



МІСЬКІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

*для студентів напрямку 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»*

Ужгород – 2023

УДК 711.1

Автор: Н.Ю.Кіс, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Д.І.Кайнц, канд. фіз-мат. наук, доцент,
завідувач кафедру міського будівництва та
господарства, ІТФ, УжНУ

Затверджено на засіданні кафедри міського
будівництва, протокол №9 від 23.03.2023

Видається в авторській редакції.

Кіс Н.Ю. Міські інженерні споруди. Методичні
рекомендації до виконання розрахунково-графічної
роботи. Ужгород: УжНУ, 2023. 22с.

Призначено для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія» для закріплення
теоретичних положень лекційного курсу та засвоєння
основ проектування інженерних споруд.

Рекомендовано до друку методичною комісією
Інженерно-технічного факультету УжНУ протокол
№3 від 24 березня 2023р

УжНУ, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ	6
2. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	8
3. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВУ РОБОТУ	9
4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ	10
5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	17
6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	18

ВСТУП

Для закріплення теоретичного курсу і набуття деякого досвіду проектування, програмою навчання передбачено виконання розрахункової роботи «Розрахунок стійкості підпірної стінки»

Підпірні стінки - це споруди, що утримують ґрунт від обвалення в укосах насипів і виїмок. Вони широко використовуються в промисловому, цивільному, гідротехнічному і транспортному будівництві.

Функції підпірних стінок виконують підвальні частини стін будівель, портали тунелів, відкритки водопропускних труб під насипами доріг. Своєрідними підпірними стінками є основи мостів.

Підпірні стіни проектують згідно з ДБН В.2.1-10-2009, СНіП 2.06.07 (при використанні теорії граничного напруженого стану).

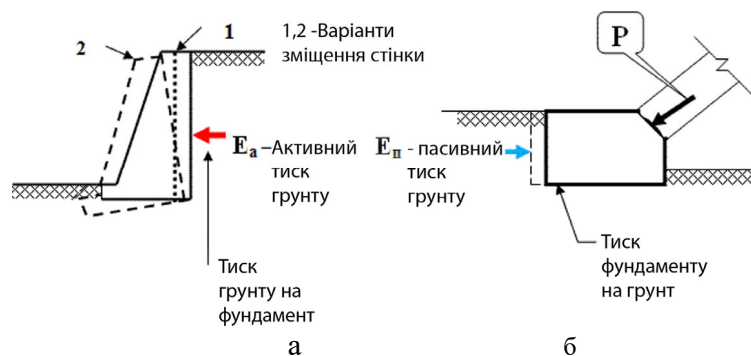
Визначення величин активного тиску ґрунту та пасивного відпору являється однією з найважливіших задач при вирішенні ряду інженерних завдань, і, перш за все, стійкості підпірних стін.

Завдання по визначенню активного тиску ґрунту на підпірні стіни вирішуються методами теорії граничного стану. Для вирішення багатьох практичних завдань замість поверхні обвалення складного криволінійного обрису користуються методом Ш.Кулона

Активним тиском називається тиск ґрунту на конструкцію (підпірну стінку). У цьому випадку конструкція сприймає тиск ґрунту і може отримати найбільш ймовірні зсуви (1, 2), позначені на рис.1.а.

Пасивний тиск або відпір у ґрунті виникає тоді, коли конструкція тисне на ґрунт (опорний фундамент арки). Така схема роботи основи представлена на рис.1.б.

В даній розрахунковій роботі розглянуто підпірну стінку найпростішого профілю з вертикальними задньою та передньою контактними гранями. Поверхню засипки за стінкою та перед стінкою прийнято горизонтальними, причому на поверхню засипки за стінкою діють рівномірно розподілені навантаження



а- схема впливу активного тиску ґрунту на підпірну стінку; б- виникнення пасивного відпору тиску фундаменту на ґрунт

Рис. 1. Виникнення активного тиску ґрунту на підпірну стінку та пасивного відпору тиску фундаменту на ґрунт

1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Міські інженерні споруди» для кожного студента містить 3 завдання. Номер варіанту відповідає шифру залікової книжки. Роботи, що містять завдання не свого варіанта, не зараховуються.

При виконанні РГР необхідно дотримуватися наведених нижче правил. Роботи, виконані без дотримання цих правил, можуть бути повернені студентові для перероблення та доопрацювання. Розрахунково-графічна робота оформлюється у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, яка містить 7-15 сторінок формату А4.

Текст пояснення, формули і розрахунки повинні бути написані розбірливо, чорним чорнилом чи пастою, або надаватися в друкованому вигляді. Схеми і графіки виконуються простим олівцем. Складні графічні залежності та діаграми слід виконувати на міліметровці або вони можуть бути побудовані з використанням прикладних програм.

Літери позначення і найменування кожної величини повинні бути подані в одиницях СІ.

Структура та зміст роботи

Типова структура розрахунково-пояснювальної записки така: -титульний аркуш; -аркуш завдання;

зміст; -вступ; -основна частина; -список літератури(перелік посилань); -додатки (за необхідності).

Усі структурні елементи роботи розпочинаються з нової сторінки.

Титульний аркуш містить:

- найменування вищого навчального закладу, кафедри;
- назву дисципліни і назву роботи, номер залікової книжки;
- назву групи, прізвище, ім'я і по батькові студента;
- прізвище, ініціали викладача;
- місто та рік.

Приклад оформлення титульного аркуша наведено у додатку А.

Аркуш завдання

Стандартний бланк завдання (Додаток Б) заповнюється студентом самостійно згідно з своїм варіантом.

Вступ

Містить стислий опис ролі і місця проектування підірних стін у сучасному містобудуванні та особливості будівництва підірних стін.

Основна частина

Основна частина містить рішення всіх завдань з усіма необхідними розрахунками, поясненнями, мотивуючи всі дії заходом рішення, і роблячи всі необхідні рисунки, які обов'язково супроводжуються посиланнями на рисунки і використовувану літературу.

Порядок розрахунку за формулою:

- записати формулу у загальному вигляді, за якою обчислюють величини параметра;
- привести значення кожного умовного позначення;
- підставити у формулу числові значення і обчислити величини.

У кінці роботи необхідно зазначити список літератури(джерел), яка була використана.

ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Кафедра складає графік ходу виконання РГР, де зазначаються контрольні терміни виконання основних розділів, подання роботи до захисту. Якщо при виконанні роботи у студента виникають складнощі, він може звернутися в університет за консультацією.

Студент, що не подав розрахунково-графічну роботу, чи не захистив її в строки, вважається таким, що має академічну заборгованість.

У процесі захисту студент обґрунтовує рішення, що приймаються, відповідає на поставлені питання.

Таблиця 1

За результатами захисту розрахунково-графічної роботи студент отримує диференційовану оцінку, яка виставляється на титульному аркуші і завіряється підписом викладача.

2. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВУ РОБОТУ

До складу РГР включені наступні завдання.

Завдання 1

Необхідно відповідно до варіанта вибрати і зобразити споруду що розраховується

Завдання 2

Провести розрахунок активного і пасивного тиску ґрунту на підпірну стінку

Завдання 3

Провести розрахунок стійкості споруди

Дані для кожного варіанта наведені в таблицях 1

Варіанти завдань

Показники	Варіанти									
	остання цифра залікової книжки									
Стіна	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Висота стінки, h, м	6,5	6,6	6,4	6,0	6,1	6,2	6,3	5,9	7,0	5,8
Глибина закладання, d, м	1,2	1,6	1,5	1,3	1,4	1,6	1,3	1,5	2,0	2,1
Кут поширення, β , °	22	21	23	24	21	27	25	30	22	26
Тиск поверхні засипки, p, кПа	24	25	30	21	22	23	26	27	31	29
Засипка	передостання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кут внутрішнього тертя, φ , °	34	38	31	35	27	36	34	32	39	30
Питоме зчеплення, c, кПа	4	4,1	4,3	3,9	4	5	5,1	4,7	4,8	4,6
Питома вага, γ , кН/м ³	18	17	16	15	19	20	18	16	21	15
Основа	остання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кут внутрішнього тертя, φ_0 , °	20	19	22	21	23	24	25	26	18	27
Питоме зчеплення, c_0 , кПа	35	36	30	32	31	40	41	39	38	37
Питома вага, γ_0 , кН/м ³	19,2	18,3	19,0	18,7	18,8	18,9	19,1	19,3	19,5	20,0
Питома вага бетону, γ_6 , кН/м ³	23,3	23,0	22,5	26,0	23,4	23,1	23,2	24,0	24,3	25,1

3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Завдання: Перевірити стійкість підпірної стінки за наступних вихідних даних:

Стіна

Висота стінки

h=6.0 м

Глибина закладання	$d=1.6$ м
Кут поширення	$\beta=22^\circ$
Тиск поверхні засипки	$p=24$ кПа
Засипка	
Кут внутрішнього тертя	$\varphi =34^\circ$
Питоме зчеплення	$c =4$ кПа
Питома вага	$\gamma =17.0$ кН/м ³
Основа	
Кут внутрішнього тертя	$\varphi_0 =20^\circ$
Питоме зчеплення	$c_0 =35$ кПа
Питома вага	$\gamma_0 =19.2$ кН/м ³
Питома вага бетону	$\gamma_6 = 23.0$ кН/м ³

1. Складання схеми підпірної стінки

Згідно отриманого завдання зобразимо схему підпірної стінки

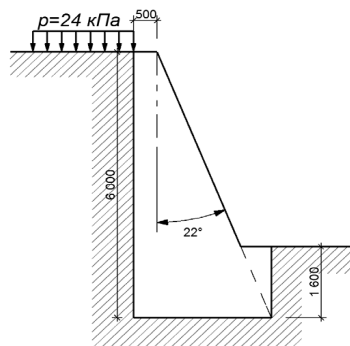


Рис. 2. Схема підпірної стінки

2. Розрахунок активного та пасивного тиску

Якщо знехтувати силами тертя ґрунту на контактних гранях стінки, то при зазначених граничних умовах інтенсивність тиску ґрунту на ці грані визначається формулами:

за стінкою:

$$\sigma_a = (p + \gamma z) \lambda_a - 2c \sqrt{\lambda_a} \quad (2.1)$$

перед стінкою:

$$\sigma_p = \gamma_0 z_1 \lambda_p + 2c_0 \sqrt{\lambda_p} \quad (2.2)$$

де γ, γ_0 - питома вага ґрунту засипки і основи; z, z_1 - відстані від поверхні засипки до точки, де визначаються активний і пасивний тиск; c, c_0 - питоме зчеплення ґрунту засипки і основи; λ_a, λ_p - коефіцієнти активного і пасивного тисків, які обчислюються за формулами (2.3) і (2.4) при кутах внутрішнього тертя засипки φ і основи φ_0 відповідно.

$$\lambda_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1 - \sin 34^\circ}{1 + \sin 34^\circ} = 0.28 \quad (2.3)$$

$$\lambda_p = \frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_0}{2} \right) = \frac{1 + \sin 20^\circ}{1 - \sin 20^\circ} = 3.53 \quad (2.4)$$

тоді:

$$\sigma_a = (p + \gamma z) \lambda_a - 2c \sqrt{\lambda_a} = (24 + 17.0 * 6.0) * 0.33 - 2 * 8 * \sqrt{0.28} = 33.11 \text{ кПа}$$

$$\sigma_p = \gamma_0 z_1 \lambda_p + 2c_0 \sqrt{\lambda_p} = 19.2 * 1.6 * 3.53 + 2 * 20 * \sqrt{3.53} = 183.59 \text{ кПа}$$

З формул (2.1) і (2.2) випливає, що активний і пасивний тиск змінюються з глибиною за лінійним законом. У розрахунках їх зручно поділити на дві

частини: на постійну по глибині і змінну з глибиною за законом прямої пропорційності:

$$\sigma_a' = p\lambda_a - 2c_0\sqrt{\lambda_a} = 24*0.28 - 2*4\sqrt{0.28} = 2.48 \text{ кПа},$$

$$\sigma_a'' = \gamma z \lambda_a = 17.0*6.0*0.28 = 28.56 \text{ кПа}, \quad (2.5)$$

$$\sigma_a = \sigma_a' + \sigma_a'' = 2.48 + 28.56 = 31.04 \text{ кПа}$$

$$\sigma_p' = 2c_0\sqrt{\lambda_p} = 2*20*\sqrt{3.53} = 75.15 \text{ кПа},$$

$$\sigma_p'' = \gamma_0 z_1 \lambda_p = 19.2*1.6*3.53 = 108.44 \text{ кПа}, \quad (2.6)$$

$$\sigma_p = \sigma_p' + \sigma_p'' = 75.15 + 108.44 = 183.59 \text{ кПа}$$

У розрахунку на одиницю довжини підпірної стінки результуючі цих тисків обчислюються за площами своїх епюр:

— активний тиск:

$$E_a' = \sigma_a' h, \quad E_a'' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \lambda_a \quad (2.7)$$

$$E_a' = 2.48*6.0 = 14.88 \text{ кН}$$

$$E_a'' = \frac{1}{2} 17.0*6.0^2*0.28 = 85.68 \text{ кН}$$

— пасивний тиск:

$$E_p' = \sigma_p' d, \quad E_p'' = \frac{1}{2} \gamma_0 d^2 \lambda_p \quad (2.8)$$

$$E_p' = 75.15*1.6 = 120.24 \text{ кН}$$

$$E_p'' = \frac{1}{2} 19.2*1.6^2*3.53 = 86.75 \text{ кН}$$

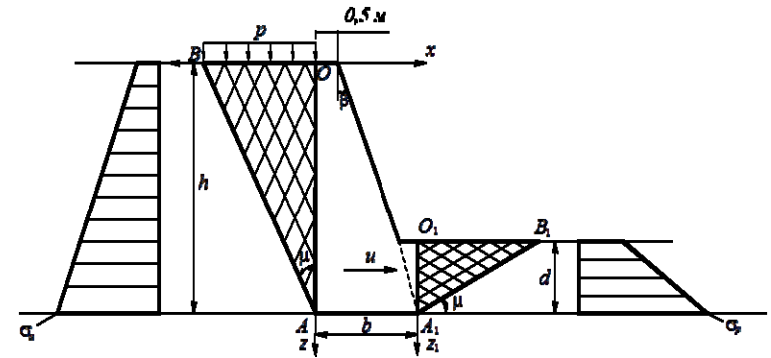


Рис.3 Епюри активного та пасивного тиску*

*Замість змінних вказати власні числові значення

Ці сили вважають прикладеними нормально до контактних граней стінки і проходять через центри ваги епюр, відповідно на відстанях $h/2$, $h/3$ і $d/2$, $d/3$ від рівня підшви підпірної стінки.

3. Перевірка стійкості підпірної стінки

Якщо активний тиск досить великий, то він може зрушити підпірну стінку в горизонтальному напрямку, так що відбудеться зсув підшви стінки по ґрунту. Такому зміщенню стінки перешкоджають сили пасивного опору ґрунту і сили тертя підшви стінки на ґрунт. Унаслідок шорсткості підшви стінки прийнято вважати, що в площині підшви відбувається зсув ґрунту по ґрунту. Тому сила тертя по підшві визначається відповідно до закону Кулона за формулою:

$$T = G \tan \phi_0 + c_0 b \quad (3.1)$$

де G – вага стінки.

Для розрахунку ваги підпірної стінки її

поперечний переріз зручно розділити на елементарні фігури: прямокутники і трикутники (рис. 4).

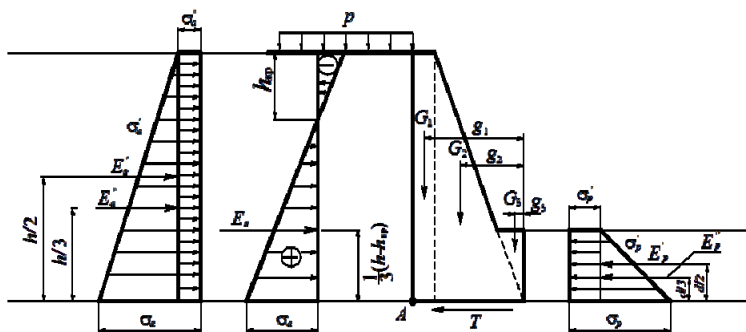


Рис.4 Розрахункова схема до розрахунку стійкості стінки зсуву

Вага будь такої частини на одиницю довжини стінки визначається виразом:

$$G_i = \gamma_{\sigma} A_i \quad (3.2),$$

де \$A_i\$ - площа відповідної фігури.

$$b = 0.5 + h * \operatorname{tg} \beta = 0.5 + 6.0 * \operatorname{tg} 22^{\circ} = 2.92 \text{ м},$$

$$G_1 = 23 * 0.5 * 6.0 = 69 \text{ кН}$$

$$G_2 = 23 * \frac{1}{2} (2.92 - 0.5) * 6.0 = 166.98 \text{ кН}$$

$$G_3 = 23 * \frac{1}{2} * 1.6^2 * \operatorname{tg} 22^{\circ} = 11.89 \text{ кН}$$

$$G = 69 + 166.98 + 11.89 = 247.87 \text{ кН}$$

$$T = 247.87 * \operatorname{tg} 34^{\circ} + 20 * 2.92 = 225.59 \text{ кН}$$

Ступінь стійкості стінки проти зсуву може бути оцінена за допомогою коефіцієнту запасу стійкості:

$$k_{\text{сдв}} = \frac{Q_z}{Q_r} \quad (3.3)$$

где \$Q_z\$, \$Q_r\$ - результуючі утримуючих сил і сил зсуву

$$Q_z = E'_p + E''_p + T; \quad Q_r = E'_a + E''_a \quad (3.4)$$

$$Q_z = 120.24 + 86.75 + 225.59 = 432.58 \text{ кН}$$

$$Q_r = 14.48 + 85.68 = 100.16 \text{ кН}$$

Стінка стійка проти зсуву, якщо виконується умова

$$k_{\text{сдв}} = \frac{Q_z}{Q_r} \geq \frac{\gamma_n}{m} \quad (3.5)$$

де \$\gamma_n\$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди, що приймається рівним 1,1; \$m\$ - коефіцієнт умов роботи, що дорівнює 0,9.

$$k_{\text{сдв}} = \frac{432.58}{100.16} \approx 4.32 > \frac{1.1}{0.9} = 1.22$$

Таким чином, можна зробити висновок, що стінка стійка.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Дайте визначення поняттю - підпірні стінки
2. Дайте визначення поняттю - активним тиском
3. Дайте визначення поняттю - пасивний тиск
4. З яких міркувань призначають розміри поперечного перерізу і профіль підпірних стінок
5. Конструкції гравітаційних підпірних стінок
6. Конструкції палевих підпірних стінок
7. Які основні кроки складання схеми підпірної стінки?
8. Які фактори впливають на активний та пасивний тиск на підпірну стінку?
9. Які методи використовуються для розрахунку активного тиску на підпірну стінку?
10. Які методи використовуються для розрахунку пасивного тиску на підпірну стінку?
11. Які параметри потрібно враховувати при перевірці стійкості підпірної стінки?
12. Які методи використовуються для перевірки стійкості підпірної стінки під час будівництва?
13. Які можливі ризики або проблеми можуть виникнути під час перевірки стійкості підпірної стінки?
14. Які методи захисту можуть бути використані для забезпечення стійкості підпірної стінки?
15. Які стандарти чи рекомендації використовуються при розрахунках стійкості підпірної стінки?
16. Які можливі варіанти оптимізації підпірної стінки можна розглянути для забезпечення кращої стійкості і безпеки?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іженерні споруди : навч. посіб. / О.В. Інкін ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 219 с.
2. Споруди системи інженерного захисту території. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій]. – К.: Держбуд України, 2011. – 144 с. – (Державні будівельні норми України)
3. ЗАХИСТ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Основні положення проектування ДБН В.1.1+24:2009]. – К.: Держбуд України, 2009. – 123 с. – (Державні будівельні норми України)
4. ДБН В.2.1–10–2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – [Чинний від 2009-07-09]. – Київ, 2009. – 82 с. – (Національний стандарт України).
5. ДСТУ В.1.1-38:2016. Інженерний захист територій, будинків, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. – [Чинний від 2017–04–01]. – Київ, 2017. – 203 с. – (Національний стандарт України).
6. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі: Навч. посібник (для студентів 4,5, 6 курсів спец. 7.092102 – «Міське будівництво і господарство», 7.120103 – «Містобудування» та напряму 1201 – «Архітектура»). – арків: ХНАМГ, 2006.– 97 с.

Приклад оформлення титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра міського будівництва та господарства

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з курсу " Міські інженерні споруди"
на тему: " Розрахунок стійкості підпірної стінки "

Виконав
Перевірив

Ужгород – 2015

Аркуш завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра міського будівництва та господарства
Спеціальність 6.060101 «Будівництво»

З А В Д А Н Н Я

до розрахунково –графічної роботи
з курсу " Інженерні мережі та споруди "
студентові _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи " Розрахунок стійкості підпірної стінки "
2. Вихідні дані:Перевірити стійкість підпірної стінки за наступних вихідних даних:

Стіна

Висота стінки $h =$ м

Глибина закладання	$d =$ м
Кут поширення	$\beta =$ °
Тиск поверхні засипки	$p =$ кПа
Засипка	
Кут внутрішнього тертя	$\varphi =$ °
Питоме зчеплення	$c =$ кПа
Питома вага	$\gamma =$ кН/м ³
Основа	
Кут внутрішнього тертя	$\varphi_0 =$ °
Питоме зчеплення	$c_0 =$ кПа
Питома вага	$\gamma_0 =$ кН/м ³
Питома вага бетону	$\gamma_6 =$ кН/м ³

Навчальне видання

Кіс Н.Ю. Міські інженерні споруди. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи. Ужгород: УжНУ, 2023. 22с.

Укладач: Кіс Н.Ю.

План 20023, поз.216М

Підп. до друку 6.08.2023

Формат 60x84 1/8.

Друк на ризографі. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 30 прим.