

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт
з дисципліни

«Основи та фундаменти»

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19
«Будівництво та цивільна інженерія»)*

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування

Протокол № 10 від 19.05.2026 р.

Київ 2026

УДК 624.131.1

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи та фундаменти» (для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання) / Уклад.: М.В. Білошицький. – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2026. – 49 с.

Методичні вказівки до лабораторних робіт спрямовано на поглиблене вивчання і засвоєння здобувачами практичних основ на підставі лекційного матеріалу з дисципліни «Основи та фундаменти», з метою формування знань і навичок з визначення проблем, резервів та напрямків ознайомлення здобувачів з принципами і методами дослідження властивостей ґрунтів, пов'язаних зі стрімким розвитком будівельної галузі, а також нормативної документації в галузі.

У методичних вказівках наведено загальні рекомендації і методики до виконання лабораторних робіт здобувачами згідно нормативних документів, приділено особливу увагу лабораторному дослідженню фізичних і механічних властивостей ґрунтів.

Наприкінці методичних вказівок до лабораторних робіт наведено, список необхідної літератури.

Укладач: М.В. Білошицький – к.т.н., доцент кафедри БУПП

Рецензент: П.Є. Уваров – к.т.н., доцент

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Визначення гранулометричного складу ґрунту	5
2. Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця за ДСТУ Б В.2.1-17:2009	10
3. Визначення природної вологості ґрунту методом зважування за ДСТУ Б В.2.1-17:2009	14
4. Визначення характеристик вологості і консистенції пилувато-глинистого ґрунту за ДСТУ Б В.2.1-17:2009	17
5. Визначення щільності складання піску	23
6. Визначення ступеня водопроникності піщаного ґрунту в фільтраційному приладі КФ-1 (ДСТУ Б В.2.1-23:2009)	26
7. Визначення характеристик граничного опору ґрунту зсуву (ДСТУ Б В.2.1-7-2000)	30
8. Компресійні випробування ґрунту та визначення його модуля деформації (ДСТУ Б В.2.1-7-00)	38
Питання для самоконтролю	45
Література	46
Додаток А	48

Вступ

Дисципліна «Основи та фундаменти» є частиною групи дисциплін, пов'язаних з проєктуванням, будівництвом і експлуатацією будівель і споруд, влаштуванням підземних комунікацій, прокладкою трубопроводів.

У багатьох випадках на виконання робіт нульового циклу, які включають влаштування фундаментів в ґрунтових основах, витрачається більше часу, ніж на зведення збірних надземних конструкцій будівель.

Крім того, вартість цих робіт іноді становить до 40% від загальної вартості споруд, тому їх здешевлення дає цілком відчутний ефект.

Надійність основ і фундаментів і здешевлення робіт з їх пристрою в значній мірі залежать від уміння правильно оцінити інженерно-геологічні умови майданчиків будівництва, властивості ґрунтів в основах і спільну роботу цих ґрунтів з фундаментами, що деформуються і конструкціями споруди, від раціональності обраних типів основ, від якості виконання робіт.

Справжній курс є продовженням курсу «Інженерна геологія та вишукування».

У методичних вказівках наведено основні теми лабораторних робіт дослідження властивостей ґрунтів, які зустрічаються під час проєктування основ і фундаментів промислових та цивільних будівель і споруд.

Лабораторна робота №1

Визначення гранулометричного складу ґрунту

Мета лабораторної роботи – визначити гранулометричний склад ґрунту та встановити його найменування.

Гранулометричним складом називається кількісне співвідношення частинок різної крупності дисперсних ґрунтах.

Для визначення гранулометричного складу порід виконується так званий гранулометричний аналіз. В даний час розроблено багато способів гранулометричного аналізу ґрунтів. Найбільшого поширення отримав ситовий метод гранулометричного аналізу ґрунтів.

Для визначення гранулометричного складу складові ґрунт частинки поділяють окремі групи (фракції). Методи поділу залежать від крупності частинок d .

Таблиця 1.1.

Класифікація крупноуламкових і піщаних ґрунтів за гранулометричним складом

% вміст частинок A_i більший за розмір d		Вид ґрунту
$d, \text{мм}$	$A_i, \%$	
		Крупноуламковий (рис. 1-а):
>200	>50	валунний (глибовий) 1
>10	>50	галечниковий (щебеневий) 2
>2	>5	гравійний (дресв'яний) 3
		Пісок (рис. 1-б)
>2	>25	гравелистий 4
$>0,5$	>50	крупний 5
$>0,25$	>50	середньої крупності 6
$>0,1$	≥ 75	дрібний 7
$>0,1$	< 75	пилуватий 8

Після проведення гранулометричного аналізу досліджуваного ґрунту, користуючись класифікаційними границями (див. табл. 1.1), будують графік гранулометричного складу (рис. 1.1), за результатами якого визначають вид ґрунту,

який встановлюють по першій праворуч класифікаційній границі, що перетинається кривою.

Залежно від крупності частинок та їх відсоткового змісту розрізняють пісок гравелистий, крупний, середньої крупності, дрібний і пилюватий. До крупноуламкових відносять ґрунти, в яких частинки більші за 2 мм складають більше 50% (гравійні, галечникові, валунні).

Гранулометричний склад дозволяє побічно судити про деякі будівельні властивості ґрунту. Зі зменшенням розмірів частинок зростає сумарна площа їхньої поверхні на одиницю об'єму, що збільшує коагуляційні зв'язки (зв'язки молекулярного та водно-колоїдного тяжіння між частинками та їх водними оболонками).

Так, між частинками галечникової та гравійної фракції коагуляційні зв'язки відсутні. Ці ґрунти відрізняються гарною водопроникністю, повною відсутністю капілярного підняття, незмінністю властивостей при змінненні вологості.

Піщані ґрунти добре пропускають воду, мають незначну величину капілярного підняття, але змінюють будівельні властивості при зміні вологості.

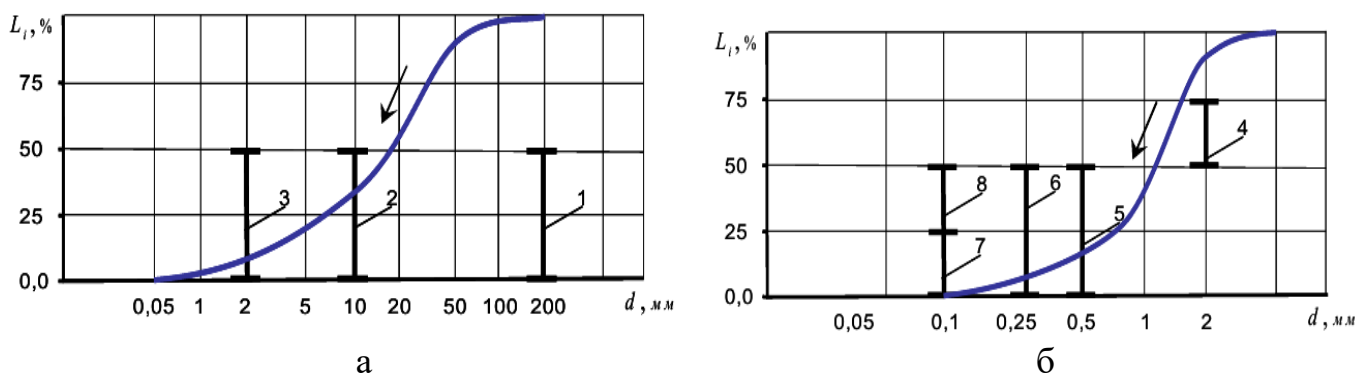


Рис.1.1. Класифікаційні межі:

L_i – вміст частинок менший за певний розмір; d – розмір часток;

а) галечниковий (щебеневий) ґрунт; б) пісок крупний

Пилюваті ґрунти мають малу водопроникність, але значну висоту капілярного підняття.

Глинисті частки різко змінюють властивості ґрунтів при їх зволоженні (набувають пластичність і липкість, збільшуються в обсязі), надають ґрунтів водонепроникні властивості.

Необхідне обладнання та матеріали

Набір стандартних сит.



Ваги електронні.

Порядок виконання роботи

1. Призначений для дослідження ґрунт доводять до повітряно-сухого стану, розсипаючи його тонким шаром на аркуші паперу і залишаючи його в такому вигляді на 1-2 доби. Грудки ґрунту обережно розтирають у фарфоровій ступці гумовим товкачем.

2. З подрібненого ґрунту методом «квартування» відбирають середню пробу. Для цього розсипаний тонким шаром ґрунт двома взаємно-перпендикулярними лініями поділяють на чотири частини (квадрата), два квадранти, розташовані по діагоналі, видаляють, а два інших залишають. Залишок змішують, розрівнюють і знову повторюють операцію поділу ґрунту квартуванням.

Квартування продовжують доти, доки залишиться об'єм ґрунту, достатній для дослідної проби. Вагу дослідної проби для ґрунтів, що не містять частинок більше 2 мм приймають близько 100 г. Для ґрунтів, що містять менше 10% частинок більше 2 мм – близько 500 г., при вмісті від 10 до 30% частинок більше 2 мм – 1000 г, при вмісті цих частинок понад 30% не менше ніж 2000 г.

3. Відібрану середню пробу зважують на технічних вагах з точністю до 0,01 г та результат записують у журнал.

4. Зважену пробу ґрунту висипають у зібраний комплект сит з піддоном, закривають кришкою і весь комплект піддають легкому струшуванню до повного сортування ґрунту.

5. Для перевірки чистоти сортування беруть окреме сито з комплекту фракцією ґрунту, закривають його кришкою і ведуть додаткове просіювання над листом паперу, якщо відсіювання спостерігається, відділення частинок даної фракції недостатнє. Це сито знову включають до набору сит і продовжують подальше сортування, а зерна ґрунту, просіяні на аркуш паперу, висипають у сито нижче фракції.

6. Після просіювання вміст кожного сита та піддону висипають у окремі попередньо зважені, порцелянові чашки та визначають чисту вагу кожної фракції з точністю до 0,01г.

7. Після закінчення зважування визначають ваговий процентний вміст кожної i -ї фракції за формулою:

$$a_i = \frac{P_{i3}}{N_{пробы}} \cdot 100\%,$$

де $P_{i3} = P_{i2} - P_{i1}$ – чиста вага i -ї фракції;

$N_{пробы}$ – навішування середньої проби ґрунту;

P_{i2} – вага i -ї фракції з чашкою;

P_{i1} – вага чашки.

Вагу та процентний вміст кожної фракції записуються в таблицю 1.2.

8. Для контролю якості ситового аналізу слід скласти ваги всіх фракцій, порівняти їх загальну вагу з наважкою проби та визначити відсоток розтруски за формулою:

$$\tilde{N} = \frac{N_{пробы} - \sum P_{i3}}{N_{пробы}} \cdot 100\%.$$

Відсоток розтруски може становити $<0,5\%$.

9. Розраховується послідовно та записується в таблицю сумарний вміст частинок більший за певний розмір: $A_i = A_{i-1} + a_i$.

10. Розраховується послідовно та записується в таблицю сумарний вміст часток дрібніший за певний розмір: $L_i = 100 - A_i$.

Таблиця 1.2.

Результати визначення вмісту фракцій ґрунту

Проба ґрунту з чашкою N, г		Вага чашки $N_{\text{чашки}}$, г			20	Вага проби $N_{\text{проби}}$, г		
Розмір частинок фракції	>10, мм	10...5, мм	5...2, мм	2...1, мм	1...0,5, мм	0,5...0,25, мм	0,25...0,1, мм	<0,1, мм
P_{i2} , г								
P_{i1} , г								
P_{i3} , г								
Відносний ваговий вміст певних фракцій								
a_i , %								
A_i , %								
L_i , %								

11. Побудова графіка гранулометричного складу (приклад рис. 1.1) та класифікація (визначення найменування) досліджуваного ґрунту.

12. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. У чому полягає відмінність ґрунту від гірської породи?
2. Що означають терміни «двофазний ґрунт» та «трьохфазний ґрунт»?
3. У яких випадках граніт може бути названий ґрунтом?
4. До якої групи ґрунтів за походженням належать намівні ґрунти?
5. Як називається фракція ґрунту з розмірами частинок від 0,05 до 2,00 мм? Який фізичний зміст укладено у зазначених класифікаційних межах?
6. Як називається ґрунт, в якому переважають обкатані частки розміром понад 10 мм?
7. Чому глинисті ґрунти не класифікують за гранулометричним складом?
8. Як виявляється ступінь неоднорідності ґрунту?
9. При якому значенні ступеня неоднорідності гранулометричного складу ґрунт вважається однорідним?
10. Який ґрунт є кращим для використання в якості основи будівлі – глина чи пісок? Поясніть відповідь.

Лабораторна робота №2

Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця за ДСТУ Б В.2.1-17:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей

Мета лабораторної роботи – опанувати методику визначення щільності ґрунту з будівельного майданчика.

Щільністю ґрунту називається маса одиниці об'єму ґрунту в його природному стані.

Існують різні лабораторні методи визначення густини. Її можна визначати методами *ріжучого кільця* (рис. 2.1-а), *методом лунки* (рис. 2.1-б), *зважування у воді* (метод парафування) та *зважування в нейтральній рідині* (рис. 2.1-в).

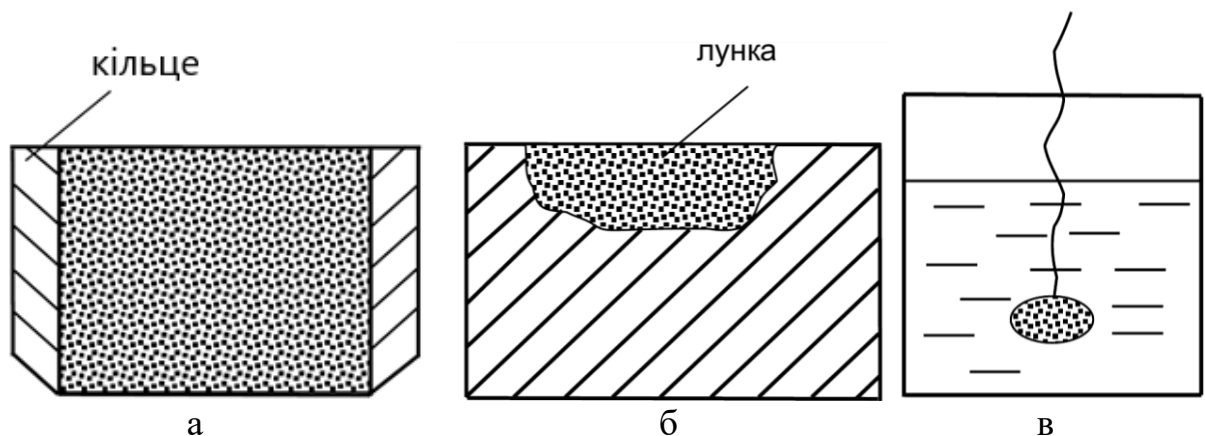


Рис. 2.1. Методи визначення щільності ґрунту:

а) метод ріжучого кільця; б) метод лунки; в) метод зважування у воді

У цій роботі щільність ґрунту встановлюється за допомогою визначення ваги ґрунту у відомому об'ємі кільця.

Необхідне обладнання та матеріали

- Терези лабораторні з різновагами.
- Ніж із прямим лезом.
- Лопатка плоска.

- Пластини гладкі (скло, метал).
- Насадка для вдавлювання кілець.
- Вазелін технічний.
- Ріжучі кільця пробовідбірники.
- Моноліт ґрунту.

Порядок виконання роботи

1. Штангенциркулем виміряти внутрішній діаметр $D_{вн}$ та висоту H ріжучого кільця. Обчислити об'єм кільця за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{вн}^2}{4} \cdot H [\text{см}^3].$$

$D_{вн}=5\text{см}, H=5\text{ см} \quad V=$

2. Змастити внутрішню поверхню кільця тонким шаром технічного вазеліну і зважити його (m_0).

3. Зважити пластины (m_1).

4. Встановити ріжучий край кільця на попередньо вирівняну ножом поверхню зразка ґрунту. Вручну через насадку вдавнити кільце в ґрунт, не допускаючи перекосів. У міру вдавлювання надлишки ґрунту підрізати ножом (рис. 2.1-а). Занурення припинити, коли ґрунт заповнить кільце і вийде з нього на 1...2 мм (рис. 2.1-б).

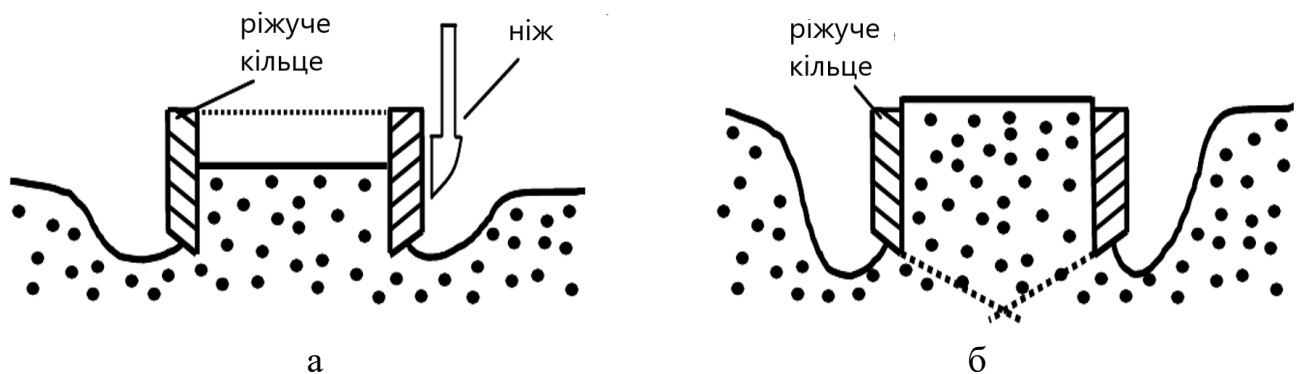


Рис. 2.1. Відбір проб ґрунту методом ріжучого кільця

5. Ґрунт нижче за кільце підрізати «на конус» (рис. 2.1-б), витягти зразок з моноліту на ножі і встановити на пластину (вгору конусом).

6. Ґрунт, що виступає за краї кільця зрізати ножом, зачистити поверхню ґрунту врівень з краями кільця та закрити торці пластинками. Дрібні раковини зашпаклювати (без натиску) ґрунтом.

7. Ретельно очистити поверхню кільця та пластинок від залишків ґрунту. Зважити кільце з ґрунтом та пластинами (m_2).

Зважування завжди виконуються з точністю до 0,01 г.

Таблиця 2.1.

Результати визначення щільності ґрунту

№ п/п	Вага, г			Щільність ґрунту ρ , г/см ³	
	Кільця m_0	Пластин m_1	Кільця с пластинами і ґрунтом m_2	Окремої проби	Середня
1					
2					
3					

8. Щільність ґрунту обчислюється за формулою:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0 - m_1}{V} \text{ [г/см}^3\text{]}.$$

9. Результати випробувань записуються до таблиці 2.1.

Обчислення виконуються з точністю до 0,01 г/см³ а кількість паралельних визначень має бути не менше 2-х для кожного зразка ґрунту. При цьому різниця між паралельними визначеннями не повинна перевищувати для пілувато-глинистих ґрунтів 0,03 г/см³, а для піщаних 0,04 г/см³.

Щільність ґрунту ρ приймається як середнє арифметичне значення результати паралельних випробувань.

10. Зробити висновки.

11. Дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. З яких компонентів складається ґрунт?
2. Що таке щільність ґрунту? Назвіть її характерні значення для піску.
3. Який метод не застосовується для визначення щільності ґрунту: лунки, парафінування, пікнометричний чи метод ріжучого кільця?
4. Для яких ґрунтів при визначенні щільності використовується метод парафінування? Поясніть, чому.
5. Як можна визначити щільність щебенистого ґрунту?
6. Яку характеристику ґрунту визначають за допомогою пікнометра?
7. Чи можна використовувати метод ріжучого кільця для визначення щільності піску? Поясніть відповідь.
8. Наведіть основні переваги та недоліки методу ріжучого кільця.
9. Чи зміниться щільність ґрунту, якщо його пори заповнити водою?
10. Як пов'язана щільність ґрунту з його питомою вагою?

Лабораторна робота №3

Визначення природної вологості ґрунту методом зважування за ДСТУ Б В.2.1-17:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей.

Мета лабораторної роботи – опанувати методику визначення вологості ґрунту методом висушування до постійної ваги.

Природною вологістю ґрунту називається відношення маси води в об'ємі ґрунту до маси цього ґрунту, висушеного до постійної маси.

Характеристика «*вологість*» використовується при визначенні щільності скелета ґрунту, ступеня заповнення пір ґрунту водою, консистенції зв'язкових ґрунтів тощо.

Вологість визначають *ваговим методом* за результатами зважування проби вологого ґрунту і тієї ж проби ґрунту після його висушування при температурі 105°C у сушильній шафі (термостаті).

Величина природної вологості ґрунту визначає його стан і поведінку під навантаженням. Особливе значення має для глинистих ґрунтів, які різко змінюють свої властивості залежно від ступеня зволоження.

Існують різноманітні лабораторні методи визначення вологості. Відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009 вологість ґрунту рекомендується визначати методом висушування до постійної ваги.

Є й прискорені методи, що застосовуються при масових визначеннях, тому що дозволяють відмовитися від тривалого висушування ґрунту в сушильній шафі. До них відносяться методи визначення вологості з допомогою вологоміра ВЛ-20 та шляхом висушування проб ґрунту спалюванням таблеток сухого спирту (метод Радіонова, Веприцької) та денатурованого спирту, яким насичується досліджуваний ґрунт.

Необхідне обладнання та матеріали

- Технічні ваги з різновагами.
- Шафа сушильна.
- Термометр із шкалою від 0 до 200°C.
- Бюкси металеві з кришками або скляні посудини.
- Щипці.
- Ексикатор із хлористим кальцієм, або силікагелем.

Порядок виконання роботи

1. До таблиці результатів визначення вологості (табл. 3.1) записати дані про бюкс (номер бюкса)
2. Зважити порожній пронумерований бюкс з кришкою (m_0), дані записати до таблиці.
3. Відібрану пробу ґрунту масою 15...50 г помістити в бюкс, закрити його кришкою і зважити (m_1) дані записати в таблицю.
4. Відкрити бюкс, помістити його в шафу разом з кришкою. Витримати у шафі при температурі ($105^{\circ}\pm 2\%$). Піщаний ґрунт висушується протягом 3-х годин, а решта – протягом 5 годин.
5. Закрити бюкс кришкою, помістити в ексикатор із хлористим кальцієм (силікагелем) та охолодити до кімнатної температури.
6. Вийняти бюкс, зважити його з висušеним ґрунтом (m'_2) і знову помістити в шафу для додаткового просušування протягом 1 години, якщо ґрунт піщаний, і на протязі 2-х годин в інших випадках. Після закінчення просušування бюкс з ґрунтом знову вийняти з шафи, охолодити і зважити (m''_2). Повторне висušування виконувати до тих пір, поки різниця мас ґрунту з бюксом при двох останніх зважуваннях складе не більше 0,02 г. За результат приймається мінімальна маса (m''_2).
7. Вологість обчислюється за такою формулою:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0},$$

де w – природна вологість;

m_0 – маса порожнього бюкса;

m_1 – маса бюкса з вологим ґрунтом;

m_2 – маса бюкса із сухим ґрунтом.

Обчислення виконуються з точністю до 0,1% при $w < 30\%$ і з точністю до 1% при $w > 30\%$, а кількість паралельних визначень має бути не менше 2-х для кожного зразка ґрунту. Різниця між паралельними визначеннями не має перевищувати 2%.

Таблиця 3.1

Результати визначення вологості

№ досліджу	№ бюкса	Маса бюкса, г					Вагова вологість, %	
		порожнього	з вологим ґрунтом	з сухим ґрунтом			Окремої проби	середня
		m_0	m_1	m'_2	m''_2	m_2	w_i	w_{cp}
1	1							
2	2							
3	3							
4	4							

Примітка: 1, 2 – піщаний ґрунт; 3, 4 – глинистий ґрунт.

Як остаточне значення вологості ґрунту приймається середнє арифметичне значення результатів паралельних випробувань.

8. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. Що називається вологістю ґрунту?
2. Як можна визначити масу води, укладену в порах досліджуваного зразка ґрунту?
3. Наведіть характерні значення вологості ґрунтів у природних умовах.
4. Як порова вода впливає властивості ґрунтів?
5. Який ґрунт сушитиметься довше – пісок чи глина? Чому?
6. Який ґрунт зволожуватиметься швидше – пісок чи глина? Чому?
7. Чи може вологість ґрунту складати 100%?

Лабораторна робота №4

Визначення характеристик вологості і консистенції пілувато-глинистого ґрунту за ДСТУ Б В.2.1-17:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей.

Мета лабораторної роботи – опанувати методику та визначити найменування та консистенцію пілувато-глинистого ґрунту.

Залежно від кількості води в порах глинистих ґрунтів їх властивості можуть різко змінюватись. Глинистий ґрунт при збільшенні вологості може переходити з твердого в пластичний або текучий стан і назад при висиханні. Стан глинистого ґрунту в залежності від його вологості називаються **консистенцією глинистого ґрунту**.

Здатність глинистих ґрунтів утримувати воду залежить від кількості глинистих частинок у ґрунті, між якими утворюються водно-колоїдні зв'язки, які надають ґрунту зв'язність та впливають на роботу таких ґрунтів під навантаженням. Тому для глинистих ґрунтів визначаються характеристики, які показують здатність цих ґрунтів утримувати воду та стан ґрунтів при природній вологості. Для знаходження цих характеристик в лабораторних умовах визначають вологість на межах переходу глинистого ґрунту з одного стану в інший (рис. 4.1).

Граничний стан при переході з пластичного стану в твердий називається **границею розкочування** і визначається методом розкочування в джгут, а при переході з пластичного стану в текучий – **границею текучості** та визначається методом занурення стандартного балансирного конуса (конус Васильєва).

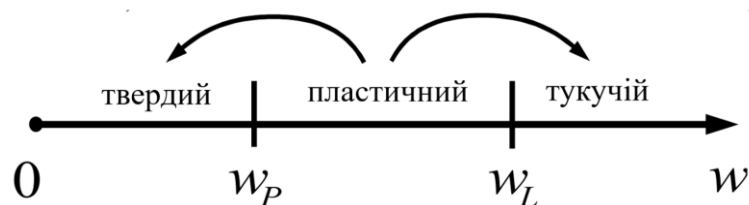


Рис. 4.1. Схема станів глинистого ґрунту залежно від його вологості

При визначенні граничних станів глинистого ґрунту методом висушування визначаються відповідні їм вологості w_p і w_L . Різні глинисті ґрунти мають свої величини характерних вологостей w_p і w_L . Використовуючи отримані значення вологостей на границях та природної вологості, розрахунком визначають класифікаційні характеристики глинистих ґрунтів.

Число пластичності I_p глинистого ґрунту визначається за формулою:

$$I_p = w_L - w_p$$

За числом пластичності I_p глинисті ґрунти поділяють згідно ДСТУ Б В.2.1-17:2009 (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Різновид глинистих ґрунтів за пластичністю

Різновид глинистих ґрунтів	Число пластичності I_p
Супісок	1...7
Суглинок	7...17
Глина	>17

Показник текучості I_L характеризує стан глинистих ґрунтів при природній вологості:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p},$$

де w – природна вологість досліджуваного ґрунту. (взяти ЛБ. №3 гр. №1)

Залежно від значення I_L розрізняють такі стани ґрунтів згідно з ДСТУ Б В.2.1-17:2009 (табл. 4.2).

Показник текучості ґрунту I_L використовується при виборі глибини закладення фундаментів, визначення розрахункового опору ґрунту, визначення несучої здатності паль та ін.

Таблиця 4.2.

Різновид глинистих ґрунтів за консистенцією

Різновид глинистих ґрунтів	Показник текучості I_L
Супісок:	
твердий	<0
пластичний	$0 \dots 1$
текучий	>1
Суглинки та глини:	
тверді	<0
напівтверді	$0,00 \dots 0,25$
тугопластичні	$0,25 \dots 0,50$
м'якопластичні	$0,50 \dots 0,75$
текучепластичні	$0,75 \dots 1,00$
текучі	$>1,00$

Необхідне обладнання та матеріали

- Ваги технічні з різновагами.
- Шафа сушильна.
- Термометр із межею вимірів від 0 до 200°C.
- Бюкси металеві або склянки з кришками.
- Ексикатор із хлористим кальцієм.
- Шпателі металеві.
- Ніж із прямим лезом.
- Щипці тигельні.
- Ступка порцелянова і товкачик.
- Вода дистильована.
- Балансирний конус, технічний вазелін.
- Секундомір.

Порядок виконання роботи**а) Визначення вологості на границі текучості w_L .**

Вологість на межі текучості відповідає ваговій вологості ґрунту, при якій стандартний конус занурюється в ґрунтове тісто за 5 секунд під впливом своєї ваги на глибину 10 мм.

Стандартним називається конус 1 з кутом при вершині 30° (рис. 4.2), маса якого разом з балансирним пристроєм 2 становить 76 гр. На відстані 10 мм від вершини на конусі нанесена кругове коло (риска).

Визначення межі текучості полягає у підборі відповідної вологості ґрунту, що випробовується.

Опит проводять так:

1. Ґрунтове тісто ретельно перемішати за допомогою шпателя та «вмазати» без порожнеч у металевий стаканчик 3. Поверхню ґрунту вирівняти правилом нарівні з краями стаканчика.

2. Вістря конуса 1, змащеного тонким шаром вазеліну, піднести до самої поверхні ґрунту і миттєво відпустити, дозволяючи конусу зануритися в ґрунт під впливом власної ваги. Через 5 секунд відзначити положення кругового кола.

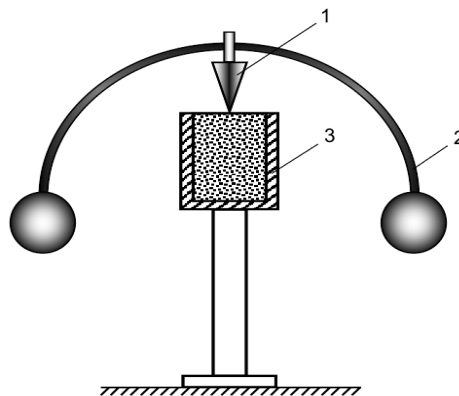


Рис. 4.2. Прилад визначення границі текучості: 1 – конус; 2 – балансир; 3 – металевий стаканчик

3. Якщо занурення конуса менше 10 мм, ґрунт зі стаканчика перекласти в чашку та після додавання води знову ретельно перемішати. Потім дослідження повторити.

Якщо конус занурився більш ніж на 10 мм, слід додати сухий ґрунт, перемішати його з вологим і повторити дослідження.

4. Для визначення вологості, відповідної межі текучості, стаканчика відібрати пробу ґрунту (не менше 10 г) та помістити в бюкс.

5. Визначити вологість, як описано у роботі №3. Результати записати у таблицю 4.3.

б) Визначення вологості на межі розкочування w_p .

Вологість на межі розкочування відповідає ваговій вологості, при якій ґрунт, що розкочується в джгут діаметром 3 мм, починає розпадатися на шматочки (гранули) завдовжки 3...8 мм.

Визначення межі розкочування полягає у підборі (шляхом підсушування) відповідної вологості ґрунту.

Для визначення межі розкочування використовують ґрунтове тісто, що залишилося від визначення межі текучості.

Таблиця 4.3.

Результати визначення вологості глинистого ґрунту на межах текучості та розкочування

№ дослідів	№ б'юкса	Маса б'юкса, г					Вагова вологість, %	
		порожнього	з вологим ґрунтом	з сухим ґрунтом			Окремої проби	середня
		m_0	m_1	m'_2	m''_2	m_2	w_i	w_{cp}
1	1						$w_{L,1}$	w_L
2							$w_{L,2}$	
3	2						$w_{P,1}$	w_P
4							$w_{P,2}$	

Дослідження ведеться у такій послідовності:

1. У чашку з ґрунтовим тістом додати трохи сухого ґрунту (порошка) та масу добре перемішати шпателем.

2. Невелику грудку ґрунту розкотити на долоні до утворення джгута діаметром близько 3 мм.

3. Якщо джгут не розпадається на шматки, його зім'яти в кульку і знову розкотити в джгут до вказаного діаметра. Довжина джгута не повинна перевищувати ширину долоні. Розкочування продовжувати доти, доки джгут при діаметрі 3 мм не покриється мережею тріщин і не почне розпадатися на окремі шматочки (гранули) завдовжки 3...10 мм (рис. 4.3).

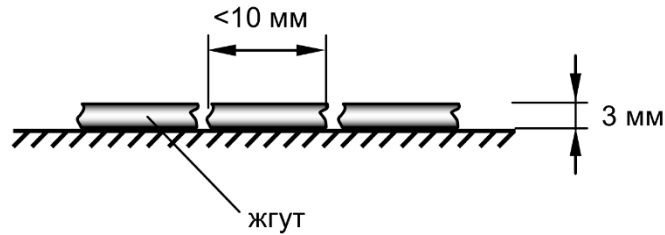


Рис. 4.3. Визначення границі пластичності

4. Отримані шматочки ґрунту помістити в бюкс. Під час роботи бюкс слід тримати закритим для запобігання ґрунту від висихання. Необхідно набрати не менше 10 г ґрунту.

5. Визначити вологість ґрунту w_p та занести дані до таблиці 4.3.

в) Визначення найменування ґрунту та його консистенції.

Користуючись знайденими значеннями w_L та w_p визначити число пластичності I_p , показник плинності I_L і встановити найменування ґрунту та його консистенцію за таблицями 4.1...4.2, наведеними на початку роботи.

Зробити висновки.

Контрольні питання

1. Для чого призначений балансирний конус? Поясніть.
2. Чому при розкочуванні глинистої пасти джгут не утворюється? У чому помилка?
3. Яким методом визначають вологість на межах розкочування та текучості?
4. Чи існують інші методи визначення граничних станів глинистих ґрунтів?
5. Як визначається число пластичності?
6. Що таке консистенція глинистого ґрунту?
7. Який ґрунт більш пластичний – глина чи суглинок? Чому?
8. Як можна вигідно використовувати властивості консистенції глинистого ґрунту?
9. Який вид глинистого ґрунту найкраще використовувати для будівництва сільської печі? Поясніть.
10. Класифікуйте ґрунт за такими характеристиками: $w = 0,12$, $w_L = 0,22$, $w_p = 0,08$.

Лабораторна робота №5

Визначення щільності складання піску

Мета лабораторної роботи – опанувати методику і визначити коефіцієнт пористості піску та встановити його щільність.

Щільність сипких (піщаних) ґрунтів може бути оцінена через коефіцієнт пористості ДСТУ Б В.2.1-17:2009. У цій роботі дослідження проводиться із піском середньої крупності порушеної структури. За коефіцієнтом пористості e піски поділяють згідно з таблицею 5.1.

Таблиця 5.1.

Різновид пісків за щільністю складання

Різновид пісків	Коефіцієнт пористості e		
	Піски гравілісті, крупні та середньої крупності	Піски дрібні	Піски пилюваті
Щільний	<0,55	<0,60	<0,60
Середньої щільності	0,55...0,70	0,60...0,75	0,60...0,80
Пухкий	>0,70	>0,75	>0,80

Коефіцієнт пористості обчислюють за формулою:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d},$$

де ρ_s – щільність частинок ґрунту, що приймається в даній роботі дорівнює 2,65 г/см³;

ρ_d – щільність сухого ґрунту, г/см³.

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w},$$

де ρ – щільність ґрунту, г/см³;

w – вологість ґрунту, частки од.

Так як дослідження проводиться з піском у повітряно сухому стані, то, нехтуючи його гігроскопічною вологістю (вважаючи $w = 0$), визначаємо щільність ґрунту і прирівнюємо її до густини сухого ґрунту, тобто вважаємо, що $\rho_d = \rho$.

Необхідне обладнання та матеріали

- Коробка з піском.
- Циліндр із днищем.
- Сітка латунна – 2 шт.
- Ложка та гумовий молоточок.
- Правило.
- Терези.
- Металевий піддон.

Порядок виконання роботи

1. Заготовити форму запису (табл. 5.2) і занести до неї об'єм та масу циліндра з днищем, що вказані на стінці самого циліндра.

Таблиця 5.2.

Результати визначення щільності піску

Маса циліндра Q_1 , г	Маса циліндра з ґрунтом Q_2 , г	Маса піску $Q_2 - Q_1$, г	Об'єм циліндра, V , см ³	Щільність $\rho = \frac{Q_2 - Q_1}{V}$, г/см ³	Коефіцієнт пористості e	Щільність складення піску за ДСТУ
1	2	3	4	5	6	7

2. У циліндр, встановлений на металевому піддоні, ложкою насипати пісок в 1...2 см і ущільнити постукуванням гумовим молоточком по циліндру. Надлишок

піску зрізати правилом. Потрібно домогтися, щоб об'єм насипаного піску дорівнював об'єму циліндра. Ця умова дозволить після зважування циліндра з піском обчислити щільність піску.

3. Обчислити коефіцієнт пористості e . За наведеними вище даними встановити щільність складання піску (див. табл. 5.1).

4. Зробити висновки.

5. Дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Що виражає коефіцієнт пористості?
2. У яких межах зазвичай змінюється коефіцієнт пористості піску?
3. Назвіть ґрунт із найвищим коефіцієнтом пористості. Вкажіть його характерні значення.
4. Назвіть ґрунти, в яких коефіцієнт пористості близький до нуля.
5. На які різновиди ділять піски за коефіцієнтом пористості?
6. Який пісок матиме більшу питому вагу – пухкий чи середньої щільності?
7. Чи ущільнюється піщаний ґрунт, якщо його пролити водою? Поясніть.
8. Чим відрізняється пористість від коефіцієнта пористості?

Лабораторна робота №6

Визначення ступеня водопроникності піщаного ґрунту в фільтраційному приладі КФ-1 (ДСТУ Б В.2.1-23:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення коефіцієнта фільтрації)

Мета лабораторної роботи – опанувати методику і визначити коефіцієнт фільтрації ґрунту.

Ступінь водопроникності – характеристика, що відображає здатність ґрунтів пропускати (фільтрувати через свої пори) воду та кількісно що виражається у коефіцієнті фільтрації K_ϕ , м/доб. **Коефіцієнтом фільтрації** K_ϕ називають швидкість фільтрації води при градієнті напору, рівному одиниці, і лінійному законі фільтрації:

$$V_\phi = K_\phi \cdot l.$$

Коефіцієнт фільтрації використовується при визначенні припливу води до котлованів, дренажним та водозабірним пристроям, розрахунку осідання фундаментів у часі, фільтраційних втрат води через земляні споруди тощо. Якщо пропускати воду через зразок ґрунту площею A та товщиною l при напорі H , то за час t профільтрується вода в об'ємі $Q = K_\phi \cdot A \cdot I \cdot t$, де I – гідравлічний градієнт:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{H}{l}.$$

Звідси коефіцієнт фільтрації, см/с:

$$K_\phi = \frac{Q}{A \cdot I \cdot t}.$$

Коефіцієнт фільтрації залежить від гранулометричного складу та щільності піску, температури води та деяких інших факторів. В даній роботі дослідження проводиться з піском, укладеним у сталевий циліндр. (З лабораторної роботи № 5).

Вода для фільтрації подається з мірної посудини Маріотта 4 (рис. 6.1), в якій автоматично підтримується постійний рівень води, що практично збігається з

поверхнею піску. Тому напір H дорівнює шляху фільтрації l , тобто: $I = \frac{H}{l} = 1$; таким

чином, $K_\phi = \frac{Q}{A \cdot t}$.

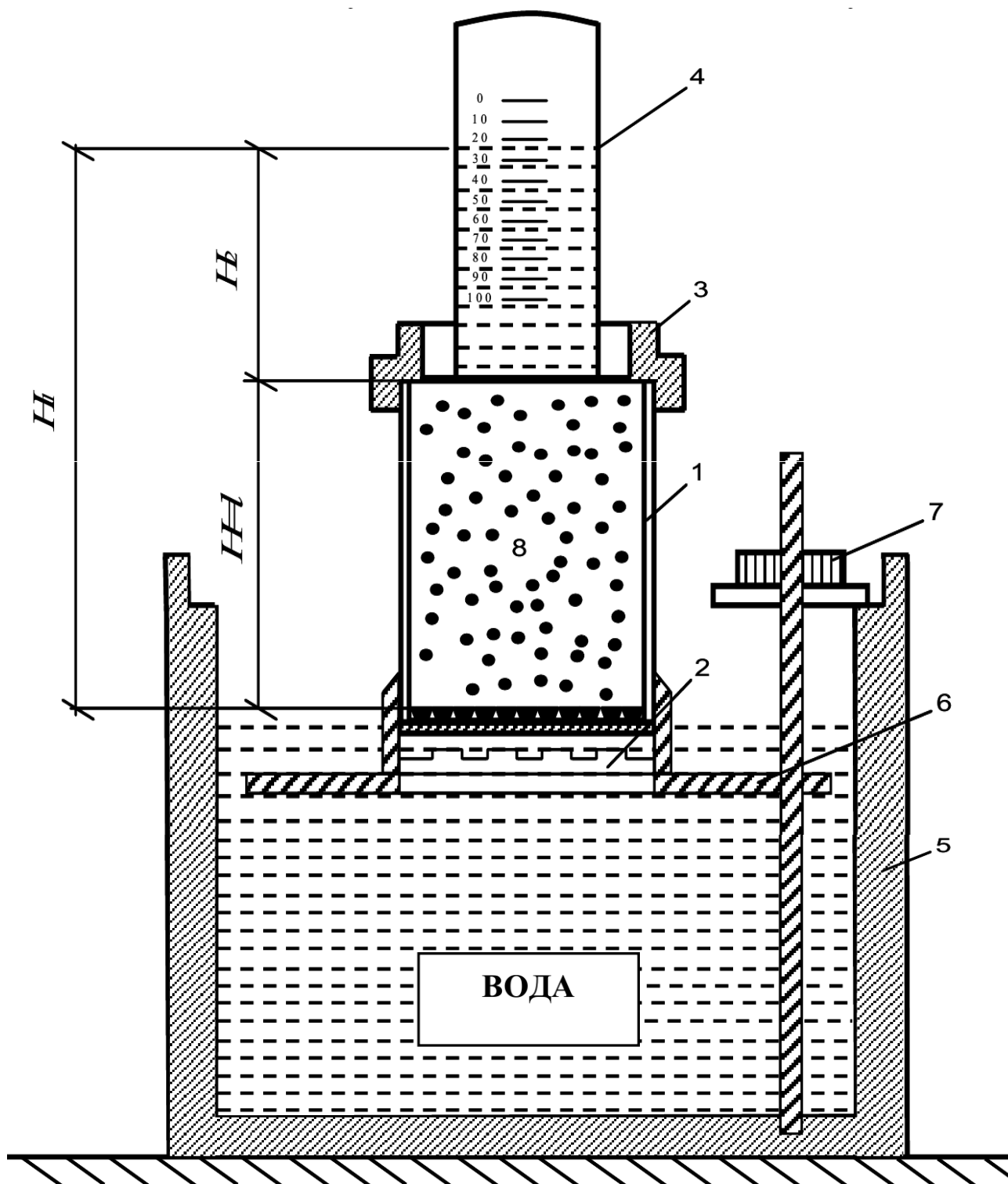


Рис. 6.1. Прилад визначення коефіцієнта фільтрації КФ-1:

1 – циліндр із піском; 2 – перфороване дно; 3 – кришка; 4 – мірна посудина Маріотта; 5 – посудина (корпус приладу); 6 – рухомий майданчик; 7 – підйомний гвинт; 8 – випробуваний зразок ґрунту

Необхідне обладнання та матеріали

– Циліндр із піском (з роботи № 5).

- Посудина з внутрішнім рухомим майданчиком.
- Пластмасова кришка (муфта) та латунна сітка.
- Мірний посуд Маріотта.
- Колба із водою.
- Годинник із секундною стрілкою.

Порядок виконання роботи

1. Посудину 5 заповнити на $2/3$ об'єму водою (рис. 6.1). Циліндр із піском 1 встановити на рухомий майданчик 6, обертаючи гайку 7, опустити його у воду і витримати до повного водонасичення (потемніння поверхні) піску.

2. Циліндр вийняти з посудини, воду вилити, а рухомий майданчик підняти у верхнє положення.

3. На пісок покласти латунну сітку, на циліндр надіти кришку 3, і встановити циліндр з піском на майданчик 6.

4. Мірний посуд 4 заповнити водою, налити воду на латунну сітку, затиснути отвір посудини пальцем, швидко перевернути його догори дном і вставити у кришку приладу так, щоб скло торкалося латунної сітки.

5. З появою бульбашок повітря в мірній посудині треба одночасно зробити відлік за його шкалою, засікти час за секундомірною стрілкою годинника і прийняти його за t ; другий відлік по годиннику взяти, коли рівень води збігається з тиском шкали 90, результати записати до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Результати визначення коефіцієнта фільтрації

№ досліду	Об'єм профільтрованої води Q , см^3	Час фільтрації t , с	Площа приладу A , см^2	Коефіцієнт фільтрації K_f , см/с	Середній коефіцієнт фільтрації $K_f^{\text{ср}}$, см/с
1	2	3	4	5	6
1			25		
2			25		

6. Не перекладаючи пісок, слід повторити дослід (див. пп. 4-5). Коефіцієнт фільтрації вирахувати з точністю до двох значущих цифр після коми. Результати занести до таблиці 6.1.

7. Зробити висновки.

8. Дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Що називають фільтрацією? У чому її відмінність від міграції?
2. Запишіть формулу закону Дарсі.
3. Що таке градієнт напору? Яка його розмірність?
4. Що таке коефіцієнт фільтрації?
5. Вкажіть характерні значення коефіцієнта фільтрації піску.
6. У яких ґрунтах початковий градієнт напору не дорівнює нулю?
7. Назвіть методи, якими можна користуватися під час визначення коефіцієнта фільтрації ґрунтів у польових умовах?
8. Для чого призначений п'єзометр?
9. Чому при рівному значенні коефіцієнта пористості піску та глини коефіцієнт фільтрації другого ґрунту на кілька порядків нижче?
10. Який ґрунт краще фільтрує воду – піщаний чи глинистий і чому?

Лабораторна робота №7

Визначення характеристик граничного опору ґрунту зсуву (ДСТУ Б В.2.1-7-2000 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості).

Мета лабораторної роботи – опанувати методику і визначити питоме зчеплення та кут внутрішнього тертя пілувато-глинистого ґрунту.

Опір зсуву τ_u визначається в умовах граничної рівноваги ґрунту і дорівнює найменшому дотичному напруженню τ' , при якому ґрунт, що знаходиться під нормальним тиском σ , руйнується (зсувається).

У піщаних (незв'язних) ґрунтах опір зсуву обумовлений силами внутрішнього тертя між частинками ґрунту.

Опір зсуву зв'язаних ґрунтів складається з двох частин: сил внутрішнього тертя та сил зчеплення. Тільки подолавши ці сили, можна викликати зсув однієї частини ґрунту щодо іншої.

Залежність між опором зсуву та нормальним тиском встановлюється експериментально.

Граничний опір ґрунтів зсуву є функцією першого ступеня від нормального тиску (закон Кулона):

– для піщаних ґрунтів $\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$;

– для глинистих $\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$;

де τ_u – опір зсуву, МПа;

σ – нормальне напруження по майданчиках зсуву, МПа;

φ – кут внутрішнього тертя, град;

c – питоме зчеплення, МПа.

В результаті експерименту отримують характеристики міцності ґрунту φ та c . Їх використовують щодо розрахункового опору ґрунту, оцінці стійкості споруд та земляних укосів, визначенні бічного тиску ґрунту на огорожувальні конструкції та вирішення низки інших завдань.

Розрізняють швидкий зсув, коли за час випробувань вологість практично не змінюється (закрита система), і повільний, коли вода вільно видавлюється з пір ґрунту (відкрита система).

В лабораторії дослід проводиться за відкритою системою в зсувному приладі ПСГ-2 (рис.7.1). Нормальний (вертикальний) тиск σ передається на циліндричний зразок ґрунту 1, що знаходиться в приладі, через важіль 2 за допомогою гирь 3, а горизонтальна (зсувна) сила F – через важіль 4. Відношення обох плеч важелів 1:10.

В ході експерименту зсувна сила поступово (ступенями) збільшується до тих пір, поки її величина не перевищить міцність зразка на зсув.

У цій роботі необхідно знайти величини граничної зсувної сили F при вертикальному тиску 0,1; 0,2 та 0,3 МПа. Для цього навчальну групу ділять на підгрупи, кожна з яких виконує свій дослід на зсув.

Необхідне обладнання та матеріали

- Зрізні прилади з набором гирь.
- Індикатори вимірювання деформацій.
- Годинник із секундною стрілкою.
- Зразки глинистого ґрунту в кільцях – 3 шт.

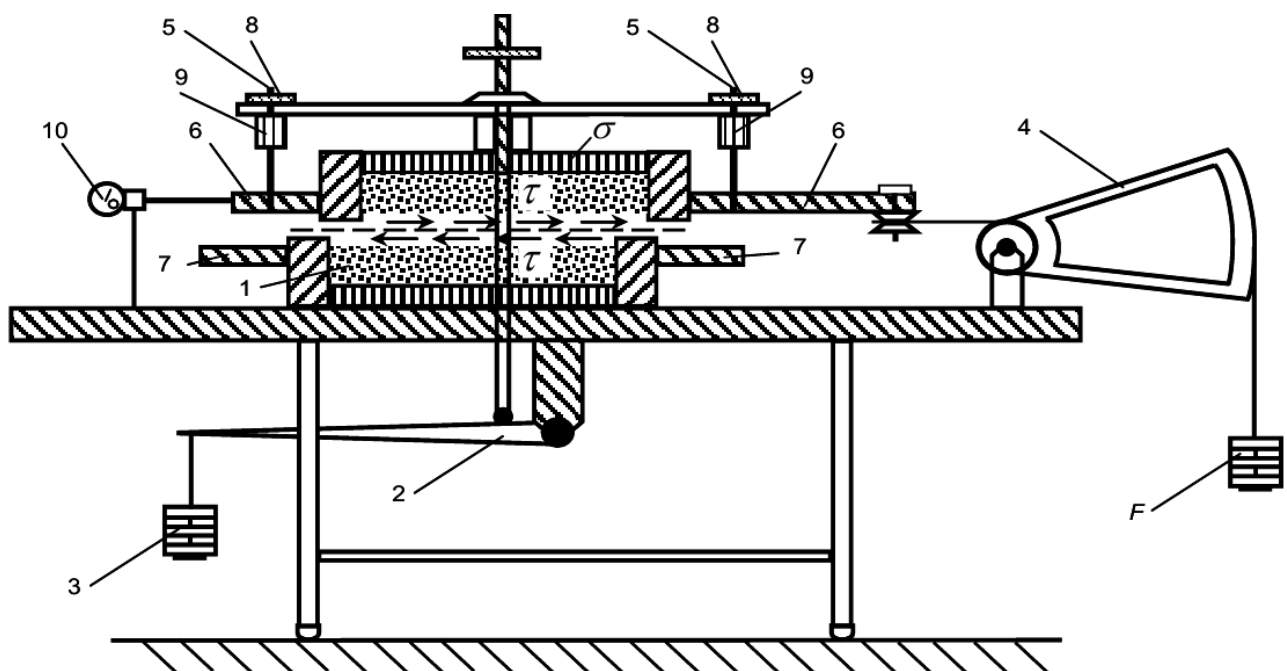


Рис.7.1. Схема приладу для визначення опору ґрунту зсуву (ПСГ-2)

Підготовчі роботи

До початку проведення досвіду в прилад-ущільнювач поміщали три однакових зразків глинистого ґрунту, де вони ущільнювалися протягом 24 годин (До повного згасання осідання).

Зразок №1 ущільнювали за нормального тиску $\sigma_1 = 0,1 \text{ МПа}$, **зразок №2** – при $\sigma_2 = 0,2 \text{ МПа}$ та **№3** – при $\sigma_3 = 0,3 \text{ МПа}$.

До початку експерименту потрібно занести до зошита таблицю 7.1, де вказані величини сходин зсувних навантажень, підібраних так, що збільшення дотичних напружень першої сходини становить $q_1 = 0,2 \sigma A$, другої – $q_2 = 0,1 \sigma A$, третьої та всіх наступних $q_{3,i} = 0,05 \sigma A$.

Таблиця 7.1.

Величини щаблів навантажень, що зсувають (вага гирь)

Нормальні напруження на поверхні зсуву, МПа	Ступені зсувного навантаження, Н (г)		
	перша q_1	друга q_2	третья та всі наступні $q_{3,i}$
1	2	3	4
$\sigma_1 = 0,1$	8 (800)	4 (400)	2 (200)
$\sigma_2 = 0,2$	16 (1600)	8 (800)	4 (400)
$\sigma_3 = 0,3$	24 (2400)	12 (1200)	6 (600)

Потім готують форму для запису даних, одержуваних під час проведення досліду (табл. 7.2).

До початку роботи необхідно навчитися швидко та правильно брати відлік по індикатору. Індикатор (рис.7.2) – вимірювальний прилад пружинного типу. На малому колі циферблату 1 відлічуються цілі міліметри, а на великому 2 – частки міліметра. Ціна поділу великого кола – 0,01 мм; тисячні частки при відліку беруться на око. Відлік знімається за чорними цифрами. Відлік на рисунку 7.2 дорівнює 2,270 мм.

Таблиця 7.2.

Дані ходу дослідження визначення граничного зсувного навантаження при нормальному напруженні σ_i , МПа

Номер ступені навантаження	Величина ступені навантаження q_i , Н	Сумарне навантаження на підвісці (від початку досліду) $\sum_{i=1}^n q_i$, Н	Час від початку прикладення даного ступеня навантаження, хв.	Відлік за індикатором, мм	Деформація зсуву за кожну хвилину, мм
1	2	3	4	5	6
1			0		
2			1		
3			2		
...			...		

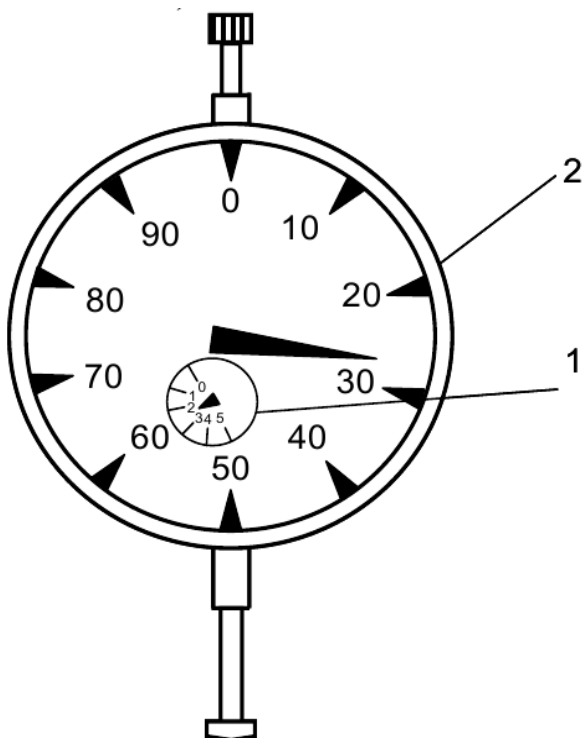


Рис.7.2. Індикатор для вимірювання деформацій

Порядок виконання роботи

1. У таблицю 7.2 записати вагу гирь першого ступеня навантаження (зазначено в табл. 7.1) та показання індикатора 10.

2. Стопорні гвинти 5, що з'єднують верхню 6 і нижню 7 каретки зсувного приладу, викрутити так, щоб їх кінці на 3...5 мм не доходили до виступів нижньої каретки.

3. На верхню різбову частину гвинтів 5 нагвинтити гайки 8 до упору в перекладину. Потім, притримуючи гвинт за потовщену частину з накаткою 9 (щоб він не обертався), слід обидві гайки 8 одночасно повернути ще на 1...2 обороти так, щоб між верхньою та нижньою каретками зсувного приладу утворився зазор 1...1,5 мм.

4. Встановити індикатор 10 у спеціальний тримач так, щоб ніжка індикатора упиралася у верхню каретку зсувного приладу та відмітка по малому лімбу становила приблизно 8...9 мм.

5. Підготувати гирі для передачі на зразок першого ступеня зсуву навантаження (вага гирь зазначена в табл. 7.1).

6. Важіль передачі горизонтального навантаження з'єднати тросом з верхньою кареткою зсувного пристрою, накинувши трос на ролик каретки.

7. Прикласти перший ступінь q_1 сили, що зсуває. Один студент укладає на підвіску плавно, без удару, гирі першого ступеня, а інший засікає час. Третій студент через кожні 60 с. знімає відлік (показники) по індикатору та записує їх у таблицю 7.2.

Зсувне навантаження витримати до тих пір, поки два наступних відліки за індикатором не відрізнятимуться один від одного менше ніж на 0,02 мм (дві поділки за великим лімбом індикатора). Після цього, не знімаючи першого ступеня q_1 , додати другий ступінь навантаження q_2 (рис. 7.3).

8. Другу і всі наступні ступені зсуву навантаження $q_3 - q_i$ прикладають і витримують також, як і перший ступінь.

9. Зсувне навантаження збільшити до руйнування (зсуву) зразка.

Початок руйнування визначають за двома ознаками (див. рис. 7.3):

- деформація зсуву δ після докладання чергового ступеня горизонтального навантаження не загасає за час $t \geq 8$ хв, тобто за кожну наступну хвилину різниця $\delta_{j-1} - \delta_j$ буде перевищувати 0,02мм;
- сумарна деформація зсуву Δ досягає 4 мм ($\Delta \geq 4$ мм).

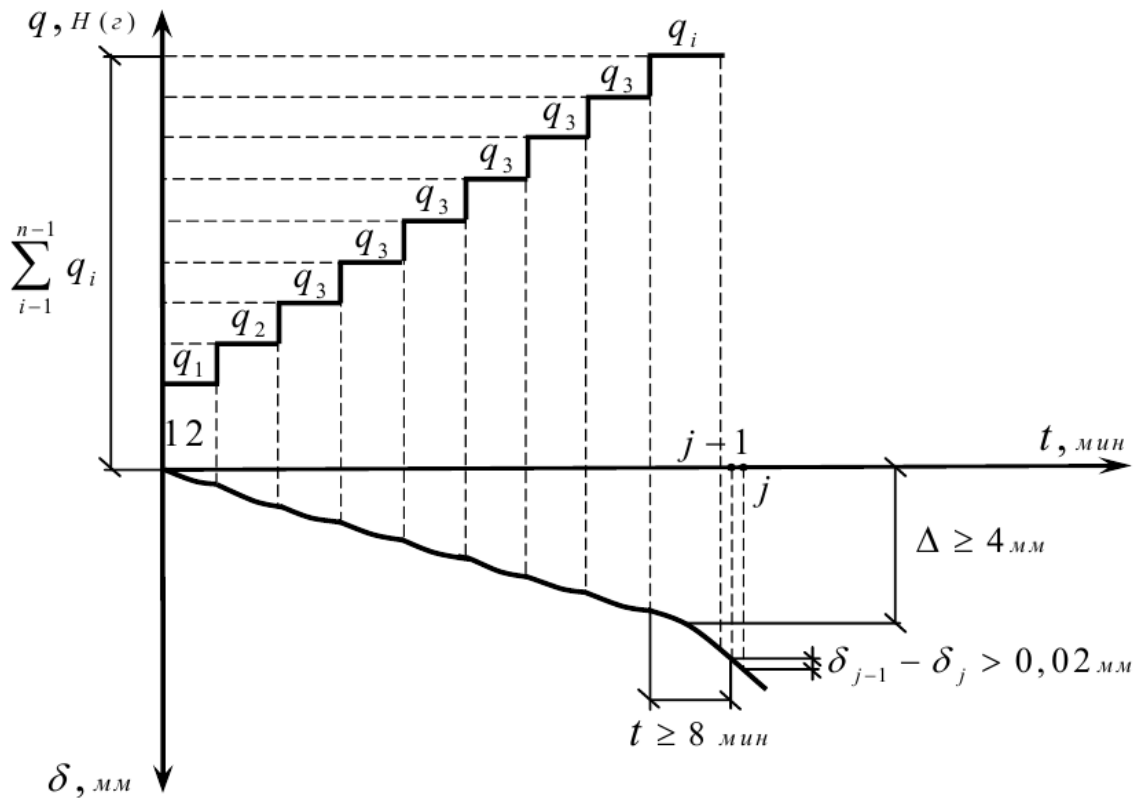


Рис. 7.3. Графік зміни деформацій зсуву в часі від заданого навантаження

10. За граничне зсувне навантаження F_u приймають горизонтальне навантаження перед руйнуванням зразка (без останнього ступеня):

$$F_u = 10 \sum_{i=1}^{n-1} q_i.$$

Відносно напруження τ' в площині зсуву, що відповідає навантаженню F_u , приймають рівним опору ґрунту зсуву при даному нормальному напруженні σ :

$$\tau_u = \tau' = \frac{F_u}{A},$$

де A – площа поверхні зсуву, що дорівнює 40 см².

Обробка результатів випробувань

Обробка результатів випробувань полягає у визначенні опору ґрунту зсуву τ_u при вертикальних напруженнях σ_1 , σ_2 і σ_3 та побудові графіка залежності $\tau_u = f(p)$:

1. Результати всіх зсувних випробувань заносяться до таблиці 7.3.

Таблиця 7.3.

Результати визначення опору ґрунту зсуву

Номер підгрупи	Нормальне напруження в площині зсуву σ , МПа	Величина граничного горизонтального навантаження F_u , Н (г)	Опір ґрунту зсуву $\tau_u = \tau' = \frac{F_u}{A}$, МПа
1	2	3	4
1	0,1		
2	0,2		
3	0,3		

2. Графік залежності $\tau_u = f(p)$ (рис. 7.4) будують у однаковому масштабі для τ та σ , який рекомендується прийняти: 5 см = 0,1 МПа. За отриманими дослідними точкам проводять середню пряму до перетину з віссю ординат.

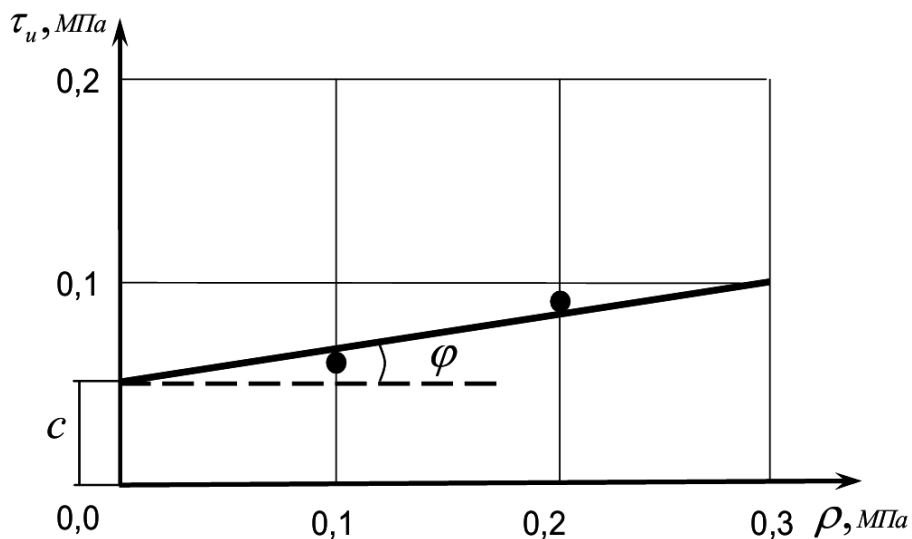


Рис. 7.4. Графік опору ґрунту зсуву

3. Кут внутрішнього тертя ґрунту φ та питоме зчеплення c визначають із прямої до осі абсцис або за допомогою транспортира з точністю до 1° ; c – по

масштабу, як відрізок, що відсікається прямою на осі ординат, з точністю до 0,001 МПа.

4. Зробити висновки.
5. Дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Поясніть, чим зумовлено опір ґрунтів зсуву?
2. Які прилади використовуються для визначення міцності ґрунту в лабораторних умовах?
3. Покажіть схему випробувань ґрунту у приладі прямого площинного зрізу.
4. Вкажіть орієнтовне значення кута внутрішнього тертя піску, а також глини у текучому стані.
5. Чому в компресійному та зсувному приладах днище та поршень виконані перфорованими?
6. Яким є співвідношення α і φ у пісках.
7. Що таке питоме зчеплення ґрунту? Покажіть на графіку.
8. Для яких ґрунтів питомим зчепленням ґрунту можна знехтувати?
9. Запишіть закон Кулона для зв'язаних ґрунтів. Назвіть параметри ті, що до нього входять.
10. Розставте в порядку зростання питомого зчеплення наступні ґрунти: супісок, суглинок, пісок.

Лабораторна робота №8

Компресійні випробування ґрунту та визначення його модуля деформації (ДСТУ Б В.2.1-7-00)

Мета лабораторної роботи – визначити модуль деформації піщаного та глинистого ґрунтів.

Модуль деформації є одним із показників стисливості ґрунту та використовується в розрахунках осад фундаментів. Він аналогічний модулю пружності для твердих тіл, але, на відміну останнього, враховує як пружні, і залишкові деформації. Модуль деформації визначається у польових умовах випробуванням ґрунту в шурфах та свердловинах за допомогою штампів, а в лабораторних умовах – у стабілометрах або за результатами компресійних випробувань.

Компресійним стиском ґрунту називається стиск без можливості бічного розширення. Цим умовам відповідає стиснення ґрунту під дією вище лежачого шару ґрунту або по центру майданного фундаменту. Отримана після проведення компресійних випробувань залежність між коефіцієнтом пористості ґрунту e і діючим тиском називають *компресійною залежністю* (рис. 8.1): $e = f(\sigma)$.

Основним методом побудови компресійних кривих є обчислення коефіцієнта пористості по осадах зразків ґрунту при ущільненні їх у компресійному приладі відповідним навантаженням σ_i :

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \frac{\Delta h_i}{h}, \quad (1)$$

де e_0 – початковий коефіцієнт пористості ґрунту, відповідний щільності та вологості ґрунту перед додатком навантаження;

Δh_i – повне осадку, при відповідному навантаженні σ_i , виміряна від початку навантаження;

h – початкова висота зразка.

Визначені за компресійною кривою коефіцієнт стисливості m_0 та коефіцієнт відносної стисливості m_v :

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0}, \quad (3)$$

дозволяють обчислити модуль деформації досліджуваного ґрунту E [МПа], виходячи з наступних залежностей:

$$E = \frac{\beta(1 + e_0)}{m_0} = \frac{\beta}{m_v}; \quad (4)$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}, \quad (5)$$

де β – коефіцієнт, що враховує відсутність поперечного розширення ґрунту, що залежить від коефіцієнта Пуассона ν ; (Прийняти для піску $\nu = 0,25$, для глини $\nu = 0,35$).

Отримана компресійна залежність (рис. 8.1) як логарифмічна (нелінійна) може бути спрощена в невеликих межах зміни тиску прямолінійною залежністю AB . Тангенс кута нахилу прямої AB характеризує стисливість ґрунту у вибраній межі тиску і називається коефіцієнтом стисливості:

$$m_0 = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

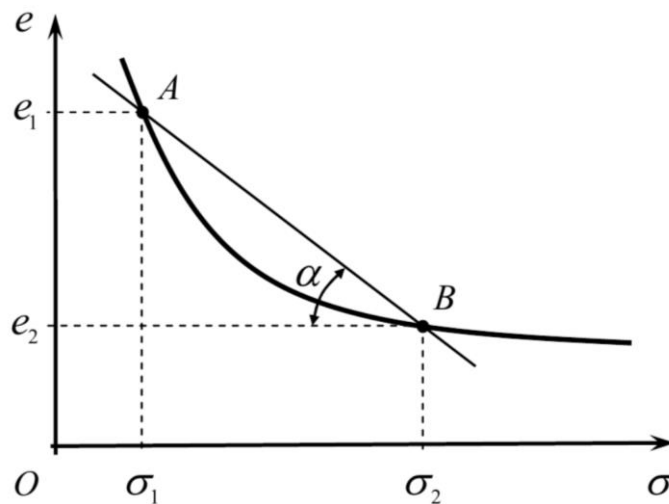


Рис. 8.1. Компресійна залежність

Крім визначення модуля деформації, у цій роботі вивчається характер розвитку опади піщаного та глинистого ґрунтів у часі.

Деформації зразка піщаного ґрунту відбуваються дуже швидко та завершуються (стабілізуються) протягом кількох хвилин. У зразку глинистого ґрунту деформації розвиваються повільно і закінчуються за кілька годин (близько доби). Аналогічно в натурних умовах: осідання будівель на піщаній основі завершується за період будівництва, а на глинистих – триває багато років.

Необхідне обладнання та матеріали:

- Важільний прес для застосування навантаження.
- Одометр із глинистим ґрунтом (1 зразок).
- Одометр із піщаним ґрунтом (1 зразок).
- Індикатори вимірювання деформацій (4 шт.).
- Годинник із секундною стрілкою.

Підготовчі роботи

Ущільнення зразків ґрунту відбувається у металевих робочих кільцях одометрів без можливості його бокового розширення. Висота кілець $h = 20$ мм, площа $A = 60$ см².

До застосування навантаження (при $\sigma_0 = 0$ МПа) були поставлені індикатори та записані вихідні звіти за ними. Потім до зразків був прикладений перший ступінь навантаження, створений вагою гирь 30Н і відповідає тиску $\sigma_1 = 0,05$ МПа (див. таблицю приладу). При цьому тиск зразки ущільнювали протягом доби ($T = 24$ год.) до повної стабілізації осадок.

При підготовці досвіду з монолітів ґрунту в кільця були відібрані зразки піщаного та глинистого ґрунтів непорушеної структури, а у бюкси взяті проби ґрунту для визначення вологості.

Робочі кільця з ґрунтом до компресійних випробувань були зважені, після чого розрахована щільність ґрунту (див. лаб. роботу №2). За вологістю та питомою вагою визначені початкові коефіцієнти пористості e_0 глинистого та піщаного ґрунтів. (див. лаб. роботу №3).

Одометри з ґрунтом були встановлені під важільні преси (рис. 8.2).

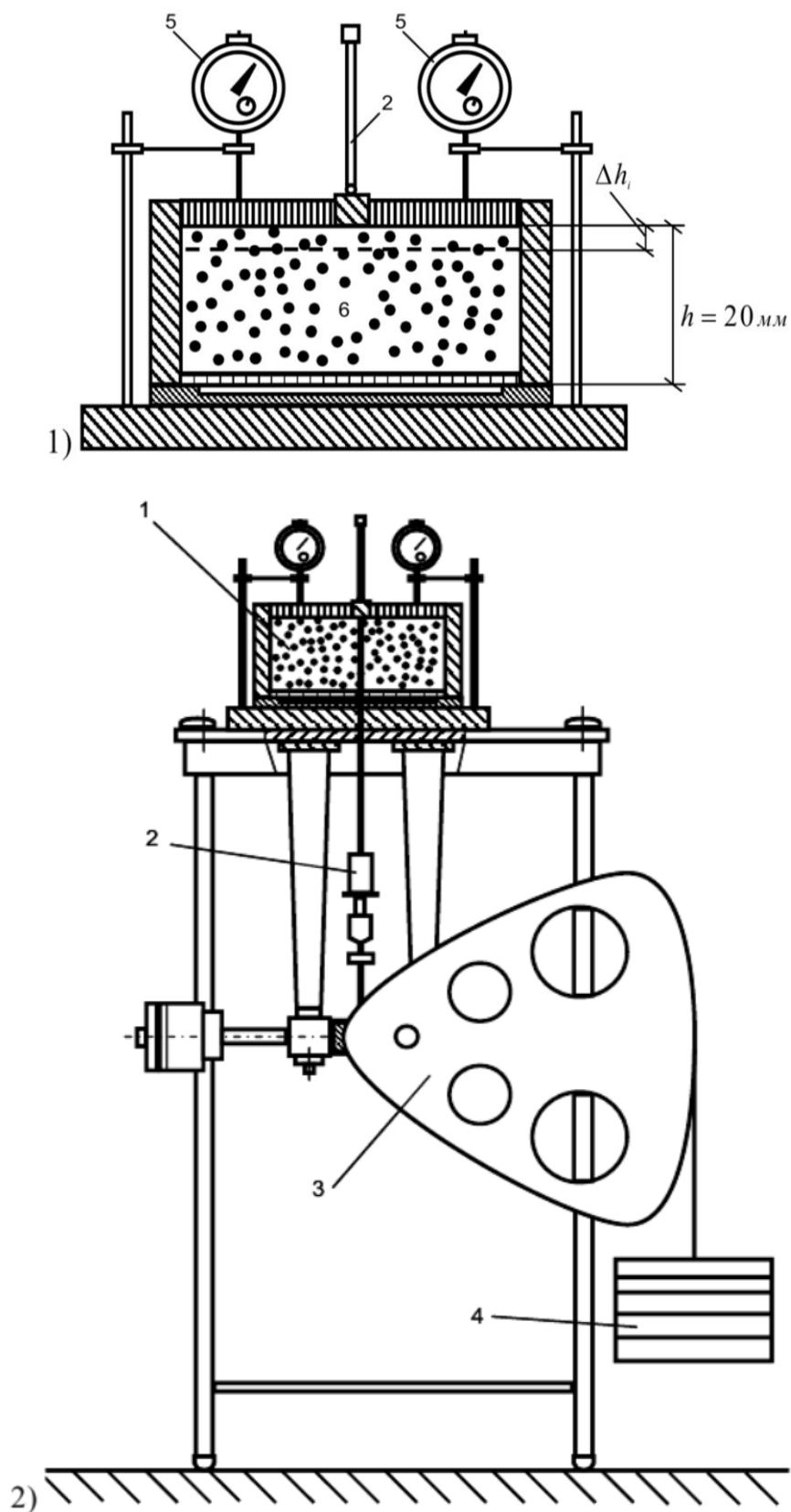


Рис. 8.2. Установка для компресійних випробувань ґрунту:
 1 – одометр із ґрунтом; 2 – рама передачі навантаження на ґрунт;
 3 – важільний пристрій; 4 – гири; 5 – індикатори; 6 – зразок ґрунту

Порядок виконання роботи:

1. Підготувати таблицю 8.1.

2. Перенести показання індикаторів при $\sigma_0 = 0$ МПа до таблиці 8.1.

3. Сходінками по 0,0125-0,1000 МПа (залежно від виду ґрунту, програми випробувань) прикласти до зразка тиск. Кожний рівень тиску витримати, регулярно реєструючи показання індикаторів, до досягнення умовної стабілізації деформацій ґрунту. Критерієм умовної стабілізації на кожному щаблі вважати деформацію не більше 0,01 мм за останні 4...16 годин спостережень для піщаних глинистих ґрунтів відповідно.

Примітка: У навчальному досвіді величину тиску на кожному щаблі прийняти по 0,05 МПа, а тиск обмежити 0,20...0,30 МПа. Час спостережень на кожному ступені обмежити 5...10 хвилинами.

4. Дані показань індикаторів перенести до таблиці.

5. Одночасно із занесенням до таблиці відліків за індикаторами заповнити всі інші її граfi.

Примітка: У навчальному досвіді прийняти початкові коефіцієнти пористості ($\sigma_0 = 0$ МПа) для глини $e_0 = 1,100$, а для піску $e_0 = 0,800$. Усі обчислення робити з точністю до 0,001.

6. Після досягнення умовної стабілізації на останньому ступені, провести розбирання та чищення одометра.

Таблиця 8.1.

Результати компресійних випробувань ґрунтів

Інтенсивність тиску σ , МПа	Час T від початку програми навантаження	Відліки за індикаторами, мм			Повна деформація при цьому тиску Δh_i , мм	Коеф. пористості e_i
		Лівий	Правий	Середнє		
1	2	3	4	5	6	7
Глинистий ґрунт						
$\sigma_0 = 0,00$	0				$\Delta h_0 = 0$	$e_0 = 1,100$
$\sigma_1 = 0,05$	24ч				$\Delta h_i = \dots$	$e_i = \dots$
$\sigma_i = \dots$	0					
...						
...						

Піщаний ґрунт						
$\sigma_0 = 0,00$	0				$\Delta h_0 = 0$	$e_0 = 0,800$
$\sigma_1 = 0,05$	24 год.				$\Delta h_i = \dots$	$e_i = \dots$
$\sigma_i = \dots$	0					
...						
...						

7. Після обробки результатів випробувань побудувати компресійну криву стискування зразків піщаного та глинистого ґрунтів. Масштаб по осі абсцис (σ_i) вибрати в межах 0,1 МПа – 40 мм; по осі ординат (e_i) – 0,100 – 10 мм. По вертикальній осі початок координат потрібно прийняти $e = 0,600$ (див. рис. 8.3).

8. За формулами (2, 4) у заданому інтервалі тиску визначити коефіцієнт стисливості і модуль деформації ґрунтів. Зробити висновок про стисливість досліджуваних ґрунтів.

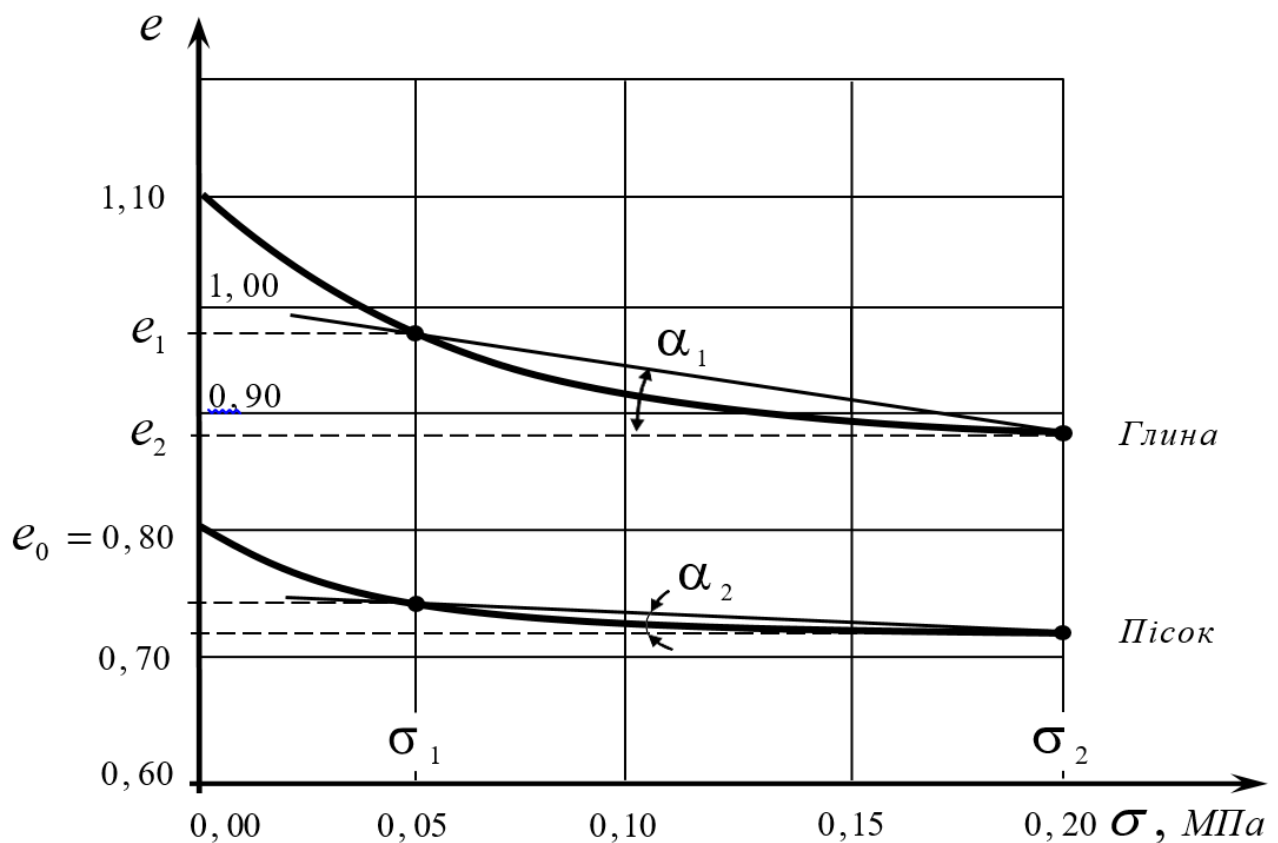


Рис. 8.3. Компресійні криві

Контрольні питання:

1. Що таке стисливість ґрунту і чим вона обумовлена?
2. Чому відношення діаметра до висоти зразка в компресійному приладі має бути не менше ніж 3,5?
3. Як називається графік залежності коефіцієнта пористості від тиску?
4. Запишіть формулу для розрахунку модуля деформації ґрунту за результатами компресійних випробувань.
5. Що враховує коефіцієнт β під час розрахунку модуля деформації за результатами компресійних випробувань?
6. Яким параметром характеризується стисливість ґрунту? Вкажіть інтервал його зміни для пісків та глинистих ґрунтів.
7. При якому значенні модуля деформації ґрунти вважаються слабкими (сильно деформованими)?
8. Який метод визначення модуля деформації E є найнадійнішим?
9. Для яких ґрунтів характерне значення $E = 0,1 \dots 0,5$ МПа?
10. Чому E називають модулем деформації, а не модулем пружності як у опорі матеріалів?

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Перерахуйте фізичні характеристики ґрунтів, дайте їм пояснення.
2. Які види ґрунтової води розглядаються в механіці ґрунтів?
3. Що таке структура та текстура ґрунтів?
4. Які властивості ґрунтів обумовлені пористістю?
5. Назвіть показники стисливості ґрунтів.
6. Назвіть показники міцності ґрунтів.
7. Що таке обертальний зріз? Який показник визначається методом обертального зрізу?
8. Що таке дисперсний ґрунт?
9. Що таке природний тиск? Як він визначається?
10. Назвіть фази ущільнення ґрунту.
11. Що таке критичне та граничне напруження в ґрунті?
12. Що таке фільтраційна теорія консолідації?
13. Як визначається осідання ґрунту в часі?
14. Що таке початковий гідравлічний градієнт?
15. Назвіть основні матеріали, які застосовуються для влаштування фундаментів.
16. Назвіть основні конструкції фундаментів неглибокого закладання.
17. Як формується умова міцності основи.
18. Як визначається модуль деформації з допомогою прессиометра.

Література

1. Гончаренко І.В. Основи та фундаменти : навч. посібник / І.В. Гончаренко, Ю.Л. Винников. – Полтава : ПолтНТУ, 2018. – 176 с.
2. Мирний О.М. Механіка ґрунтів і геотехніка : підручник / О.М. Мирний, Ю.Л. Вінніков. – Полтава : ПолтНТУ, 2019. – 268 с.
3. Винников Ю.Л. Проектування основ і фундаментів будівель та споруд : навч. посібник / Ю.Л. Винников, О.М. Мирний. – Полтава : ПолтНТУ, 2020. – 219 с.
4. Пилипенко О.І. Пальові фундаменти : навч. посібник / О.І. Пилипенко, В.О. Панасюк. – Київ : КНУБА, 2021. – 148 с.
5. Тітченко О.М. Інженерна геологія та механіка ґрунтів : навч. посібник / О.М. Тітченко, В.В. Харченко. – Харків : ХНУБА, 2022. – 192 с.
6. Коваленко В.І. Підсилення основ і фундаментів існуючих будівель : навч. посібник / В.І. Коваленко, С.В. Кириченко. – Полтава: ПолтНТУ, 2023. – 163 с.
7. Зоценко М.Л. Геотехнічні роботи при зведенні та реконструкції будівель: навч. посібник / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Вінніков, А.В. Яковлев. – Полтава : ПолтНТУ, 2021. – 234 с.
8. Клименко Є.В. Будівельна механіка ґрунтів та фундаментобудування : навч. посібник / Є.В. Клименко, Д.В. Табачников. – Одеса : ОДАБА, 2022. – 208 с.
9. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Основи та фундаменти" студентам за напрямом підготовки 6.060101 "Будівництво", професійне спрямування "Промислове та цивільне будівництво" денної та заочної форм навчання М.О. Фурсович, – Рівне: НУВГП, 2013, – 54 с.

Нормативні джерела

1. ДСТУ Б В.2.1-21:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Визначення щільності ґрунтів методом заміщення об'єму. Зміна № 1. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 40 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі Змінами № 1 та № 2. – Київ: Мінрегіонбуд

України, 2006 (зі змінами 2015). – 75 с.

3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 48 с.

4. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Основи та фундаменти споруд. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 62 с.

5. ДСТУ Б В.2.1-28:2016. Основи та фундаменти будинків і споруд. Визначення фізичних характеристик ґрунту. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 34 с.

6. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 126 с.

7. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.

8. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування та влаштування паль з використанням технології CFA. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 48 с.

9. ДСТУ Б В.2.1-36:2016. Методи польових випробувань ґрунтів статичним та динамічним зондуванням. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 40 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені Володимира Даля

Факультет _____

Кафедра _____

(дисципліна)

Лабораторна робота №

Тема: _____

Роботу перевірів _____

(посада та ПІБ викладача)

(оцінка роботи)

(дата, підпис викладача)

Група _____

Здобуач _____

(особистий підпис)

Робота здана на перевірку

(дата здачі)

Київ 20____р.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт
з дисципліни

«Основи та фундаменти»

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19
«Будівництво та цивільна інженерія»)*

(Електронне видання)

Укладач: БІЛОШИЦЬКИЙ Микола Володимирович

Оригінал - макет

М.В. Білошицький

Підписано до друку _____
Формат 60×84/16. Папір типограф. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. _____. Обл.-вид. арк. _____.
Тираж ____ прим. Вид. № _____. Замовл. № _____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II буд 17, Телефон: +38(050) 218
04 78, факс (064 52) 4 03 42
E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com