт була розділена на 3 захватки. Передбачалася наступна послідовність етапів робіт:

1 Етап 1. Влаштовується котлован розміром 6×13 м. (захватка 1). Виконуються монтажні роботи з влаштування свердловин. Після цього виконується пониження рівня ґрунту до верху шпунта (огороження котловану) та встановлюються голкофільтри в попередньо пробурені свердловини. Після зниження рівня ґрунтових вод голкофільтрами 1-го ярусу котлован відкопується до відміток встановлення голкофільтрів 2-го ярусу:

- влаштування котловану із кріпленням та водозниженням в межах захватки 1;
- реконструкція колектора в існуючій трубі методом санації.

2. Етап 2 (котлован розміром 6×17,4 м). Влаштування голкофільтрів аналогічно роботам по захватці 1:

- переукладання колектора відкритим способом в межах захватки 2;

- засипання котловану в межах захватки 2 та демонтаж кріплення;

3. Влаштування котловану із кріпленням та водозниженням в межах захватки 3 (6×30,3м) аналогічно виконанню робіт на захватках 1 і 2;

- переукладання колектора в межах захватки 3;

- засипання котловану в межах захватки 3 та демонтаж кріплення.

При виконанні розрахунків системи водозниження були розглянуті наступні ситуації.

1. Виконання захватки 1 з голкофільтрами 1-го ярусу та влаштування 6 великодебітних свердловин.

2. Влаштування захватки 2 без урахування захватки 1.

3. Влаштування захватки 3.

План розташування елементів системи водозниження на ділянці дослідження наведений на Рис. 3.

Розділення на такі етапи викликане тим, що після виконання 1-ої захватки виконується захватка 2, після чого захватка 1 засипається ґрунтом, при цьому починаються роботи по захватці 3, тому в розрахунках системи водозниження захватки 2 і 3 були об'єднані.

Результати розрахунків голкофільтрів для другого ярусу їх встановлення аналогічні тим, що отримані при розрахунках першого ярусу (значення пониження рівня ґрунтових вод відносно відмітки їх встановлення).

При реконструкції каналізаційного колектора $D=2280$ мм водозниження слід виконувати нижче глибини розробки котловану на 0,5...1,5 м для забезпечення безпечних умов роботи людей та техніки.

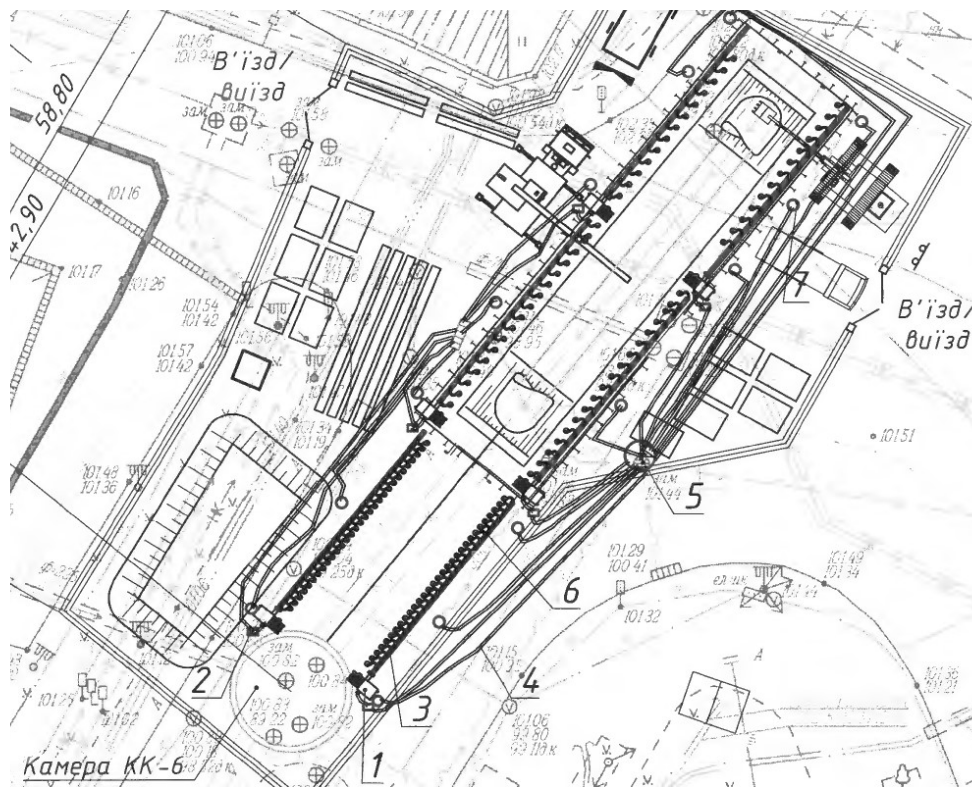


Рис. 3. План розташування елементів системи водозниження на ділянці дослідження.

1 – водознижувальна установка; 2 – перекачувальний бак; 3 – всмоктувальний колектор; 4 – скидувальний колектор; 5 – місце для водоскиду; 6 – голкофільтр; 7 – водознижувальна свердловина.

Fig. 3. Layout plan of the water reduction system elements at the research site.

1 – water reduction unit; 2 – pumping tank; 3 – suction collector; 4 – discharge collector; 5 – place for water discharge; 6 – needle filter; 7 – water reduction well.

Величину зниження рівня води в свердловинах при повному перетині ними водоносного горизонту приймають рівною висоті стовпа води в водоносному горизонті над нижнім водоупором (СНиП 2.06.14-85, 1986). Якщо свердловини не повністю перетинають водоносний горизонт, зниження рівня води в них може бути прийнято рівним половині розкритої потужності пласта плюс гідростатичний напір або за рекомендаціями наведеними в технічній літературі.

Розрахунки водозниження виконуються для визначення сумарного дебіту (витрата, що відводиться з ділянки), радіусів впливу прийнятих систем, фактичного зниження рівнів ґрунтових вод, а також до вибору (уточнення) найбільш ефективних заходів та технологічних схем водозниження. При визначенні величини притоку до котловану ґрунтових вод виділяють дві групи котлованів: траншеї і котловани прямокутної в плані форми (відношення ширини до довжини 1 : 10); широкі котловани квадратної, прямокутної, круглої та інших в плані форм (відношення ширини до довжини більше 1 : 10). При цьому котловани, які не витягнуті в довжину, приводять до фіктивного рівновеликого круга радіусом r_0 .

Для розрахунку водозниження необхідно схематизувати природні умови і прийняти водознижувальну систему. Водоносний шар прийнято необмеженим.

Загальний порядок розрахунку водознижувальної системи наступний:

- визначається необхідне зниження рівня ґрунтових вод;
- виконується визначення притоку до водознижувальної системи;
- визначаються параметри водознижувальної системи.

Для кожної захватки відмітка на якій встановлюються голкофільтри визначена з урахуванням результатів інженерно-геологічних вишукувань, які виконувалися на ділянці будівництва та черговості виконання робіт з розробки котловану. При виконанні робіт ці відмітки бути уточнені.

Вісь насосного агрегату рекомендується розташовувати вище усталеного рівня ґрунтових вод на 0,5 м і вище. На цій відмітці

повинен бути сформований майданчик на який слід встановити насосне обладнання та голкофільтри.

Розрахунок основних характеристик необхідних для визначення параметрів установки водозниження повинен виконуватися згідно вимог нормативних документів України (СНиП 2.06.14-85, 1986; ДБН В.2.1-10:2018, 2019; ВСН 127-91, 1992).

Витрата ґрунтових вод, що надходить до водознижувальної системи визначається в залежності від необхідного пониження рівня ґрунтових вод в розрахунковій точці при безнапірній фільтрації за формулою 1:

$$Q = \frac{khS}{\Phi}, \quad (1)$$

де h – середня глибина фільтраційного потоку, м, при безнапірній фільтрації визначається за формулою 2:

$$h = \frac{2H - S}{2}, \quad (2)$$

k – осереднений коефіцієнт фільтрації, м/добу;

S – необхідна глибина водозниження, м;

Φ – значення функції зниження.

Приведений радіус контурної водознижувальної системи r м, при відношенні сторін меншим 10 визначають за формулою 3

$$r(r_s) = \sqrt{\frac{A}{\pi}}, \quad (3)$$

де A – площа котловану, м².

Значення радіусу депресії r_d , м, для контурних систем слід приймати рівним радіусу області фільтрації, коли її межа – контур живлення – може бути прийнята кругової форми з центром в центрі системи. Радіус депресії при безнапірній фільтрації визначається за формулою 4

$$r_d = r + 2S\sqrt{kHc_f}, \quad (4)$$

Рівнепровідність визначається за формулою 5

$$a_{lc} = \frac{kh}{\mu_g}, \quad (5)$$

де μ_g – гравітаційна водовіддача ґрунтів.

Радіус депресії визначається за формулою 6:

$$r_d = r + 2S\sqrt{kHc_f}, \quad (6)$$

Значення функції зниження для системи визначається за формулою 7:

$$\Phi = \frac{\ln \frac{r_d}{x_{cs}}}{2\pi}, \quad (7)$$

При розрахунку голкофільтрових установок необхідно враховувати висоту всмоктування насосу і величину сумарних гідравлічних втрат в окремих вузлах. Розрахунок системи, яка включає декілька установок зводиться до розрахунку однієї установки.

Приплив до однієї установки приймається за формулою 8:

$$Q_p = \frac{Q}{n_p}, \quad (8)$$

де Q_p – приплив до однієї установки, м³/добу; Q – загальний приплив, м³/добу; n_p – кількість установок.

Розрахунки виконувалися для 3 захваток. Коефіцієнт фільтрації при відсутності відсіпки голкофільтрів приймався по ґрунту.

Отримані результати повинні бути уточнені при виконанні будівельних робіт.

При одночасному і 2-х етапному водозниженні голкофільтри встановлюються в котловані з відмітки $\approx 99,0 - 100,0$ м (верхній ярус), $\approx 95,0 - 96,0$ м (нижній ярус) вздовж його огороження на всіх захватках.

При виконанні водозниження загальна довжина голкофільтрів складає 6,0 м. Ділянка водозниження обслуговується вакуумними установками УВВ-3А-6км. Кількість голкофільтрів, місця їх встановлення і довжина, місця розміщення установок УВВ-3А-6км та їх кількість уточнюються при виконанні робіт.

На протязі 5 діб виконують водозниження починаючи з мінімальних витрат (від 0,1 Q_p) з доведенням витрати до розрахункових значень.

За результатами розрахунків по захватці 1 для 1-го ярусу встановлення голкофільтрів отримано, що загальна витрата води при водозниженні складе 304,8 м³/добу = 12,7 м³/годину. Граничне навантаження на один голкофільтр складає 0,70 м³/годину.

Отримане значення навантаження (витрати) на один голкофільтр 0,5 м³/годину менше граничного навантаження, тобто забезпечує нормальні умови його роботи. Формування кривої депресії відбувається на протязі 5 діб. Радіус кривої депресії складає 82,46 м. Найбільші зміни кривої депресії можуть відбуватися в межах ≈ 27 м від котловану.

На захватці 1 слід встановити 26 голкофільтрів вздовж огороження по 13 з кожного боку. Крок голкофільтрів складає 0,8...1,2 м. Голкофільтри дозволять знизити рівень ґрунтових вод до відмітки 91,36 м, що буде сприяти виконанню голкофільтрів другого ярусу з урахуванням виконання великодебітних свердловин.

Витрати води для першого і другого ярусу складають до 25,4 м³/годину, продуктивність установки УВВ-3А-6КН 64 м³/годину, що дозволить досягнути необхідного рівня зниження ґрунтових вод.

Данні результати відносяться і до 2-го ярусу голкофільтрів, про цьому відмітку водозниження слід визначати від відмітки ґрунтових вод при виконанні водозниження голкофільтрами 1-го ярусу.

За результатами розрахунків по захватці 2 для 1-го ярусу встановлення голкофільтрів отримано, що загальна витрата води при водозниженні складе 482,88 м³/добу = 20,12 м³/годину. Граничне навантаження на один голкофільтр складає 0,70 м³/годину. Отримане значення навантаження (витрати) на один голкофільтр 0,56 м³/годину менше граничного навантаження, тобто забезпечує нормальні умови його роботи. Формування кривої депресії відбувається на протязі 5 діб. Радіус кривої депресії складає 83,25 м. Найбільші зміни кривої депресії можуть відбуватися в межах ≈ 28 м від котловану.

На захватці 2 слід встановити 36 голкофільтрів вздовж огороження по 18 з кожного боку. Крок голкофільтрів складає 0,8...1,2 м.

Витрати води для першого і другого ярусу складають до 40,24 м³/годину, продуктивність установки УВВ-3А-6КН 64 м³/годину, що дозволить досягнути необхідного рівня зниження ґрунтових вод за допомогою 2-х установок.

За результатами розрахунків по захватці 3 для 1-го ярусу встановлення голкофільтрів отримано, що загальна витрата води при водозниженні складе $535,0 \text{ м}^3/\text{добу}=22,3 \text{ м}^3/\text{годину}$. Гранічне навантаження на один голкофільтр складає $0,70 \text{ м}^3/\text{годину}$. Отримане значення навантаження (витрати) на один голкофільтр $0,56 \text{ м}^3/\text{годину}$ менше граничного навантаження, тобто забезпечує нормальні умови його роботи. Радіус кривої депресії складає $85,09 \text{ м}$. Найбільші зміни кривої депресії можуть відбуватися в межах $\approx 28,5 \text{ м}$ від котловану.

На захватці 3 слід встановити 60 голкофільтрів вздовж огороження по 30 з кожного боку. Крок голкофільтрів складає $0,8...1,2 \text{ м}$.

Витрати води для першого і другого ярусу голкофільтрів складають до $44,60 \text{ м}^3/\text{годину}$, продуктивність установки УВВ-ЗА-6КН $64 \text{ м}^3/\text{годину}$, що дозволить досягнути необхідного рівня зниження ґрунтових вод за допомогою 2-х установок.

Вздовж котловану додатково будуть встановлені глибокі великодебітні свердловини довжиною 20 м .

На ділянці захватки 1 одночасно будуть використовуватися 6 великодебітних свердловин. На ділянці захватки 2 одночасно будуть використовуватися 10 великодебітних свердловин. На ділянці захватки 3 одночасно будуть використовуватися 8 великодебітних свердловин. Усього на ділянці виконуються 14 великодебітних свердловин.

Відмітка поверхні землі прийнята рівною $100,50 \text{ м}$. Відмітка залягання рівня ґрунтових вод на ділянці в середньому складає $97,00 \text{ м}$. Відмітка дна котловану - $\approx 89,60 \text{ м}$. Коефіцієнт фільтрації (середньозважений) прийнятий в розрахунках з урахуванням результатів вишукувань і того, що фільтри свердловин занурюються в ґрунти з різними коефіцієнтами фільтрації (ІГЕ-3 і ІГЕ-4).

Розрахунок основних характеристик необхідних для визначення параметрів свердловин для водозниження виконувався згідно вимог нормативних документів України,

(СНиП 2.06.14-85, 1986; ДБН В.2.1-10:2018, 2019; ВСН 127-91, 1992).

Довжина свердловини з урахуванням відстійника ($\approx 1,0 \text{ м}$) - $20,00 \text{ м}$. В розрахунках прийнятий діаметр фільтрової ланки 273 мм без урахування гравійної відсіпки.

Водознижувальні свердловини слід розташовувати вздовж огороження котловану.

Водознижувальний контур приводять до «великого колодязя» з приведеним радіусом, який для контурної водознижувальної системи при відношенні сторін меншим 10 визначають за формулою 9:

$$r_0(r_s) = \sqrt{\frac{A}{\pi}}, \quad (9)$$

де A - площа котловану, м^2 .

Витрата ґрунтових вод, що надходить до водознижувальної свердловини визначається в залежності від необхідного рівня пониження ґрунтових вод при одночасній роботі водознижувальних свердловин відповідно до кожної захватки визначається за формулою 10:

$$Q' = \frac{\pi k(2H - S)S}{\ln \frac{R^n}{nr_0^{n-1} \cdot r}}, \quad (10)$$

де k - середньозважений коефіцієнт фільтрації, $\text{м}/\text{добу}$;

H - розрахункова потужність водоносного шару піску, м (приведена потужність водоносного горизонту);

r - радіус свердловини - $0,273 \text{ м}$ (без урахування гравійної відсіпки, згідно вимог ВСН 127-91 (ВСН 127-91, 1992), м ;

n - кількість водознижувальних свердловин для кожної захватки;

r_0 - приведений радіус водознижувального контуру, м ;

S - пониження рівня води в свердловині, м ;

R - приведений радіус кривої депресії, який визначається за формулою 11

$$R = \sqrt{\frac{3Hkt}{\mu}}, \quad (11)$$

де μ - коефіцієнт водовіддачі;

t - час досягнення проектного рівня водозниження - 5 діб .

Граничний дебіт (витрата) однієї свердловини визначається за формулою 12:

$$Q_{\text{гран}} = 200 \cdot l_{\phi} \cdot d_{\phi} \sqrt[3]{k}, \quad (12)$$

де l_{ϕ} – довжина фільтру, м;

d_{ϕ} – діаметр свердловини, м.

Зниження в центрі водознижувального контуру при одночасній роботі свердловин на ділянці визначається за формулою 13:

$$S_{\phi} = H - \sqrt{H^2 - \frac{nQ'}{\pi k} \cdot \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (13)$$

За результатами розрахунків визначено, що оптимальна кількість свердловин на ділянці розташування захватки 1 складає 6 шт., необхідне водозниження в одній свердловині – 8,00 м. Довжина фільтру – 9 м. Аналогічні розміри мають елементи свердловин на захватках 2 і 3.

6 водознижувальних свердловин слід розташувати вздовж огороження котловану захватки 1 з обох його сторін.

Отримане значення граничного дебіту однієї свердловини 862,35 м³/добу, що більше отриманого значення дебіту однієї свердловини, який складає 334,94 м³/добу.

Зниження в центрі водознижувального контуру при одночасній роботі 6 свердловин на захватці 1 з пониженням в кожній свердловині 8,00 м і дебітом 334,94 м³/добу складе 7,85 м від середнього рівня ґрунтових вод (97,0 м), що відповідає абсолютній відмітці – 89,14 м. Відмітка дна котловану – 89,4–89,6 м.).

За результатами розрахунків визначено, що оптимальна кількість свердловин на ділянці розташування захватки 2 складає 10 шт.

10 водознижувальних свердловин слід розташувати вздовж огороження котловану захватки 2 з обох його боків.

За результатами розрахунку R дорівнює 95,75 м.

Витрата однієї свердловини склала – 221,46 м³/добу, або 9,23 м³/год.

Отримано, що граничний дебіт свердловини складає $Q_{\text{гран}}=862,35$ м³/добу=35,93 м³/год.

Отримане значення граничного дебіту однієї свердловини більше отриманого значення дебіту однієї свердловини.

Зниження в центрі водознижувального контуру при одночасній роботі 10 свердловин складе 8,38 м від середнього рівня ґрунтових вод (97,0 м), що відповідає абсолютній відмітці - 88,62 м. Відмітка дна котловану - 89,4-89,6 м.).

За результатами розрахунків визначено, що оптимальна кількість свердловин на ділянці розташування захватки 3 складає 8 шт. Довжина свердловин і діаметр та довжина фільтру без урахуванням гравійної відсіпки аналогічні прийнятим по захваткам 1 і 2.

8 водознижувальних свердловин слід розташувати вздовж огороження котловану захватки 2 з обох його сторін.

За результатами розрахунку R дорівнює 95,75 м.

Витрата однієї свердловини склала – 249,74 м³/добу, або 12,28 м³/год.

Отримано, що граничний дебіт свердловини складає $Q_{\text{гран}}=862,35$ м³/добу=35,93 м³/год.

Отримане значення граничного дебіту однієї свердловини 862,35 м³/добу, що більше отриманого значення дебіту однієї свердловини, який складає 347,94 м³/добу.

Зниження в центрі водознижувального контуру при одночасній роботі 8 свердловин з пониженням в кожній свердловині 8,00 м і дебітом 249,74 м³/добу складе 7,72 м від середнього рівня ґрунтових вод (97,0 м), що відповідає абсолютній відмітці - 89,08 м. Відмітка дна котловану - 89,4-89,6 м).

На рис. 4 наведено поперечний переріз котловану з розташуванням елементів системи водозниження.

На Рис. 5 і на Рис. 6 наведені відповідно конструкції голкофільтру та великодебітних свердловин, які будуть влаштовуватися на ділянці реконструкції колектора.

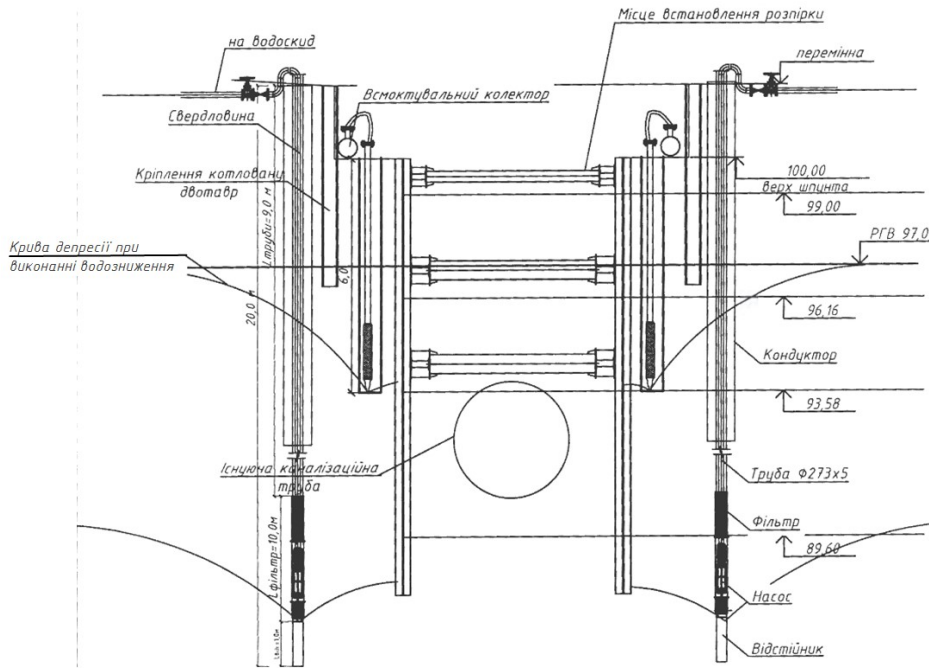


Рис. 4. Поперечний переріз котловану з розташуванням елементів системи водозниження
 Fig. 4. Cross-section of the pit with the location of the elements of the water reduction system



Рис. 5. Конструкції голкофільтру
 1 – трубчастий каркас з щільною перфорацією; 2 – підкладочні повздовжні стержні; 3 – водоприймальна поверхня з дротової обмотки; 4 – підкладувальна обмотка; 5 – водоприймальна поверхня з нержавіючої сітки; 6 – водоприймальна поверхня з штампованого листа з отворами.
 Fig. 5. Needle filter designs.
 1 – tubular frame with slot perforation; 2 – lining longitudinal rods; 3 – water-receiving surface made of wire winding; 4 – lining spiral winding; 5 – water-receiving surface made of stainless mesh; 6 – water-receiving surface made of stamped sheet with holes.

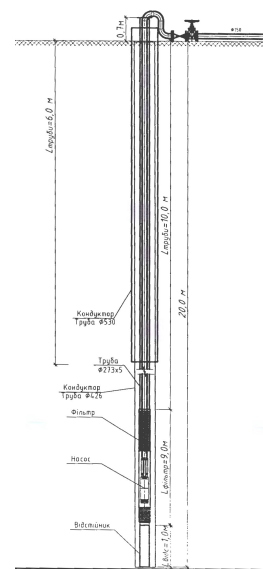


Рис. 6. Конструкція великодебітної свердловини.
 1 – трубчастий каркас з щільною перфорацією; 2 – підкладочні повздовжні стержні; 3 – водоприймальна поверхня з дротової обмотки; 4 – підкладочна спіральна обмотка; 5 – водоприймальна поверхня з нержавіючої сітки; 6 – водоприймальна поверхня з штампованого листа з отворами.
 Fig. 6. Design of a high-flow well.
 1 – tubular frame with slot perforation; 2 – lining longitudinal rods; 3 – water-receiving surface made of wire winding; 4 – lining spiral winding; 5 – water-receiving surface made of stainless mesh; 6 – water-receiving surface made of stamped sheet with holes.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що при визначеній кількості голкофільтрів, насосних установок та великодебітних свердловин роботи з реконструкції каналізаційного колектора можуть бути виконані з дотриманням вимог чинних в Україні нормативних документів.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Встановлено, що виконання комбінованого водозниження з використанням голкофільтрів та високодебітних свердловин в складних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах дозволяє виконувати роботи з влаштування котловану при умові дотримання вимог чинних нормативних документів.

Раціональне розташування обладнання для водозниження забезпечує досягнення оптимальних умов для виконання будівельних робіт.

Показано, що при урахуванні існуючої гідрологічної ситуації і її обґрунтуванні розрахунками та при дотриманні відповідних вимог виконання котлованів та заглиблених конструкцій при високому рівні розташування ґрунтових вод можна розробити ефективні методи будівництва заглиблених конструкцій на будівельний період.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення: ДБН В.1.1-25-2009. (2011) [Чинний від 2011–01–01]. К.: Мінрегіонбуд України.
2. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення: ДСТУ-Н Б В.1.1–38:2016. (2017). К.: ДП УкрНДНЦ.
3. E. Forero-Ortiz, E. Martínez-Gomariz, M-C. Porcuna. (2020) A review of flood impact assessment approaches for underground infrastructures in urban areas: a focus on transport systems *Hydrological Sciences Journal*, 65:11, 1943-1955.
4. Yong-sik Han, Eun Taek Shin, Tae Soo Eum, Chang Geun Song. (2019) A review of flood impact assessment approaches for underground infrastructures in urban areas: a focus on transport systems *Appl. Sci.*, № 9 (6), 2–11.

5. Дмитрієв Д.А., Степанчук С.В., Кураш С.Ю. (2023) Захист заглиблених конструкцій будівель та споруд від впливу підземних вод на будівельний та експлуатаційний періоди *Науково-технічний журнал «Наука та будівництво»*, 35, 48-54.
DOI: 10.33644/2313-6679-1-2023-6
6. Бамбура А.М., Ковальській Р.К., Дмитрієв Д.А., Дорогова О.В.. Геотехнічні проблеми при проектуванні, будівництві та експлуатації відповідальних будівельних об'єктів *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції»*, 89(2), 3-12.
7. Ishigaki, T.; Kawanaka, R.; Ozaki, T.; Toda, K. (2015) Vulnerability to Underground Inundation and Evacuation in Densely Urbanized, *J. Disaster Res.*, № 2 (11). 298-305.
8. Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод: СНиП 2.06.14-85. – [Чинний від 1986–01–01]. М.: Минмонтажспецстрой.
9. Основи та фундаменти споруд. Основні положення: ДБНВ.2.1–10:2018.(2018) [Чинний від 2019.01.01]. К.: Мінрегіон України.

REFERENCES

1. Ingenirniy zahust teritory ta sporud vid pidtoplenya ta zatoplenya. DBN V.1.1-25-2009. - (2011). - [Chynnyi vid 2011–01–01]. - К.: Minregionbud Ukrainy, 52 (in Ukrainian).
2. Nastanova shodo zahustu teritoriy, budivel ta sporud vid pidtoplennya ta zatoplnya: DSTU–N B V.1.1–38:2016. (2017). К.: DP UkrNDNTs, (in Ukrainian).
3. E. Forero-Ortiz, E. Martínez-Gomariz, M-C. Porcuna. (2020) A review of flood impact assessment approaches for underground infrastructures in urban areas: a focus on transport systems. *Hydrological Sciences Journal*, 65:11, 1943-1955 (in English).
4. Yong-sik Han, Eun Taek Shin, Tae Soo Eum, Chang Geun Song (2019) A review of flood impact assessment approaches for underground infrastructures in urban areas: a focus on transport systems/ *Appl. Sci. No. 9 (6)*, 2-11 (in English).
5. Dmitriev D.A., Stepanchuk S.V., Kurash S.U. (2023)) Zahist zaglublenih konsnruktsyi budivel ta sporud vid vpluvu pidzemnih vod. [Protection of buried structures of buildings and structures from the influence of groundwater during the construction and operational periods] *Naukovo-*

technichniy zhurnal «Nauka i ta budivnytstvo», 35, 48-54.

6. Bambura A.M., Kovalsky R.K., Dmitriev D.A., Dorogova O.V. (2016) Geotekhnichni problemi pri proektuvanni, budivnyystvi i ekspluatatsii budivelnykh obektiv [Geotechnical problems in the design, construction and operation of critical construction facilities] *Migvidomchiy naukovotekhnichniy zhurnal «Budivnyy konstruktivnyy»*, 89(2). 3–12? (in Ukrainian).
7. Ishigaki, T.; Kawanaka, R.; Ozaki, T.; Toda, K. (2015) Vulnerability to Underground Inundation and Evacuation in Densely Urbanized, *J. Disaster Res.*, № 2 (11). 298-305.
8. Zachit gornuh vurobotok ot podzemnykh ta poverhnostnykh vod. SNiP 2.06.14-85. (1986) - [Chynnyi vid 1986-01-01]. M.: Minmontagsservisstroii, 1986 (in Russian).
9. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia: DBNV.2.1–10:2018. (2018) - [Chynnyi vid 2019.01.01]. - K.: Minrehion Ukrainy, 36 (in Ukrainian).

Implementation of construction water reduction in areas with difficult hydrogeological conditions

Dmytro DMITRIEV,
Sergiy KURACH

Summary. Urbanized areas are an example of a powerful and unbalanced impact on the geological environment of technogenic factors that disrupt the hydrogeological and geoecological conditions of the territory.

In built-up areas, changes in the conditions for the formation of surface and groundwater runoff are observed, the nature of the hydraulic connection of surface and groundwater, as well as aquifers between themselves, is disrupted.

When performing work on the construction of buried structures and the arrangement of excavations, the engineering and geological hydrogeological conditions of the construction site should be taken into account.

The construction of foundations on piles, tunnels, and underground parking lots in most cases leads to the barrage of the flow of groundwater, and as a result, to flooding. The underground space of a modern city is saturated with water-bearing communications that have unpredictable leaks. Water leaks from communications cause a significant rise in groundwater levels in the upper aquifer, which are

random and difficult to predict. Design and construction of new buildings and structures of increased responsibility in difficult engineering and geological conditions and in conditions of dense development requires additional measures that should ensure the possibility of safe execution of construction work, limit the impact on surrounding structures and networks and protect new buildings and surrounding development from the manifestation of dangerous engineering and geological processes.

The article considers the option of arranging a pit during the reconstruction of a sewer collector D=2280 mm in Kyiv on the left bank of the Dnieper River.

Currently, the performance of such work is not regulated by current modern regulatory documents in force in Ukraine. The standards that were developed during the USSR are used, but they are currently in force in our country [1, 2]/

Based on the above, when designing and constructing facilities, a set of measures should be provided for protection against the impact of groundwater on the construction and operational periods.

Keywords. Hydrogeological conditions, groundwater level, construction water reduction, filtration coefficient, needle filters.