

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Напрямок підготовки:  
192 «Будівництво та  
цивільна інженерія »

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт з дисциплін:  
«Інженерна геологія», «Інженерні вишукування», «Основи та  
фундаменти», «С/к основи механіки ґрунтів», «Будівельні конструкції»**

Харків 2017



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Напрямок підготовки :  
192 «Будівництво та  
цивільна інженерія »

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт з дисциплін:  
«Інженерна геологія», «Інженерні вишукування», «Основи та  
фундаменти», «С/к основи механіки ґрунтів», «Будівельні конструкції»**

**Затверджено на засіданні  
кафедри геотехніки  
та підземних споруд  
Протокол № 4 от 06.12.2017г.**

Харків 2017

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін: «Інженерна геологія», «Інженерні вишукування», «Основи та фундаменти», «С/к основи механіки ґрунтів», «Будівельні конструкції» для студентів напрямку підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія»/ Укладачі: І.В. Храпатова, С.О. Плащев, А.Ю. Купрейчик, Б.М. Жиленко – Харків, ХНУБА, 2017. – 27 с.

Рецензент О. В. Самородов

Кафедра геотехніки та підземних споруд

## ВСТУП

Лабораторні роботи - важлива частина комплексу навчальних занять. Вони розвивають навички самостійної роботи, інтерес до явищ природи, вимагають організованості і чіткості в дослідженнях, дотримання дисципліни праці й акуратності.

Мета лабораторних робіт - вивчення основних методів визначення властивостей ґрунтів і характеристик, що описують ці властивості. Перед початком кожної роботи необхідно ознайомитися з її змістом і теоретичним обґрунтуванням за підручником і конспекту лекцій і підготувати лабораторний журнал, тобто записати послідовність виконання робіт, намалювати схему пристрою, підготувати таблиці для записів результатів дослідів.

В процесі виконання лабораторної роботи необхідно суворо дотримуватися встановленої методики, обережно поводитися з приладами і лабораторним обладнанням та дотримуватися правил техніки безпеки.

Після проведення дослідів необхідно привести в порядок лабораторне обладнання: частини приладів, що контактували з ґрунтом, очистити і витерти насухо, прилади привести у вихідне положення, випробувані зразки скласти у відведене місце і прибрати робочу зону.

Лабораторна робота вважається закінченою після отримання цифрових і графічних результатів дослідів і пред'явлення їх викладачу в оформленому вигляді.

Для механіки ґрунтів найбільш важливими є фізичні та механічні властивості ґрунтів. Основні показники цих властивостей визначаються дослідним шляхом.

Основними фізичними характеристиками або точніше характеристиками фізичних властивостей ґрунтів є: гранулометричний склад, щільність ґрунту, щільність часток ґрунту, вологість природні межі розкочування і текучості (або нижня чи верхня межа пластичності).

Основні механічні властивості ґрунтів поділяють на дві групи: міцнісні і деформативні. До міцності відносяться: опір осьовому стиску для скельних ґрунтів, опір зсуву для нескельних ґрунтів. Міцнісні властивості характеризуються наступними параметрами: кутом внутрішнього тертя та питомим зчепленням. До деформативних властивостей відносяться: коефіцієнт стисливості і модуль загальних деформацій. До механічних відносяться також фільтраційні властивості, які характеризуються коефіцієнтом фільтрації ґрунту.

## Лабораторна робота №1

### ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТІВ

Щільність ґрунту - відношення маси ґрунту, включаючи масу води в його порах, до обсягу, що займає цей ґрунт. Одиниці вимірювання: кг/см<sup>3</sup>, г/см<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>.

Для визначення щільності ґрунтів (ГОСТ 5180-84. Методи лабораторного визначення фізичних характеристик) застосовуються методи ріжучого кільця, парафінування, безпосередніх вимірювань, зважування в нейтральній рідині та ін.

#### Метод ріжучого кільця

Обладнання: технічні ваги, ріжуче кільце.

Підготовчі операції: заповнення кільця ґрунтом.

Послідовність виконання досліду:

1. Зважити кільце без ґрунту ( $m_1$ , г.).

2. Обмірити кільце і обчислити внутрішній об'єм, см<sup>3</sup>.

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}, \quad (1.1)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр кільця, см;

$h$  – висота кільця, см.

3. Заповнити кільце ґрунтом і зважити ( $m_2$ , г).

4. Обчислити щільність ґрунту за формулою (1.2)

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (1.2)$$

де  $\rho$  – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Результати досліду занести в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - результати досліду.

$m_1$ , г	$m_2$ , г	$V$ , см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>

#### Метод парафінування

Обладнання: технічні ваги з разновесами, ємність з парафіном, мірний стакан з водою, електроплитка, нитки, зразок зв'язкового ґрунту.

Підготовчі операції: підготовка зразка ґрунту.

Послідовність виконання досліду:

1. Зразок обв'язати ниткою і зважити ( $m_1$ , г).
2. Розплавити парафін до  $60^\circ\text{C}$  і занурити в нього зразок на 1-2 с.
3. Зразок в парафіні прив'язати до коромисла ваг і зважити ( $m_2$ , г).
4. Визначити масу парафіну:

$$m_n = m_2 - m_1. \quad (1.3)$$

5. Визначити обсяг парафіну:

$$V_n = \frac{m_n}{0.9}, \quad (1.4)$$

де  $0,9 \text{ г/см}^3$  - щільність парафіну.

6. Визначити обсяг запарафінованого зразка ґрунту, занурюючи його в мірний стакан з водою, замірюючи обсяг витиснутої води ( $V$ ,  $\text{см}^3$ ).

7. Обчислити щільність ґрунту за формулою (1.5)

$$\rho = \frac{m_1}{V_1 - V_n}. \quad (1.5)$$

Результати дослідів занести в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 - результати дослідів.

$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_n$ , г	$V_n$ , $\text{см}^3$	$V_1$ , $\text{см}^3$	$\rho$ , г/с $\text{м}^3$

Лабо  
раторна  
робота

№ 2

## ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ЧАСТОК ҐРУНТУ

Щільність часток ґрунту (ГОСТ 5180-84. Ґрунти. Метод лабораторного визначення фізичних характеристик) - відношення маси сухого ґрунту (виключаючи масу води в його порах) до обсягу твердої частини цього ґрунту. Одиниці вимірювання:  $\text{кг/м}^3$ ,  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ .

Обладнання: технічні ваги, пикнометр, електроплитка з піщаною банею, воронка.

Підготовчі операції: висушування та подрібнення ґрунту, відбір зразка.

Послідовність виконання дослідів:

1. Зважити сухий чистий пикнометр ( $m_1$ , г).
2. Засипати пробу зразка ґрунту в пикнометр (10 - 20 г) і зважити ( $m_2$ , г).
3. У пикнометр з ґрунтом долити води на 2-3 мм над ґрунтом і кип'ятити на піщаній бані 5 хвилин для видалення повітря з ґрунту.
4. Пикнометр охолодити, долити воду до мірної риси, витерти ззовні і зважити з ґрунтом і водою ( $m_3$ , г).
5. Звільнити пикнометр від вмісту, ретельно прополоскати, заповнити чистою водою до мірної риси. Витерти зовні і зважити з водою ( $m_4$ , г).
6. Обчислити щільність часток ґрунту за формулою (2.1),

$$\rho_s = \frac{\rho_w (m_2 - m_1)}{(1 + w_g)(m_2 - m_1) - (m_3 - m_4)}, \quad (2.1)$$

де  $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$  - щільність води;

$w_g = 0.03$  – гігроскопічна вологість сухого ґрунту.

Результати дослідів занести в таблиці 2.1.

Таблиця 2.2 - результати дослідів.

$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$m_3, \text{г}$	$m_4, \text{г}$	$\rho_s, \text{г/см}^3$

### Лабораторна робота № 3

#### ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ПРИРОДНОГО УКОСУ ПІЩАНОГО ҐРУНТУ

Кутом природного укосу називається кут між горизонталлю і поверхнею найбільш крутого вільного укосу ґрунту, при якому укіс ще зберігає рівновагу. Обладнання: прилад УВТ-2 (рис.1), совок, зразок ґрунту.

Підготовчі операції: підготовка зразка ґрунту.

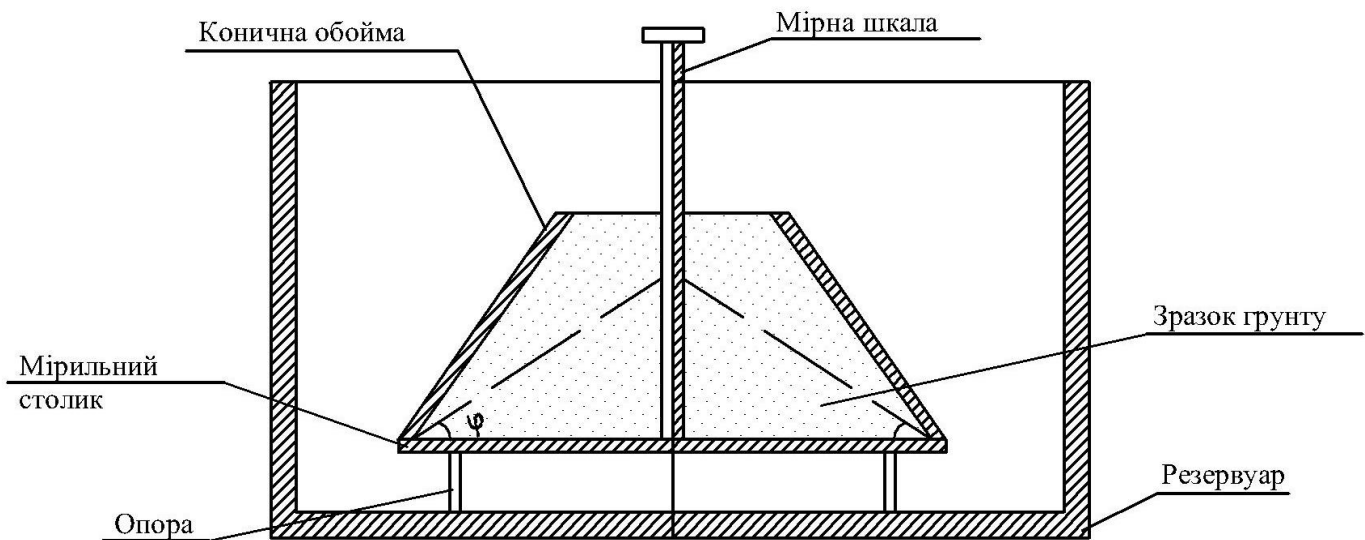


Рис.3.1 - Прилад УВТ-2

Послідовність виконання дослідів:

1. Встановити прилад УВТ-2 в зібраному вигляді.
2. Заповнити внутрішню обойму приладу ґрунтом, періодично постукуючи по ньому для ущільнення.



3. Підняти конічну обойму вгору на 1-2 мм, щоб ґрунт міг висипатися з приладу повільно.

4. Після закінчення осипання ґрунту зняти конічну обойму - і з мірною шкалою стійки визначити кут природного укосу (град).

Результати дослідів занести в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - результати досвіду.

Ґрунт		
Номер определения	Угол $\varphi$ , град	Среднее значение угла $\varphi$
Не менее 3-х		

#### Лабораторна робота №4

### ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ПІЩАНОГО ҐРУНТУ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧНОМУ СКЛАДУ

Гранулометричний склад піщаних ґрунтів (ГОСТ 12536-79. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) складу; ДСТУ Б.В.2.1-2-96(ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація) визначається, як правило, ситовим методом. За гранулометричним складом піщані ґрунти поділяються на такі типи:

- а) пісок гравелістий – маса часток більше 2,0 мм, більше 25%;
- б) пісок великий – маса часток більше 0,5 мм, більше 50%;
- в) пісок середньої крупності – маса часток більше 0,25 мм, більше 50%;
- г) дрібний пісок – маса часток більше 0,1 мм, 75% і більше;
- д) пісок пылеватий – маса часток більше 0,1 мм, менше 75%.

Обладнання: технічні ваги, набір стандартних сит, зразок піщаного ґрунту.

Підготовчі операції: підготовка зразка.

Послідовність виконання дослідів:

1. Зібрати сита вертикальною колонкою так, щоб отвори їх зменшувалися зверху вниз – 2; 0,5; 0,25; 0,1 мм, в самому низу помістити піддон.

2. Зважити зразок ґрунту (не менше 100 г), висипати на верхнє сито і накрити кришкою.

3. Струшуючи набір сит протягом 3-5 хвилин, просіяти ґрунт.

4. Зважити залишок на кожному ситі.

5. Отриманий результат привести у відсотках до маси всього зразка.

6. Підрахувати суму відсотків по масі фракції більше 2; 0,5; 0,25; 0,1 мм окремо від кожної кордону.

7. Записати найменування типу піщаного ґрунту, встановивши його по першому, що задовольняє показнику у порядку розташування найменувань. Результати дослідів занести в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - результати досліду.

Найменування	Сита, мм				Піддон
	2,0	0,5	0,25	0,1	
Маса залишку на ситі, г					
Маса залишку, %					
Сума залишку по масі фракцій, %					

## Лабораторна робота № 5

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРАЦІЇ ПІЩАНОГО ҐРУНТУ

Коефіцієнт фільтрації характеризує водопроникність ґрунтів і чисельно дорівнює швидкості фільтрації при напірному градієнті, що дорівнює одиниці. Одиниці вимірювання; мм/с, см/с, м/с.

Коефіцієнт фільтрації може бути визначений у лабораторії за допомогою спеціальних приладів і в польових умовах з використанням розвідувальних свердловин.

Обладнання: прилад КФ-1 (рис.2), секундомір, зразок піщаного ґрунту.

Послідовність виконання досліду:

1. Вставити циліндр (мал.2) в упорне дно з латунною сіткою.
2. Заповнити циліндр піском.
3. На торцеву частину циліндра з ґрунтом покласти латунну сітку і надіти муфту.
4. Вставити циліндр упорним дном в пластмасовий посуд на кільцеву підставку, з'єднану з шкалою гідравлічного градієнта.
5. Гвинтом підняти кільцеву підставку з циліндром і встановити напірний градієнт  $I = 1$ .
6. Встановити прилад на піддон; посудину заповнити водою і почекати, поки за рахунок капілярного підняття вода не змочить весь зразок ґрунту.
7. На циліндр з ґрунтом протягом 3-4 хвилин невеликими порціями лити воду на верхню сітку, поки вода не почне виливатися з пластмасової судини.
8. Заповнити водою мірний балон (посудину Маріотта) і, швидко перевернувши, вставити його в муфту до зіткнення з сіткою. Записати оцінку рівня води за шкалою ( $Q_1$ , см).
9. Відзначити за секундоміром час ( $t_1$ , с), коли в мірному балоні почнуть підніматися пухирці повітря.
10. Відзначити час ( $t_2$ , с) і найнижчий рівень води в мірному балоні ( $Q_2$ , см).
11. Змінити гідравлічний градієнт на  $I=0,6$  і всі операції повторити.
12. Підрахувати коефіцієнт фільтрації за формулою (5.1)

$$k_{\phi} = \frac{Q_2 - Q_1}{A(t_2 - t_1)I_i} \quad (5.1)$$

де  $A = 25 \text{ см}^2$  – площа поперечного перерізу циліндра.

13. Обчислити середнє арифметичне значення  $K_f$ , визначених для різних гідравлічних градієнтів.

Результати досліду занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1- результати досліду

Ном ер опыта	$Q_1$ , см	$t_1$ , с	$Q_2$ , см	$t_2$ , с	I	$k_f$

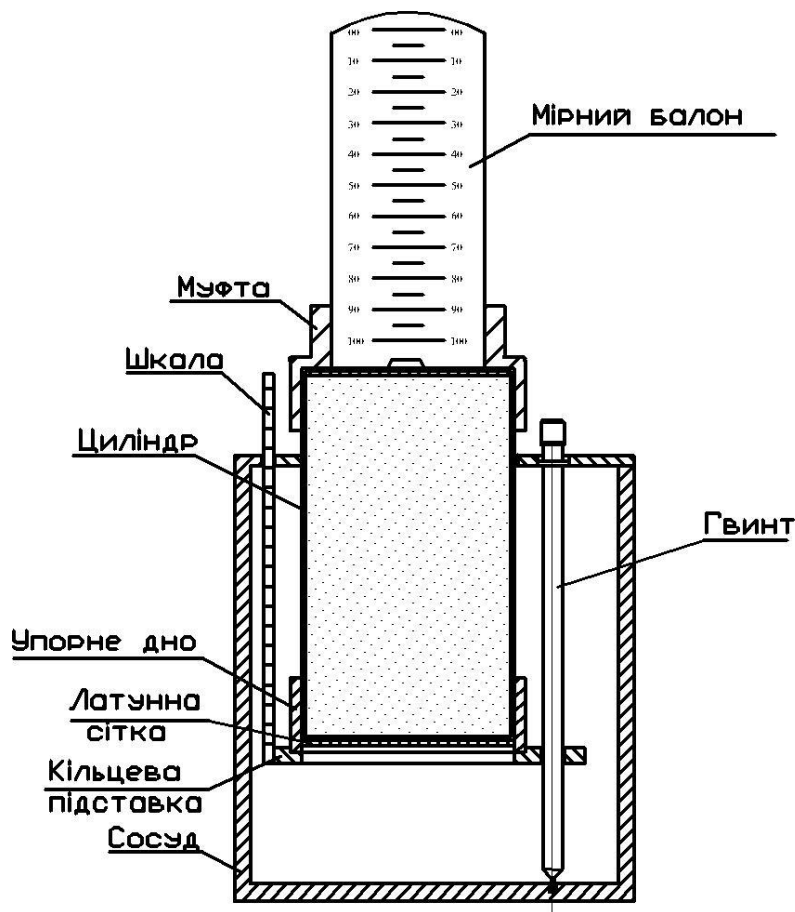


Рис. 5.1 - Фільтраційний прилад КФ

Лабораторна робота № 6

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРИРОДНОЇ ВОЛОГОСТІ І МЕЖІ ТЕКУЧОСТІ ТА РОЗКОЧУВАННЯ ҐРУНТУ

Вологістю називається відношення маси води, що знаходиться в порах ґрунту, до маси абсолютно сухого ґрунту (ГОСТ 5180-84. Ґрунти. Метод лабораторного визначення фізичних характеристик).

Границя текучості відповідає вологості, при підвищенні якої глинистий ґрунт переходить з пластичного в текучий стан.

Межа розкочування відповідає вологості, при зменшенні якої глинистий ґрунт втрачає властивості пластичності.

Вологість ґрунту, границі текучості та розкочування чисельно виражаються в частках одиниці.

Обладнання: технічні ваги з разновесами, сушильна шафа; бюкси, тигельні щипці, шпатель, прилад Васильєва - стандартний балансирний конус (рис.3).

Підготовчі операції: підготовка зразків.

Послідовність визначення природою вологості ґрунту:

1. Зважити порожній бюкс ( $m_1$ , г).
2. У бюкс покласти зразок ґрунту (10-20 г), узятий з свердловини або котловану, і зважити ( $m_2$ , г).
3. Ґрунт (без кришки) в бюксі помістити в сушильну шафу і висушити до постійної ваги. Визначити вагу бюкса з сухим ґрунтом ( $m_3$ , г).
4. Обчислити вологість по формулі (6.1)

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} . \quad (6.1)$$

Результати дослідів занести в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

$m_1$ ,г	$m_2$ ,г	$m_3$ ,г	W

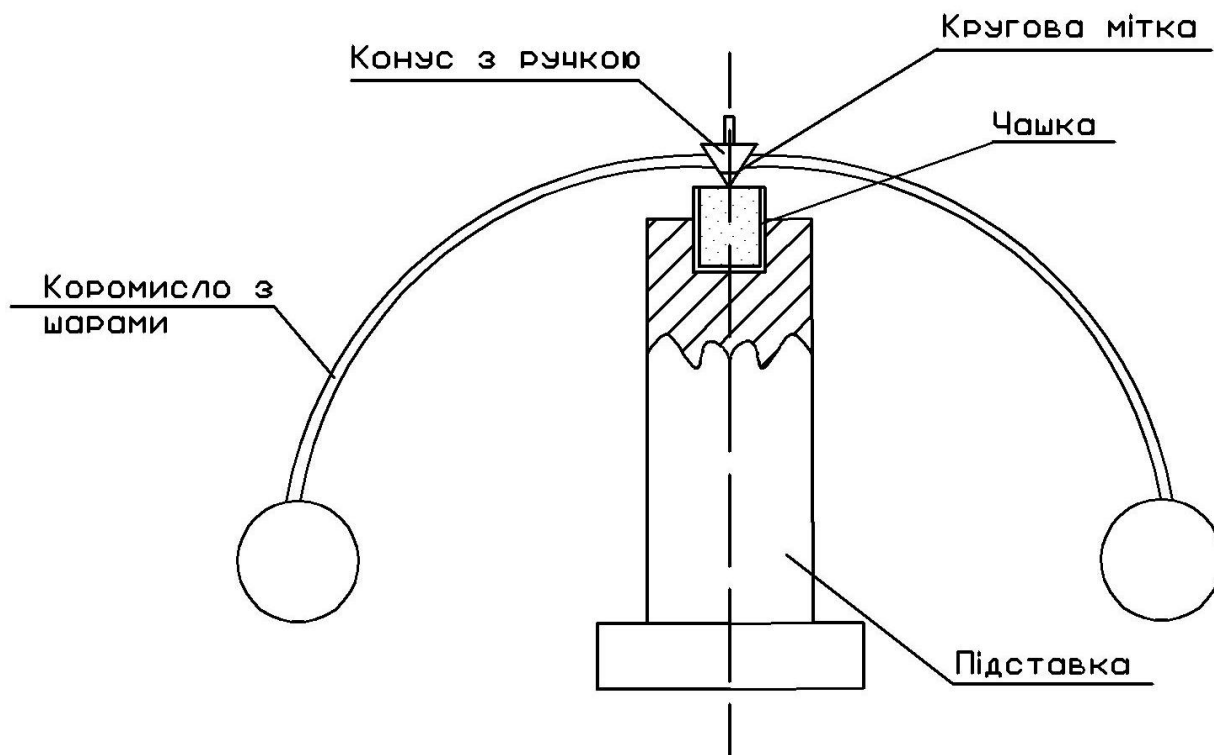


Рис.6.1 - Прилад Васильєва

Послідовність операцій з визначення границі текучості:

Підготовчі операції: попередньо ґрунт висушити і розмолоти в борошно.

1. Розмелений ґрунт затворити водою і, перемішуючи, приготувати пасту.

2. Ґрунтову пасту помістити в чашку приладу Васильєва і вирівняти поверхню шпателем.

3. Балансирний конус піднести до поверхні пасту і обережно відпустити.

Якщо конус за 5 с опустився на 10 мм (до різки), вологість пасту знаходиться на границі текучості ( $W_L$ ).

4. Якщо конус за 5 с зануриться в пасту на меншу або більшу глибину, слід додати трохи води або сухого ґрунту, пасту ретельно перемішати, розрівняти і операцію занурення конуса повторити.

Результати дослідів занести в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2

$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$m_3, \text{г}$	$W_L$

### Послідовність операцій з визначення межі розкочування

1. Приготувати ґрунтову пасту більшої густини, ніж у попередньому досліді, розкочати на гумовому аркуші легким натисканням долоні до утворення джгута діаметром близько 3 мм, що при цій товщині почне кришитися на шматочки завдовжки 5-10 мм. Це означає, що вологість ґрунту відповідає межі розкочування ( $W_p$ ).

2. Якщо джгут кришиться при великій товщині, то в пасту додати води. Якщо розкочується більш тонкий джгут, додати сухого ґрунту, пасту ретельно перемішати і операцію розкочування повторити.

3. Визначити вологість ґрунту в шматочках за наведеною вище методикою.

Результати дослідів занести в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3

$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$m_3, \text{г}$	$W_p$

Після обчислення природної вологості і вологості на межі текучості та розкочування визначити:

число пластичності

$$I_p = W_L - W_p, \quad (6.2)$$

і показник консистенції

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}. \quad (6.3)$$

За цими параметрами визначити тип і різновид ґрунту. Типи глинистих ґрунтів у залежності від числа пластичності визначаються за таблицею 6.4.

Таблиця 6.4 - Найменування пилевато-глинистого ґрунту за числом пластичності

Найменування пилевато-глинистого ґрунту	Число пластичності $I_p$
Супісок	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$
Суглинок	$0,07 < I_p \leq 0,17$
Глина	$I_p > 0,17$

Різновид глинистих ґрунтів залежно від показника консистенції визначаються за таблицею 6.5.

Таблиця 6.5 - Найменування пилевато-глинистого ґрунту за числом пластичності

Різновиди пилевато-глинистих ґрунтів	Показник текучості $I_L$
<b>Супісок:</b>	
Твердий	$I_L < 0$
Пластичний	$0 \leq I_L \leq 1$
Текучий	$I_L > 1$
<b>Суглинки и глини:</b>	
Тверді	$I_L < 0$
Полутверді	$0 \leq I_L \leq 0,25$
Тугопластичні	$0,25 < I_L \leq 0,5$
М'якопластичні	$0,5 < I_L \leq 0,75$
Текучопластичні	$0,75 < I_L \leq 1$
Текучі	$I_L > 1$

## Лабораторна робота №7

## ВИПРОБУВАННЯ ГЛИНИСТОГО ҐРУНТА НА ЗРІЗ

Опір зрізу характеризує властивості міцності ґрунту (ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності й деформованості). Математичний опис умови граничної рівноваги при зрізі для піщаного ґрунту встановлено Кулоном в 1773 р. Для глинистого ґрунту умова граничної рівноваги при зрізі виражається рівнянням.

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (7.1)$$

де  $\tau$  – граничний опір ґрунту зрізу, МПа;  
 $\sigma$  – діюча нормальна напружка, МПа;  
 $\varphi$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град ;  
 $c$  – питоме зчеплення ґрунту, МПа.

Показники, наведені у формулі, є характеристиками міцнісних властивостей ґрунту.

Для визначення таких характеристик міцності, як опор ґрунту зрізу  $\tau$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi$ , питоме зчеплення ґрунтів  $c$ , використовують випробування ґрунту методом одноплощинного зрізу.

Випробування проводимо за консолидовано-дренованою схемою.

Обладнання: прилад для випробування ґрунтів на зріз польової лабораторії Литвинова ПЛЛ-9, кільце із ґрунтом, індикатори, фільтрувальний папір, годинник.  
Підготовчі операції: заповнення кільця ґрунтом.

### Улаштування приладу ПЛЛ-9

Прилад ПЛЛ-9 складається з наступних вузлів (рис. 7.1):

- а) основа приладу, що служить для обпирання на нього гільзи з випробуваним ґрунтом;
- б) каретки з нижнім дренажним диском, що служить для горизонтального переміщення нижньої частини зразка ґрунту;
- в) розрізної гільзи, призначеної для приміщення випробовуваного зразка;
- г) верхньої частини приладу, що складає із дренажного поршня зі штоком і напрямним циліндром із траверсою;
- д) важільної системи для горизонтального навантаження;
- е) важільної системи для вертикального навантаження, застосовуваної в компресійному приладі;
- ж) індикаторів.

Розміри кільця з випробовуваним зразком, що поміщає у верхню обойму: висота - 20 мм, діаметр - 56,5 мм, площа – 25см<sup>2</sup>.

Підготовка приладу до випробування:

1. На перфорований вкладиш нижньої обойми укласти фільтрувальний папір.
2. Верхню обойму встановити на нижню та отцентрувати за допомогою кільця, що центрує.
3. У верхню обойму встановити кільце із ґрунтом та закрити фільтрувальним папером, зверху встановити перфорований вкладиш, штамп і хвостовик штампа.
4. Приклавши зусилля на штамп, перемістити ґрунт у нижню обойму.
5. Обертаючи баранчики на установочних шпильках, підняти центруюче кільце, а потім і верхню обойму до утворення зазору між обоймами величиною 0,5-1,0 мм. Встановить індикатори.
6. Підготувати таблицю результатів випробування.



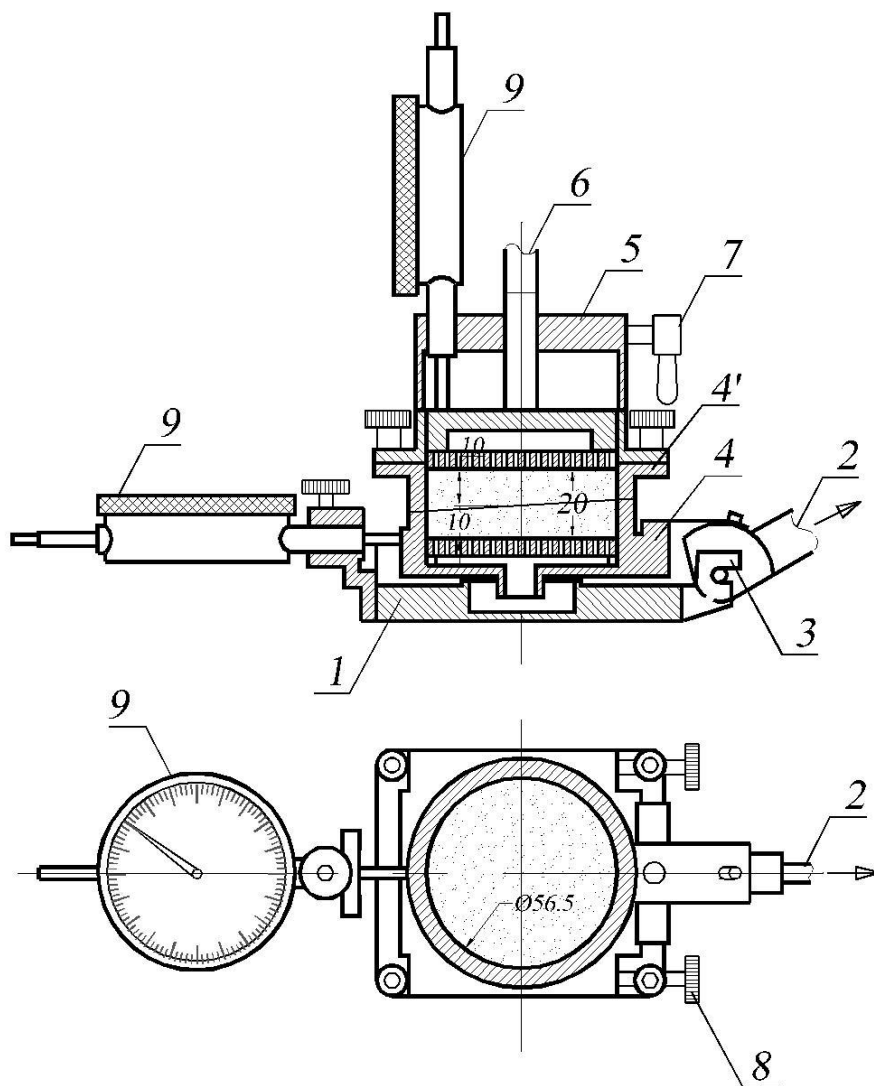


Рис. 7.1 – Схема основної частини прибора для випробування ґрунтів на зріз ПЛЛ-9

1 – основа приладу; 2 – важіль для передачі горизонтального навантаження; 3 – опорна частина важеля для горизонтального навантаження; 4 – нижня рухлива частина гільзи для ґрунту (каретка); 4' – верхня нерухома частина гільзи; 5 – напрямний циліндр; 6 – дренажний поршень зі штоком; 7 – гвинт для фіксування; 8 – опорні гвинти; 9 – індикатор годинного типу.

#### Послідовність виконання випробування

1. У таблицю записується відлік по вертикальному індикатору або він встановлюється на нульову відмітку.

2. На зразок ґрунту передають зразу в один ступінь нормальний тиск інтенсивністю  $\sigma = 0,1 \text{ МПа}$  при якому буде виконуватися зріз зразка. Для цього на підвіску механізму вертикального тиску встановлюють гирі загальною масою  $1,25 \text{ кг}$  (важіль прикладання навантаження 1:20).

3. Вертикальне навантаження витримується 5 хвилин.

4. Записується нульовий відлік по горизонтальному індикатору (якщо він не встановлений на нульовий тиск), перевіряється наявність зазору між обоймами й відпускається гальмо.

5. На зразок ґрунту передають дотичне навантаження ступенями. Для цього на підвіску механізму горизонтального тиску укладають гирі, маса гир одного ступеня 0,4кг. Відліки деформації по індикатору виконуються наприкінці кожної хвилини. На кожному щаблі нагруження записують показання приладів для виміру деформацій зрізу через кожні 1 хв. до умовної стабілізації деформації. За критерій умовної стабілізації деформацій зрізу приймають швидкість деформації, яка не перевищує 0,01мм/хв.

6. Випробування слід вважати закінченим, якщо при прикладанні чергового ступеня дотичного навантаження відбувається миттєвий зріз (зрив) однієї частини зразка по відношенню до іншої або загальна деформація зрізу буде перевищувати 5мм.

7. Після закінчення випробування слід розвантажити зразок, вийняти робоче кільце із зразком з приладу і замінити його на нове.

8. Після цього повторюються всі операції, як при першому випробуванні. Відмінність полягає в наступному:

- а) вертикальний тиск приймається 0,3МПа, що відповідає масі гир 3,75кг;
- б) при горизонтальному навантаженні величина першого ступеня приймається 0,6 від навантаження зрізу першого випробування.

Після завершення випробувань прилад повинен бути розібраний, вичищений, ґрунт із кільця вилучений, всі деталі вимиті й насухо витерті. Результати дослідів занести в таблицю (див. табл. 7.1).

Табл. 7.1– Журнал випробувань для визначення опору ґрунту одноплощинному зрізу

Маса вантажу на підвісці вертикального важеля $m_{vi}$ , кг	Маса вантажу на підвісці горизонтального важеля $m_{gi}$ , кг	Тиск на зразок ґрунту $p$ , МПа	Дотичне навантаження $Q$ , кН	Дотичне напруження $\tau$ , МПа	Час знімання виміру $t_i$ , хв.	Показання індикатора деформацій зрізу	Абсолютна деформація зрізу $l$ , мм	Приріст деформацій зрізу $\Delta l$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9

### Обробка результатів

За виміряними в процесі випробування значеннями дотичного і нормального навантажень обчислюють дотичні та нормальні напруги  $\tau$  та  $\sigma$ , МПа, за формулами

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad (7.2)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (7.3)$$

де  $Q$  та  $F$  – відповідно дотична та нормальна сили до площини зрізу, кН;

$$Q = 20 \cdot m_{zi} \cdot 10^2; \quad F = 20 \cdot m_{bi} \cdot 10^2 \quad (7.4)$$

$m_{zi}$  – маса вантажу на підвісці горизонтального важеля, кг;

$m_{bi}$  – маса вантажу на підвісці вертикального важеля, кг;

$A$  – площа зрізу,  $m^2$ ,  $A = 0,0025 m^2$ .

За виміряними в процесі випробувань значеннями деформацій зрізу  $l$ , які відповідають різним напругам  $\tau$ , будуюмо графік залежності  $l = f(\tau)$  (див. рис.7.2).

За опір ґрунту зрізу приймаємо максимальне значення  $\tau$ , одержане за графіком  $l = f(\tau)$  на відрізку  $\Delta l$ , який не перевищує 5 мм.

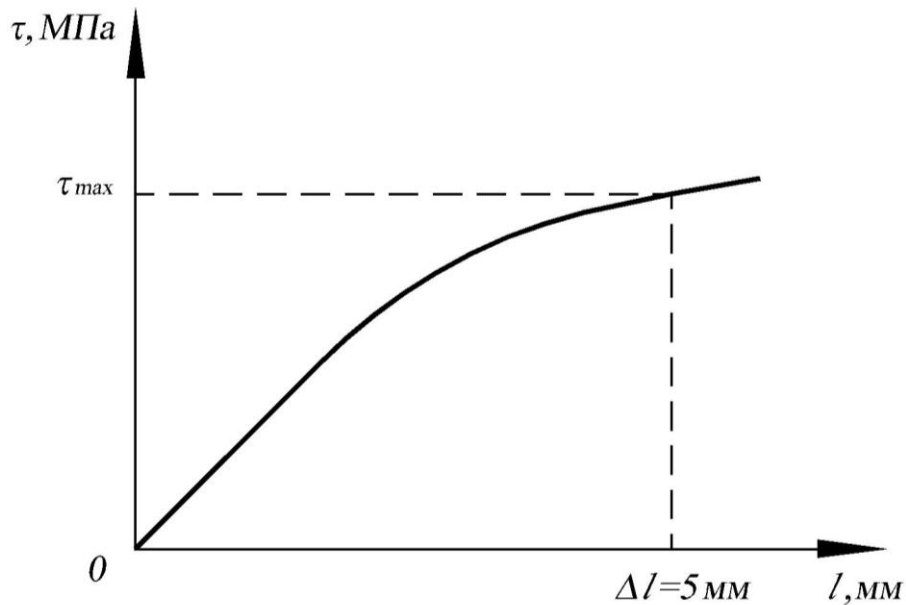


Рис. 7.2 – графік залежності  $l = f(\tau)$

Кут внутрішнього тертя  $\varphi$  та питоме зчеплення  $c$ , МПа, визначаємо за формулами:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1}; \quad (7.5)$$

$$c = \tau_1 - \sigma_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (7.6)$$

Будуємо графік залежності граничних дотичних напруг, що зрізують, від нормальних стискаючих напруг (див. рис. 7.3).

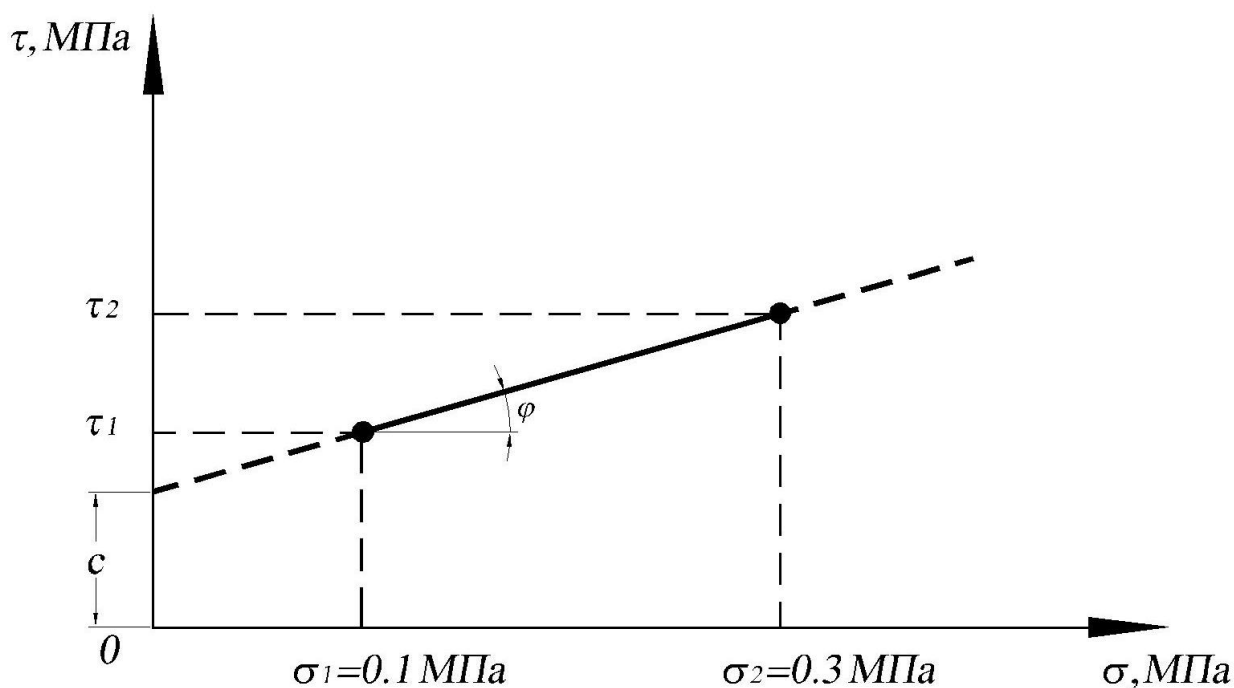


Рис. 7.3 – Залежність граничних дотичних напруг, що зрізують, від нормальних стискаючих напруг

#### Лабораторна робота №8

### КОМПРЕСІЙНІ ВИПРОБОВУВАННЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

Випробування ґрунту методом компресійного стиску проводять для визначення таких характеристик деформування: коефіцієнта стисливості  $m_0$ , модуля деформації  $E$ , структурної міцності на стиск  $p_{str}$ , коефіцієнтів фільтраційної та вторинної консолідації  $c_v$  і  $c_\alpha$  для пісків дрібних і пиловатих, глинистих ґрунтів з показником текучості  $I_L > 0,25$ , органо–мінеральних і органічних ґрунтів, відносного суфозійного стиску  $\varepsilon_{sf}$  і початкового тиску суфозійного стиску  $p_{sf}$  для засолених (які містять легко- та середньорозчинні солі) пісків (крім гравелистих), супісків і суглинків.

Ці характеристики визначають за результатами випробувань зразків ґрунту в компресійних приладах (одометрах) або компресійно–фільтраційних приладах (для визначення характеристик суфозійного стиску), які виключають можливість бічного розширення зразка ґрунту при його навантажуванні вертикальним навантаженням.

Виконаємо компресійні випробування глинистого ґрунту для визначення коефіцієнта стисливості  $m_0$ , модуля деформації  $E$  за допомогою приладу ПЛЛ-9.

Прилади та обладнання:

До складу установки для випробування ґрунту в умовах компресійного стиску повинні входити:

1. Компресійний прилад (одометр), який складається з робочого кільця діаметром 56,5мм та висотою 20мм, циліндричної обойми, перфорованого вкладиша під робоче кільце та піддону з ємкістю для води;
2. Механізм для вертикального навантажування зразка ґрунту;
3. Пристрої для вимірювання вертикальних деформацій зразка ґрунту.

Конструкція компресійного приладу повинна забезпечувати початкове навантаження на зразок, яке створює штамп і закріплені на ньому вимірювальні прилади, не більше 0,0025 МПа.

Схема компресійного приладу показана на рис. 8.1.

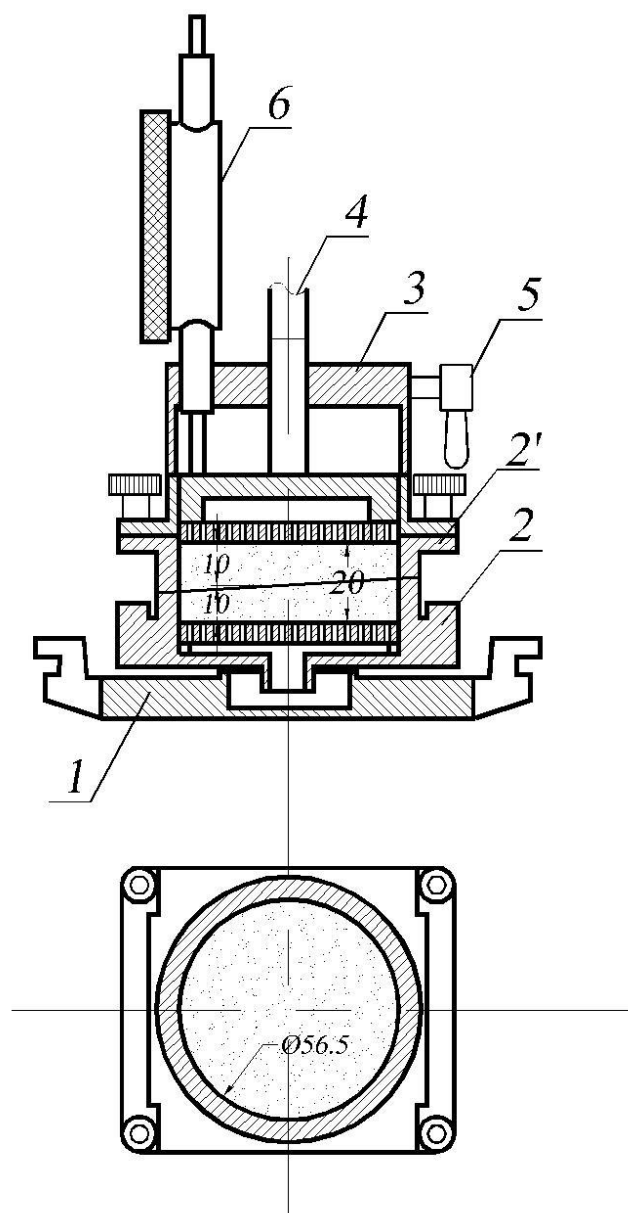


Рис. 8.1 – Принципова схема прибора для компресійних випробувань ґрунтів ПЛЛ-9

1 – основа приладу; 2 – нижня рухлива частина гільзи для ґрунту (каретка) ;2' – верхня нерухома частина гільзи; 3 – напрямний циліндр; 4 – дренажний поршень зі штоком; 5 – гвинт для фіксування; 6 – індикатор годинного типу.

#### Послідовність виконання випробування

Навантаження зразка, що випробовують, проводять рівномірно, без ударів ступенями навантаження.

1. Прикласти до зразка перший ступінь тиску  $p_1=0,025$  МПа. Чому відповідає вантаж на вертикальній підвісці 0,3 кг (важіль прикладання навантаження 1:20).

2. На кожному ступені навантажування зразка ґрунту знімають відліки за приладами для вимірювання вертикальних деформацій в наступній послідовності: перший відлік - зразу після прикладання навантаження, потім через 1; 3; 6; 10 хв. Всі показання індикаторів записують у журнал випробувань (див. табл. 8.1).

3. Наступні ступені тиску  $p$  приймають рівними 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 МПа. Чому відповідає вантаж на вертикальній підвісці 0,6; 1,2; 2,4; 3,75 кг Результати випробувань заносять у журнал (див. табл. 8.1).

4. Після закінчення дослідів прилад розібрати, промити й протерти.

#### Обробка результатів

1. Обчислити початковий коефіцієнт пористості по формулі:

$$\alpha_0 = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1, \quad (8.1)$$

Де  $\rho_s, \rho, W$  – взяти з попередніх випробувань.

2. Визначити абсолютну вертикальну стабілізовану деформацію зразка ґрунту  $\Delta h$  (мм) для кожного ступеня, як різницю показань вимірювальних приладів та поправки на деформацію компресійного приладу (див. табл. 8.3).

3. Визначити відносну вертикальну деформацію зразка ґрунту для кожного ступеня за формулою (8.2)

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h}{h}, \quad (8.2)$$

де  $h$  – початкова висота зразка

4. За обчисленими значеннями побудувати графік залежності  $\varepsilon = f(p)$  (див. рис. 8.2 ). Через точки графіка провести коефіцієнти плавну криву або апроксимувати ці точки монотонною залежністю.

5. Обчислити коефіцієнти пористості  $e_i$  ґрунту при тисках  $p_i$  за формулою (8.3):

$$E_i = e_o - \varepsilon_i (1 + e_o) \quad (8.3)$$

6. Коефіцієнт стисливості  $m_o$ , МПа<sup>-1</sup> , в заданому інтервалі тисків  $p_i$  і  $p_{i+1}$  обчислити за формулою (8.4):

$$m_o = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i}, \quad (8.4)$$

де  $e_i$  і  $e_{i+1}$  – коефіцієнти пористості, які відповідають тискам  $p_i$  і  $p_{i+1}$ .

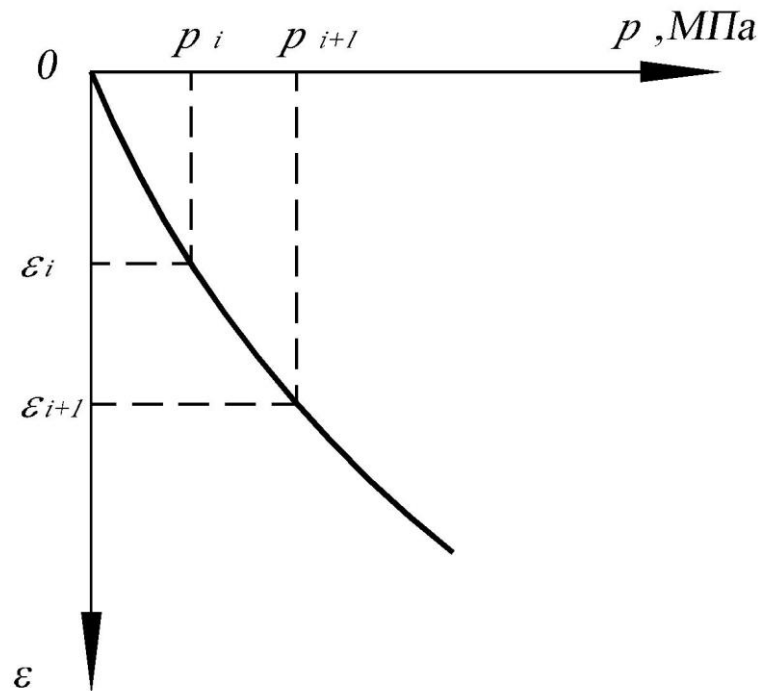


Рис. 8.2– Графік залежності  $\varepsilon = f(p)$

7. Модуль деформації  $E$ , МПа, в інтервалі тисків  $p_i$  і  $p_{i+1}$  обчислит з точністю 0,1 МПа за формулою (8.5):

$$E = \frac{1+e_o}{m_o} \beta, \quad (8.5)$$

де  $m_o$  – коефіцієнт стисливості, що відповідає інтервалу тиску від  $p_i$  до  $p_{i+1}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує відсутність поперечного розширення ґрунту в компресійному приладі і який обчислюють за формулою (8.6):

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}, \quad (8.6)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт поперечної деформації, яку визначають за результатами випробувань у приладах тривісного стиску.

У разі відсутності експериментальних даних допускається приймати  $\nu$  рівним: 0,30–0,35 – для пісків і супісків; 0,35–0,37 – для суглинків; 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  $0,25 < I_l \leq 1,0$  – для глин. При цьому менші значення  $\nu$  приймають при більшій густині ґрунту.

8. Результати обчислень занести в таблицю (див. табл. 8.2 ).

Табл. 8.1– Журнал випробувань ґрунтів методом компресійного стиску

Табл. 8.2– Визначення характеристик ґрунту за допомогою метода компресійного стиску	Номер ступеня навантаження	Маса вантажу на підвісці вертикального важеля $m_{vi}$ , кг	Тиск на зразок ґрунту $p$ , МПа	Час знімання відміру $t_i$ , хв.	Показання індикаторів деформацій	Абсолютна деформація зразка $\Delta h_i$ , мм	Поправка на деформацію приладу $\Delta$ , мм	Абсолютна деформація з урахуванням поправки $\Delta h_i - \Delta$ , мм	Відносна деформація зразка $\varepsilon$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Табл. 8.3– Поправка на деформування обладнання $\Delta$	Номер ступеня навантаження	Тиск на зразок ґрунту $p$ , МПа	Відносна деформація зразка $\varepsilon$	Коефіцієнт пористості ґрунту $e$	Коефіцієнт стисливості $m_o$ , МПа <sup>-1</sup>	Модуль деформації $E$ , МПа
	1	2	3	4	5	6

Тиск на зразок ґрунту $p$ , МПа	Поправка на деформацію приладу $\Delta$ , мм
0,05	0,006
0,1	0,01
0,2	0,014
0,4	0,018



## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності й деформованості.
2. ГОСТ 5180-84. Методи лабораторного визначення фізичних характеристик
3. ДСТУ Б.В.2.1-2-96(ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація
4. ГОСТ 12536-79. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) складу.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
Лабораторна робота №1. Визначення щільності ґрунтів.....	3
Лабораторна робота №2. Визначення щільності часток ґрунту.....	5
Лабораторна робота №3. Визначення кута природного укосу піщаного ґрунту.....	6
Лабораторна робота №4. Визначення типу піщаного ґрунту по гранулометричному складу.....	7
Лабораторна робота № 5. Визначення коефіцієнта фільтрації піщаного ґрунту.....	8
Лабораторна робота № 6. Визначення природної вологості і межі текучості та розкочування ґрунту.....	9
Лабораторна робота №7. Випробування глинистого ґрунту на зріз.....	12
Лабораторна робота №8. Компресійні випробування глинистого ґрунту.....	17
Список джерел інформації.....	

## Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін: «Інженерна геологія», «Інженерні вишукування», «Основи та фундаменти», «С/к основи механіки ґрунтів», «Будівельні конструкції» для студентів напрямку підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія»/ Укладачі: І.В. Храпатова, С.О. Плащев, А.Ю. Купрейчик, Б.М. Жиленко – Харків, ХНУБА, 2017. – 24 с.

Укладачі: Храпатова Ірина Вікторівна  
Плащев Сергій Олександрович  
Купрейчик Анна Юріївна  
Жиленко Борис Миколайович

Відповідальний за випуск Г.Г. Стріжельчик

Під редакцією авторів

План 2017, поз 299,18	Формат 60x84 1/16.	Папір друк. №2.
Підп. до друку 15.12.17	Обл.-вид. арк 1.8.	Безкоштовно.
Надруковано на ризографі.	Умов. друк. арк. 1.6.	
Тираж 50 прим.	Зам. №4950	

---

ХНУСА, 61002, м. Харків-2, вул. Сумська, 40

---

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного  
університету будівництва та архітектури