

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної та контрольної роботи

з навчальної дисципліни

«ІНЖЕНЕРНА ЛІТОЕКОЛОГІЯ МІСТ»

*(для студентів 5 курсу денної і 5-6 курсу заочної форм навчання
спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та охорона
навколишнього середовища»)*

ХАРКІВ
ХНАМГ
2011

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної та контрольної роботи з навчальної дисципліни «Інженерна літоекологія міст» (для студентів 5 курсу денної і 5-6 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: К. Д. Бригінець, Д. В. Дядін. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 19 с.

Укладачі: К. Д. Бригінець,
Д. В. Дядін

Рецензент: д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ІЕМ Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 1 від 30.08.2010 р.

Зміст

Вступ.....	4
1. Нормативні і розрахункові значення інженерно-геологічних характеристик ґрунтів.....	5
2. Інженерні рішення щодо запобігання суфозійних деформацій у ґрунтах.....	9
2.1. Загальна характеристика та призначення зворотних фільтрів	9
2.2. Методика проектування зворотних фільтрів.....	9
2.3. Методика оцінки суфозійності ґрунту	10
2.4. Методика розрахунку гранулометричного складу зворотного фільтра.....	12
2.5. Приклад оцінки суфозійності ґрунту та розрахунку параметрів зворотного фільтра.....	15
Список рекомендованих джерел.....	19

Вступ

Розрахунково-графічна робота з інженерної літоєкології міст, запланована для виконання студентами 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання, передбачає опанування навичок з проектування інженерних рішень щодо важливого аспекту захисту геологічного середовища на територіях, що підлягають забудові, а саме запобігання суфозійних деформацій у ґрунтах. Задачею роботи є оцінити суфозійність ґрунту при заданих умовах та спроектувати параметри зворотного фільтру, який запобігає виносу суфозійних частинок і, як наслідок, деформації ґрунту на даній ділянці.

Контрольна робота, яку виконують студенти заочної форми навчання у на 5 курсі, включає розрахунки статистичних параметрів інженерно-геологічних характеристик ґрунтів, які використовуються під час проектування будівництва різних типів і мають на меті визначення достовірних значень найважливіших характеристик, що впливають на несучу здатність ґрунтів і ризик розвитку небезпечних геологічних процесів.

Вихідні дані для виконання розрахунково-графічної та контрольної роботи надаються викладачем за варіантами.

1. Нормативні і розрахункові значення інженерно-геологічних характеристик ґрунтів

Будівництво завжди пов'язане з ризиком. Основні фактори ризику – інженерно-геологічні, пов'язані з геологічними процесами (просідання, підтоплення, зсуви) і властивостями ґрунтів основ майбутніх будівель і споруд.

Для урахування цих факторів проводять інженерно-геологічні вишукування. Для цього бурять свердловини на будівельному майданчику і відбирають проби для лабораторних і натурних досліджень. Найбільш достовірні дані можуть бути отримані при відборі нескінченно великої кількості проб. Але на практиці це не представляється можливим, оскільки дуже є дуже затратним. Кількість відбираються проб обмежують, воно залежить від неоднорідності ґрунтів, необхідної точності визначення характеристик, стадії проектування і встановлюють його на підставі нормативів.

При проектуванні основ і фундаментів будівель і споруд використовують: фізичні характеристики ґрунтів – вологість, пористість і щільність і міцність - модуль деформації, питоме зчеплення і кут внутрішнього тертя для нескельних ґрунтів, і тимчасовий опір одноосному стиску для скельних ґрунтів.

Для отримання достовірних значень характеристик ґрунтів, проводять статистичну обробку приватних значень.

Основною інженерно-геологічної одиницею, для якої проводять статистичну обробку значень характеристик ґрунтів, є інженерно-геологічний елемент (ІГЕ).

ІГЕ – це деякий об'єм ґрунту одного і того ж номенклатурного виду з урахуванням віку, походження та текстурно-структурних особливостей за умови, що значення характеристик ґрунтів у ньому змінюються незакономірно.

Допускається незначна закономірність зміни: у межах ІГЕ коефіцієнт варіації закономірно змінюється, його характеристики не повинні перевищувати таких величин:

- для фізичних характеристик – 0,15;
- для міцності – 0,30.

Якщо коефіцієнт варіації перевищує ці значення, здійснюють подальше розчленування ІГЕ таким чином, щоб для знову виділених ІГЕ він не перевищував наведених величин.

При виділенні ІГЕ використовують такі показники ґрунтів:

- для великоуламкових ґрунтів – гранулометричний склад (додатково загальну вологість і вологість заповнювача для великоуламкових ґрунтів з глинистим заповнювачем);
- для піщаних ґрунтів – гранулометричний склад, коефіцієнти пористості (додатково вологість для пилюватих пісків);
- для глинистих ґрунтів – характеристики пластичності (межі і число пластичності), коефіцієнт пористості і вологість.

Після визначення характеристик ґрунтів визначають характер просторової мінливості показників властивостей ґрунтів за площею (плані) і з глибиною. Для цього на плані та розрізах наносять значення характеристик в точках їх визначення і будують графіки їх розсіювання. Якщо встановлено, що зміна характеристик незакономірна, значить ІГЕ виділені правильно.

Найменування ґрунту встановлюють на підставі діючої номенклатури ґрунтів.

За єдиний інженерно-геологічний елемент допускається приймати ґрунти, представлені часто змінюються тонкими шарами (не більше 20 см) і лінзами ґрунти різного номенклатурного виду. Шари і лінзи, складені рихлими пісками, глинистими ґрунтами з консистенцією більше 0,75 і заторфованими ґрунтами, виділяють в окремі ІГЕ незалежно від їх товщини.

Після поділу ґрунтів основи на ІГЕ, проводять для них статистичну обробку окремих значень характеристик ґрунтів за наступною методикою.

1. Визначають середньоарифметичне значення:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{A} - A_i)^2}$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\bar{S}}{\bar{A}}$$

де A_i – окремі значення характеристик ґрунту; n – кількість визначень.

Далі проводять статистичну перевірку на виключення грубих помилок.

Виключають ті окремі значення A_i , для яких не виконується така умова:

$$|\bar{A} - A_i| < v \cdot \sigma_{\text{см}}$$

\bar{A} – середнє арифметичне значення характеристики,

v – статистичний критерій, що приймають у залежності від числа визначень n :

якщо $n = 6$	$v = 2,07$
якщо $n = 7$	$v = 2,18$

$\sigma_{\text{см}}$ – зміщена оцінка середнього квадратичного відхилення характеристики, яку обчислюють за формулою:

$$\sigma_{\text{см}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\bar{A} - A_i)^2}$$

Після виключення грубих помилок розрахунки статистичних параметрів повторюють за наведеною методикою.

За нормативне значення для всіх характеристик ґрунтів, крім питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя, приймають середнє арифметичне значення:

$$A^{\text{н}} = \bar{A}$$

Розрахунок нормативних значень питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя проводять за методом найменших квадратів.

Нормативні значення характеристик використовують при виділенні у розрізі ПГЕ, при класифікації ґрунтів, визначенні найменування ґрунту.

Розрахункові значення характеристик ґрунтів використовують при проектуванні основ і фундаментів будівель і споруд. Розрахункові значення обчислюють за такими залежностями:

$$A^{\text{розрах.}} = \frac{A^{\text{н}}}{K^{\text{г}}} = A^{\text{н}}(1 \pm \rho),$$

де K^2 – коефіцієнт безпеки по ґрунту, який визначають за формулою:

$$K^{\text{г}} = \frac{1}{1 \pm \rho}$$

де ρ – показник точності середнього значення характеристики, який обчислюють за залежністю:

$$\rho = \frac{t_{\alpha} \cdot V}{\sqrt{n}}$$

де t_{α} – коефіцієнт, який приймають згідно ДСТУ залежно від числа ступенів свободи: $K = n - 1$.

K	t_{α}
3	1,25
4	1,19
5	1,16
6	1,13

Знак у формулах перед величиною ρ приймають таким, щоб забезпечувалася велика надійність даного розрахунку основи або фундаменту (наприклад, збільшення природної вологості ґрунту знижує його несучу здатність, тому для більшої надійності розрахунку необхідно отримати найгірше значення цієї характеристики, тобто ρ слід додати).

2. Інженерні рішення щодо запобігання суфозійних деформацій у ґрунтах

2.1. Загальна характеристика та призначення зворотних фільтрів

Для запобігання випору в місцях виходу висхідного фільтраційного потоку на поверхню при вихідних градієнтах, що перевищують критичні, передбачають влаштування привантаження з водопроникного грубозернистого ґрунту.

Для запобігання небезпеки механічної суфозії між дрібнозернистим і грубозернистим матеріалом влаштовують зворотний фільтр – проміжні шари, які сполучають дрібнозернистий ґрунт, що захищається, з грубозернистим ґрунтом (дренажем). Зворотні фільтри можуть бути самостійними конструкціями або бути частиною дренажів (наслонних, трубчастих, кам'яних банкетів та ін.)

У якості матеріалу для влаштування зворотних фільтрів використовують незв'язні природні або штучні ґрунти, які представляють собою тверді гірські породи, що не містять водорозчинні солі і не піддаються вивітрюванню. До таких ґрунтів відносять піщані, гравійно-галькові породи, щебінь, відходи каменедробильних заводів і т. п.

2.2. Методика проектування зворотних фільтрів

При проектуванні зворотного фільтру вирішують такі задачі:

- встановлюють розрахункові параметри ґрунтів, що захищаються зворотними фільтрами: гранулометричний склад, пористість, щільність ґрунту і частинок ґрунту, коефіцієнт фільтрації;
- дають оцінку суфозійності ґрунтів;
- визначають гранулометричний склад першого і наступного шарів зворотного фільтру;
- визначають водопроникність ґрунтів запроєктованих зворотних фільтрів;
- встановлюють товщину і кількість шарів зворотних фільтрів.

Проектований гранулометричний склад зворотних фільтрів має забезпечити виконання наступних умов:

- неможливість потрапляння частинок ґрунту, що захищається, до фільтру, а також частинок самого фільтру до дренажу або кам'яного накиду. Ця умова забезпечується в тому випадку, якщо в контактній області між ними утворюються стійкі склепіння з дрібних частинок (рис. 2.1).

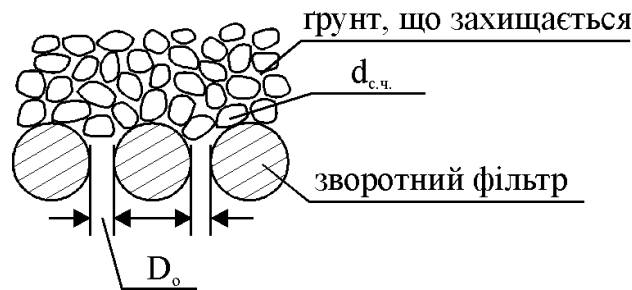


Рис. 2.1 – Схема контактної області дрібнозернистого ґрунту і фільтра:

D_0 – середній діаметр пор у шарі фільтра, $d_{с.ч.}$ – діаметр частинок, що утворюють склепіння в області контакту ґрунту з фільтром

- запобігання явищ механічної суфозії в ґрунті, що захищається;
- некольматуємість фільтра дрібними частинками в разі їх виносу фільтраційним потоком з ґрунту, що захищається. Такі частинки в кількості не більше 3% повинні проноситися через фільтр фільтраційним потоком.

Кольматаж – відкладення в порах ґрунту дрібних частинок, які несе фільтраційний потік.

Для несуфозійного ґрунту, що захищається, достатньо забезпечити умови непросипності частинок ґрунту до фільтру.

2.3. Методика оцінки суфозійності ґрунту

1. У напівлогарифмічному масштабі будують графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту, що захищається, на горизонтальній осі якого відкладають діаметр частинок, а на вертикальній – сумарний вміст частинок фракцій. Побудову графіка можна здійснювати як звичайним способом на розкресленій напівлогарифмічній основі, так і засобами відповідних комп'ютерних програм (MS Excel, Grapher та ін.).

2. Використовуючи побудований графік, розраховують коефіцієнт неоднорідності (різнозернистості) ґрунту, який представляє собою співвідношення:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

де d_{60} и d_{10} – діаметри частинок, менше яких у ґрунті міститься відповідно 60 и 10 % частинок за масою.

1. Максимальний діаметр порового каналу розраховують за формулою:

$$d_{\max}^p = 0,455 \chi \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} \quad [\text{см}] \quad (2)$$

де χ – коефіцієнт локальності суфозії, який залежить від коефіцієнта неоднорідності ґрунту і визначається за залежністю $\chi = 1 + 0,05\eta$;

η – коефіцієнт неоднорідності (різнозернистості) ґрунту, який дорівнює відношенню d_{60}/d_{10} ;

n – ефективна пористість ґрунту, частка од.;

d_{17} – діаметр частинок, менше якого в ґрунті міститься 17% частинок за масою, см.

2. Максимальний діаметр суфозійних частинок d_{\max}^c розраховують за формулою:

$$d_{\max}^c = 0,77 d_{\max}^p \quad [\text{см}] \quad (3)$$

3. Відсотковий вміст суфозійних частинок знаходять за кривою гранулометричного складу ґрунту в залежності від їх максимального діаметру.

4. Розрахунок критичної швидкості суфозії проводять за формулою:

$$V_{\text{кр.}}^c = \varphi_{\sigma} d_{\max}^c \sqrt{\frac{n \cdot g}{\nu}} K \quad [\text{см/с}] \quad (4)$$

де d_{\max}^c – максимальний діаметр суфозійних частинок, см;

n – ефективна пористість ґрунту, частки од.;

g – прискорення сили тяжіння, см/с^2 ;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, $\text{см}^2/\text{с}$;

K – коефіцієнт фільтрації, см/с ;

φ_0 – коефіцієнт критичної швидкості:

$$\varphi_0 = 0,6 \left(\frac{\rho_{с.г.}}{\rho_в} - 1 \right) f^* \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{\Theta}{8} \right) \quad (5)$$

де $\rho_{с.г.}$ – щільність сухого ґрунту, г/см³;

$\rho_в$ – щільність води, г/см³;

Θ – кут між напрямками швидкості фільтрації і сили тяжіння;

f^* – приведений коефіцієнт тертя, який визначається за залежністю:

$$f^* = 0,82 - 1,8n + 0,0062 (\eta - 5) \quad (6)$$

Якщо при розрахунку виявиться, що фактична швидкість фільтрації менша критичної, то відповідно формулі (4) визначають максимальний діаметр суфозійних частинок (см), для яких фактична швидкість фільтрації буде критичною:

$$d_{max}^c = \frac{V_\phi}{\varphi_0 \sqrt{\frac{n \cdot g}{v} K}} \quad [см] \quad (7)$$

Відсотковий вміст таких частинок визначають за кривою гранулометричного складу ґрунту.

2.4. Методика розрахунку гранулометричного складу зворотного фільтра

1. d_{17} матеріалу зворотного фільтру, що забезпечує непросипність ґрунту, який захищається, визначають зі співвідношення:

$$d_{17} = \frac{1}{0,252 \cdot \sqrt[6]{\eta_\phi}} \cdot \frac{1 - n_\phi}{n_\phi} \cdot d_{с.ч.} \quad [см] \quad (8)$$

де η_ϕ – коефіцієнт неоднорідності матеріалу фільтра;

n_ϕ – пористість матеріалу фільтра;

$d_{с.ч.}$ – діаметр склепіннеутворюючих частинок у контактній області, см.

2. Значення коефіцієнтів неоднорідності ґрунтів зворотних фільтрів призначають із наступних умов:

для несупфозійних ґрунтів

$$\eta_{\phi} \leq \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 25 \quad (9)$$

для супфозійних ґрунтів

$$\eta_{\phi} \leq \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 15 \quad (10)$$

3. Пористість матеріалу приймають виходячи з залежності:

$$n_{\phi} = n_0 - 0,1 \lg \eta_{\phi} \quad (11)$$

де для щебенивих ґрунтів $n_0 = 0,45$, для піщано-ґравійно-ґалечникових – 0,40.

Розрахункове значення діаметра склепіннеутворюючих частинок для супфозійного ґрунту визначають за формулою:

$$d_{с.ч.}^{расч.} = B \cdot d_3 \quad [мм] \quad (12)$$

де для щебеневого матеріалу фільтра $B = 3 \dots 8$, для піщано-ґравійного матеріалу $B = 3 \dots 5$.

4. Гранулометричний склад зворотного фільтра знаходять за наступними експериментальними залежностями, використовуючи значення d_{17} (мм):

$$d_{min} = \frac{d_{17}}{1 + (0,1 P_{17})^{\%} \cdot \frac{\eta_{\phi} - 1}{5 \eta_{\phi}}} \quad [мм] \quad (13)$$

$$d_i = d_{min} + d_{min} \cdot (0,1 P_i)^{\%} \cdot \frac{\eta_{\phi} - 1}{5 \eta_{\phi}} \quad [мм] \quad (14)$$

де d_{min} , d_i – відповідно мінімальний і i -й діаметр частинок ґрунту зворотного фільтра;

d_{17} – діаметр частинок зворотного фільтра, менше якого у ґрунті міститься 17 % за масою;

η_{ϕ} – коефіцієнт неоднорідності матеріалу фільтра;

P_i – відсоткове співвідношення у ґрунті частинок, які мають діаметр менший d_i ; $P_{17} = 17$; для $d_{10} - P_{10} = 10$; для $d_{20} - P_{20} = 20$ і т. д.;

$$\chi = 1 + 1,28 \lg \eta_\phi.$$

Задаючись різними значеннями P_i , знаходять відповідні значення d_i . За значеннями d_{\min} , d_{10} , $d_{20} \dots d_{100}$ будують розрахункову криву гранулометричного складу першого шару зворотного фільтра.

5. Коефіцієнт фільтрації зворотного фільтра визначають за залежністю М.П. Павчича:

$$K = \frac{3,99\phi_1 \cdot \sqrt[3]{\eta}}{\nu} \frac{n^3}{(1-n)^2} \cdot d_{17}^2 \quad [\text{см/сек}] \quad (15)$$

де ϕ_1 – коефіцієнт, який враховує форму і шорсткість частинок; для піщано-гравелистих ґрунтів $\phi_1 = 1,0$; для щебених ґрунтів $\phi_1 = 0,35 \dots 0,40$; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості ($\text{см}^2/\text{с}$); n – ефективна пористість ґрунту; η – коефіцієнт неоднорідності ґрунту; d_{17} – діаметр частинок, менше якого у ґрунті міститься 17 % за масою, см.

6. Товщину шару зворотного фільтра знаходять за умовами фільтрації зі співвідношення:

$$T_{\min} \geq 5 \dots 7 d_{85} \quad (16)$$

де T_{\min} – мінімальна товщина шару зворотного фільтра за фільтраційними умовами, d_{85} – розмір частинок, менше яких у ґрунті фільтра міститься 85 % за масою.

За умовами виконання робіт при механізованім укладанні товщина фільтра має бути не менше 20 см. При відсипанні в воду для одношарового фільтра товщина не менше 75 см, для багатошарового – 50 см.

Число шарів зворотного фільтра визначають у кожному конкретному випадку з умови непросипності частинок першого шару у другий і матеріалу фільтра у дренаж або кам'яний накид.

2.5. Приклад оцінки суфозійності ґрунту та розрахунку параметрів зворотного фільтра

Завдання

Дати оцінку суфозійності ґрунту, підібрати гранулометричний склад зворотного фільтра, який запобігає фільтраційній деформації суфозійного ґрунту, побудувати інтегральні криві гранулометричного складу суфозійного ґрунту і проєктованого зворотного фільтра при наступних вихідних даних:

гранулометричний склад ґрунту:

Розмір частинок, мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,5-0,1	1-0,5	2-1	5-2	10-5	20-10	40-20
Вміст частинок, % за масою	8,2	2,7	22	18,7	19,3	14,7	7,4	5,4	1,6

n – пористість, $n = 0,32$;

$\rho_{с.г.}$ – щільність сухого ґрунту, $\rho_{с.г.} = 1,80 \text{ г/см}^3$;

I – градієнт напору ґрунтового потоку, $I = 0,45$;

θ – кут між напрямками сили тяжіння і швидкості фільтрації, $\theta = 75^\circ$;

матеріал фільтра – щебеневий ґрунт, коефіцієнт неоднорідності $\eta_\phi = 10$.

Порядок розрахунку

1. У напівлогарифмічному масштабі будують графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту, який захищається, на горизонтальній осі якого відкладають діаметр частинок, а на вертикальній – сумарний вміст частинок фракцій (рис. 2.2).

2. За кривою гранулометричного складу ґрунту визначають значення діаметрів частинок, які необхідні для подальших розрахунків:

$d_{\min} = 0,01 \text{ мм}$, $d_3 = 0,018 \text{ мм}$, $d_{10} = 0,08 \text{ мм}$, $d_{17} = 0,16 \text{ мм}$, $d_{60} = 1,4 \text{ мм}$,
 $d_{\max} = 40 \text{ мм}$.

3. Розраховують коефіцієнт неоднорідності ґрунту:

$$\eta_{60} = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{1,4}{0,08} = 17,5$$

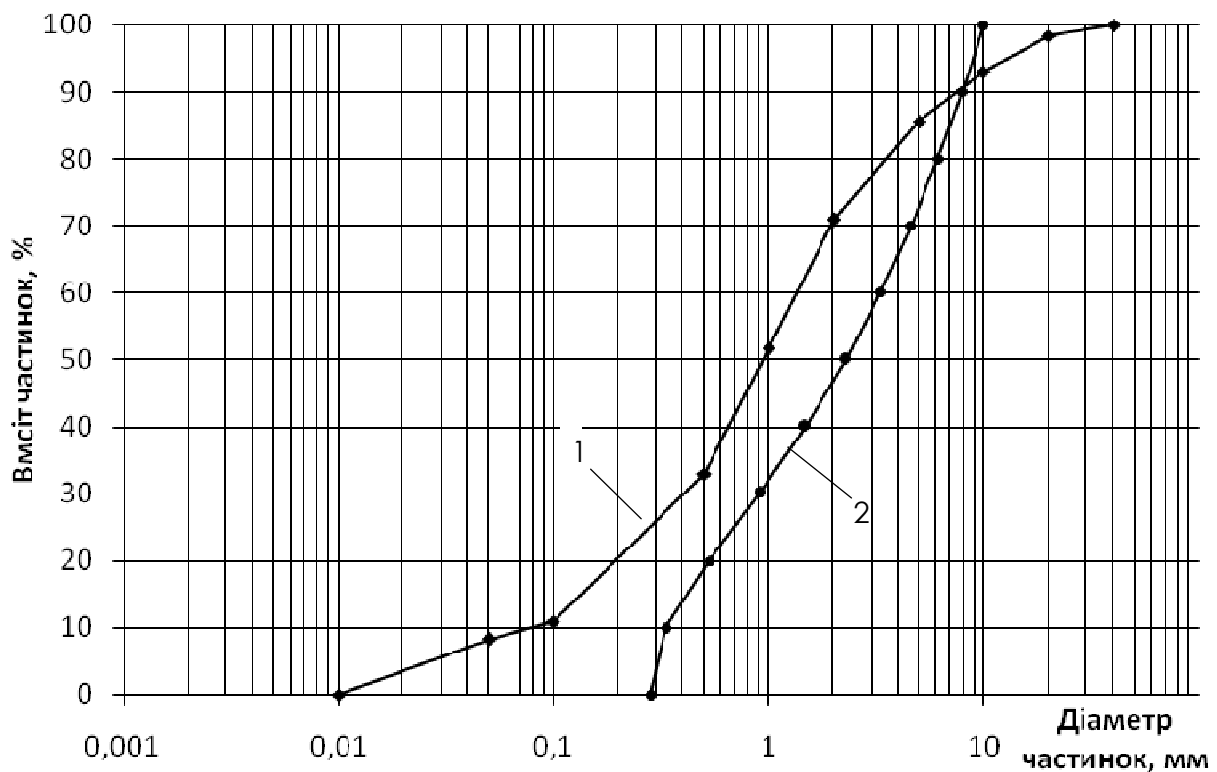


Рис. 2.2 – Інтегральні криві гранулометричного складу:
1 – ґрунту, який захищається, 2 – матеріалу зворотного фільтру

4. Підставивши у залежність (15) числові значення відповідних параметрів, визначають коефіцієнт фільтрації, значення ν відповідає температурі 20 °С:

$$K = \frac{3,99 \cdot 1}{0,01} \cdot \sqrt[3]{17,5} \frac{0,32^3}{(1 - 0,32)^2} \cdot 0,016^2 = 0,0188 \text{ см/с}$$

5. Максимальний діаметр порового каналу розраховують за формулою (2):

$$d_{\max}^p = 0,455 \cdot 1,875 \cdot \sqrt[6]{17,5} \cdot \frac{0,32}{0,32 - 1} \cdot 0,016 = 0,01035 \text{ см}$$

при цьому $\chi = 1 + 0,05 \cdot 17,5 = 1,875$.

6. Максимальний розмір суфозійних частинок визначають за залежністю (3):

$$d_{\max}^c = 0,77 \cdot 0,01035 \text{ см} = 0,00797 \text{ см.}$$

7. Відсотковий склад суфозійних частинок знаходять за інтегральною кривою зернового складу. При $d_{\max}^c = 0,008 \text{ см} = 0,08 \text{ мм}$ воно складає 10%. Це дає підставу оцінити даний ґрунт як суфозійний.

8. За залежністю (4) розраховують критичну швидкість для максимального діаметру суфозійних частинок:

$$V_{кр.}^c = 0,098 \cdot 0,00797 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01} \cdot 0,0188} = 0,019 \text{ см/сек}$$

Із залежностей (5), (6):

$$f^* = 0,82 - 1,8 \cdot 0,32 + 0,0062 (17,5 - 5) = 0,32$$

$$\varphi_o = 0,6 \left(\frac{1,8}{1} - 1 \right) 0,32 \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{75^\circ}{8} \right) = 0,098$$

9. Фактичну швидкість руху фільтраційного потоку знаходять згідно залежності закону лінійної фільтрації:

$$V_{\phi} = K \cdot I = 0,019 \cdot 0,45 = 0,00855 \text{ см/с.}$$

10. Порівнюють отримані значення фактичної і критичної швидкості фільтраційного потоку. Оскільки $V_{\phi} < V_{кр.}$, за залежністю (7) розраховують максимальний діаметр суфозійних частинок, для яких фактична швидкість буде критичною:

$$d_{max}^c = \frac{0,00855}{0,098 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01} \cdot 0,019}} = 0,00356 \text{ см}$$

11. За інтегральною кривою визначають відсотковий вміст суфозійних частинок при фактичній швидкості фільтраційного потоку, яке дорівнює 7,0%.

Таким чином, даний ґрунт за існуючою класифікацією відноситься до суфозійного і під час руху в ньому фільтраційного потоку при заданому градієнті напору відбуватимуться суфозійні явища.

12. За залежністю (8) визначають d_{17} матеріалу фільтра:

$$d_{17} = \frac{1}{0,252 \cdot \sqrt[6]{10}} \cdot \frac{1 - 0,35}{0,35} \cdot 0,09 = 0,452 \text{ мм}$$

Із залежностей (9) и (10):

$$n_{\phi} = 0,45 - 0,1 \cdot \lg 10 = 0,35;$$

$$d_{с.ч.} = 5 \cdot 0,018 = 0,09 \text{ мм.}$$

13. Мінімальний діаметр частинок зворотного фільтру знаходять за залежністю (13):

$$d_{\min} = \frac{0,452}{1+(0,1 \cdot 17)^{2,28} \cdot \frac{10-1}{5 \cdot 10}} = 0,282 \text{ мм}$$

де $\chi = 1 + 1,28 \lg 10 = 2,28$.

14. За залежністю (14) розраховують і-й діаметр частинок матеріалу фільтра:

$$d_{10} = 0,282 + 0,282 \cdot (0,1 \cdot 10)^{2,28} \cdot \frac{10-1}{5 \cdot 10} = 0,33 \text{ мм}$$

$$d_{20} = 0,282 + 0,282 \cdot (0,1 \cdot 20)^{2,28} \cdot \frac{10-1}{5 \cdot 10} = 0,528 \text{ мм}$$

$d_{30} = 0,90 \text{ мм}$, $d_{40} = 1,48 \text{ мм}$, $d_{50} = 2,27 \text{ мм}$, $d_{60} = 3,30 \text{ мм}$,

$d_{70} = 4,57 \text{ мм}$, $d_{80} = 6,09 \text{ мм}$, $d_{90} = 7,88 \text{ мм}$, $d_{100} = 9,95 \text{ мм}$.

За результатами розрахунку будують інтегральну криву зернового складу матеріалу зворотного фільтра, яка показана на рис.

15. Коефіцієнт фільтрації зворотного фільтра визначають за залежністю (15):

$$K = \frac{3,99 \cdot 0,4}{0,01} \cdot \sqrt[3]{10} \cdot \frac{0,35^3}{(1-0,35)^2} \cdot 0,0452^2 = 0,071 \text{ см/сек}$$

16. Визначають товщину шару зворотного фільтра за залежністю (16):

$$T_{\min} = 7 \cdot 7,0 = 49 \text{ мм} = 4,9 \text{ см},$$

де d_{85} , згідно кривої для зворотного фільтру, складає 7,0 мм.

За умовами виробництва робіт при механічному укладанні товщина шару зворотного фільтру має бути не менше 20 см.

Список рекомендованих джерел

1. ДСТУ Б А.1.1-25-94. Ґрунти. Терміни та визначення.
2. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація.
3. ДСТУ Б В.2.1-5-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань.
4. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
5. Инженерная геология: Учебн. для вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – 3-е изд. перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2005. – 575 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної та контрольної роботи
з навчальної дисципліни

«Інженерна літоєкологія міст»

(для студентів 5 курсу денної і 5-6 курсу заочної форм навчання
спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та охорона
навколишнього середовища»)

Укладачі: **БРИГІНЕЦЬ** Катерина Данилівна,
ДЯДІН Дмитро Володимирович

Відповідальний за випуск *к.т.н., доц. В. М. Ладигенський*
За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Ю. Ю. Конюшенко*

План 2010, поз. 95 М

Підп. до друку 08.06.2011 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум.-друк. арк. 0,8

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.