

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до лабораторних робіт на тему «Загальні властивості буді-
вельних матеріалів» з дисципліни
«Будівельне матеріалознавство»
для студентів спеціальності
192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Вінниця
ВНТУ
2024

Рекомендовано до друку Методичною Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 21.11.2024 р.)

Укладачі: Ковальський Віктор Павлович
Очеретний Володимир Петрович

Редактор

Відповідальний за випуск зав. кафедри БМГА Швець В.В.

Рецензенти:

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор
О. В. Христич, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»/ Уклад. В. П. Ковальський, Очеретний В.П. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 42 с.

У методичних вказівках наведено загальні відомості, порядок виконання лабораторних робіт, прилади для визначення загальних властивостей будівельних матеріалів та рекомендовану літературу. Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Будівельне матеріалознавство»

Зміст

Вступ	4
1 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ	9
1.1 Визначення щільності матеріалів	9
1.1.1 Загальні відомості	9
1.1.2 Порядок виконання роботи	9
1.1.2.1 Визначення істинної щільності матеріалу за допомогою мірного градуйованого циліндра місткістю 50 мл.	9
2 Визначення істинної щільності матеріалу за допомогою приладу об'ємоміру Ле-Шательє	12
1.2 Визначення щільності (густини) рідини	14
Загальні відомості	14
1.3 Визначення густини і пористості матеріалів	18
1.4 Визначення середньої щільності зразка матеріалу, що має неправильну геометричну форму	19
1.4.1 Визначення середньої щільності зразка матеріалу, що має неправильну геометричну форму за допомогою об'ємоміра	19
1.4.2. Визначення середньої щільності зразка матеріалу пористої структури, що має неправильну геометричну форму	20
1.4.3. Визначення середньої щільності матеріалу неправильної геометричної форми методом гідростатичного зважування	21
1.5. Визначення насипної щільності пухких (сипких) матеріалів	22
2 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ВОДИ І МОРОЗУ	25
2.2 Визначення водопоглинання матеріалів	25
2.2 Визначення вологості матеріалів	27
2.3 Визначення водостійкості та коефіцієнту розм'якшення	28
2.4 Визначення морозостійкості	28
3 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ	31
3.1 Границя міцності при стиску і статичному вигині матеріалів	31
3.2 Опір ударові (ударна міцність)	35
3.3 Визначення стираності матеріалів	36
Додаток А	40
Додаток Б	41
Додаток В	42
Додаток Г	43
Додаток Д	45
Додаток Ж	46
Додаток З	47
Додаток К	48
ЛІТЕРАТУРА ОСНОВНА:	49

Вступ

Дисципліна «Будівельне матеріалознавство» є базовою у процесі підготовки студентів до подальшої індивідуальної роботи в галузі будівництва виробничих та цивільних об'єктів.

Будівельне матеріалознавство є важливою складовою промислового та цивільного будівництва. Поглиблені знання з даної дисципліни дозволять вам:

- розраховувати потребу в матеріальних ресурсах для виготовлення будівельних матеріалів та виробів;
- прогнозувати вплив якості будівельних матеріалів на довговічність і експлуатаційну надійність виробів і конструкцій, які з них виготовляються;
- застосовувати на практиці методи захисту будівельних матеріалів від руйнування;
- оптимізувати структуру та властивості будівельних матеріалів з метою максимального ресурсозбереження.

Розуміння вищезазначених принципів дозволить майбутнім фахівцям розвивати та впроваджувати ресурсозберігаючі технології при виробництві будівельних матеріалів та виробів.

Метою публікації даних методичних вказівок являється формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок за наступними напрямками: вивчення складу, будови та технологічних основ для отримання матеріалів та виробів із заданими властивостями; розробка та застосування прогресивних будівельних матеріалів та виробів, методів контролю якості при їх виробництві; основні напрямки комплексного і раціонального використання природної та техногенної вторинної сировини із впровадженням і застосуванням безвідходних технологій.

В результаті вивчення дисципліни «Будівельне матеріалознавство» студент повинен набути навичок з випробування будівельних матеріалів за стандартними методиками.

Після опанування матеріалу навчальної дисципліни студент повинен вміти:

- визначати фізичні властивості будівельних матеріалів;
- визначати гідрофізичні властивості будівельних матеріалів;
- визначати механічні властивості будівельних матеріалів;
- виконати математичну обробку результатів випробувань.

Лабораторні роботи є однією з важливих складових частин курсу дисципліни «Будівельне матеріалознавство». Кожна лабораторна робота містить у собі короткий опис досліджуваної теми, порядок виконання роботи, схеми, таблиці і графіки, необхідні для виконання роботи й аналізу результатів.

Перед виконанням кожного лабораторного заняття студент повинен вивчити відповідний розділ підручника, конспект лекцій та методичних

вказівок до виконання лабораторної роботи. Для виконання лабораторної роботи студент повинен ознайомитися з лабораторним обладнанням та методикою виконання лабораторної роботи. Під час виконання лабораторних робіт обов'язково слід дотримуватися правил техніки безпеки.

При оформленні звіту про виконану роботу в лабораторному журналі записують номер, назву роботи, конспект теоретичного матеріалу, короткий опис лабораторної установки і методу дослідження, результати, отримані під час виконання, обробку й аналіз отриманих даних.

Методичні вказівки розроблені таким чином, що при їх використанні, здобувач може виконувати завдання як під керівництвом викладача, так і самостійно. Вони встановлюють необхідний обсяг і рівень опанування знань при виконанні лабораторних робіт та сприяють підвищенню якості самостійної роботи, зокрема підвищенню рівня професійної підготовки фахівця.

Зміст лабораторних робіт відповідає робочій програмі навчальної дисципліни.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Під час проведення робіт у лабораторії «Механіка матеріалів і конструкцій» кафедри технічної механіки ТДАТУ необхідно дотримуватися правил і вимог техніки безпеки.

У лабораторії встановлено електромеханічне обладнання для випробування матеріалів під навантаженням. Оскільки матеріали, що використовуються в сучасному машинобудуванні мають велику жорсткість і міцність, випробувальне обладнання розвиває значні робочі зусилля – до десятків тон сил. Під час проведення дослідів обладнання знаходиться під силовим напруженням 220 і 380 В.

З метою виключення травматизму під час проведення лабораторних робіт усі студенти повинні суворо виконувати правила техніки безпеки (ПТБ). Допуск до проведення лабораторних робіт дозволений після проведення інструктажу з ТБ викладачем або співробітником кафедри (завідувача лабораторією або навчальним майстром) з підписом у журналі інструктажу з ТБ.

Основні правила техніки безпеки, яких необхідно дотримуватись у лабораторії, викладені нижче.

1. Правила загальної техніки безпеки

Перед пуском випробувальної машини необхідно:

- ознайомитися з її будовою, пультом керування і порядком проведення лабораторної роботи;
- перевірити надійність кріплення силових стійок машини, надійність закріплення зразка в захоплювачах машини;
- переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій зоні машини;
- встановити (якщо є) захисні кожухи.

Перед проведенням основних вимірів потрібно навантажити машину малою силою, перевірити надійність усіх кріплень.

Навантаження зразків слід проводити поступово, плавно. Під час появи ознак несправності машини або руйнування зразка (якщо це не передбачено порядком виконання лабораторної роботи) необхідно зупинити навантаження, розвантажити зразок і відключити машину та повідомити викладача (завідувача лабораторією, навчального майстра).

Після закінчення проведення випробувань та вимірювань слід плавно розвантажити і відключити машину.

ЗАБОРОНЕНО:

- вмикати машину без викладача або завідувача лабораторією (навчального майстра);
- користуватися машиною з ознаками несправності;
- намагатися самостійно усунути несправності;
- порушувати послідовність проведення лабораторної роботи;

- встановлювати в машину випробовувані зразки або гирі не з штатного комплекту машини;
- встановлювати зразки і гирі ненадійно, недбало;
- збільшувати навантаження понад граничного значення;
- змінювати величину навантаження в момент проведення вимірювань;
- перебувати в зонах переміщення рухомих частин машини (траверси, маятника і т. п.) або розташовувати там сторонні предмети;
- залишати без нагляду працюючі машини.

2. Правила безпечної експлуатації електро-обладнання, що працюють під напругою

Перед пуском необхідно переконатися в справності проводки шляхом огляду, перевірити наявність заземлення (якщо конструкція установки це допускає).

Під час роботи слід навантажувати електроустановку поступово, підключати нові споживачі електроенергії по черзі, під час цього контролювати величину допустимого струму в ланцюзі.

У разі спрацювання захисних пристроїв (запобіжників, автоматів) або припинення подачі струму в мережі з іншої причини, негайно вимкнути всі електроприлади та повідомити викладача (завідувача лабораторією, навчального майстра).

ЗАБОРОНЕНО:

- самостійно здійснювати монтаж, демонтаж, усунення несправностей електромереж і електричних частин випробувальних машин;
- користуватися несправною електропроводкою, арматурою і апаратурою;
- перевищувати паспортну потужність електро-установки;
- використовувати лампи, потужність яких перевищує номінальну для даного типу світильника;
- використовувати лампи, потужність яких перевищує 200 Вт.

3. Правила пожежної безпеки

Приміщення слід утримувати в чистоті. Необхідно регулярно очищати сміттєві корзини.

Після закінчення занять слід відключити працююче обладнання та освітлення.

У разі займання електродротів або електроприладів необхідно негайно їх знеструмити, повідомити викладача (завідувача лабораторією, навчального майстра) і діяти за його вказівками.

ЗАБОРОНЕНО:

- вішати що-небудь на розетки, вимикачі та дроти;
- заклеювати дроти папером, завалювати предметами (особливо легко-займистими), затискати дріт;
- використовувати абажури з горючих матеріалів;
- використовувати електронагрівальні прилади;

- користуватися відкритим вогнем, проводити роботи із застосуванням відкритого вогню;
- зберігати і використовувати легкозаймисту рідину;
- загромаджувати приміщення та основні і запасні виходи з нього, шляхи евакуації та пожежні гідранти.

Про всі несправності і позаштатні ситуації необхідно негайно повідомити викладача або завідувача лабораторією (навчального майстра)!

1 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Визначення щільності матеріалів

1.1.1 Загальні відомості

Істинна щільність – маса одиниці об'єму сухого матеріалу в абсолютно щільному стані, тобто без пор і пустот.

Для визначення значення щільності матеріалу необхідно знати масу матеріалу в сухому стані і об'єм у щільному стані, тобто без урахування об'єму пор.

Щільність обчислюють за формулою, г/см^3 ,

$$\rho = \frac{m}{V_a} \quad (1)$$

де m - маса матеріалу в сухому стані, г.

V_a - об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані, см^3 .

Будівельні матеріали здебільшого пористі, тобто мають всередині пори, заповнені повітрям чи водою. Щоб одержати значення об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані, треба ліквідувати його пори. Для цього сухий матеріал подрібнюють на тонкий порошок, частинки якого не мають пор.

Об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані визначають за допомогою градуйованого циліндра, стандартного об'ємоміра або спеціального приладу - пікнометра, який забезпечує найбільшу точність результатів.

1.1.2 Порядок виконання роботи

1.1.2.1 Визначення істинної щільності матеріалу за допомогою мірного градуйованого циліндра місткістю 50 мл

Перед початком заняття необхідно підготувати пробу матеріалу для визначення щільності.

Для цього потрібно матеріал висушити в сушильній шафі при температурі $105-110^\circ\text{C}$ до сталої маси. Якщо матеріал в кусках, після попереднього висушування покласти його на ковадло і подрібнити молотком на порошок. Потім порошок подрібнити на агатовій або фарфоровій ступці, просіяти його крізь сито з сіткою № 02 в тару і висушити до сталої маси. За сталу масу приймають ту масу зразка, при якій різниця між двома контрольними зважуваннями після повторного висушування не перевищує 2%. Перше зважування виконують через 4 год., а повторні - через 2 год.

Після цього чашу з висушеним порошком поставити в ексікатор для

охолодження до кімнатної температури, де зберігають його до проведення випробовування.

Для виконання роботи рекомендується використовувати порошкоподібні матеріали, після попереднього висушування. Для проведення одного досліду потрібно заготовити 70-80г. порошку.

Об'єм матеріалу визначають за допомогою мірного градуйованого циліндра місткістю 50 мл. з поділками через $0,1 \text{ см}^3$ (рис. 1 а). Сухий мірний циліндр наповнюють рідиною до відмітки 30 см^3 (рис. 1 б), інертною по відношенню до порошку досліджуваного матеріалу.

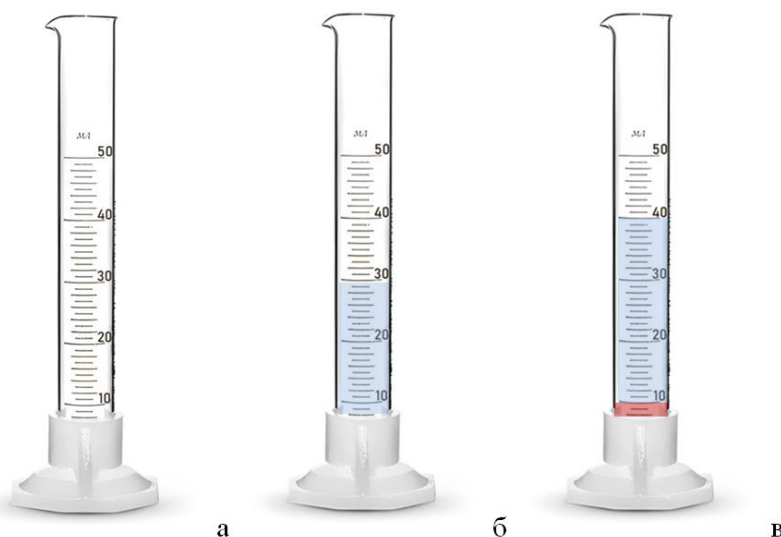


Рисунок 1 - Мірний градуйований циліндр місткістю 50 мл

Від проби порошку, яка знаходиться в ексикаторі (рис. 2), за допомогою технічних терезів (рис. 3) зважують 80 г порошку з точністю до $0,01 \text{ г}$ і рівномірно, невеликими порціями, всипають у циліндр доти, поки рідина не підніметься до рівня 40 см^3 (рис. 1 в) Це значить, що в мірний циліндр всипано 10 см^3 досліджуваного матеріалу. Технічні терези схематично зображені на рис. 3. Масу порошку зважують з точністю до $0,01 \text{ г}$. Маса порошку матеріалу, всипаного в мірний циліндр, рівна різниці між початковою масою і масою залишку.



Рисунок 2 – Ексикатор

Щільність обчислюють за формулою (1) як середнє арифметичне з результатів двох визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати $0,2 \text{ г/см}^3$.

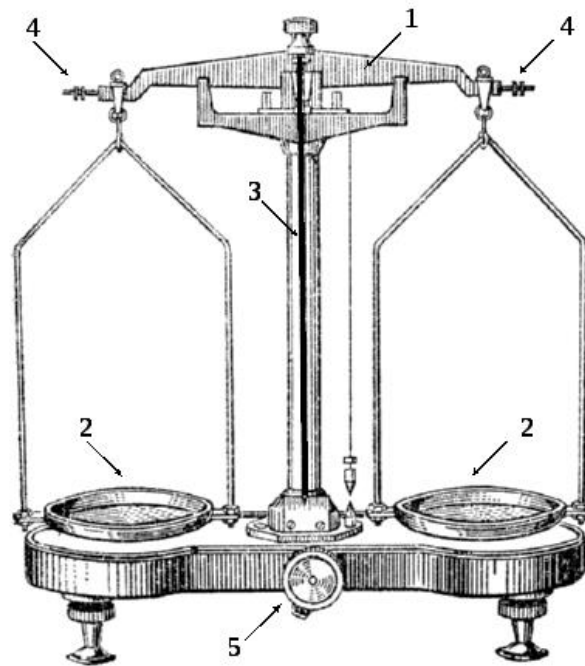


Рисунок 3 - Технічні терези: 1 – коромисло терезів; 2 – шальки терезів; 3 – стрілка; 4 – тягарці для регулювання; 5 – ручка аретира

Результати заносять в таблицю 1 для заповнення результатів досліджень при визначенні істинної щільності.

Таблиця 1 - Результати дослідження при визначенні істинної щільності
Найменування матеріалу

Показники	Досліди		
	1-й	2-й	3-й
Маса порошку, г : до випробовувань			
після випробовувань			
всипаного			
Об'єм всипаного порошку, см ³			
Щільність, г/см ³			
Середнє значення істинної щільності, г/см ³			

За отриманими результатами досліджень зробіть висновки щодо істинної щільності даного матеріалу. Порівняйте значення отриманих результатів з табличними значеннями істинної щільності наведених в додатку А.

1.1.2.2 Визначення істинної щільності матеріалу за допомогою приладу об'ємоміру Ле-Шательє

Для визначення щільності кам'яного матеріалу відбирають пробу матеріалу, висушують у сушильній шафі до постійної маси; потім тонко подрібнюють у порцеляновій ступці. Отриманий порошок просівають через сито розміром 2 мм.

Щільність твердого матеріалу визначають за допомогою приладу об'ємоміру Ле-Шательє (рис. 4), який являє собою скляну колбу об'ємом 120...150 см³ з вузькою шийкою, яка трохи розширюється в середній частині. На шийку колби вище і нижче кулястого розширення нанесені дві поділки, об'єм між якими дорівнює 20 см³.

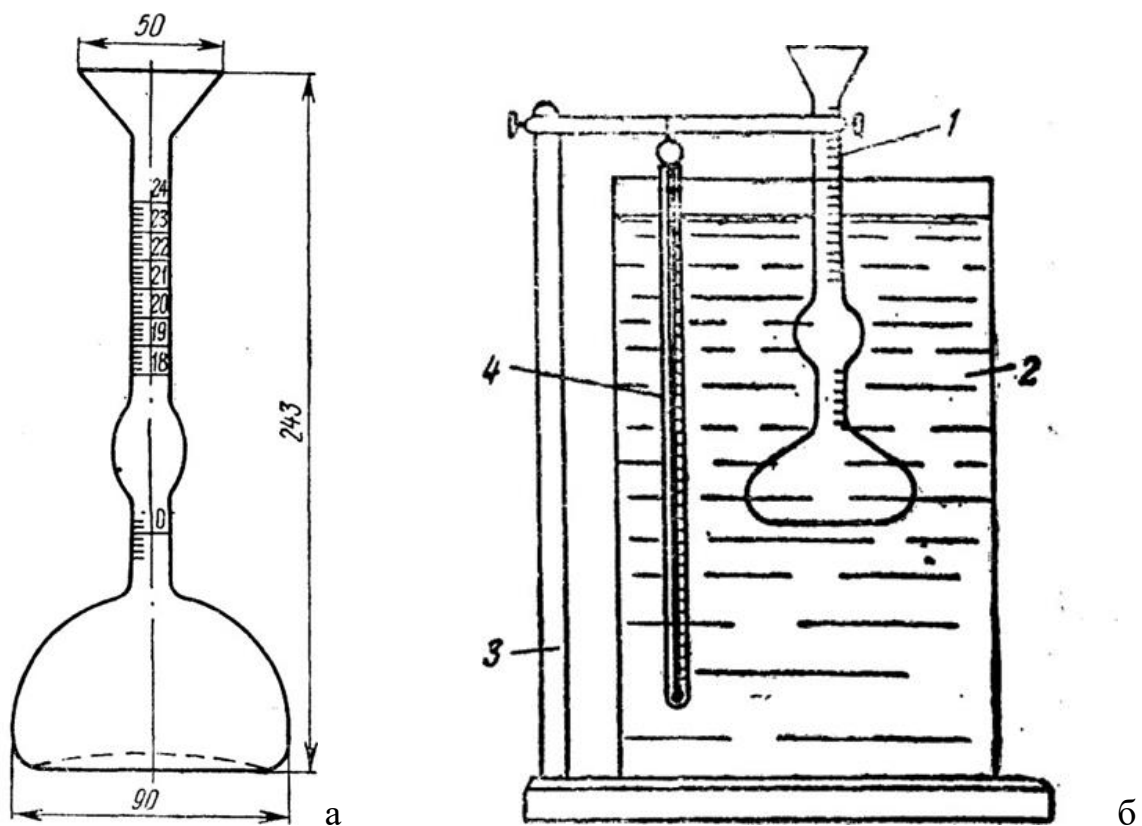


Рисунок 4 - а) об'ємомір Ле-Шательє б) об'ємомір у робочому стані
1 об'ємомір; 2 посудина з водою; 3 штатив; 4 термометр

Об'ємомір наповнюють водою до нижньої нульової поділки. Від підготовленої проби просіяного порошку відважують наважку 100 г і висипають його ложечкою через лійку в прилад невеликими порціями доти, поки рівень рідини в ньому не підніметься до верхньої поділки з розподілом 20 см³. Різниця між кінцевим і початковим рівнями рідини в об'ємомірі показує обсяг порошку, всипаного в прилад. Залишок порошку зважують. Маса порошку, всипаного в об'ємомір, дорівнює різниці між результатами першого і другого зважування. Щільність матеріалу (кг/м³, г/см³) розрахову-

ють за формулою:

$$\rho = \frac{m-m_1}{V_a} \quad (2)$$

де m - наважка матеріалу до проведення досліду, (кг, г);
 m_1 - залишок наважки, (кг, г);
 V_a - об'єм рідини, витісненої наважкою матеріалу (об'єм матеріалу в об'ємомірі ; м³, см³).

Результати випробувань заносимо до таблиці 2.

Таблиця 2 - Визначення істинної щільності твердого матеріалу

Показники	Результати		
	1	2	3
Маса матеріалу, взятого для досліду (з посудом), г			
Маса залишку матеріалу (з посудом), г			
Маса матеріалу, всипаного до прибору, г			
Об'єм витісненої рідини, см ³			
Істинна щільність матеріалу, г/см ³			
Середнє значення істинної щільності, г/см ³			

За отриманими результатами досліджень зробіть висновки, щодо істинної щільності даного матеріалу. Порівняйте значення отриманих результатів з табличними значеннями істинної щільності даного матеріалу.

1.2 Визначення щільності (густини) рідини

1.2.1 Загальні відомості

Щільність (густину) рідини визначають за допомогою денсиметра (ареометра) рис 5 а. Денсиметр - це складний прилад, у нижній частині якого знаходиться вантаж (шріт), а у верхній - градуйована шкала. Величина вантажу і об'єм денсиметра для рідин з неоднаковою густиною будуть різні. Глибина занурення приладу в рідину характеризує її щільність, а саме чим густіша рідина, тобто чим більша її щільність, тим меншою буде глибина занурення денсиметра (рис. 5 б).

Денсиметри виготовляють двох видів і застосовують для рідин легших за воду (межі шкали від 0,65 до 1,00 г/см³) та важчих за неї (межі шкал від 1,00 до 1,84 г/см³).

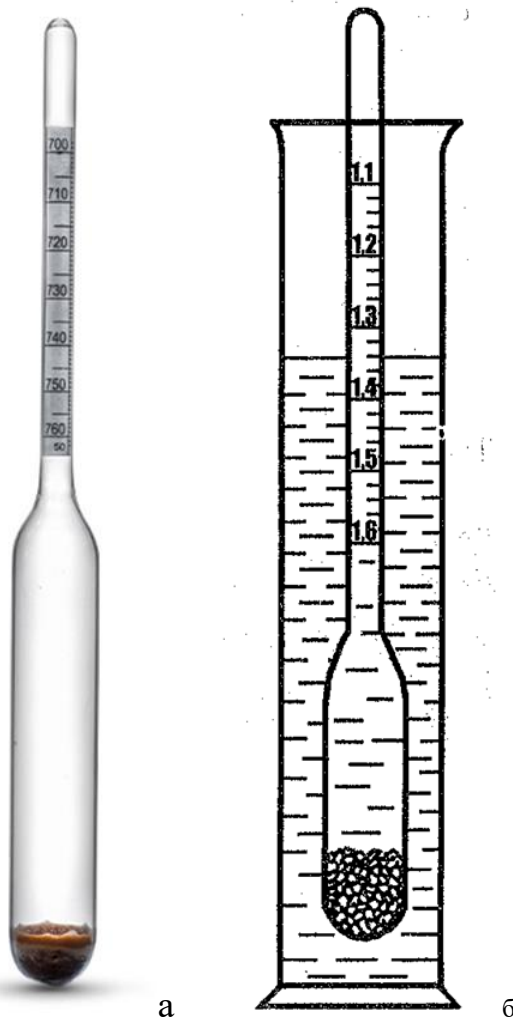


Рисунок 5 - а) загальний вигляд денсиметра; б) вигляд денсиметра в робочому стані

Порядок виконання роботи

Досліджувану рідину налити у прозорий скляний циліндр місткістю 250 або 500 мл. так, щоб приблизно 1/4 його об'єму залишалася вільною. Рідину перемішати скляною паличкою.

М'якою тканиною протерти денсиметр і обережно занурити його в рідину. Слідкувати, щоб при зануренні денсиметр не торкався стінок дна посудини і занурювався в рідину точно до центру перетину

Відлічуючи від 1,00, тобто згори вниз, визначити показник за шкалою денсиметра, що відповідає рівню поверхні рідини в циліндрі. Показання денсиметра, відраховане з точністю до сотих (або до тисячних) часток одиниці, і є значенням щільності (густини) рідини.

Дослід повторити 2-3 рази, щоразу наливаючи з колби у циліндр нову порцію рідини, і перемішуючи її скляною паличкою як у колбі, так і в циліндрі.

Для порівняння значення щільності різних рідин потрібно визначити також густину води.

Результати визначення щільності (густини) досліджуваних рідин занести в таблицю 3.

Таблиця 3 - Щільність (густина) рідин

Рідина	Показання на шкалі денсиметра			Щільність і /густина/, г/см
	1-е	2-е	3-е	
1				
2				
3				
4. Вода/для порівняння/				

Скласти висновки за одержаними результатами.

1.3. Визначення середньої щільності зразка матеріалу правильної геометричної форми

Загальні відомості

Середня щільність – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані, тобто разом з порами і пустотами.

Для визначення величини середньої щільності треба знати масу матеріалу і його об'єм у природному стані.

Середню щільність матеріалу визначають за формулою, г/см^3 .

$$\rho_m = \frac{m}{V_{\text{пс}}} \quad (3)$$

ρ_m – середня щільність

m – маса зразка

$V_{\text{пс}}$ – об'єм зразка в природному стані

За одиницю об'єму надають 1 см^3 , 1 л або 1 м^3 . Середня щільність може визначатися в г/см^3 , кг/л , кг/м^3 , т/м^3 . Оскільки та сама масова кількість матеріалу в природному стані займає більший об'єм, ніж у щільному, середня щільність будівельних матеріалів завжди менша за істинну щільність.

Середня щільність необхідна при розрахунках будівельних конструкцій, для обчислення пористості матеріалів, при розрахунках складу розчинів, бетонів тощо. Практично доводиться визначати середню щільність щільних, пористих, сипких та інших матеріалів. Зразки можуть мати геометрично правильну і неправильну форми. Від форми зразка залежить метод визначення його об'єму.

Порядок виконання роботи

До початку заняття підготувати і підсушити зразки різних матеріалів з мінімальними розмірами (довжина, ширина, висота, діаметр) не менше як 5 см .

Якщо зразок матеріалу має правильну форму (куб, паралелепіпед, циліндр), то після виміру об'єму зразка визначити легко. Зразки вимірюють штангенциркулем (з точністю до $0,1 \text{ мм}$) або сталеву лінійкою (з точністю до $0,5 \text{ мм}$). Схеми вимірювання зразків кубічної й циліндричної форми показані на рис. 6.

Об'єм зразка в природному стані, що має форму куба або паралелепіпеда,

$$V_{\text{пс}} = a \times b \times c \quad (4)$$

де a, b, c – середні розміри граней зразка, см .

Об'єм зразка циліндра в природному стані, см^3 ,

$$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times h, \quad V = 0.785d^2h \quad (5)$$

де d – середній діаметр зразка, см;
 h – середня висота зразка, см.

Зразок матеріалу щіткою обчистити від пилу і зважити з точністю до 1 г (зразки масою менше як 500 г зважують з точністю до 0,1 г).

Штангенциркулем або лінійкою виміряти зразок, як показано на рис. 2 та занести одержані результати в таб. 4. За формулою 4 або 5 обчислити об'єм зразка.

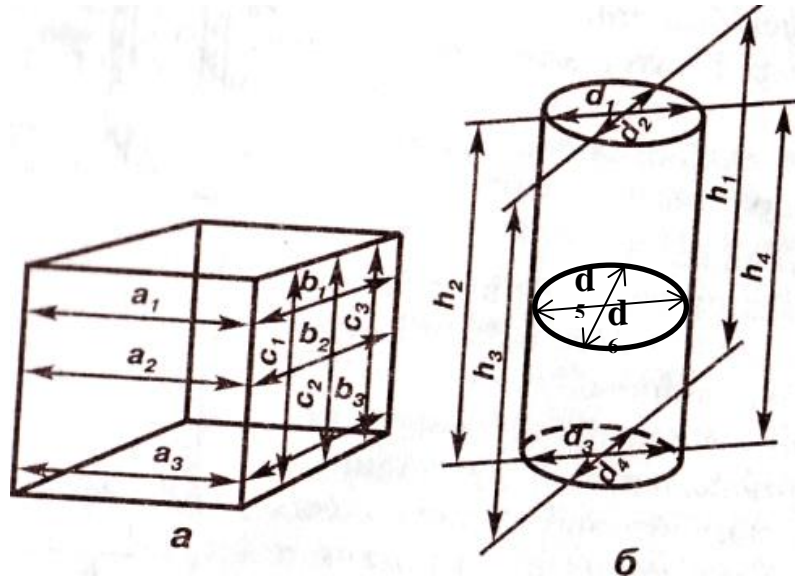


Рисунок 6 – Схеми вимірювання зразків правильної геометричної форми а) кубічної форми; б) циліндричної форми

Визначивши масу і об'єм, за формулою 3 підрахувати середню щільність зразка. Одержані результати занести в таблицю 4.

Таблиця 4 – Середня щільність зразка

Найменування матеріалу

Показники	Дослід		
	1-й	2-й	3-й
Середні розміри зразка-куба /або паралелепіпеда/, см:			
довжина			
ширина			
висота			
Об'єм зразка, см ³			
Маса зразка, г			
Середня щільність зразка, г/см ³			
Середні розміри зразка - циліндра, см:			
діаметр			
висота			
Об'єм зразка, см ³			
Маса зразка, г			
Середня щільність зразка, г/см ³			

Порівняти одержані дані із значеннями середньої щільності за додатком Б. Зробити висновки за одержаними результатами.

1.3 Визначення густини і пористості матеріалів

Загальні відомості

Густиною називають ступінь заповнення об'єму матеріалу твердою речовиною з якої він складається. Густина може виражатися абстрактним числом або в відсотках.

Густину матеріалу обчислюють за формулою:

$$\Gamma = \frac{\rho_m}{\rho} \times 100\% \quad (6)$$

де ρ_m – середня щільність, г/см³;
 ρ – істинна щільність, г/см³.

Густина більшості матеріалів (завдяки різній кількості пор) менша за 100%. Лише густина щільних матеріалів (сталь, скло) практично дорівнює 100%.

Пористістю називають ступінь заповнення об'єму матеріалу порами. За значенням пористість дорівнює 100% або 1. Пористість (пустотність) матеріалу обчислюють за формулою:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \times 100\% \quad (7)$$

Значення пористості будівельних матеріалів коливається в дуже широкіх межах: від 0% (сталь, скло) до 98% (міпора). Від густини і пористості залежать міцність, середня щільність, теплопровідність, водопоглинання, звукопроникність, морозостійкість та інші властивості будівельних матеріалів.

Порядок виконання роботи

Для виконання цієї роботи прилади і матеріали не потрібні, оскільки вона зводиться до обчислення шуканих величин за формулами (5 і 6).

З лабораторних робіт 1 і 2 виписати значення істинної та середньої щільності одного й того ж матеріалу, за формулами (5 і 6) розрахувати густину і пористість. Результати обчислення занести в таблицю 5.

Таблиця 5 – Розрахунок густини і пористості
 Найменування матеріалу

Щільність, г/см ³	Середня щільність, г/см ³	Густина, %	Пористість, %
1.			
2.			

Зробити висновки за одержаними результатами.

1.4 Визначення середньої щільності зразка матеріалу, що має неправильну геометричну форму

1.4.1 Визначення середньої щільності зразка матеріалу, що має неправильну геометричну форму за допомогою об'ємоміра

Загальні відомості

Якщо зразки матеріалів мають неправильну форму, то їх об'єм визначають методом, що полягає у витісненні зразком води або іншої рідини з посудини. При цьому слід користуватися металевим об'ємоміром (рис. 7) або гідростатичними вагами. Слід врахувати, що занурюваний у рідину зразок не тільки витісняє її, але й частково вбирає її в свої пори. Перед занурюванням зразок насичують рідиною до повного заповнення пор. Методом кип'ятіння протягом 2 год. зразки щільних і дрібнопористих матеріалів насичують водою, з наступним охолодженням у тій же воді до кімнатної температури або витриманням у воді протягом 24 год. і більше при кімнатній температурі.

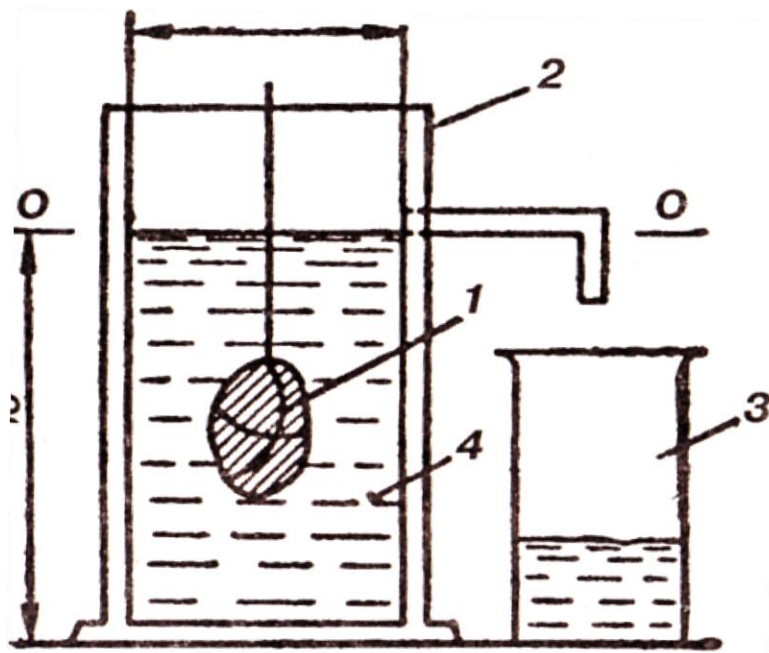


Рисунок 7 – Металевий об'ємомір

Порядок виконання роботи

З екзикатора вийняти зразок щільного матеріалу, зважити його на технічних вагах і перев'язати міцною ниткою.

Зважити чисту та добре просушену посудину місткістю 500 мл.

Металевий об'ємомір заповнити водою кімнатної температури так,

щоб з колінчастої трубки, впаяної у верхню частину циліндра, потекла вода. Коли вода в циліндрі досягне рівня 0-0 і краплі перестануть падати, поставити під трубку заздалегідь зважену посудину місткістю 500 мл.

Зразок матеріалу на нитці обережно, щоб не розбризкати воду, занурити в об'ємомір. Вода, витіснена зразком, через трубку вилиється в посудину. Після припинення стікання води об'єм витісненої води дорівнюватиме об'ємові зануреного у неї зразка.

Посудину з водою зважити. Маса води (без маси посудини) відповідатиме об'ємові зразка матеріалу в кубічних сантиметрах (1 см³ води важить 1 г).

Знаючи масу зразка в сухому стані і його об'єм, за формулою (2) обчислити середню щільність матеріалу (в куску).

Дослід виконати тричі на різних зразках того самого матеріалу.

Результати обчислень занести в таблицю 6.

Таблиця 6 – Визначення середньої щільності зразка матеріалу, що має неправильну геометричну форму

Найменування матеріалу

Показники	Дослід		
	1-й	2-й	3-й
Маса зразка в сухому стані; г			
Маса сухої посудини, г			
Маса посудини з витісненою водою, г			
Маса води, витісненої зразком, г			
Об'єм зразка, см ³			
Середня щільність зразка, г/см ³			

Зробити висновки, за одержаними результатами.

1.4.2. Визначення середньої щільності зразка матеріалу пористої структури, що має неправильну геометричну форму

Загальні відомості

До пористих матеріалів відносяться деякі кам'яні матеріали, глиняна цегла, її різновиди, легкі та ніздрюваті бетони, штучні кам'яні матеріали і вироби тощо. Пористі зразки необхідно гідроізолювати, тобто покрити водонепроникною плівкою, для чого застосовують парафін.

Порядок виконання роботи

Висушені до сталої маси і зважені зразки матеріалу покривають великим щетинним пензлем тонким шаром розтопленого парафіну.

Парафіновані зразки знову зважують і визначають масу витраченого на покриття парафіну:

$$m_n = m_1 - m \tag{8}$$

де m_n – маса парафіну, г;

m_1 – маса зразка, покритого парафіном, г;

m – маса висушеного зразка, г.

Об'єм парафіну, використаного на покриття зразка, см^3 ,

$$V_n = \frac{m_n}{\rho_n} = \frac{m_1 - m}{\rho_n} \quad (9)$$

де ρ_n – щільність парафіну, становить $0,93 \text{ г/см}^3$.

Подальший порядок проведення роботи аналогічно роботі 1.4. Результати занести в таблицю 7.

Таблиця 7 – Визначення середньої щільності зразка матеріалу пористої структури, що має неправильну геометричну форму

Найменування матеріалу

Показник	Дослід		
	1-й	2-й	3-й
Маса сухого чистого зразка, г			
Маса парафінованого зразка, г			
Маса парафіну, що вкриває зразок, г			
Щільність парафіну, г/см			
Маса сухої посудини, г			
Маса посудини з витісненою водою, г			
Маса води, витісненої зразком, г			
Об'єм зразка з парафіном, см^3			
Об'єм зразка без парафіну, см^3			
Середня щільність, г/см			

Зробити висновки за одержаними результатами.

1.4.3. Визначення середньої щільності матеріалу неправильної геометричної форми методом гідростатичного зважування

Сухий зразок неправильної геометричної форми зважують на технічних терезах, потім парафінують і знову зважують. Після цього його підвішують на тонкій нитці до гачка пристосування, закріпленого на лівому кінці коромисла гідростатичних терезів (рис. 8). Масу зразка врівноважують гирями, встановлюючи їх на праву чашку. Після цього зразок занурюють у склянку з водою так, щоб він не торкався стінок і дна (при цьому рівновага терезів порушується). Терези знову врівноважують, знявши з правої чашки частину гир, і визначають масу зразка у воді.

За формулою визначаємо середню щільність зразка:

$$\rho_m = \frac{m}{V_1 - V_n} = \frac{m}{m_1 - m_2 - \frac{m_1 - m}{\rho_n}} \quad (10)$$

де m – маса сухого зразка, г;
 m_1 – маса зразка, покритого парафіном на повітрі, г;
 m_2 – маса зразка, покритого парафіном у воді, г;
 V_1 – об'єм зразка з парафіном, чисельно дорівнює масі води, витісненої зразком, см^3 ;
 V_n – об'єм парафіну, см^3 ;

ρ_n – щільність парафіну, становить $0,93 \text{ г/см}^3$.

Середню щільність матеріалу обчислюють як середнє арифметичне результатів вимірів трьох зразків.

Результати випробувань заносимо до таблиці 8.

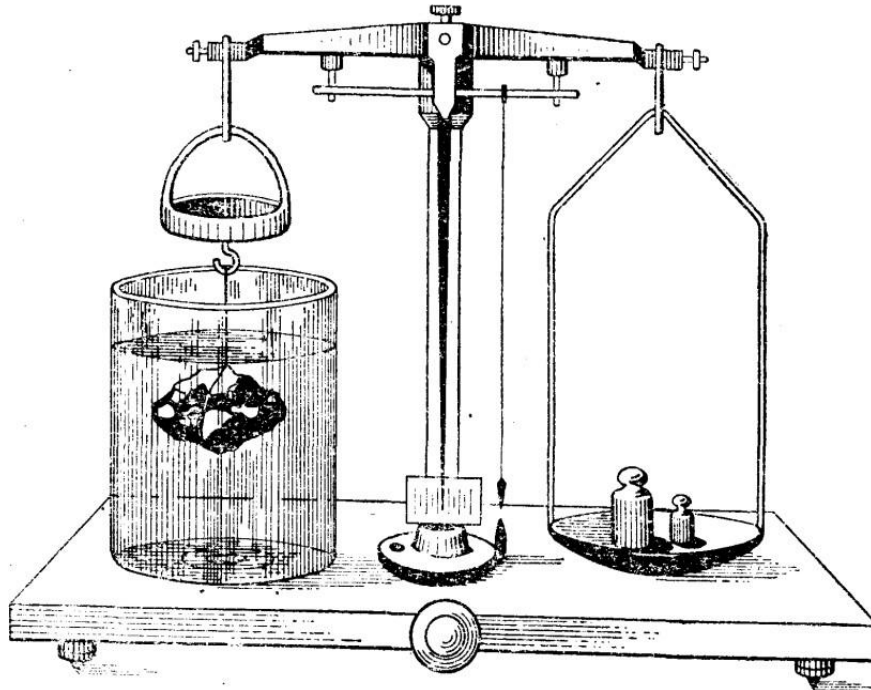


Рисунок 8– Зважування зразка неправильної геометричної форми

Таблиця 8– Визначення середньої щільності матеріалу неправильної геометричної форми

Показники	Результати		
	1	2	3
Маса сухого зразка, г			
Маса зразка, покритого парафіном на повітрі, г			
Маса зразка, покритого парафіном у воді, г			
Об'єм зразка з парафіном, см^3			
Об'єм парафіну, см^3			
Середня щільність, г/см^3			
Середнє значення середньої щільності, г/см^3			

Зробити висновки за одержаними результатами.

1.5. Визначення насипної щільності пухких (сипких) матеріалів

Загальні відомості

Насипна щільність – це маса одиниці об'єму матеріалу в пухкому (насипному) стані разом з порожнинами між його зернами або кусками.

При визначенні насипної щільності сипкого матеріалу необхідно забезпечити рівномірно-насипний стан у мірній посудині. Насипну щільність сипких матеріалів визначають на спеціальному приладі (рис. 9), який складається з літрової посудини і спеціальної лійки із затвором, встановленої на підставці. Між посудиною і затвором має бути зазор 50 мм, щоб запобігти ущільненню матеріалу.

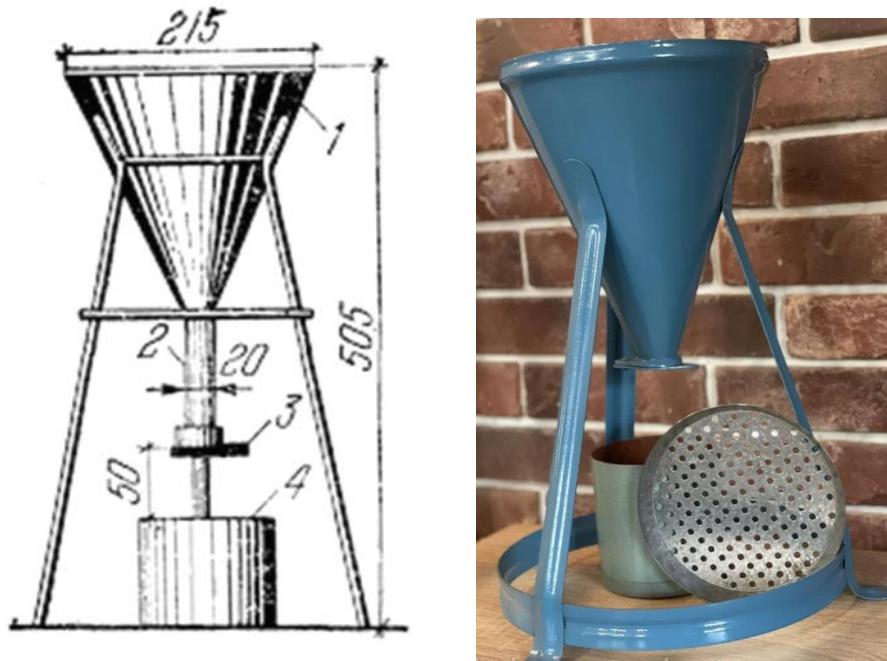


Рисунок 9 – Прилад для визначення насипної щільності

Порядок виконання роботи

Проби пухких будівельних матеріалів наприклад, піску відбирають способом квартування. Взяті з різних місць проби, по 20-30 кг кожна, перемішують лопатою на дерев'яному помості і розсипають шаром завтовшки 7-10 см.

Розсипаний таким чином матеріал ділять в двох взаємно перпендикулярних напрямках на чотири частини, з яких дві протилежні видаляють, а дві інших знову перемішують та розділяють на чотири частини. Так роблять доти, поки залишиться від 5 до 10 кг піску.

Середню пробу піску масою 5,0 кг висушують в сушильній шафі до постійної маси при температурі 105-110 °С та просівають крізь стандартний набір сит.

Підготовлений матеріал насипають в мірну посудину з деяким лишком, який потім знімають врівень з краями посудини (без ущільнення). Після цього посудину з піском зважують з точністю до 1 г.

Насипну щільність матеріалу в сухому стані обчислюють за формулою, кг/м³

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V} \quad (11)$$

де: m_1 – маса мірної посудини з матеріалом, кг;
 m – маса мірної посудини, кг;
 v – об'єм мірної посудини, м .

Насипну щільність таким способом визначають 3 рази і щоразу з новою порцією матеріалу. Результати заносять в таблицю 9.

Таблиця 9 – Визначення насипної щільності
 Найменування матеріалу

Показник	Д о с л і д		
	1-й	2-й	3-й
Об'єм мірної посудини, м ³			
Маса мірної посудини, кг			
Маса мірної посудини з матеріалом, кг			
Маса всипаного матеріалу, кг			
Насипна щільність, кг/м			

Зробити висновки за одержаними результатами,

2 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ВОДИ І МОРОЗУ

2.1 Короткі теоретичні відомості

Водопоглинання (W) – це властивість будівельного матеріалу вбирати і утримувати в своїх порах воду при безпосередньому контакті з нею. Водопоглинання визначають по масі, а також по об'єму

Водостійкість – здатність матеріалу зберігати міцність при тимчасовому або постійному зволоженні. Водостійкість характеризується коефіцієнтом розм'якшення K_p (або водостійкості), який визначається відношенням міцності насиченого водою матеріалу до його міцності в сухому стані:

$$K_p = \frac{R_{ст}^{нас}}{R_{ст}^{сух}} = \frac{\frac{p_{руй}^{нас}}{F}}{\frac{p_{руй}^{сух}}{F}} \quad (12).$$

де $R_{ст}^{нас}$ – міцності насиченого водою матеріалу;
 $R_{ст}^{сух}$ – міцності матеріалу в сухому стані.

Водостійкими вважаються матеріали, у яких коефіцієнти розм'якшення більше 0,8.

Вологовіддача – здатність матеріалу віддавати вологу при зміні температури та вологості середовища.

Водонепроникність – здатність матеріалу не пропускати через себе воду при визначеному гідравлічному тиску.

Гідрофільність - здатність матеріалу зв'язувати воду і змочуватися водою (притягувати воду). Гідрофобність – здатність матеріалу не змочуватися водою (відштовхувати воду).

Капілярне всмоктування пористими матеріалами відбувається за рахунок підняття вологи по капілярах, коли частина матеріалу знаходиться у воді. Вологі деформації – здатність матеріалів змінювати свій об'єм і розміри у залежності від зміни вологості.

Морозостійкість – здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазові заморожування та відтавання. Марка по морозостійкості (позначається - F) визначає найбільшу кількість циклів «заморожування - відтавання», яке можуть витримати зразки матеріалу. При цьому міцність на стиск не повинна знизитися більш ніж на 15%.

2.2 Визначення водопоглинання матеріалів

Загальні відомості

Водопоглинанням (водовбиранням) називають здатність матеріалу вбирати і утримувати у своїх порах воду. Воно виражається в процентах. Розрізняють водопоглинання масове і об'ємне. Об'ємне водопоглинання

$B_{об}$ характеризує ступінь заповнення об'єму матеріалу водою. Масове водопоглинання B_m показує збільшення маси матеріалу. Водопоглинання по масі і об'єму обчислюють за формулами, %.

$$B_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \times 100\% \quad (13)$$

$$B_{об} = \frac{m_n - m_c}{V_{пс} \times \rho_{H_2O}} \times 100\% \quad (14)$$

де: m_n, m_c – маса відповідно сухого і насиченого водою зразка, г;
 $V_{пс}$ – об'єм зразка в сухому стані, см³;
 $m_n - m_c$ – маса води, поглинутої зразком, г;
 $\frac{m_n - m_c}{\rho_{H_2O}}$ – об'єм води, поглинутої зразком, см³.

Порядок виконання роботи

Для визначення водопоглинання матеріалу зразки висушують до сталої маси в сушильній шафі при температурі $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, потім охолоджують до кімнатної температури і зважують на технічних вагах, визначаючи їх масу. Після цього зразки насичують водою одним із трьох способів.

Метод насичення при нормальних умовах

Сухі зразки помістити у ванну з водою (температура води $20 \pm 2^\circ\text{C}$) так, щоб до них був вільний доступ води, для цього зразки поміщають на решітку. Шар води над зразками має бути не менша як 2 см. Зразки витримують у воді протягом 48 год. Після насичення зразки виймають з води, обтирають вологою м'якою тканиною і зважують. Потім їх знову занурюють у воду на 2 год., виймають і зважують. І так до тих пір, поки зразки не будуть мати сталу масу, що свідчить про їх повне водонасичення. За сталу масу приймають ту масу зразка, при якій різниця між двома контрольними зважуваннями не перевищуватиме 1 %, Потім обчислюють водопоглинання.

Метод насичення під вакуумом

Висушені до сталої маси і зважені зразки помістити в посудину вакуум апарату, який заповнений дистильованою водою. Включають вакуум-насос, доводять розрідження до 20 мм рт. ст. і витримують його протягом 3 год, поки не припиниться виділення бульбашок повітря із зразків. Включають вакуум-насос і встановлюють у посудині нормальний тиск, при якому зразки залишають у воді ще на 2 год. Потім зразок виймають, обтирають вологою м'якою тканиною, зважують і обчислюють водопоглинання.

Метод насичення кип'ятінням

Висушені до сталої маси і зважені зразки поміщають на решітку у ванну з водою так, щоб шар води над зразками був не менше як 2 см, нагрівають воду до кипіння. Кипіння підтримують протягом 4 год, після чого воду охолоджують до кімнатної температури, потім зразки виймають, обтирають вологою м'якою тканиною і зважують.

За формулами (13 і 14) обчислюють водопоглинання з точністю до 0,1 % як середнє арифметичне з результатів трьох визначень для однорідних матеріалів і п'яти визначень – для неоднорідних. Результати заносять в таблицю 10.

Таблиця 10 – Визначення водопоглинання
Найменування матеріалу

Показник	Дослід		
	1-й	2-й	3-й
Маса висушеного зразка, г			
Маса насиченого зразка, г			
Метод насичення водою			
об'єм зразка, см ³			
Водопоглинання за масою, %			
Водопоглинання за об'ємом, %			

Зробити висновки за одержаними результатами.

2.2 Визначення вологості матеріалів

Загальні відомості

Вологість матеріалу – це кількість води, що міститься в його порах і на поверхні матеріалу. Вологість, як і водопоглинання, визначається в процентах. Розрізняють вологість масову і об'ємну і обчислюють за формулами, %:

$$W_m = \frac{m_B - m_C}{m_C} \times 100\% \quad 15$$

$$W_{об} = \frac{m_B - m_C}{V_{пс} \times \rho_{H_2O}} \times 100\% \quad 16$$

де: m_B, m_C – маса відповідно вологого і сухого зразка, г;
 $m_B - m_C$ – маса води в зразку в природно-вологодному стані, г;
 $\frac{m_B - m_C}{\rho_{H_2O}}$ – об'єм води в зразку в природно-вологодному стані, см³.

Із збільшенням вологості матеріалу підвищується їх середня щільність і теплопровідність та зменшується міцність. Якщо із матеріалу повністю видалити вологість ($W = 0$), тоді він називається абсолютно сухим.

Порядок виконання роботи.

Для знаходження вологості зразки матеріалу в природно-вологому стані зважують, визначають m_v , потім висушують до сталої маси при $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, після чого знову зважують з точністю до 0,1 г, визначають m_c .

За формулою /15/ обчислюють вологість з точністю до 0,1 % як середнє арифметичне з результатів трьох визначень. Результати заносять в таблицю 11.

Таблиця 11 – Визначення вологості матеріалів
Найменування матеріалу _____

Показник	Д о с л і д		
	1-й	2-й	3-й
Маса вологого зразка, г			
Маса сухого оранка, г			
Вологість за масою, %			

Зробити висновки за одержаними результатами.

2.3 Визначення водостійкості та коефіцієнту розм'якшення

Визначаючи коефіцієнт розм'якшення K_p (за формулою 12), зразки матеріалів розділяють на дві партії: одну з них замочують у воді, а іншу висушують при $t = 105 - 110^\circ\text{C}$ в сушильній шафі.

На гідравлічному пресі руйнують насичені вологою і сухі зразки будівельних матеріалів правильної геометричної форми, навантаження при цьому рівномірно збільшують з швидкістю 0,5 – 1 МПа за секунду.

Результати вимірювань і обчислень заносять в таблицю 12.

Таблиця 12 Визначення коефіцієнту розм'якшення

Результати вимірювань і обчислень

№ п/п	Назва зразка матеріалу	Розмір, м		Руйнуюче навантаження, Па		Коефіцієнт розм'якшення
		а	в	сухого	вологого	

2.4 Визначення морозостійкості

Загальні відомості

Морозостійкість - це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове поперемінне заморожування в повітряному середовищі і відтавання в воді без ознак руйнування. Від морозостійкості матеріалу в значній мірі залежить довговічність споруд. Вода при заморожуванні, перетворюючись в лід, збільшується в об'ємі на 9 %. При цьому

різко підвищується тиск на стінки пор, досягаючи в деяких випадках сотні і навіть тисячі ньютон на квадратний сантиметр. В матеріалі виникають великі напруги (перевершуючи інколи границю міцності), які можуть привести до руйнування матеріалу.

Порядок виконання роботи

Метод поперемінного заморожування і відтавання.

Випробування матеріалів на морозостійкість проводять методом поперемінного, заморожування і відтавання, розробленим проф. Н.Л. Белелюбським. Температура заморожування повинна бути $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Відтавання належить проводити у воді при температурі $15 \dots 20^\circ\text{C}$. Для визначення морозостійкості звичайно застосовують аміачні холодильні установки.

Зразки (кубики або циліндри) розмірами не менше як 5 см (для однорідних матеріалів) 3 шт. і неоднорідних - 5 шт. (позначають номер партії та номер зразка і за допомогою лупи і металевої голки перевіряють, чи немає на їх поверхні тріщин, пошкоджень тощо. Зразки насичують водою до сталой маси і зважують, потім вміщують у холодильну камеру, де піддають заморожуванню при температурі $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 4 год. Після цього зразки виймають з камери і розморожують у воді кімнатної температури також продовж 4 год. Після відтавання зразки оглядають для виявлення пошкоджень. У випадку появи тріщин або відколів випробування припиняють. Якщо дефектів немає, випробування продовжують, знову вміщуючи зразки в холодильну камеру на 4 год.

Послідовному заморожуванню, відтаванню і огляді зразки підлягають стільки раз, скільки передбачено вимогами діючих нормативних документів на матеріали і вироби конкретних видів.

Після закінчення випробувань зразки обтирають вологою тканиною і зважують. Втрату маси обчислюють за формулою, %,

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \times 100$$

де: m, m_1 – маса зразка відповідно до і після випробувань.

Зразки вважають такими, що витримали випробування, якщо після встановленого для нього в ДСТУ кількості циклів заморожування і відтавання немає видимих ознак руйнування, втрачає не більше 5 % маси і 15 % міцності.

Інколи користуються коефіцієнтом морозостійкості, який є відношенням границь міцності зразка на стиск до і після випробування на морозостійкість, його обчислюють як середнє арифметичне з результатів трьох визначень. Він не повинен бути меншим за 0,85, тобто міцність матеріалу не повинна зменшуватись більш ніж на 15 %,

Цей метод вимагає спеціального обладнання і великих витрат часу. Якщо необхідно швидко оцінити морозостійкість матеріалу, застосовують

прискорений метод, використовуючи розчин сірчанокиислового натрію.

Прискорений метод

Підготовлені зразки висушують до сталої маси, позначають і на 20 год. занурюють в насичений розчин сірчанокиислового натрію при кімнатній температурі. Потім їх поміщають на 4 год. у сушильну шафу, в якій підтримують температуру $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Після цього зразки охолоджують до нормальної температури, потім на 4 год., занурюють у розчин сірчанокиислового натрію і знову поміщають у сушильну шафу на 4 год. Таке поперемінне витримання зразків у розчині сірчанокиислового натрію і висушування повторюють 3, 5, 10 і 15 разів, що відповідає 15, 25, 50 - 100 і 150-300 циклам заморожування і відтавання.

Цей метод заснований на тому, що заповнюючий пори матеріалу розчин сірчанокиислового натрію при висушуванні переходить у пересичений стан і кристалізується, збільшуючись у об'ємі. При цьому виникають напруги, значно перевищуючі напруги, викликані замерзлою водою. Тому один цикл прискорених випробовувань прирівнюється до 5-20 циклів звичайних.

У випадку недостовірних або негативних результатів виконують звичайні випробовування на морозостійкість, результати яких і вважають остаточно закінченими. Таким чином, прискорений метод служить лише попередньою оцінкою морозостійкості матеріалу.

3 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Границя міцності при стиску і статичному вигині матеріалів

Загальні відомості

Міцність - це здатність матеріалу чинити опір внутрішнім напругам, що виникають під впливом зовнішній сил. Міцність характеризується границею міцності, тобто напругою, що відповідає навантаженню, яке спричиняє руйнування зразка при стиску, розтягу, згині та інших деформаціях. Величину руйнівної сили визначають при випробуванні зразка матеріалу на пресах або розривних машинах. Схеми механічних випробувань матеріалів на міцність показані на рис. 5.

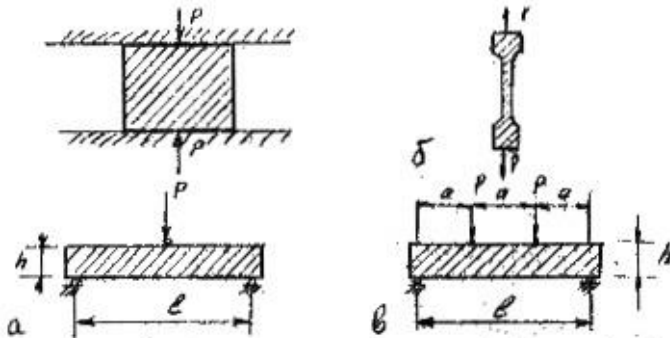
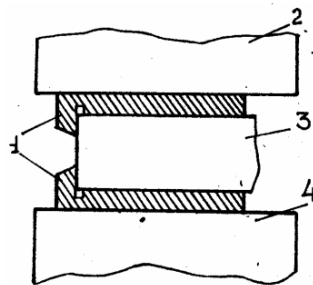


Рис. 5. Схеми механічних випробувань матеріалів на міцність при:
а - стиску; б - розтягу; в - поперечному згині при одному зосередженому вантажі і при двох зосереджених вантажах у третинах прольоту



Границю міцності при стиску (або розтягу) визначають за формулою, кгс/см²

$$R_{ст(роз)} = \frac{P_{руйн}}{F}$$

де: $P_{руйн}$ - руйнівна сила, кгс;

F - площа поперечного перерізу зразка, см².

При випробуванні матеріалів на згин зрази матеріалів у вигляді балочок, плит цеглин укладають на дві опори і навантажують одним або двома зосередженими вантажами до руйнування. Границю міцності при попе-

речному згині обчислюють так:

а) при одному зосередженому вантажі посередині прольоту, кгс/см²

$$R_{cm(роз)} = \frac{P_{руйн}}{F}$$

б) при двох однакових зосереджених вантажах, розташованих у третиinah прольоту, кгс/см²,

$$R_{cm(роз)} = \frac{3P_{руйн} * (l - a)}{bh^2}$$

де: l – відстань між опорами /проліт/, см;

b – ширина зразка, см;

a – відстань між вантажами, см;

h – висота (товщина) зразка, см,

При визначенні границі міцності при стиску і згині будівельних матеріалів необхідно суворо дотримувати встановлених в ДСТУ форми і розмірів зразків, бо від цього залежить результат випробування. Так, з природних кам'яних матеріалів виготовляють зразки-циліндри висотою і діаметром 5 см для щільних порід і 10 см для пористих порід, зразки-кубики розміром 5×5×5, 7,07×7,07×7,07 і 10×10×10 см. Кубики з розчинів формують розміром 7,07×7,07×7,07 см, а з бетонної суміші - 10×10×10, 15×15×15, 20×20×20 і 30×30×30 см залежно від максимального розміру крупного заповнювача. Балочки з розчинів формують розміром 4 х 4 х 16 см, а з бетонної суміші - 10×10×40, 15×15×60 і 20×20×80 см. Зразки повинні мати правильну геометричну форму і рівні, без дефектів поверхні.

Найчастіше зразки матеріалів випробовують на міцність при стиску і згині на гідравлічному пресі з манометром або силівимірювачем. Границя вимірювання звичайно застосовуваних пресів становить від 2,5 до 500 т. Випробовування драбків матеріалів на стиск, розтяг, згин і зріз виконують на універсальних випробувальних машинах з границею вимірювання від 0,25 до 100 т.



Маленькі балочки розміром 4×4×16 см випробовують на згин на важільному приладі Михаеліса, на автоматично діючій випробувальній машині МІІІ-100 або на малому пресі з пристроєм для згину.

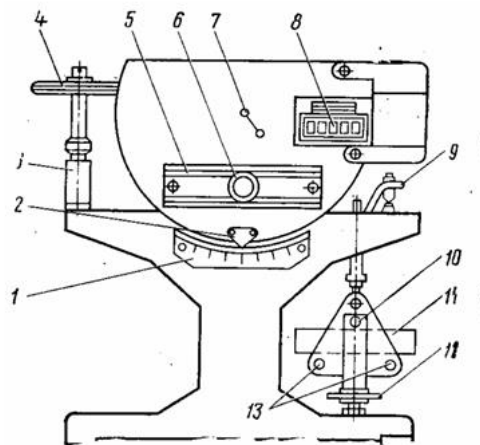


Рисунок 6.- Випробувальна машина MBV - 100: 1 -станина; 2 - кожух; 3 - підвіска; 4 - гвинт; 5 - лічильник; 6 - покажчик; 7 - шкала; 8 - балансир; 9 – аретир; 10 – верхня опора; 11 – зразок; 12 – гвинт, який закріплює зразок; 13 – нижні опори.

Порядок виконання робіт.

М'якою тканиною протерти зразок, щоб на ньому не було води чи пилу, штангенциркулем або сталеву лінійкою виміряти розміри поперечного перерізу зразка перпендикулярно до діючої сил, металевим трикутником перевірити, чи дорівнюватимуть кути на пересіченнях граней зразка

90°.

Помістити зразок на нижню плиту преса. Користуючись діагоналями, накресленими на плиті преса, ретельно відцентрувати зразок і потім притиснути верхньою плитою.

Перед випробовуванням стрілка силувимірювача повинна перебувати на нульовій поділці шкали. Ввімкнути електродвигун насоса. Слідкувати по вимірювальному приладу, щоб швидкість наростання навантаження відповідала вимогам на випробування даного матеріалу. Спостерігати за рухом стрілки. У момент руйнування зразка, коли на нього діє найбільше зусилля - стрілка зупиниться і піде назад.

Для зручності вимірювання на приладі ставлять дві стрілки: робочу, з'єднану механізмом тиску, і вільно насажену на вісь приладу, яку рухає вперед робоча стрілка. З моменту початку падіння тиску робоча стрілка рухатиметься назад до нульової поділки, а вільна зупиниться на поділці, що відповідає руйнівній силі.

Замітити і записати показання вимірювального приладу в момент руйнування зразка

Дослід провести тричі, щоразу випробуючи новий зразок того самого матеріалу. Значення границі міцності при стиску матеріалу обчислити як середнє арифметичне з результатів трьох визначень.

Результати дослідів занести в таблицю 10.

Найменування матеріалу _____

Таблиця 10

Марка і границя вимірювання преса _____

Показник	Дослід		
	1-й	2-й	3-й
Розміри поперечного перерізу зразка, см			
Площа поперечного перерізу зразка, см ²			
Показання стрілки вимірювального приладу, кгс			
Руйнівна сила, кгс			
Границя міцності при стиску зразка, кгс/см ²			

Зробити висновки за одержаними результатами.

При визначенні границі міцності при згині матеріалу роботу слід виконувати в такому порядку.

Протерти зразок м'якою тканиною. Штангенциркулем або сталеву лінійкою виміряти ширину й висоту зразка в середині його довжини.

Балочку з розчину розміром 4 x 4 x 16 см помістити на опори так, щоб ті грані, що були горизонтальними під час формування її, знаходилися у вертикальному положенні. Якщо зразком є силікатна (або глиняна) цеглина, то покласти її пліском на опори.

Зразок помістити між плитами преса і злегка притиснути верхньою плитою. Далі дослід проводити у такій же послідовності, як при випробуванні на стиск.

Результати дослідів занести в таблицю 11.

Найменування матеріалу _____

Марка і границя вимірювання преса _____

Таблиця 11

Показник	Д о с л і д		
	1-й	2-й	3-й
Ширина зразка, см			
Висота зразка, см			
Відстань між центрами опор, см			
Показання стрілки вимірювального приладу, кгс			
Руйнівна сила, кгс			
Границя міцності при згині зразка, кгс/см ²			

Зробити висновки за одержаними результатами.

3.2 Опір ударові (ударна міцність)

Загальні відомості

Опір ударові - це здатність матеріалу чинити опір динамічним навантаженням і не руйнуватися при ударі. Ця властивість важлива для матеріалів, застосовуваних для підлог, дорожніх і аеродромних покриттів тощо. При ударних навантаженнях напруга в матеріалі в одну мить може зрости до значної величини. При цьому багато матеріалів, міцних при прикладенні статичних навантажень, руйнуються або дають тріщини при динамічних.

Рисунок 4.- Копер лабораторний

Порядок виконання роботи.

Підготувати три зразки циліндричної форми заввишки і діаметром 2,5 см і висушити до постійної ваги при температурі $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Підготовлені зразки встановлюють на ковадло копра і притискають підбабком. Гирю копра масою 2 кг (20Н) послідовно опускають з висоти 1 см, потім 2 см і т.д., поки зразок зруйнується.

Показником міцності є порядковий удар, тобто висота падіння гирі в сантиметрах, при якій зразок зруйнувався. Якщо розміри зразка відступають від стандартних, міцність при ударі можна визначити за формулою

$$M = \frac{V_H}{V_B} * U$$

де: V_H – об'єм нормального зразка, висота і діаметр якого дорівнюють $2,5\text{см}^3$

V_B – об'єм випробуваного зразка, см^3 ;

U – порядковий номер удару, що зруйнував зразок.

Для отримання порівнянних результатів опір ударові виражають че-

рез питому роботу за формулою, Н/см²,

$$R_{y\partial} = \frac{\sum(Ph)}{V_B}$$

де: P – маса гирі копра, що дорівнює 20 Н;
 h – висота скидання гирі, см;
 V_B – об’єм випробуваного зразка, см³.

Результати досліду заносять в таблицю 11а.

Найменування матеріалу _____

Таблиця 11а

Показник	Д о с л і д		
	1-й	2-й	3-й
Висота зразка, см			
Діаметр зразка, см			
Об’єм зразка, см			
Порядковий номер удару			
Висота скидання гирі, см			
Опір ударові			
Питома робота, Н/см ²			

Зробити висновки за одержаними результатами.

3.3 Визначення стираності матеріалів

Загальні відомості

Стиранністю називають властивість матеріалу зменшуватися у масі і обсязі під впливом стираючих зусиль. Стиранність – важливий показник для матеріалів, застосовуваних для підлог, сходинок східців, дорожніх покриттів тощо. Стиранність матеріалу залежить від структури, міцності і вологості його. В лабораторних умовах стиранність визначають на спеціальних машинах - колах стирання (ЛКИ – 3) рис . Після закінчення випробування визначають загальну втрату маси зразка. Масовий ступінь стиранності матеріалів визначають за формулою, г/см²,

$$C_m = \frac{m - m_1}{F}$$

де: m – маса зразка до стирання, г;
 m_1 – маса зразка після стирання, г;
 F – площа стирання зразка, см²



Рисунок 7.- Прилад ЛКИ – 3 для визначення стираності

Порядок виконання роботи

Зважити на технічних вагах з точністю до 0,1 г сухий зразок. Штангенциркулем виміряти довжину і ширину плитки, обчислити площу зразка, яка буде піддана стиранню.

Підготовлений для випробування зразок закріплюють у нерухомому затиску машини так, щоб стирана площа зразка щільно прилягала до верхні обертового металевого диска. Прикласти навантаження на зразок (300Н)

При випробуванні плиток стираючим матеріалом (абразивом) служить чистий кварцовий пісок крупністю зерен 0,3-0,6 мм. Пісок підсипати під зразок рівномірно протягом усього випробуванні з розрахунку 20 г на кожні 30 м шляху. Після кожних 28 обертів диску абразив замінюють свіжим і повертають обойму із зразком на 90° в горизонтальній площині. Після 560 обертів диска обчислюють втрату маси за формулою /20/.

Дослід виконати двічі, а результати занести в таблицю 12.

Найменування матеріалу _____

Таблиця 12

Показник	Д о с л і д	
	1-й	2-й
Маса зразка, до стирання, г		
Площа стираного зразка, см ²		
Маса зразка після стирання, г		
Ступінь стираності зразка, г/см ²		

Зробити висновки за одержаними результатами.

1.2. Прилади для вимірювання абсолютних лінійних деформацій

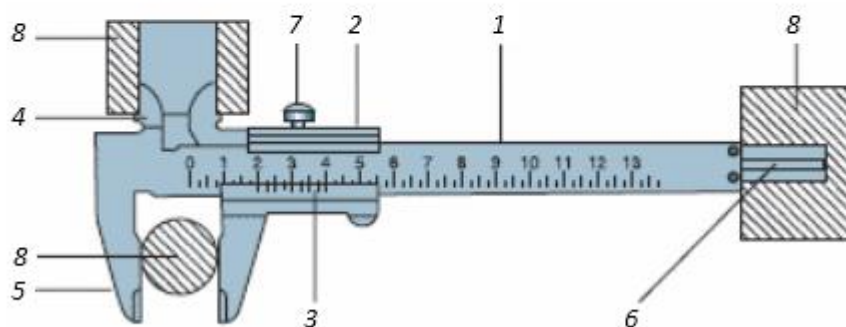
Для вимірювання абсолютних лінійних деформацій можуть використовуватися лінійки й мірні стрічки з ціною поділки 1 мм, які пройшли атестацію органів стандартизації.

Штангенциркуль ШЦ-1

Штангенциркуль застосовується для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів деталей, як глибиномір, а також для розмітки з точністю до 0,1 мм (рис. 1.11).



а)



б)

Рисунок 1.11 – Штангенциркуль: а) загальний вигляд, б) схема приладу.

Штангенциркуль складається зі штанги 1 з міліметровими поділками лінійки, штанга закінчується двосторонньою губою 4 і 5. Верхні частини губок закінчуються вістрями для розмітки по металу. По штанзі переміщується рамка 2, на якій є спеціальна шкала – ноніус 3, нульовий штрих якої при зімкнутих губах збігається з нульовим штрихом лінійки на штанзі. Для вимірювання зовнішніх розмірів деталей 8 розміщують між двох губок 4 і зводять їх без зазору і люфту. Для фіксації рухомої рамки 3 призначений гвинт 7. Цілі значення в міліметрах визначаються за положенням нульового штриха ноніусу. Дробові частки міліметра з точністю до 0,1 мм визначаються по штриху шкали – ноніусу 3, який збігається зі штрихом шкали лінійки на штанзі.

Для вимірювання внутрішніх розмірів губки 4 розміщують всередині деталі 8 і вони розводяться без зазору і люфту. Також за допомогою штангенциркуля можна вимірювати глибину, для цього в деталь 8 опускається глибиномір 6.

Додаток А

Таблиця А.1 – Префікси до одиниць СІ

Префікс	Позначення	Множник, на який множать осн. од.	Префікс	Позначення	Множник, на який множать осн. од.
Т е р а	Т	10^{12}	С а н т і	С	10^{-2}
Г і г а	Г	10^9	М і л і	М	10^{-3}
М е г а	М	10^6	М і к р о	МК	10^{-6}
К і л о	К	10^3	Н а н о	Н	10^{-9}
Г е к т о	Г	10^2	П і к о	П	10^{-12}
Д е к а	Да	10^1	Ф е м т о	Ф	10^{-15}
Д е ц і	Д	10^{-1}	А т т о	А	10^{-18}

Таблиця А.2 – Співвідношення між одиницями СИ та одиницями фізичних величин

Назва величини	Одиниці СИ			Фізичні величини		
	Назва	Позначення		Назва	Позначення	Співвідношення з одиницями СИ
Розмір, відстань	метр	м	$1\text{см}=10^{-2}\text{м}$ $1\text{мм}=10^{-3}\text{м}$	–	–	–
Площа	Квадратний метр	м^2	$1\text{см}^2=10^{-4}\text{м}^2$ $1\text{мм}^2=10^{-6}\text{м}^2$	–	–	–
Об'єм	кубічний метр	м^3	$1\text{см}^3=10^{-6}\text{м}^3$ $1\text{мм}^3=10^{-9}\text{м}^3$ $1\text{л}=10^{-3}\text{м}^3$	–	–	–
Маса	кілограм	кг	$1\text{г}=10^{-3}\text{кг}$	–	–	–
Сила, вага	ньютон	Н	$1\text{кН}=10^3\text{Н}$ $1\text{МН}=10^6\text{Н}$	Кілограм-сили	кгс тс	$1\text{кгс}=9,80665\text{Н}$ $1\text{тс}=9,80665\text{кН}$
Механічне напруження	паскаль	Па	$1\text{МПа}=10^6\text{Па}$	кілограм-сили на квадратний сантиметр	кгс/см ²	$1\text{кгс/см}^2=0,0981\text{МПа}$

Додаток Б

Таблиця Б 1– Густина будівельних матеріалів, кг/м³

Матеріал	Істинна густина	Середня густина
Гіпс	2600-2800	900-1200
Глина	2600...2700	1400...1600
Граніт	2700...2800	2600...2800
Бетон важкий	2600...2900	2000...2500
Бетон легкий	2600...2900	до 2000
Вапняк щільний	2400-2600	2100-2400
Деревина сосни	1550	500-600
Дуб	1550	700...900
Піноскло	2450...2650	180...800
Пінопласт	1200...1400	10...20
Пісок кварцовий	2650...2700	1400...1600
Скло	2450...2650	2450...2650
Сталь	7850	7850
Туф вулканічний	2600-2800	900-2100
Цегла керамічна повнотіла	2650...2700	1600...1800
Цегла силікатна повнотіла	2700-2900	1700-1900
Портландцемент	3000...3200	1300

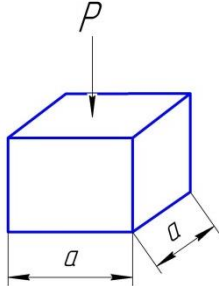
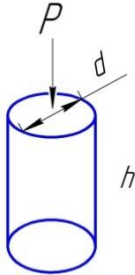
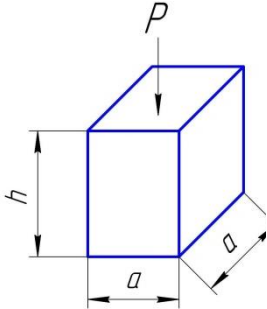
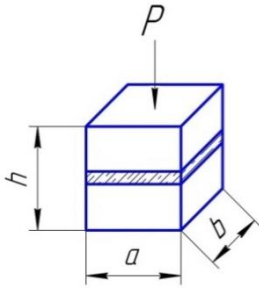
Додаток В

Таблиця В 1. – Пористість деяких будівельних матеріалів

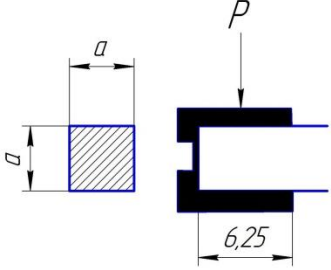
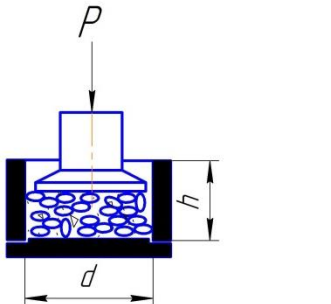
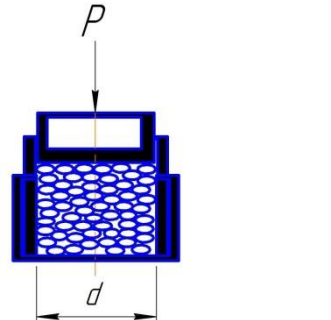
Матеріал	Пористість, %	Матеріал	Пористість, %
Базальт	0,6...19	Деревина	50...75
Граніт	0,1...6,9	Цегла звичайна	30...40
Діабаз	0,2...10,6	Бетон важкий	10...35
Габро	0,3...4	Бетон легкий	30...80
Мармур	0,4...3	Скло будівельне	0
Вапняк	2...35	Сталь будівельна	0
Пісковик	2...40	Пінопласти	95...98

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Схеми стандартних методів визначення міцності при стиску

Матеріал	Зразок	Розміри стандартного зразка, см	Схема випробування	Розрахункова формула
1	2	3	4	5
Бетон Будівельний розчин Природний камінь	Куб	15x15x15 7,07x7,07x7,07 5x5x5; 10x10x10; 15x15x15; 20x20x20		$R = \frac{P}{a^2}$
Бетон Природний камінь	Циліндр	d = 15; h = 30 d = h = 5; 7; 10; 15		$R = \frac{4P}{\pi d^2}$
Бетон Деревина	Призма	a = 10; 15; 20 h = 40; 60; 80 a = 2; h = 3		$R_{пр} = \frac{P}{a^2}$
Цегла	Складений зразок	a = 12, b = 12,5 h = 14		$R = \frac{P}{F}$

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
Цемент	Половина зразка-призми, виготовленої з цементно-піщаної розчину	$F = 25 \text{ см}^2$		$R = \frac{P}{F}$
Щільний крупний заповнювач для бетону	Проба щебеню (гравію) у циліндрі	$d = 15;$ $h = 15$		$D_p = \frac{m - m_1}{m_1}$
Пористий крупний заповнювач для бетону	Проба щебеню (гравію) у циліндрі	$d = 15;$ $F = 177 \text{ см}^2$		$R_{зд} = \frac{P}{F}$

Додаток Д

Таблиця Д.1 – Схеми стандартних методів визначення міцності на згин

Матеріал	Зразок	Розміри стандартного зразка, см	Схема випробування	Розрахункова формула
Цемент Деревина Цегла	Призма Цегла в натуральному вигляді	4x4x16 2x2x30 $l = 24$ 12x6,5x25 $l = 20$		$R_{зг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$
Бетон Деревина	Призма	15x15x60 $l = 45$ 2x2x30; $l = 25$		$R_{зг} = \frac{Pl}{bh^2}$

Додаток Ж

Таблиця Ж.2 – Схеми стандартних методів визначення міцності на розтяг

Матеріал	Зразок	Розміри стандартного зразка, см	Схема випробування	Розрахункова формула
Бетон Сталь	«Вісімка», призма, стрижень	10x10x80 5x5x50 $d = 1$ $l = 5; l \geq 10d$		$R_p = \frac{P}{a^2}$ $R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$
Бетон	Циліндр, куб	$d = 15;$ 15x15x15		$R_p = \frac{2P}{\pi d l}$ $R_p = \frac{0,52P}{a^2}$

Додаток 3

Таблиця 3.1 – Міцність деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Границя міцності, МПа		
	при стиску	при згині	при розтягу
Граніт	100...250	14	8
Бетон важкий	10...80	0,5...10	1...4
Сосна вздовж волокон	30...65	60...120	70...130
Склопластик	250...400	240...550	220...350
Сталь	210...600	-	380...450
Цегла керамічна	7,5...30	1,5...5,0	0,8...3,0

Додаток К

Таблиця К.1 – Теплопровідність будівельних матеріалів

Матеріал	λ , Вт/(м·К)	Матеріал	λ , Вт/(м·К)
Граніт	2,8...3,0	Арболіт	0,09... 0,17
Туф вулканічний	0,4..0,8	Плити: деревоволокнисті пробкові	0,05...0,09
Бетон: важкий	1,1...1,5		0,04...0,05
ніздрюватий	0,15...0,4 0	Поропласти	0,03... 0,05
Цегли керамічна	0,7...0,8	Перліт спучений	0,046...0,07 0
Каміння керамічне порожнисте	0,3...0,4	Піноскло	0,05...0,12
Сталь	60	Вата мінеральна	0,040...0,04 6
Алюміній і сплави	150...170	Совеліт	<0,093

ЛІТЕРАТУРА ОСНОВНА:

1. ДСТУ БВ.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.

2. Будівельне матеріалознавство. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни студентами-бакалаврами спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія / Г.П. Іванова, Р.М. Терещук, В.Г. Шаповал, О.В. Халимендик, К.В. Кравченко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. – 50 с.

3. Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. В. Кондращенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 28 с.

*Навчальне електронне видання
комбінованого використання.*

Можна використовувати в локальному та мережному режимах

**Очеретний Володимир Петрович
Віктор Павлович Ковальський**

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Рукопис оформив В. Ковальський

Видається в авторській редакції

Оригінал-макет виготовила О. Кушнір

Підписано до видання 15.09.2022

Гарнітура Times New Roman.

Зам. No P2022-071

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.