

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до проведення лабораторних робіт
з навчальної дисципліни

«МЕХАНІКА ҐРУНТІВ І ОСНОВИ ФУНДАМЕНТОБУДУВАННЯ»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Ю. І. Кобзар, В. А. Александрович, О. В. Гаврилюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 53 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Ю. І. Кобзар,
канд. техн. наук, доц. В. А. Александрович,
ст. викл. О. В. Гаврилюк

Рецензент

В. В. Сухов, кандидат геологічних наук, доцент кафедри гідрології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 4 від 30.10.2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Вимоги до виконання та звіту з лабораторних робіт.....	5
Лабораторна робота 1 Визначення вологості ґрунту ваговим методом.....	7
Лабораторна робота 2 Визначення меж пластичності глинистих ґрунтів.....	9
Лабораторна робота 3 Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця.....	15
Лабораторна робота 4 Визначення модуля деформації ґрунту.....	18
Лабораторна робота 5 Визначення кута внутрішнього тертя та питомого зчеплення ґрунту.....	27
Лабораторна робота 6 Визначення обчислювальних характеристик ґрунтів.....	36
Лабораторна робота 7 Визначення гранулометричного складу піску та ступені його неоднорідності.....	41
Лабораторна робота 8 Визначення кута природнього укосу піщаного ґрунту	46
Список рекомендованих джерел.....	51

ВСТУП

З метою практичного закріплення теоретичних положень деяких розділів дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування» відповідно до робочої програми передбачено виконання лабораторних робіт.

Методичні рекомендації складені у відповідності із практикою проведення лабораторних робіт у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова й призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Основним завданням методичних рекомендацій є надання допомоги студентам у виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування».

ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ЗВІТУ З ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

У процесі проведення робіт необхідно суворо дотримуватися вимог техніки безпеки, виконувати роботу тільки під контролем викладача та в зазначеній ним методикі проведення лабораторних занять з дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування».

Виконання передбачає:

а) підготовку студента до лабораторної роботи:

- 1) вивчення теоретичного матеріалу відповідної лабораторної роботи;
- 2) конспектування матеріалу лабораторної роботи (теоретичний матеріал – розрахункові формули, визначення, хід роботи, схеми та таблиці);
- 3) ознайомлення з контрольними питаннями;
- 4) законспектований матеріал лабораторної роботи надається викладачу перед початком заняття у роздрукованому або рукописному вигляді;

б) виконання лабораторної роботи та отримання результатів;

в) обробка результатів лабораторної роботи та отримання відповідних показників та графіків:

1) оброблені результати та отримані відповідні показники і графіки додаються до теоретичного матеріалу лабораторної роботи;

2) студент складає висновок до лабораторної роботи;

3) виконує розрахунок задач, якщо потребує завдання лабораторної роботи;

г) захист лабораторної роботи:

1) зібраний матеріал виконаної лабораторної роботи подається викладачу;

2) студент захищає представлений матеріал (відповідає на відповідні контрольні питання, легко орієнтується у розрахунках, володіє термінами, знає розрахункові формули, одиниці вимірювання величин та хід виконання роботи);

З) захист може відбуватися як письмовий, так і у усній формах;

д) якщо студент не має звіту про виконання лабораторних робіт, або він їх не захистив, то у такому випадку студент не допускається до складання іспиту (заліку).

Технічні вимоги до оформлення лабораторних робіт:

– мова – державна;

– теоретичний, розрахунковий та графічний матеріал, включаючи таблиці, представляється в роздрукованому або рукописному вигляді на аркушах формату А4;

– текст повинен бути надрукований чорним кольором на білому папері на одній стороні аркуша;

– шрифт – Times New Roman, розмір шрифту – 14;

– інтервал між строками – одинарний;

– усі поля – по 2 см.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ ВАГОВИМ МЕТОДОМ

Мета роботи: визначити величину вагової вологості ґрунту методом висушування до постійної маси відповідно до ДСТУ Б.В.2.1–17:2009.

Вологість ґрунту (природна вологість) – деяка кількість води, що міститься в порах зразка ґрунту в природніх умовах залягання.

Вологість ґрунту вимірюється у відсотках або долях одиниці і визначається одним зі способів: пікнометричним, прискореним або ваговим. Найбільше поширення отримав останній метод, що став стандартним, за допомогою якого виконується лабораторна робота.

Матеріали та устаткування:

- 1) алюмінієві бюкси з кришками;
- 2) електронні ваги з точністю зважування до 0,01 г;
- 3) сушильна шафа з можливістю встановлення термометра;
- 4) ексікатор з хлористим кальцієм (для поглинання вологи);
- 5) ґрунт;
- 6) лабораторний ніж.

Хід роботи

1. Для визначення вологості ваговим методом бюкс приблизно на 2/3 обсягу потрібно заповнити досліджуваним ґрунтом (від 15 г до 50 г). При цьому маса порожнього бюкса та його номер повинні бути встановлені заздалегідь.

2. Бюкс разом із ґрунтовою пробою зважити на електронних вагах з точністю до 0,01 г і помістити в сушильну шафу (рис. 1.1). Висушування ґрунту виконують при температурі від 100 °С до 105 °С близько 6 годин.

3. Бюкс із висушеним ґрунтом помістити в ексікатор для охолодження, після чого зважити його.

4. За результатами випробувань розраховують вологість ґрунту за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100 \%,$$

де W – вологість ґрунту, %;

m_1 – маса бюкса із ґрунтом до висушування, г;

m_2 – маса бюкса із ґрунтом після висушування, г;

m_3 – маса порожнього бюкса, г.

5. Випробування проводять не менш 3-х разів, отримані дані записують у журнал (табл. 1.1).



Рисунок 1.1 – Сушильна шафа ШСУ з можливістю встановлення термометра

Таблиця 1.1 – Журнал визначення вологості ґрунту ваговим методом

Номер випробування	Номер бюкса	Маса бюкса з вологим ґрунтом m_1 , г	Маса бюкса із сухим ґрунтом m_2 , г	Маса порожнього бюкса m_3 , г	Вологість W , %	Середнє значення вологості W , %
1	2	3	4	5	6	7
1						

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
2						
3						
Примітка. Вологість ґрунта (W) обчислюють із точністю до 0,01 г.						

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

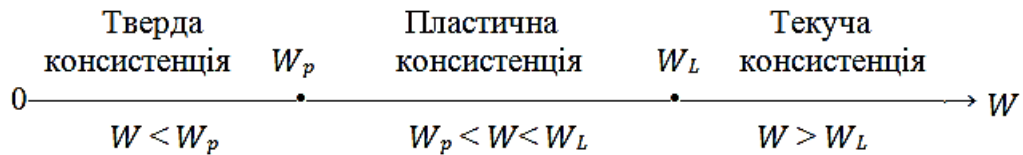
ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ПЛАСТИЧНОСТІ ГЛИНИСТИХ ҐРУНТІВ

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним методом визначення нижньої й верхньої границь пластичності глинистого ґрунту згідно з ДСТУ Б.В.2.1–17:2009.

При зміні вологості властивості глинистих ґрунтів суттєво міняються. Залежно від вмісту води, кількості та мінералогічного складу глинистих часток ґрунт може мати тверду, пластичну або текучу консистенцію.

Для класифікації глинистих ґрунтів і оцінки їх стану по консистенції необхідно знати характерні вологості, при яких ґрунт переходить з твердого стану до пластичного, а з пластичного в текуче.

Зміна консистенції ґрунту відбувається при певних граничних значеннях вологості. Розрізняють дві границі пластичності – нижня і верхня, звані відповідно вологість на границі розкочування (W_p) та вологість на границі текучості (W_L). Це можна зобразити таким графіком (визначення меж прийнято А. Аттербергом):



Вологість, при збільшенні якої ґрунт переходить з твердого стану до пластичного, називають нижньою границею пластичності (W_p) або границею розкочування.

Вологість, при збільшенні якої ґрунт переходить з пластичного стану до текучого, називають верхньою границею пластичності (W_L) або границею текучості.

Лабораторна робота 2 проводиться у два етапи: на першому етапі визначають границю текучості, а на другому – границю розкочування.

2. 1 Визначення вологості ґрунту на границі текучості

Матеріали та устаткування:

- 1) бюкси;
- 2) електронні ваги;
- 3) металевий стакан або чашка з круглим дном;
- 4) шпатель;
- 5) балансирний конус (конус Васильєва);
- 6) порцелянова чаша;
- 7) технічний вазелін;
- 8) колба з дистильованою водою;
- 9) глинистий ґрунт;
- 10) сушильна шафа.

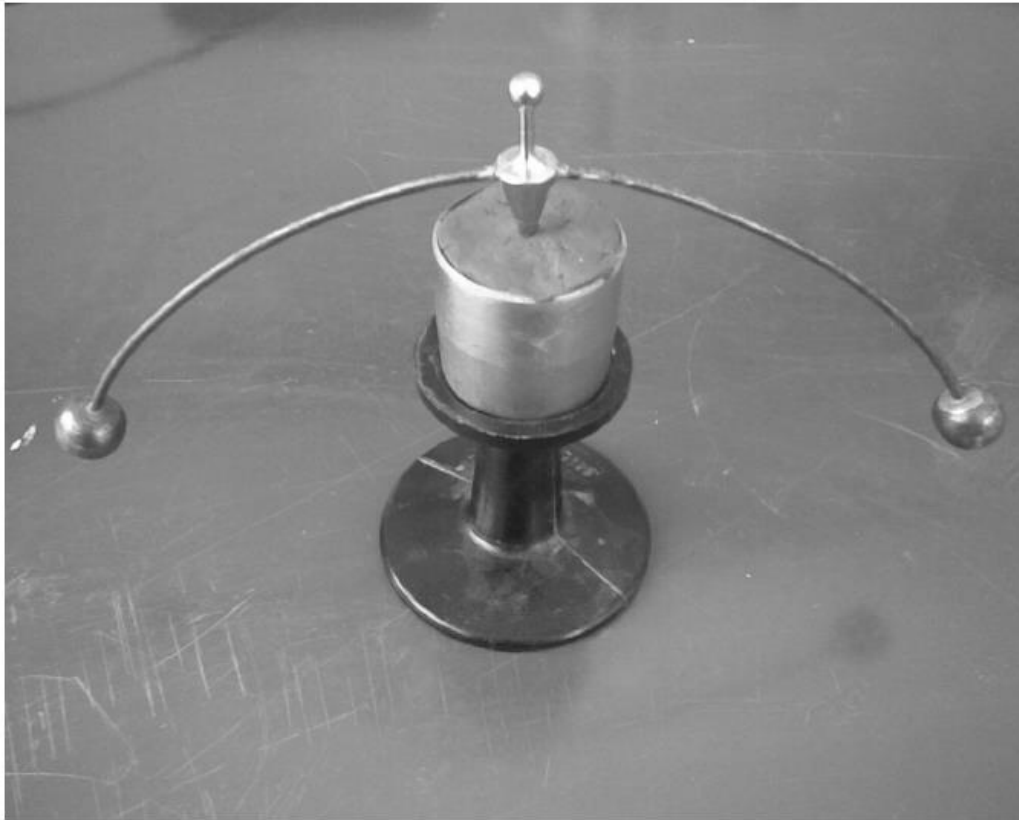


Рисунок 2.1 – Балансирний конус (конус Васильєва)

Хід роботи

1. Для визначення верхньої границі пластичності (границі текучості) приготовлену ґрунтову пасту помістити за допомогою шпателя в металевий стакан або чашку з круглим дном (рис. 2.1).

2. Стандартний балансирний конус, висотою 25 мм, з кутом при вершині 30° , має кругову риску на відстані 10 мм від вершини, вістря якого повинне бути змазане тонким шаром вазеліну, обережно установити на поверхню ґрунтової пасти й дати можливість поринути в ґрунт під впливом власної маси (рис. 2.2).

3. При зануренні конуса на глибину менш 10 мм ґрунтову пасту слід вийняти зі стакана, приєднати до пасти, що залишилася, додати небагато дистильованої води, ретельно перемішати й повторити операції, зазначені в п. 2, 3.

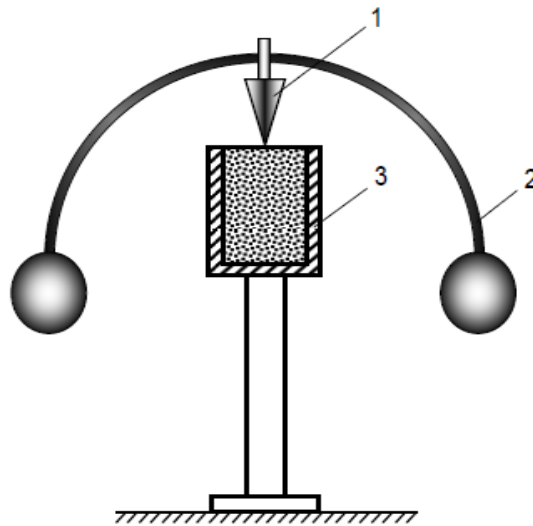


Рисунок 2.2 – Принципова схема визначення верхньої межі пластичності методом балансного конуса:

1 – балансирний конус ; 2 – балансирний пристрій; 3 – металевий стакан з ґрунтовою пастою

4. При зануренні конуса на глибину більш 10 мм ґрунтову пасту зі стакана слід перекласти до порцелянової чаші, підсушити на повітрі, безупинно помішуючи шпателем, потім повторити операції, зазначені в п. 2, 3.

5. Занурення конуса в ґрунтову пасту протягом 5 секунд на глибину 10 мм показує, що ґрунт має вологість, відповідну до границі текучості.

6. По досягненню границі текучості з ґрунтової пасту відбирають три проби масою не менш 15 г у заздалегідь підготовлені та зважені бюкси та визначають вологість ґрунту на границі текучості W_L за формулою:

$$W_L = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100 \%,$$

де W_L – вологість на границі текучості, %;

m_1 – маса бюкса із ґрунтом до висушування, г;

m_2 – маса бюкса із ґрунтом після висушування, г;

m_3 – маса порожнього бюкса, г.

7. Чашку з круглим дном і бюкси очистити від ґрунту, а результати визначень записують у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Журнал визначення границі текучості

Номер випробування	Номер бюкса	Маса бюкса з вологим ґрунтом m_1 , г	Маса бюкса з сухим ґрунтом m_2 , г	Маса порожнього бюкса m_3 , г	Верхня границя пластичності, W_L , %	Середнє значення верхньої границі пластичності, W_L , %
1						
2						
3						
Примітка. Верхню границю пластичності(W_L) обчислюють із точністю до 0,01.						

Висновок по роботі:

2.2 Визначення вологості ґрунту на границі розкочування

Матеріали та устаткування:

- 1) бюкси;
- 2) електронні ваги;
- 3) скляна пластина;
- 4) порцелянова чаша;
- 5) колба з дистильованою водою;
- 6) глинистий ґрунт;
- 7) сушильна шафа.

Хід роботи

1. Із ґрунту, розтертого після просушування та просіяного через сито із діаметром отворів в 1 мм, і води готують у порцеляновій чаші густе ґрунтове тісто.

2. Підготовлене ґрунтове тісто ретельне перемішують, беруть з нього невеличку частину та розкачують пальцями на скляній пластині, глясовому папері або долоні, до утворення джгута діаметром близько 3 мм. Розкочування продовжують, злегка натискаючи на джгут. Довжина джгута не повинна перевищувати ширини долоні. Якщо джгут ґрунту зберігає пластичність і зв'язність, його збирають у грудочки й знову розгортають до діаметра 3 мм. Операцію повторюють доти, поки джгут діаметром 3 мм, не покриється мережею тріщин і почне розпадатися на шматочки довжиною до 8 мм – 10 мм (рис 2.3).

3. Шматочки джгута поміщають у заздалегідь зважені бюкси. Під час роботи для запобігання шматочків джгута від висихання бюкси слід тримати закритим. Необхідно набрати не менш 10 г шматочків ґрунту для 3-х бюксів.

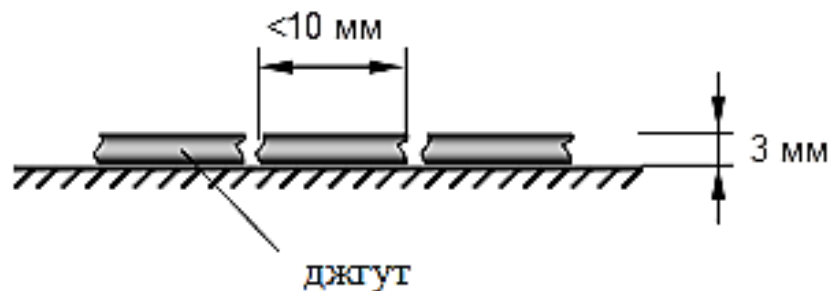


Рисунок 2.3 – Схема досягнення нижньої границі розкочування

4. Далі визначають границю розкочування (W_p) за формулою:

$$W_p = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100 \%,$$

де W_p – вологість на границі розкочування, %;

m_1 – маса бюкса із ґрунтом до висушування, г;

m_2 – маса бюкса із ґрунтом після висушування, г;

m_3 – маса порожнього бюкса, г.

5. Результати випробувань записати в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Журнал визначення границі розкочування

Номер випробування	Номер бюкса	Маса бюкса з вологим ґрунтом m_1 , г	Маса бюкса із сухим ґрунтом m_2 , г	Маса порожнього бюкса, m_3 , г	Нижня границя пластичності, W_p , %	Середнє значення нижньої границі пластичності, W_p , %
1						
2						
3						
Примітка. Нижня границя пластичності (W_p) обчислюють із точністю до 0,01.						

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ МЕТОДОМ РІЖУЧОГО КІЛЬЦЯ

Мета роботи: ознайомитися з методом визначення щільності ґрунту (метод ріжучого кільця) згідно з ДСТУ Б В.2.1–17:2009.

Щільність ґрунту (ρ) – маса одиниці об'єму ґрунту в природних умовах залягання. Об'ємна вага ґрунту (γ) – це вага одиниці об'єму ґрунту.

Матеріали та устаткування:

- 1) ріжучі кільця;
- 2) пробовідбірник;
- 3) електронні ваги;
- 4) лабораторний ніж;
- 5) штангенциркуль або лінійка;
- 6) скляні пластини;
- 7) моноліт ґрунту.

Хід роботи

1. За допомогою штангенциркуля вимірюють висоту та внутрішній діаметр ріжучого кільця (рис. 3.1). з точністю до 0,1 мм. Обчислюють внутрішній об'єм кільця за формулою:

$$V = \pi \frac{d^2}{4} h,$$

де d – діаметр кільця, см;

h – висота кільця, см.



Рисунок 3.1 – Ріжучі кільця

2. Кільце й скляну пластину зважують із точністю до 0,01 г.
3. Кільце ставлять загостреною стороною на зачищену поверхню моноліту ґрунту. Легким натисканням на кільце занурюють його в ґрунт на 2 мм – 3 мм.

Потім, обрізаючи ґрунт ножом із зовнішньої сторони кільця, осаджують його на ґрунтовий стовпчик діаметром на 0,5–1 мм більше зовнішнього діаметра кільця до повного його заповнення. Ґрунт нижче кільця підрізається на конус. Кільце з ґрунтом витягають із моноліту. Надлишки ґрунту, що виступають поверх кільця, обережно зрізують від центру до країв урівень із краями кільця (рис. 3. 2).

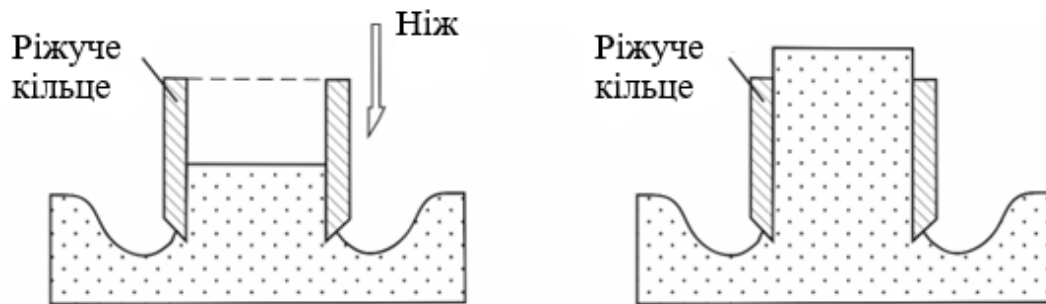


Рисунок 3.2 – Відбір проб ґрунту методом ріжучого кільця

4. Кільце із ґрунтом на скляній пластині протирають зовні й зважують із точністю до 0,01 г.
5. Результати записують до журналу (табл3.1).
6. Здійснюють розрахунок щільності ґрунту за формулою:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0 - m_1}{V},$$

де ρ – щільність ґрунту, г/см³;

m_0 – маса кільця, г;

m_1 – маса скляної пластини, г;

m_2 – маса кільця з пластиною та ґрунтом, г;

V – внутрішній об'єм кільця, см.³

7. Випробування роблять не менш 3-х раз, отримані дані записують у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Журнал визначення щільності ґрунту

Номер випробування	Номер кільця	Маса кільця, m_0 , г	Маса скляної пластини, m_1 , г	Маса кільця із пластиною та ґрунтом, m_2 , г	Об'єм кільця, V , см ³	Щільність ґрунту, ρ , г/см ³	Середня щільність ґрунту, ρ , г/см ³
1							
2							
3							
Примітка. Щільність (ρ) обчислюють із точністю до 0,01 г/см ³ .							

В інженерно-будівельній практиці для розрахунків частіше використовують значення об'ємної ваги ґрунту. Розрахунки об'ємної ваги ґрунту виконують за формулою:

$$\gamma = \rho \cdot g,$$

де γ – об'ємна вага ґрунту, кН/м³;

ρ – щільність ґрунту, г/см³;

g – прискорення вільного падіння, для інженерних розрахунків дорівнюється 10 м/с².

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4 ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦІЇ ҐРУНТУ

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним методом визначення ущільнення ґрунтів і визначити його деформаційні характеристики.

Ущільнення дисперсних ґрунтів під дією зовнішнього навантаження – це одна з найважливіших деформаційних властивостей.

Деформація ущільнення відбувається внаслідок зменшення обсягу пор ґрунтів за рахунок більш компактного розміщення часток при прикладанні стискаючих зусиль, виникнення взаємних мікросувів частинок, зменшенням товщини водно-колоїдних плівок і супроводжується віджиманням води з пор ґрунту.

Процес ущільнення ґрунту завершується не відразу після прикладання навантаження, а становить деякий відрізок часу, який називається часом стабілізації деформації. Чим менше розміри пор ґрунту, тим повільніше відбувається стабілізація.

Показники ущільнення дисперсних ґрунтів необхідні для розрахунків очікуваних осадок споруд і визначаються як у лабораторних умовах на зразках з непорушеною й порушеною структурою, так і в польових умовах природнього залягання ґрунту. Одним з найпоширеніших методів лабораторного визначення показників ущільнення є компресійне випробування ґрунту.

Для випробувань ґрунту застосовують компресійні прилади (одеметри) різноманітних систем. У лабораторній роботі буде використовуватися прилад ПЛЛ-9 конструкції І. М. Литвинова (рис. 4.1).

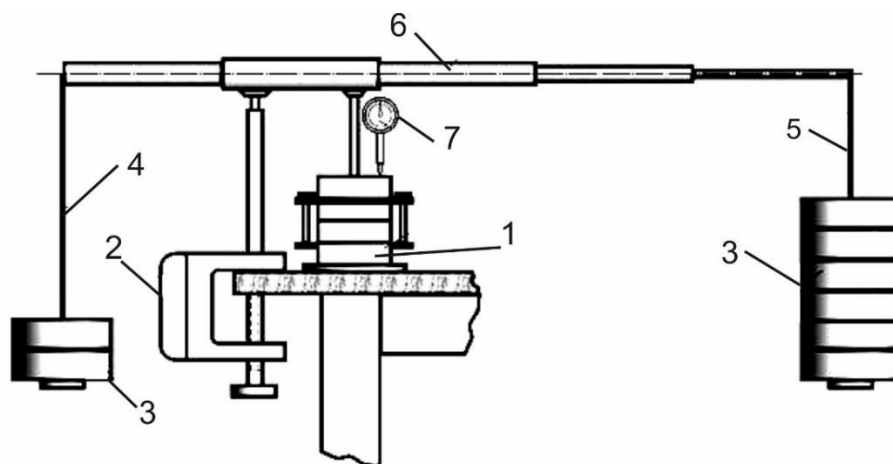


Рисунок 4.1 – Схема компресійного приладу конструкції І. М. Литвинова:
1 – основна частина приладу (одеметр); 2 – затискний пристрій; 3 – гирі;
4–5 – підвіски до важелів; 6 – важільна система; 7 – індикатор годинникового
типу

Співвідношення у важільній системі цього приладу такі, що прикладений вантаж в 1 кг на робочу підвіску важеля передає тиск на поршень в 250 Н. Площа внутрішнього перетину компресійної гільзи дорівнюється 25 см², питомий тиск на випробуваний ґрунт становить 0,1 МПа.

Матеріали та устаткування:

- 1) одометр у складі приладу конструкції І. М. Литвинова;
- 2) індикатор годинникового типу;
- 3) гирі;
- 4) ґрунтовідбірна гільза (ріжуче кільце);
- 5) фільтрувальний папір;
- 6) ґрунт.

Хід роботи

Установка та завантаження приладу

1. Нижня частина приладу пригвинчується затискним пристроєм до столу.
2. З моноліту відбирається зразок ґрунту в ґрунтовідбірну гільзу (ріжуче кільце). Ґрунтовідбірна гільза є обіймою для зразка ґрунту під час його випробування.
3. На нижню частину приладу укладається фільтрувальний папір.
4. На фільтрувальний папір встановлюється кільце з ґрунтом, ріжучою стороною нагору.
5. Ґрунт закривається фільтрувальним папером і зверху на зразок встановлюється поршень із верхнім дренажним диском. Після цього прилад загвинчують.
6. Поршень встановлюють так, щоб він лише торкався поверхні ґрунту, та закріплюють його гвинтом для перешкоди його вертикального руху.

7. Встановлюють систему важелів, прикріплюючи її до верхньої частини затискного пристрою та спираючи на призму штока поршня. Важелі врівноважують у нейтральному положенні гириями на підвісці противаги.

8. Закріплюють індикатор у траверсі приладу так, щоб його стрижень, що фіксує деформацію, упирався у поршень. При цьому стрижень повинен піднятися нагору на 70 % – 80 % вільного ходу, тобто на 7 мм – 8 мм. За допомогою обойми встановлюють індикатор на нульове ділення.

9. Закінчивши установку приладу, відпускають затискний гвинт поршня й приступають до випробування.

Порядок проведення випробування

1. Завантаження приладу роблять ступенями. На першій ступені на зразок передається ущільнюючий тиск рівний 0,05 МПа. Для цього на підвіску важеля повинен бути прикладений вантаж 1 кг, що створить зусилля на штамп одометра 10 Н. На другій ступені передається ущільнюючий тиск 0,1 МПа, на третій – 0,3 МПа тощо. Гранична величина завантаження встановлюється завданням (звичайно 30 Н – 40 Н). Відлік за індикатором беруть через 0,25 хв; 0,5 хв; 1 хв; 2 хв; 5 хв; 10 хв; 20 хв; 30 хв; 60 хв, а потім щогодини до досягнення умовної стабілізації деформацій. За умовну стабілізацію деформації приймають величину стиснення ґрунту не більше 0,01 мм:

- для піщаних ґрунтів – за 4 години;
- для супісків – за 10 годин;
- для суглинків і глин – за 16 годин.

2. У процесі випробування знімати гири й замінити їх іншими не можна. Для скорочення часу студенти беруть відлік за індикатором з моменту застосування кожної ступені через 2 хв, 4 хв та 8 хв.

3. Результати випробувань записуються в журнал (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Журнал компресійного випробування ґрунту

Номер ступеня навантаження	Маса гирь на підвісці, кг	Тиск ущільнення σ , МПа	Час спостереження, хв	Показання індикатора	Загальна деформація зразка, Н, мм	Тарувальна поправка, ΔH , мм	Абсолютна деформація, Δh , мм
0	0,0	0,00		0,00			
1	0,5	0,05	2 4 8				
2	1,0	0,1	2 4 8				
3	2,0	0,2	2 4 8				
4	3,0	0,3	2 4 8				
5	4,0	0,4	2 4 8				

4. Абсолютна деформація зразка розраховується за формулою:

$$\Delta h = H - \Delta H,$$

де H – загальна деформація зразка, мм;

ΔH – тарувальна поправка, мм.

Тарування одометра

Під таруванням одометра розуміють визначення деформації приладу й паперових обкладок для кожної ступені завантаження. Сумарне значення деформації приладу та обкладок називається тарувальним виправленням. Процес тарування передбачає такі дії:

1. У камеру одометра поміщають нестисливий при невеликих тисках металевий циліндр – болванку, розміри якої точно відповідають початковим розмірам ґрунтового зразка.

2. До кронштейна компресійного приладу приєднують індикатор таким чином, що б його шток, всунутий у корпус індикатора, перебував у контакті із кришкою одометра.

3. За допомогою інвентарних гирь через кожні 2 хв – 3 хв на болванку передають тиск, який дозволяє одержати в камері одометра тиск на ґрунт 0,05 МПа, 0,1 МПа, 0,2 МПа тощо. Для кожної ступені завантаження визначають тарувальне виправлення за індикатором з точністю до 0,01 мм.

У якості початкового відліку, тобто показника індикатору до початку випробування найкраще мати так званий нульовий відлік, при якому більша й мала стрілки на циферблаті приладу суміщені з нульовими розподілами. У цьому випадку визначення тарувальної поправки спрощується.

Отримані дані заносять у таблиці 4.2, а потім використовують для побудови графіка тарувальної кривої (рис. 4.2), який дозволяє одержати тарувальне поправку для будь-якого проміжного значення ущільнюючого тиску.

Таблиця 4.2 – Тарувальні поправки компресійного приладу

Ущільнюючий тиск, σ , МПа	Тарувальна поправка, ΔH , мм
0,00	
0,50	
1,00	
2,00	
3,00	
4,00	

Як приклад, на рисунку 4.2 показана тарувальна крива справного одометра.

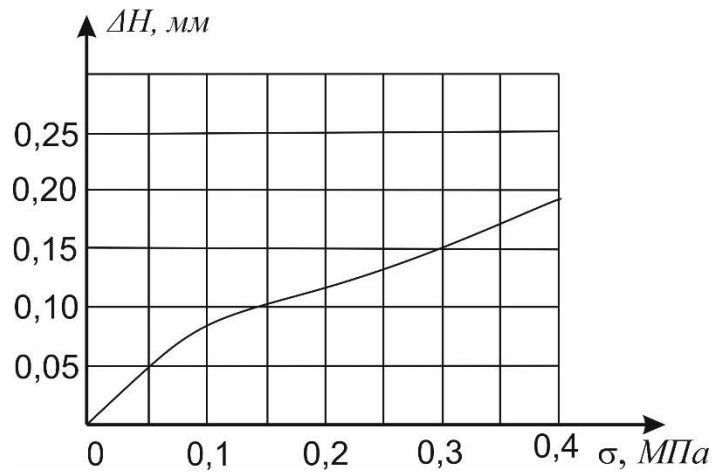


Рисунок 4.2 – Графік тарувальної кривої (приклад)

По характеру тарувальної кривої можна судити про справність компресійного приладу. Якщо крива має плавний обрис і вказує на стабілізацію тарувальної поправки, то це свідчить про справність одометра.

Обробка результатів випробувань

1. За результатами випробувань будують графік залежності осадки від часу при компресійному випробуванні (рис. 4.3).

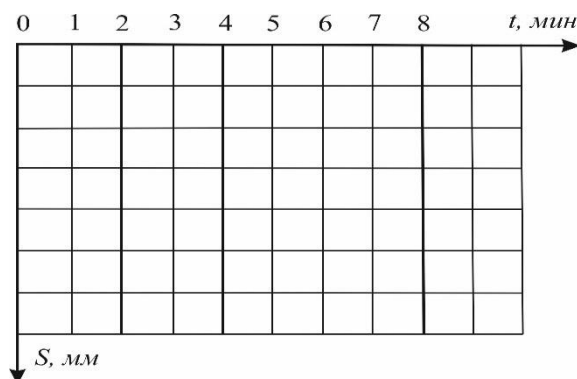


Рисунок 4.3 – Графік залежності осадки від часу при компресійному випробуванні

2. Обчислюємо деформаційні характеристики ґрунту та записуємо результати до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Деформаційні характеристики ґрунту

Номер ступеня навантаження	Тиск ущільнення σ , МПа	Відносна деформація зразка, ε_i	Коефіцієнт пористості ґрунту, e_i	Коефіцієнт ущільнення, m_0 , МПа ⁻¹	Модуль загальної деформації, E , МПа
0	0				
1	0,05				
2	0,1				
3	0,2				
4	0,3				
5	0,4				

2.1 Відносна деформація зразка (ε_i) розраховується за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h}{h},$$

де h – початкова висота зразка (20 мм);

Δh – абсолютна деформація зразка.

2.2 Коефіцієнт пористості (e_i) при заданому тиску розраховується за формулою:

$$e = e_0 - \varepsilon_i(1 + e_0),$$

де e_0 – початковий коефіцієнт пористості.

2.3 Коефіцієнт стисливості (m_0 , МПа⁻¹) у заданому інтервалі тисків σ_i та σ_{i+1} розраховується за формулою:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\sigma_{i+1} - \sigma_i},$$

де e_i та e_{i+1} – коефіцієнти пористості ґрунту, які відповідають тискам σ_i та σ_{i+1} .

2.4 Обчислюємо модуль деформації (E , МПа) в інтервалі тисків σ_i та σ_{i+1} з точністю 0,1 МПа за формулою:

$$E = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta,$$

де β – коефіцієнт, який враховує відсутність поперечного розширення ґрунту в компресійному приладі. Коефіцієнт β обчислюють за формулою:

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu},$$

де ν – коефіцієнт поперечної деформації, який визначають за результатами випробувань у приладах тривісного стискання.

У випадку відсутності експериментальних даних допускається приймати коефіцієнт поперечної деформації:

- для пісків і супісків 0,30 – 0,35;
- для суглинків 0,35 – 0,37;
- для глин: 0,2 – 0,3 при $I_L < 0$;
- 0,3 – 0,38 при $0 \leq I_L \leq 0,25$;
- 0,38 – 0,45 при $0,25 < I_L \leq 1,0$.

При цьому менші значення коефіцієнта поперечної деформації приймають при більшій щільності ґрунту.

Необхідна точність обчислень:

- деформація зразка до 0,01 мм;
- коефіцієнт пористості до 0,001;
- коефіцієнт ущільнення до $0,001 \text{ МПа}^{-1}$;
- модуль деформації до 0,01 МПа.

3. Будуємо графік компресійної кривої (рис. 4.4).

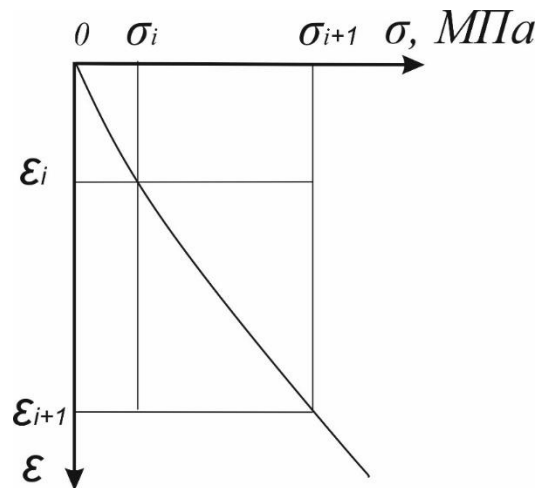


Рисунок 4.4 – Графік залежності $\varepsilon = f(\sigma)$

Під час побудови компресійної кривої градування вертикальної осі графіка студент проводить залежно від величини та інтервалу зміни коефіцієнта пористості під час випробування.

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ ТА ПИТОМОГО ЗЧЕПЛЕННЯ ҐРУНТУ

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним методом визначення параметрів опору ґрунту зрушенню; навчитися користуватися приладом, розглянути один з методів для одержання значень питомого зчеплення (C) та кута внутрішнього тертя (φ) глинистого ґрунту.

Опір ґрунтів зсуву є найважливішим показником міцності ґрунту, який необхідно для розрахунків стійкості та міцності основ, оцінки стійкості укосів, розрахунків тиску ґрунтів на підпірні стінки та інших інженерних розрахунків.

Опір ґрунту зсуву (τ) обумовлюється силами тертя та зчеплення.

Основними характеристиками ґрунту на зсув є питоме зчеплення C , МПа та кут внутрішнього тертя φ , град.

Ці характеристики є параметрами лінійної залежності $\tau = f(\sigma)$, яка була встановлена в 1773 р. Ш. Кулоном. Для піщаних ґрунтів ця залежність виражається формулою:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

де τ – опір зсуву, МПа;

σ – нормальна напруга по площі зсуву, МПа;

φ – кут внутрішнього тертя, град;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт внутрішнього тертя.

Опір піщаних ґрунтів зсуву обумовлене силами тертя, прямо пропорційне нормальному тиску. Сили зчеплення в сипучих ґрунтах незначні тому ними часто зневажають.

Графічно зазначена залежність зображується прямою, що проходить через початок координат (рис. 5.1, а).

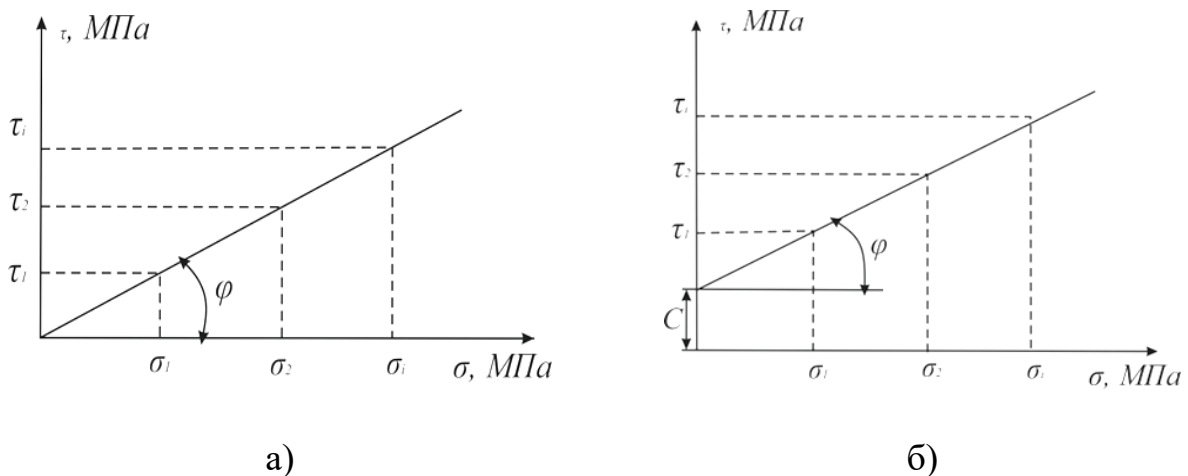


Рисунок 5.1 – Графік залежності опору ґрунту зрушенню від вертикального тиску:

а – для піщаних ґрунтів, б – для глинистих ґрунтів

У глинистих ґрунтах опір ґрунту зсуву обумовлено силами тертя і зчеплення часток ґрунту та виражається формулою:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg}\varphi + C,$$

де C – питоме зчеплення ґрунту.

Графічно зазначена залежність зображується прямою, що відтинає відрізок на осі ординат (рис. 5.1, б). Кут внутрішнього тертя є кутом нахилу цієї прямої до осі абсцис.

Зсувні характеристики C та φ визначаються експериментальним шляхом у польових або лабораторних умовах. Опір зсуву одного і того ж ґрунту не постійний і залежить від його фізичного стану, від умов проведення випробувань. Для отримання достовірних результатів випробування на зсув повинні завжди проводитися в умовах, максимально наближених до умов роботи ґрунту під спорудою або в самій споруді.

Стандартна методика лабораторного визначення опору зсуву піщаних і глинистих ґрунтів устанавлюється нормативними документами.

Згідно із цією методикою опір ґрунтів зсуву (τ) визначається випробуванням зразків ґрунту на одноплощинних зрізних приладах з фіксованою площею зрізу.

Існує декілька методів визначення опору ґрунту зсуву:

- метод консолідованого (повільного) зрушення, при якому зразок ґрунту до випробування ущільнюють відповідним вертикальним тиском. Випробування проводиться в умовах вільного відтоку води (дренування). Метод застосовується для дослідження ґрунтів в умовах ущільненого стану й дає можливість оцінити міцність основи побудованої споруди;

- метод неконсолідованого (швидкого) зрушення, при якому зусилля, що зрушує, прикладається без попереднього ущільнення зразка в умовах відсутності дренивання, застосовується у цій лабораторній роботі. Метод застосовується для дослідження ґрунтів в умовах нестабілізованого стану (для суглинків і глин при ступені вологості $S_r \geq 0,85$ і показнику текучості $J_L \geq 0,5$).

Визначення опору ґрунтів зсуву (τ) необхідно проводити при трьох різних величинах вертикального тиску (σ) на трьох зразках ґрунту, вирізаних з однорідного моноліту або, у необхідних випадках, на зразках, підготовлених у лабораторії.

При проведенні даної лабораторної роботи буде використовуватися зсувний прилад конструкції І. М. Литвинова ПЛЛ-9 (рис. 5.2).

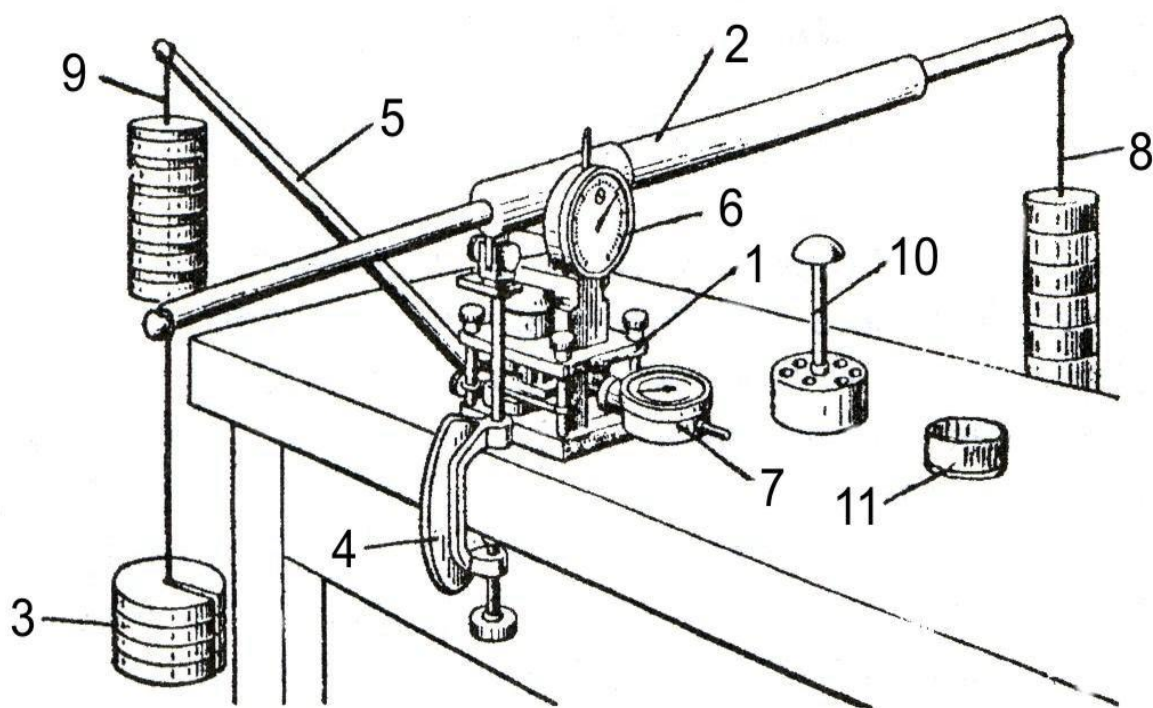


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд приладу для випробування ґрунтів на зсув:
1 – основна частина приладу; 2 – важільна система для вертикального навантаження; 3 – противага важільної системи 2; 4 – струбцина для кріплення; 5 – важіль для горизонтального навантаження; 6 – індикатор вертикальних переміщень поршня; 7 – індикатор горизонтальних переміщень нижньої каретки; 8 – вантажний підвіс вертикального навантаження; 9 – вантажний підвіс горизонтального навантаження; 10 – пристрій для переміщення зразка ґрунту з гільзи до приладу; 11 – гільза для відбору ґрунту

Співвідношення у важільній системі цього приладу такі, що прикладений вантаж в 1 кг на робочу підвіску важеля передає тиск на поршень в 250 Н. Площа внутрішнього перетину компресійної гільзи дорівнюється 25 см², питомий тиск на випробуваний ґрунт становить 0,1 МПа.

До початку роботи необхідно навчитися швидко і правильно брати відлік за індикатором(рис. 5.3). Індикатор – вимірювальний прилад пружинного типу. На малому колі циферблата 1 відлічуються цілі міліметри, а на великому 2 – частки міліметра. Ціна поділки великого кола – 0,01 мм; тисячні частки під час відліку беруться на око. Відлік знімається за чорними цифрами. Відлік на рисунку 5.3 дорівнює 2,270 мм.

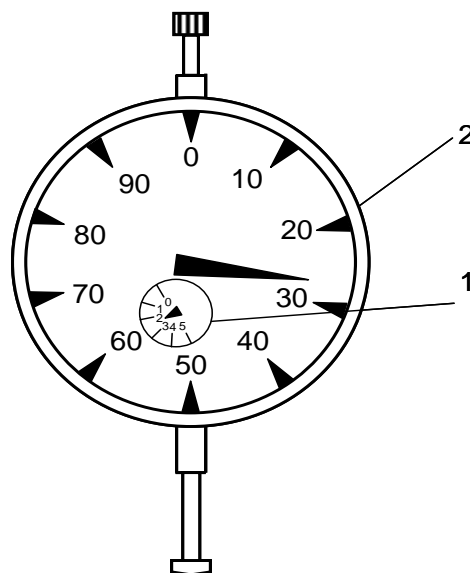


Рисунок 5.3 – Індикатор для вимірювання деформацій

Матеріали та устаткування:

- 1) зсувний прилад;
- 2) гирі;
- 3) індикатори годинникового типу;
- 4) фільтрувальний папір;
- 5) ґрунтовідбірна гільза (ріжуче кільце);

- б) лабораторний ніж;
- 7) ґрунт.

Хід роботи

1. Відбирають ґрунт до ріжучого кільця $d = 56,5$ мм і $h = 20$ мм за допомогою ґрунтовідбірника.
2. На дно нижньої частини приладу укладають фільтрувальний папір. Збирають прилад так, щоб верхня й нижня частини приладу являла собою гільзу висотою 20 мм.
3. Ріжуче кільце з ґрунтом поміщають на верхню частину приладу ріжучою частиною вгору.
4. За допомогою спеціального виштовхувача переміщують ґрунт із кільця в гільзу приладу.
5. Зверху на ґрунт укладають фільтрувальний папір. Установлюється верхня частина приладу з поршнем, що передає вертикальний тиск. Верхня частина приладу щільно загвинчується гвинтами.
6. Урівноважують телескопічний важіль противагою, для цього на коротку частину важеля на підвіску кладуть дві гирі по 0,5 кг.
7. Відпускають затискний гвинт поршня й навантажують зразок заданим тиском. На перший зразок передають вертикальну напругу, що дорівнюється 0,1 МПа, що відповідає вазі гирі на вертикальній підвісці в 10 Н (1 кг). На другий зразок передають вертикальну напругу 0,2 МПа, а на третій – 0,3 МПа.
8. Протягом 5 хвилин ґрунт тільки ущільнюється.
9. Установлюють другий індикатор приладу так, щоб вістря приладу торкалися нижньої рухливої частини приладу. Закріплюють важіль, що передає на зразок горизонтальну силу.
10. Після ущільнення ґрунту відпускають стопорні гвинти збоку приладу та завантажують зразок горизонтальним навантаженням. Горизонтальне

навантаження прикладають ступенями. Кожна ступень навантаження дорівнюється 0,1 МПа від ущільнюючого навантаження. Кожну ступень горизонтального навантаження витримують до умовної стабілізації деформації зрушення.

11. За умовну деформацію беруть швидкість зрушення, що не перевищує 0,01 мм у хвилину.

12. Значення за індикатором годинникового типу, що встановлено горизонтально, фіксуються наприкінці кожної хвилини до завершення горизонтальної деформації зсуву на даній ступені. Нарощування навантаження, що зрушує, проводиться до тих пір, доки деформація зрушення не досягне 3 мм (що відповідає трьом колам проходження стрілки індикатора годинникового типу). Значення зсувного навантаження фіксується в журналі випробувань (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Журнал випробувань ґрунту на зсув

Вага гирь на вертикальній підвісі, Р, Н	Вага гирь на горизонтальній підвісі, Т, Н	Нормальна (вертикальна) напруга, σ , МПа	Зсувна (горизонтальна) напруга, τ , МПа	Показник індикатору, u	Величина горизонтального переміщення, δ , мм
1	2	3	4	5	6
10	0,01	0,1	0,01		
	0,02		0,02		
	0,03		0,03		
	0,04		0,04		
	0,05		0,05		
	0,06		0,06		
	0,07		0,07		
	0,08		0,08		
20	0,02	0,2	0,02		
	0,04		0,04		
	0,06		0,06		
	0,08		0,08		
	0,10		0,10		
	0,12		0,12		
	0,14		0,14		
	0,16		0,16		

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
30	0,03 0,06 0,09 0,12 0,15 0,18 0,21 0,24	0,3	1		

По завершенню випробувань прилад повинен бути розібраний, вичищений, усі деталі вимиті та просушені.

За результатами випробувань будують графік залежності зсувних напружень τ від горизонтального переміщення рухливої об'єми δ (рис. 5.4) та графік залежності граничних зсувних напружень $\tau_{\text{гран}}$ від нормальної напруги σ (рис. 5.5).

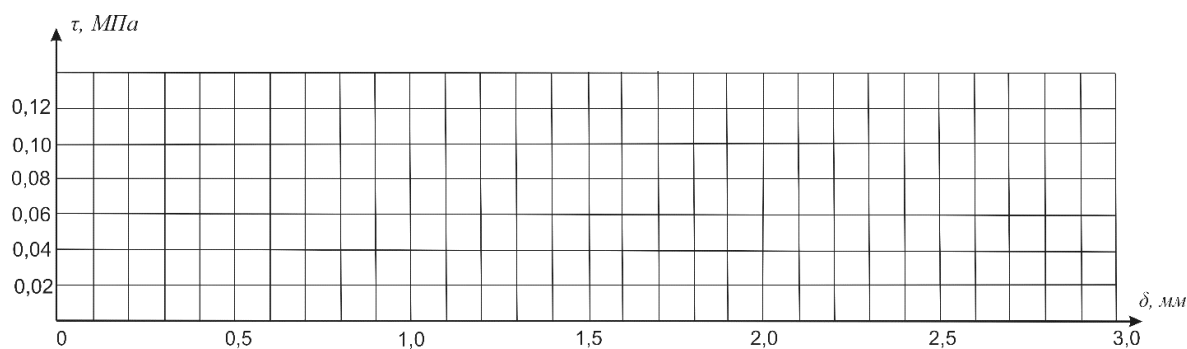


Рисунок 5.4 – Графік залежності горизонтального переміщення рухливої об'єми δ від зсувних напружень τ

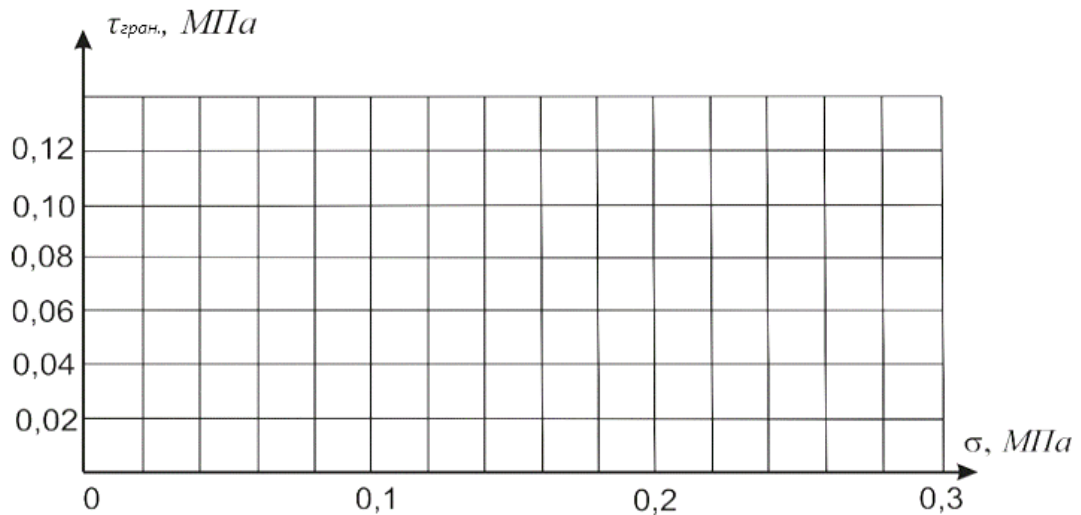


Рисунок 5.5 – Графік залежності граничних зсувних напружень $\tau_{\text{гран}}$ від нормальних напружень σ

Кут внутрішнього тертя φ та питоме зчеплення (C) обчислюються за формулами:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\tau_3 - \tau_1}{\sigma_3 - \sigma_1},$$

$$C = \tau_1 - \sigma_1 \operatorname{tg}\varphi,$$

де τ_1 – максимальна напруга зсуву ґрунтового зразка, що випробується при вертикальному тиску $\sigma_1 = 1,0$ МПа;

τ_3 – максимальна напруга зсуву ґрунтового зразка, що випробується при вертикальному тиску $\sigma_3 = 3,0$ МПа.

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ВИЗНАЧЕННЯ ОБЧИСЛЮВАНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ

Мета роботи: ознайомитися з обчислювальними характеристиками ґрунтів; визначити щільність сухого ґрунту (щільність скелета ґрунту), щільність часток ґрунту, питому вагу сухого ґрунту (часток ґрунту), питому вагу часток ґрунту, пористість, коефіцієнт пористості, ступінь вологості, число пластичності та показник текучості.

У лабораторній роботі необхідно розрахувати похідні характеристики ґрунту й по класифікаційних таблицях визначити його вид, різновид і т. д.

Відповідні показники ґрунту, обумовлені лабораторними випробуваннями беруться з лабораторних робіт 1–5.

Хід роботи

Обчислити похідні характеристики ґрунтів:

1. Щільність сухого ґрунту (ρ_d) – відношення маси сухого ґрунту (часток ґрунту) до обсягу всього ґрунту. Розраховується за формулою:

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

де ρ_d – щільність сухого ґрунту, г/см³;

ρ – щільність ґрунту, г/см³;

W – вологість ґрунту, у. о.

2. Питома вага сухого ґрунту (γ_d) і питома вага часток ґрунту (γ_s) визначають, помноживши щільність сухого ґрунту та щільність часток ґрунту (відповідно) на прискорення вільного падіння ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

$$\gamma_d = \rho_d \cdot g,$$

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g,$$

де γ_d – питома вага сухого ґрунту, кН/м³;

γ_s – питома вага часток ґрунту, кН/м³;

ρ_d – щільність сухого ґрунту, г/см³;

ρ_s – щільність часток ґрунту, г/см³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Щільність часток ґрунту (ρ_s) – відношення маси сухого ґрунту до обсягу твердої частини цього ґрунту. Цю величину можна визначити пікнометричним методом у лабораторних умовах.

Як відомо, щільність часток ґрунту залежить від його мінералогічного складу. Щільність же породотвірних мінералів коливається в невеликих межах, тому щільність пухких піщано-глинистих ґрунтів, що складаються з цих мінералів, практично є постійною величиною й не залежить від його щільності й вологості.

Для орієнтовних розрахунків щільність часток ґрунту можна прийняти:

– для пісків – 2,66 г/см³;

– для супісків – 2,7 г/см³;

– для суглинків – 2,71 г/см³;

– для глин – 2,74 г/см³.

3. Пористість (n) – відношення обсягу пор до обсягу всього ґрунту та може бути розрахована за формулою:

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \cdot 100 \%,$$

або

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100 \% .$$

4. Коефіцієнт пористості (e) – відношення обсягу пор до обсягу твердих часток ґрунту, розраховується за формулою:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

або

$$e = \frac{n}{1-n} = \frac{\rho_s}{\rho} (1+W) - 1.$$

Відповідно таблиці 6.1 визначаємо різновид піщаного ґрунту.

Таблиця 6.1 – Класифікація пісків за коефіцієнтом пористості (згідно ДСТУ Б В.2.1–2–1996)

Різновид пісків	Коефіцієнт пористості, e		
	Піски гравіюваті, крупні та середньої крупності	Піски дрібні	Піски пилюваті
Щільні	<0,55	<0,60	<0,60
Середньої щільності	0,55–0,70	0,60–0,75	0,60–0,80
Пухкі	>0,70	>0,75	>0,80

Визначаємо за таблицею 6.2 розрахунковий опір піщаних ґрунтів (R_0).

Таблиця 6.2 – Розрахунковий опір піщаних ґрунтів (ДБН В.2.1–10–2009)

Піщані ґрунти	Значення, R_0 , кПа, у залежності від щільності пісків	
	щільні	середньої щільності
Крупні	600	500
Середньої крупності	500	400
Дрібні: – малого ступеня вологості; – середнього ступеня вологості та насичені водою	400 300	300 200
Пилюваті: – малого ступеня вологості – середнього ступеня вологості – насичені водою	300 200 150	250 150 100

Примітка. Для пухких пісків значення R_0 не встановлюється. Якщо досліджувані піски ставляться до дрібних або пилюватим, розрахунковий опір визначаємо для вологого піску.

5. Ступінь вологості ґрунту (коефіцієнт водо насичення) (S_r) – ступінь заповнення пор водою. Ступеня вологості визначається за формулою:

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w},$$

де ρ_w – щільність води, яка дорівнюється 1 г/см³.

За класифікаційною таблицею 6.3 визначаємо різновид ґрунту.

Таблиця 6.3 – Класифікація ґрунтів за ступенем вологості (згідно ДСТУ Б В.2.1–2–1996)

Різновид ґрунтів	Ступінь вологості, д. о., S_r
Малого ступеня водо насичення	0 ÷ 0,50
Середнього ступеня водо насичення	0,51 ÷ 0,80
Насичені водою	0,81 ÷ 1,00

6. Число пластичності (J_p) – це інтервал вологості, при якому глинисті ґрунти перебувають у пластичному стані. Визначається за формулою:

$$J_p = W_L - W_P,$$

де W_L – вологість на границі текучості;

W_P – вологість на границі розкочування.

За класифікаційною таблицею 6.4 визначаємо вид глинистого ґрунту.

Таблиця 6.4 – Класифікація глинистих ґрунтів за числом пластичності (згідно ДСТУ Б В.2.1-2-1996)

Вид глинистого ґрунту	Число пластичності (J_p)
Супісок	1 – 7
Суглинок	7 – 17
Глина	> 17

7. Показник текучості (J_L) – гранична вологість між напівтвердим і пластичним станом ґрунту. Показник текучості глинистих ґрунтів використовується для оцінки їх консистенції й розраховується за формулою:

$$J_L = \frac{W - W_P}{J_P} = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}$$

Визначаємо різновид глинистого ґрунту за класифікаційною таблицею 6.5.

Таблиця 6.5 – Класифікація глинистих ґрунтів по показникові текучості (згідно ДСТУ Б В.2.1–2–1996)

Різновид ґрунтів	Показник текучості (J_L)
Супісок: – твердий – пластичний – текучий	< 0 0 – 1 > 1
Суглинки та глини: – тверді – напівтверді – тугопластичні – м’якопластичні – текучопластичні – текучі	< 0 0 – 0,25 0,26 – 0,50 0,51 – 0,75 0,76 – 1 > 1

За таблицею 6.6 визначаємо розрахунковий опір глинистого ґрунту.

Таблиця 6.6 – Розрахункові опори R_0 глинистих (непросідних) ґрунтів (ДБН В.2.1–10–2009)

Глинисті ґрунти	Коефіцієнт пористості, e	Значення R_0 , кПа, при консистенції ґрунту	
		$J_L = 0$	$J_L = 1$
1	2	3	4
Супісок	0,5 0,7	300 250	300 200

Продовження таблиці 6.6

1	2	3	4
Суглинок	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глина	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Примітка. Для ґрунтів із проміжними значеннями J_L та e значення розрахункового опору визначається за допомогою інтерполяції.

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПІСКУ ТА СТУПЕНІ ЙОГО НЕОДНОРІДНОСТІ

Мета роботи: визначити значення гранулометричного (зернового) складу піщаних ґрунтів ситовим методом згідно з ДСТУ Б.В.2.1–19:2009 та ступеня неоднорідності гранулометричного складу C_u відповідно до ДСТУ Б.В.2.1–2-96.

Гранулометричний склад ґрунту – це ваговий вміст у ньому часток того чи іншого розміру, визначений у відсотках відносно маси сухої проби, взятої для аналізу. Група часток з приблизно однаковими діаметрами певного діапазону називається фракцією. Визначення гранулометричного складу полягає у поділі складових часток ґрунту на окремі фракції (рис. 7.1).

Гранулометричний (зерновий) склад є постійним для даного ґрунту й тому є його найважливішим фактором, що визначає фізико-механічні властивості ґрунту.



Рисунок 7.1 – Набір сит для аналізу гранулометричного складу крупноуламкових і піщаних ґрунтів

Матеріали та устаткування:

- 1) набір стандартних сит з отворами 0,1 мм; 0,25 мм; 0,5 мм; 1 мм; 2,5 мм; 10 мм з піддоном і кришкою;
- 2) порцелянова ступка з гумовим товкачем;
- 3) електронні ваги;
- 4) алюмінієві чашки для зважування фракцій;
- 5) пісок;
- 6) аркуш білого щільного паперу розміром 25 см × 25 см.

Хід роботи

1. Піщаний ґрунт у повітряно-сухому стані обережно розтирають гумовим товкачем для руйнування грудок і структурних агрегатів.

2. Набір сит монтують у колону, починаючи знизу до гори, у такий спосіб: піддон – сито 0,1 мм – сито 0,25 мм – сито 0,5 мм – сито 1 мм – сито 2 мм – сито 5 мм – сито 10 мм – кришка (рис. 7.2).

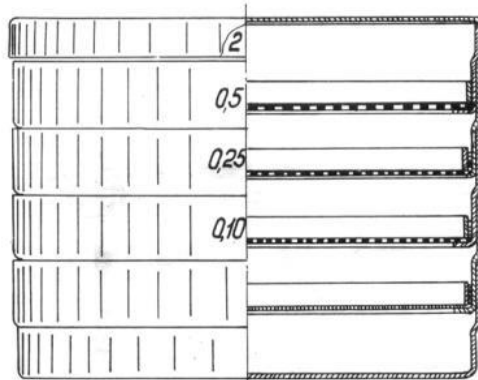


Рисунок 7.2 – Колона з сит для гранулометричного аналізу

3. Ґрунт для випробування беруть методом квартування. Для цього висушений зразок ґрунту розподіляють рівним шаром на аркуші щільного паперу, потім ділять на квадрати. З кожного квадрата відбирають небагато піску до складу середньої проби масою 100 г і переносяться на верхнє сито складеної колони.

4. Закривають кришку, легкими круговими рухами просівають ґрунт за допомогою струшування колони в горизонтальній площині протягом 3 хвилин. Внаслідок цього ґрунт розділиться на фракції, що залишаються на кожному ситі та піддоні.

5. Роз'єднавши колону, залишки піщаних часток з кожного сита й піддона, переносяться в алюмінієві чашки, потім зважують їх з точністю до 0,01 г.

6. Результати випробувань записують до таблиці 7.1.

Вміст кожної фракції розраховується за формулою:

$$A = \frac{m}{m_3} \cdot 100 \%,$$

де A – вміст фракції, %;

m – маса фракції, г;

m_3 – маса проби (100 г).

Маса фракції визначається за формулою:

$$m = m_2 - m_1,$$

де m – маса фракції, г;

m_1 – маса тари, г;

m_2 – маса тари із залишками на ситах, г.

Таблиця 7.1 – Журнал визначення гранулометричного складу піску

№ з/п		Діаметр отворів сит, мм				Піддон ≈ 0.
		2,0	0,5	0,25	0,1	
1	Маса тари, m_1 , г					
2	Маса тари з залишками на ситах, m_2 , г					
3	Маса фракції, m , г					
4	Вміст фракції по масі, A , %					
5	Сума фракцій у %, що мають розмір > за граничний діаметр					100
6	Сума фракцій у %, що мають розмір < за граничний діаметр					0

Встановлюємо найменування ґрунту за допомогою класифікаційної таблиці 7.2.

Ступінь неоднорідності гранулометричного складу піску (C_u) визначають за формулою А.Хазена:

$$C_u = d_{60}/d_{10},$$

де C_u – ступінь неоднорідності;

d_{60} – діаметр часток (в мм), менше яких у даному ґрунті міститься за масою 60 % часток (ще його називають контролюючий діаметр);

d_{10} – діаметр часток (в мм), менше яких у даному ґрунті міститься за масою 10 % часток (діючий або ефективний діаметр).

При $C_u > 3$ – пісок неоднорідний по складу часток.

При $C_u \leq 3$ – пісок однорідний по складу часток, згідно з ДСТУ Б В.2.1–2–96.

Таблиця 7.2 – Класифікація піщаного ґрунту

Найменування піску	Розподіл часток за крупністю (у відсотках від ваги сухого ґрунту)
Гравіюватий пісок	Маса часток крупніше 2 мм становить більш 25 %
Крупний пісок	Маса часток крупніше 0,5 мм становить більш 50 %
Середньої крупності пісок	Маса часток крупніше 0,25 мм становить більш 50 %
Дрібний пісок	Маса часток крупніше 0,1 мм становить більш 75 %
Пилуватий пісок	Маса часток крупніше 0,1 мм становить менш 75 %

Величини d_{60} і d_{10} визначаються графічно за сумарною кривою, побудова якої виконується в прямокутній системі координат, по осі ординат відкладається Σ % фракцій менш даного діаметра, по осі абсцис – величини діаметра часток, мм. Приклад сумарної кривої гранулометричного складу піску наведено на рисунку 7.3.

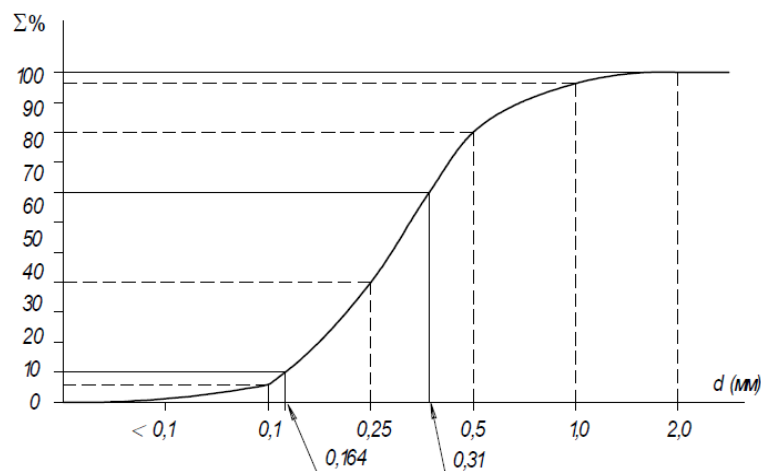


Рисунок 7.3 – Сумарна крива гранулометричного складу піску

За допомогою сумарної кривої гранулометричного складу знаходимо величини d_{60} і d_{10} .

Розраховуємо ступінь неоднорідності піщаного ґрунту (приклад):

$$C_u = d_{60}/d_{10} = 0,31/0,164 = 1,89 ,$$

де $C_u < 3$, отже, ґрунт є однорідним.

Висновок по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ПРИРОДНОГО УКОСУ ПІЩАНОГО ҐРУНТУ

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним методом визначення кута природного укосу піщаного ґрунту в сухому стані та під водою.

Кутом природного укосу ψ називається кут, при якому незакріплений піщаний укіс зберігає граничну рівновагу, або кут, під яким розташовується пісок після вільного обвалення (рис. 8.1). Кут ψ використовується при виробництві земляних робіт для призначення безпечних укосів без кріплення.

Піски, крім пилюватих, мають кут природного укосу ψ , що практично дорівнює куту внутрішнього тертя φ . В основному $\psi < \varphi$.

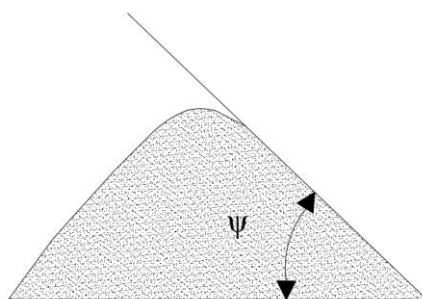


Рисунок 8.1 – Кут природного укосу ψ

Цей показник визначається як у сухому стані, так і під водою.

Матеріали та устаткування:

- 1) кутомірний ящик;
- 2) совочок (ложка);
- 3) пісок;
- 4) шпатель;
- 5) вода.

У лабораторних умовах для знаходження кута природнього укосу піщаного ґрунту застосовують кутомірний ящик .

На рисунку 8.2 показана схема кутомірного ящика польової лабораторії І. М. Литвинова, виконаного з оргскла, у якому є менша прийомна камера і більша розподільна камера. Обидві камери розділені рухомою перегородкою. Ящик має на днищі та боковій стінці вертикальну та горизонтальну масштабні лінійки.

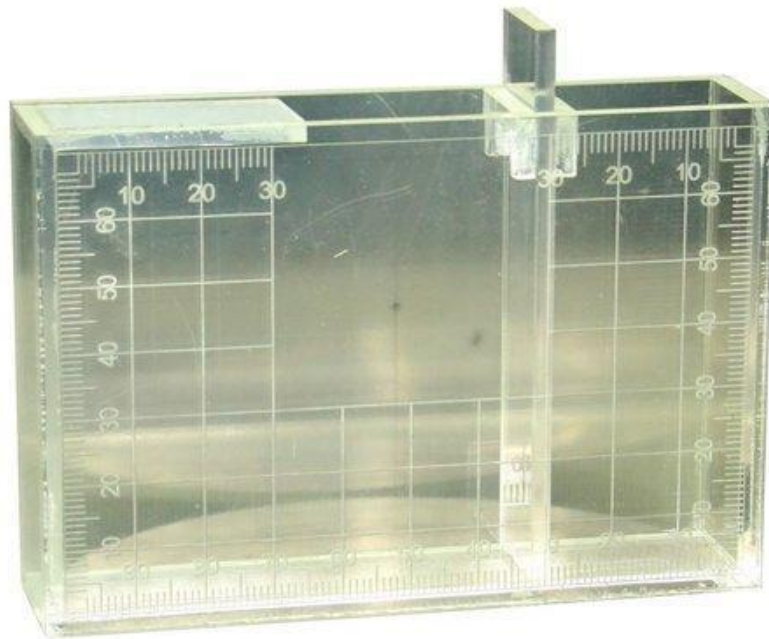


Рисунок 8.2 – Кутомірний ящик з органічного скла

Хід роботи

1. У прийомну камеру кутомірного ящика без ущільнення засипають пісок (рис. 8.3, а), надлишки якого зрізують шпателем урівень із краями ящика.

2. Установивши кутомірний ящик на тверду горизонтальну поверхню, обережно піднімають рухома перегородку. У результаті формується піщана призма обвалення, яка на контактній поверхні ящика утворює прямокутний трикутник (рис. 8.3, б).

3. За допомогою масштабних лінійок вимірюють катети призми обвалення h і l .

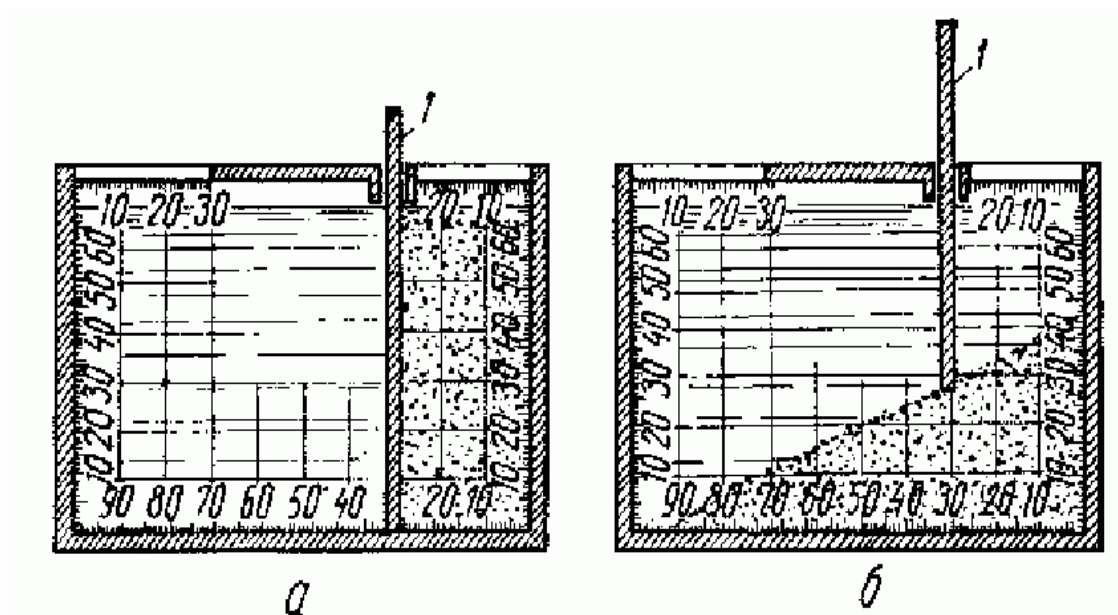


Рисунок 8.3 – Загальний вигляд приладу для визначення кута природного укосу у повітряно-сухому стані пісків:

а – за закритої рухомої перегородки; б – за висунутої рухомої перегородки; 1 – рухома перегородка

4. Кут природнього укосу розраховують за формулою:

$$\psi = \arctg \frac{h}{l},$$

де ψ – кут природнього укосу;

h – висота укосу (протилежний катет), см;

l – основа укосу (прилягаючий катет), см.

Таблиця 8.1 – Журнал визначення кута внутрішнього тертя піску в сухому стані

Номер випробування	Висота укосу, h , см	Основа укосу, l , см	$tg\psi = \frac{h}{l}$	Кут природного укосу, ψ°	Середнє значення кута природного укосу, $\psi^\circ_{сер.}$
1					
2					
3					

Примітка. Кут природного укосу піщаного ґрунту визначають із точністю до $0,10^\circ$.

5. Визначення кута природного укосу для насиченого водою піску виконують аналогічно вищеописаній методиці. До початку випробувань піщаний ґрунт попередньо замочують у кутомірному ящику водою через отвір у розподільній камері приладу (рис. 8.4). Для піску насиченого водою ψ зазвичай на $2-3^\circ$ менше, ніж для сухого.

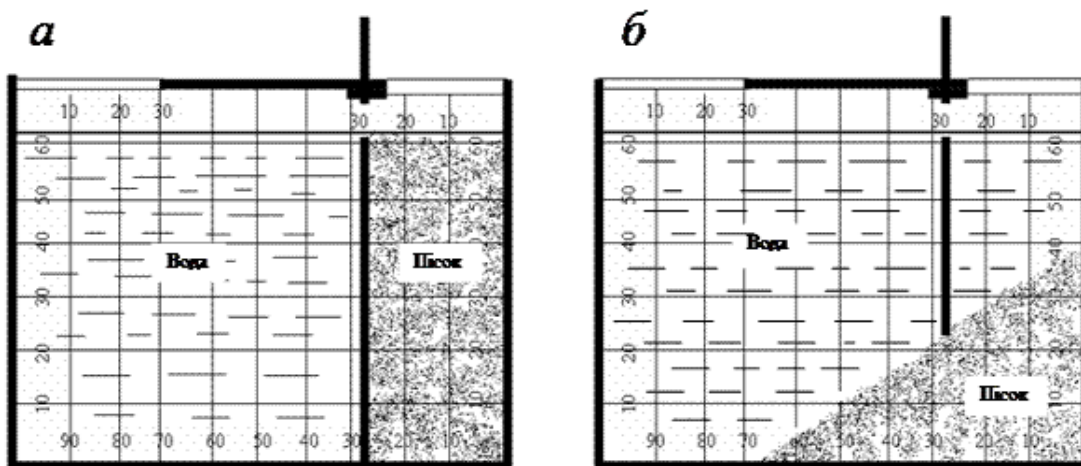


Рисунок 8.4 – Загальний вид приладу для визначення кута природного укосу піску під водою:

а – при закритій рухомій перегородці; б – при відкритій перегородці

6. Випробування роблять не менш 3-х разів, отримані результати записують у таблиці 8.1 та 8.2.

Таблиця 8.2 – Журнал визначення кута внутрішнього тертя піску під водою

Номер випробування	Висота укошу, h , см	Основа укошу, l , см	$tg\psi = \frac{h}{l}$	Кут природнього укошу, ψ°	Середнє значення кута природнього укошу, $\psi^\circ_{сер.}$
1					
2					
3					
Примітка. Кут природнього укошу піщаного ґрунту визначають із точністю до $0,10^\circ$.					

Висновок по роботі:

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Список законодавчих та нормативних документів

1. ДСТУ Б А.1.1–25–94. Ґрунти. Терміни та визначення. – [Чинний від 1994–10–01]. – Київ : Держбуд України, 2001. – 52 с.
2. ДСТУ Б В.2.1–2–96 (ГОСТ 25100–95). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. – [Чинний від 1997–04–01]. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
3. ДСТУ Б В.2.1–3–96 (ГОСТ 30416–96). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Лабораторні випробування. Загальні положення. – [Чинний від 1997–04–01]. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 26 с.
4. ДСТУ Б В.2.1–4–96 (ГОСТ 12248–96). Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. – [Чинний від 1997–04–01]. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 102 с.
5. ДСТУ Б В.2.1–8–2001 (ГОСТ 12071–2000). Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків. – [Чинний від 2002–04–01]. – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2002. – 17 с.
6. ДСТУ Б В.2.1–12:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Метод лабораторного визначення максимальної щільності. – [Чинний від 2010–10–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України України, 2010. – 19 с.
7. ДСТУ Б В.2.1–17:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. – [Чинний від 2010–10–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 36 с.

8. ДСТУ Б В.2.1–19:2009 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) та мікроагрегатного складу. – [Чинний від 2010–10–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 33с.

Електронні ресурси

9. Александрович В. А. Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / В. А. Александрович, О. В. Гаврилюк, Ю. І. Кобзар ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 77 с. Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/57670/>, вільний).

10. Методичні рекомендації для оформлення лабораторних робіт (робочий зошит) із навчальної дисципліни «Інженерна геологія та механіка ґрунтів» (для студентів денної та заочної форми навчання; укладач О. В. Гаврилюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 28 с. Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/54098/>, вільний).

11. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О. Г. Рудь, О. В. Кічаєва, О. В. Самородов, О. В. Гаврилюк ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 563 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/45175/>, вільний).

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт
з навчальної дисципліни

«МЕХАНІКА ГРУНТІВ І ОСНОВИ ФУНДАМЕНТОБУДУВАННЯ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладачі: **КОБЗАР** Юрій Іванович,
АЛЕКСАНДРОВИЧ Вадим Анатолійович,
ГАВРИЛЮК Ольга Володимирівна

Відповідальний за випуск *В. А. Александрович*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Ю. І. Кобзар*

План 2023, поз. 13М

Підп. до друку 26.06.2023. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 3,1

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017