МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано – Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кафедра будівництва та енергоефективних споруд

А. В. Андрусяк, А. С. Величкович

«Будівельне матеріалознавство»

Методичні вказівки для лабораторних робіт

Івано – Франківськ 2023

УДК 69
А 66

Рецензент:
Петрина Д. Ю. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технічної механіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Рекомендовано методичною радою університету
(протокол № . від .....2023 р.)

Андрусяк А. В., Величкович А. С.
А 66 Будівельне матеріалознавство : методичні вказівки для лабораторних робіт. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. 80 с.

МВ 02070855 – …. – 2023

Методичні вказівки призначені для підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 192 – "Будівництво та цивільна інженерія". Розроблені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни “ Будівельне матеріалознавство ”.

Викладено короткий зміст та загальні вимоги до оформлення звіту з лабораторних робіт.

УДК 69

МВ …….. – …. – ….

© Андрусяк А. В.
Величкович А. С.
© ІФНТУНГ, 2023

Зміст

Вступ **стор.**

1 Лабораторна робота №1 “ Будівельні розчини і їх властивості.”

2 Лабораторна робота №2 “ Склад і властивості важких бетонів.”

3 Лабораторна робота №3 “ Штучні кам’яні матеріали та вироби.”

4 Лабораторна робота №4 “ Деревина її структура і властивості.”

5 Лабораторна робота №5 “ Нафтові бітуми і їх властивості.”

6 Лабораторна робота №6 “Покрівельні та гідроізоляційні матеріали.”

7 Лабораторна робота №7 “ Тепло- і звукоізоляційні матеріали.”

8 Лабораторна робота №8 “ Пластичні маси.”

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

ВСТУП

Лабораторні роботи є обов'язковою складовою частиною навчального процесу при вивченні курсу будівельного матеріалознавства.

До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після проведення інструктажу по техніці безпеки. Студенти, які порушують правила техніки безпеки виводяться з лабораторії. Студент несе матеріальну відповідальність за поломки та пошкодження, які виникли по його вині.

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен одержати допуск - відповісти на контрольні запитання по даній роботі .

Робота рахується виконана після підписання її викладачем.

Без захисту лабораторних робіт студент до іспиту не допускається.

Лабораторна робота №1

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи – оволодіти методикою визначення фізико-механічних властивостей матеріалів, проаналізувати одержані результати і порівняти їх з довідниковими даними та вимогами стандартів.

1 Визначення середньої густини матеріалів ρ_m

Середня густина ρ_m – маса одиниці об'єму матеріалу у природному стані, тобто враховуючи пори та пустоти. Визначається за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V} \quad [\text{г/см}^3] \; \rho_m = \frac{m}{V} \quad [\text{г/см}^3],$$

де m - маса зразка, г; V- об'єм зразка, см^3.

1.1 Визначення середньої густини матеріалу в зразках правильної геометричної форми

Прилади: лінійка чи штангенциркуль, технічні ваги з важками.

Проведення експерименту

Для визначення середньої густини зразок висушують до сталої маси при температурі 105 - 110°С, охолоджують в ексикаторі та очищують від пилу. Вимірюють геометричні розміри за допомогою лінійки або штангенциркуля та визначають об'єм. Якщо форма зразка близька до куба або паралелепіпеда, вимір усіх граней ведеться в трьох точках і для розрахунку беруть середнє значення. Потім за допомогою ваги визначають масу зразка матеріалу.

1.2 Визначення середньої густини зразків із пористих порід неправильної форми методом парафінування

Прилади: технічні ваги з пристосуванням для гідростатичного зважування, важки, посудина з розплавленим парафіном, ел.плитка.

Проведення експерименту

Зразок розміром 40-70 мм обв'язують ниткою і зважують до 0,1 г (m). Тримаючи зразок за нитку, занурюють його на 1-2 с у розплавлений парафін (t = 80±5°C) з проміжком 30 - 40 с до покриття поверхні його суцільним тонким шаром не більше 1 мм.

Зразок знову зважують на повітрі (m_1), а потім зважують у воді на гідростатичних вагах (m_2) (рис.1.1).

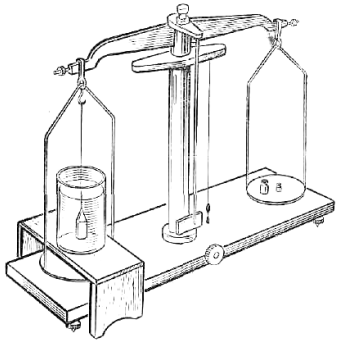


Рисунок 1.1 – Ваги для гідростатичного зважування

Середню густину визначають за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V} = \frac{m}{(m_1 - m_2) - \frac{m_1 - m}{\rho_n}} \ [г/см^3],$$

$$\rho_m = \frac{m}{V} = \frac{m}{(m_1 - m_2) - \frac{m_1 - m}{\rho_n}} \ [г/см^3],$$

де $\rho_п$ - густина парафіну ($\rho_п$ = 0,9 г/см^3);

$(m_1 - m)/\rho_n$ $(m_1 - m)/\rho_n$ - об'єм парафіну, см^3;

$m_1 – m_2$ - об'єм зразка з парафіном, $см^3$;
m - маса зразка, г.

1.3 Визначення середньої густини зразків із щільних порід неправильної геометричної форми методом попереднього водонасичення

Прилади: технічні ваги з пристосуванням для гідростатичного зважування, важки, посудина з водою.

Проведення експерименту

Зразок розміром 40 - 70 мм обв'язують ниткою і зважують (m), після чого насичують його водою при кімнатній температурі протягом 24 год. Діставши з води, зразок витирають вологою тканиною і зважують спочатку на повітрі (m_1), а потім у воді на гідростатичних вагах (m_2). Середню густину визначають із точністю до 0,01 $г/см^3$ за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_{води},\ [г/см^3]$$

$$\rho_m = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_{води},\ [г/см^3]$$

2 Визначення насипної густини матеріалів

Насипна густина $\boldsymbol{\rho_н}$ – маса одиниці об’єму матеріалу у рихло-пухкому стані. Визначається за формулою:

$$\rho_н = \frac{m}{V}\ [кг/м^3].$$

2.1 Визначення насипної густини сухого кварцового піску

Прилади: технічні ваги з важками, мірна посудина ємкістю 1 л, сито з круглими отворами діаметром 5 мм, совок, металева лінійка, піддон, воронка ЛОВ.

Проведення експерименту

Пісок, висушений до сталої маси при температурі 105 – 110^0С і просіяний через сито, насипають у воронку ЛОВ (рис. 1.2), випускний отвір якої закритий заслінкою. Зважують

пусту посудину (m) і ставлять разом з піддоном під воронку ЛОВ, відкривають заслінку і насипають пісок у мірну посудину без ущільнення до появи над поверхнею конусу. Не пересуваючи посудини, металевою лінійкою зрізують надлишок піску врівень з краями посудини і посудину з піском зважують (m_1).



Рисунок 1.2 – Воронка ЛОВ

Насипну густину визначають за формулою:

$$\rho_m = \frac{m_1 - m}{V} \ [\text{г/см}^3] \rho_m = \frac{m_1 - m}{V} \ [\text{г/см}^3],$$

де, V – об'єм мірної посудини (1000 см^3);

m – маса мірної посудини, г;

m_1 – маса посудини з піском, г.

Визначення насипної густини проводять 2-3 рази, кожного разу для нової порції піску.

3 Визначення істинної густини матеріалів

Істина (дійсна) густина ***ρ*** **–** маса одиниці об'єму матеріалу у абсолютно щільному стані. Визначається за формулою:

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad [\text{г/см}^3],$$

де m - маса зразка, г; V_a- абсолютний об'єм зразка, см^3.

Прилади: об'ємомір Ле-Шателье-Кандло, посудина з водою, технічні ваги з важками, лінійка, фізичний штатив, термометр.

Проведення експерименту

Для визначення істинної густини матеріал має бути подрібнений до величини зерна 0,2 мм. Пробу матеріалу висушують при t 105- 110°С й охолоджують в ексикаторі. Об'ємомір (рис. 1.3) заповнюють до нульової поділки дистильованою водою при температурі 20°С, установлюючи рівень за нижчим меніском, внутрішні стінки якого просушують, витираючи фільтрувальним папером і зважують (m). У посудину з водою поміщають об'ємомір, закріпляють у штативі, щоб не спливав. Підготовлений матеріал совочком рівномірно, невеликими порціями засипають в об'ємомір до тих пір, поки рівень води не підніметься до поділки 20. Потім виймають з води, витирають і знову зважують (m_1).



Рисунок 1.3 - Об´ємомір Ле-Шательє-Кандло

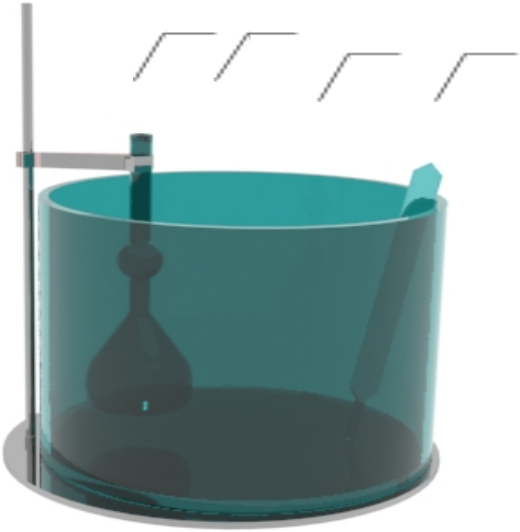


Рисунок 1.4 -
1 - об´ємомір;
2 - посудина з водою;

3 - штатив;

4 - термометр;

Істинну густину визначають за формулою:

$$\rho_a = \frac{m_1 - m}{V_a} \ [г/см^3] \ \rho_a = \frac{m_1 - m}{V_a} \ [г/см^3],$$

де, m_1-m - маса всипаного матеріалу,

V_a - об'єм всипаного матеріалу (20 $см^3$).

4 Визначення істинної пористості матеріалу

Пористість **П** – це ступінь насичення матеріалу повітряними включеннями (порами).

За результатами визначення середньої та істинної густини визначають пористість за формулою:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \cdot 100\%$$

де, ρ_m– середня густина матеріалу;

ρ – істина густина матеріалу.

Значення пористості деяких матеріалів наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Пористість матеріалів

№ з/п	Матеріал	Пористість, %
1	Граніт	0,5 - 3
2	Діабаз	6,2
3	Лабрадорит	0,4-0,8
4	Вапняк	2,6 - 17
5	Пісковик	0,8 - 5,4
6	Гіпс	До 15
7	Вапняк-черепашник	До 30
8	Амфіболіт	0,3
9	Мармур рожевий	0,5-2,6

10	Кварцит білий щільний	0,4
11	Деревина	30 - 72
12	Важкий бетон	3 – 6

5 Контрольні запитання

1 Що таке середня густина матеріалів?
2 Як вираховують насипну густину матеріалів?
3 Що таке істинна густину матеріалів і як її вираховують?
4 Охарактеризувати пористість матеріалів

Лабораторна робота №2

МЕХАНІЧНІ ТА ГІДРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи – оволодіти методикою визначення механічних та гідрофізичних властивостей матеріалів проаналізувати одержані результати і порівняти їх з довідниковими даними та вимогами стандартів.

Міцність - це здатність матеріалів чинити опір внутрішнім напругам під впливом зовнішніх сил. Міцність характеризується границею міцності $\sigma_м$.

2.1 Визначення границі міцності при стиску

Прилади: машина Р – 10 або П – 10.

Проведення експерименту

У підготовлених зразках заміряють ширину і довжину з точністю до 1 мм, за якими визначається площа *А,* см^2.

На плиту випробної машини поміщають точно в центрі зразок. Верхню плиту обережно підводять до поверхні зразка, вмикають машину. Передача навантаження на зразок має проводитися перпендикулярно граням зразка. Руйнівне навантаження визначають за шкалою машини й обчислюють границю міцності при стиску за формулою:

$$\sigma_м = \frac{F}{A}\ [кгс/см^2]\, \sigma_м = \frac{F}{A}\ [кгс/см^2],$$

де, F– руйнівне навантаження, кгс;

А – площа робочого перерізу зразка, см^2.

При визначенні марки матеріалу мають бути стандартні розміри зразків, допускається проводити випробування на зразках інших розмірів. Для переведення одиниць виміру у систему СІ результат представляють у МПа (1 МПа = 9,88 кгс/см^2).

2.2 Визначення границі міцності при згині однією силою

Прилади: випробна машина, лінійка.

Проведення експерименту

У підготовлених зразках заміряють ширину і висоту з точністю до 1 мм.

На опори випробної машини поміщають зразок. Верхню опору обережно підводять до поверхні зразка, вмикають машину. Передача навантаження на зразок має проводитися перпендикулярно граням зразка. Руйнівне навантаження визначають за шкалою випробної машини й обчислюють границю міцності при згині за формулою:

$$\sigma_{зг} = \frac{3Fl}{2bh^2} \ [\text{кгс/см}^2] \sigma_{зг} = \frac{3Fl}{2bh^2} \ [\text{кгс/см}^2],$$

де F– руйнівне навантаження, кгс;

l– відстань між опорами, см;

b, h – відповідно ширина і висота зразка, см.

Для переведення одиниць виміру у систему СІ результат представляють у МПа (1 МПа = 9,88 кгс/см^2).



Рисунок 2.1 – Схема випробування зразка на згин однією силою

2.3 Гідрофізичні властивості матеріалів

2.3.1 Визначення водопоглинання матеріалу

Прилади: технічні ваги з важками, посудина з водою, лінійка, сушильна шафа.

Проведення експерименту

Зразки, попередньо висушені до сталої маси при t = +105- 110°С та охолоджені в ексикаторі, очищають від пилу і зважують (m). Потім занурюють у воду (рівень води над зразками не менше ніж 20 мм) і витримують 48 год. Зразки із щільних порід (граніт, базальт та ін.) після насичення обтирають вологою тканиною, а із зразків пористих порід (пемза, вапняк-черепашник та ін.) знімають тільки краплини з нижньої поверхні і зважують (m_1). Вода, що витекла на чашку вагів, враховується у масу насиченого зразка.

Водопоглинання за масою (B_m, %) та за об'ємом (B_o, %) визначається відповідно за формулами:

$$B_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% \; B_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%;$$

$$B_0 = \frac{m_1 - m}{V} \cdot \frac{1}{\rho_в} \cdot 100\% \; B_0 = \frac{m_1 - m}{V} \cdot \frac{1}{\rho_в} \cdot 100\%:$$

де m_1- маса насиченого зразка,г;

m- маса сухого зразка, г;

V- об’єм зразка, $см^3$;

$\rho_в$- густина води (1,0 г/ $см^3$).

Для щільних порід об’єм визначають методом гідростатичного зважування, а для пористих водопоглинання визначається за формулою:

$$B_0 = B_m \cdot \rho_m \; B_0 = B_m \cdot \rho_m .$$

2.4 Теплофізичні властивості

2.4.1 Теплопровідність

Теплопровідність - здатність речовини переносити теплову енергію від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою.

Теплопровідність будівельних матеріалів визначають у лабораторіях за допомогою спеціальних приладів та установок. Теплопровідність характеризується коефіцієнтом теплопровідності, який можна орієнтовно визначити для повітряно-сухих (1 - 7 % вологості) матеріалів мінерального походження, скориставшись формулою В.П.Некрасова

$$\lambda = 1{,}16\sqrt{0{,}0196 + 0{,}22d^2} - 0{,}16 \ \left[{}^{\text{Вт}}/_{\text{м}^0\text{С}}\right]$$

$$\lambda = 1{,}16\sqrt{0{,}0196 + 0{,}22d^2} - 0{,}16 \ \left[{}^{\text{Вт}}/_{\text{м}^0\text{С}}\right],$$

де d - відносна густина матеріалу.

2.5 Контрольні запитання

1 Охарактеризувати міцність матеріалів?
2 Як визначають границю міцності при стиску?
3 Як вираховують границю міцності при згині?
4 Як визначають водопоглинання за масовим об’ємом?
5 Охарактеризувати теплопровідність матеріалів?
6 Визначення коефіцієнта теплопровідності для будівельних матеріалів.

Лабораторна робота № 3

ГІРСЬКІ ПОРОДИ ТА БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ НИХ

Мета роботи - вивчити умови утворення гірських порід, їх мінералогічний склад, зіставити властивості основних видів гірських порід, навчитися наочно визначати їх види, знати галузі їх застосування.

3.1 Загальні відомості

Гірською породою називають мінеральну масу, що складається з одного (мономінеральна порода) чи кількох (полімінеральна порода) мінералів.

Мінералом називають природне хімічно- та структурно-індивідуалізоване тіло, приблизно однорідне за хімічним складом і фізичними властивостями.

Мінерали - це складові частини гірських порід, руд й інших мінеральних тіл, з яких складається земна кора.

Залежно від умов утворення всі гірські породи розподіляють на три види: первинні, або вивержені (магматичні), вторинні або осадові, і видозмінені, або метаморфічні.

Первинні породи утворилися з магми - вогненної рідкої маси, що вилилася із глибини землі і затверділа. Залежно від глибини утворення вони поділяються:

а) глибинні (інтрузивні) - граніт, сієніт, діорит. габро;

б) вилиті (ефузивні) - порфір, перліт, андезит, трахіт, діабаз, базальт; вулканогенно-вулканічні туфи, попели, пемза.

Вторинні (осадові) породи утворилися в результаті руйнування вивержених порід під впливом температурних коливань, дії води та вітру. До осадових порід належать:

а) механічні осади пухкі (гравій, галька, пісок, глина) та зцементовані (пісковик, конгломерат брекчії);

б) хімічні осади (магнезит, доломіт, мергелі. щільні вапняки);

в) органогенні осади (вапняк-черепашник, трепел, діатоміт).

Видозмінені (метаморфічні) породи утворилися в результаті глибоких змін вивержених і осадових порід під впливом високих температур та тисків. Під впливом протікаючих у таких умовах фізико-хімічнних процесів змінювався хімічний та мінералогічний склад порід, проходила перекристалізація мінералів і видозмінювалася їх структура, в результаті чого утворилися нові породи, які суттєво відрізняються від початкових . На основі вивержених порід утворились гнейси, хризотилазбест, на основі осадових - мармур, кварцити, залізисті кварцити.

Гірські породи - основна сировина для одержання природних кам'яних матеріалів і виробів, кераміки, в'яжучих. Деякі гірські породи застосовуються для виробництва чавуну, міді та алюмінію й інших металів.

За середньою густиною всі гірські породи поділяють на легкі, які мають середню густину менше ніж 1800 кг/м^3, і важкі з середньою густиною більше ніж 1800 кг/м^3. Умови утворення і мінералогічний склад впливають на властивості гірських порід.

Вивержені глибинні породи мають кристалічну будову, низьку пористість, в результаті чого їх середня густина змінюється від 2600 до 3300 кг/м^3, межа міцності при стиску - від 100 до 500 МПа, в той час як напівглибинні - мають як кристалічну, так і приховано-кристалічну будову, і їх середня густина та міцність мають широкі межі. Наприклад, базальти мають середню густину 3300 кг/м^3, міцність - до 500 МПа, а базальти, до складу яких входить до 50% вулканічного скла, мають середню густину 1900-2000 кг/м^3 і пористість до 36%. Пористість пемзи може досягати 80 %, тому її середня густина 300 - 900 кг/м^3.

Необхідно також знати мінералогічний склад гірських порід, так як він впливає не тільки на їх властивості, а також і на оброблюваність та галузь застосування. Наприклад, мінерал кварц зміцнює гірські породи, а при нагріванні до 573^{0}С переходить в другу модифікацію із збільшенням об'єму, що призводить до розтріскування породи. Слюди мають пухку будову і незначне зчеплення з іншими матеріалами, погіршують поліровку виробів і знижують їх довговічність; польові шпати знижують температуру плавлення. Породи, в склад яких входять глинисті мінерали, неводостійкі, недовговічні.

3.2 Характеристика гірських порід, які використовуються у будівництві

Характеристики основних вивержених, осадових і метаморфічних гірських порід за довговічністю і деяких їх властивості наведені в табл. 3.1, 3.2. Види будівельних матеріалів і виробів із гірських порід, сировина для їх виробництва в табл. 3.3.

Таблиця 3.1

Група довговічності	Назва породи	Початок руйнування, роки
Дуже довговічні	Граніти дрібно- і середньозернисті, кварцити	650
Довговічні	Граніти крупнозернисті, лабрадорити, сієніти, габро, вулканічні туфи	250-350
Зниженої довговічності	Кольорові мармури	20-75

Таблиця 3.2

Гірські породи	Мінералогічний склад	Середня густина, кг/м^3	Міцність, МПа	Пористість %
1	2	3	4	5
Граніти	кварц, польові шпати, біотит, слюда	2600-2700	150-250	0,1-0,9
Габро	плагіоклаз,авгіт, лабрадорит, олівін	2900-3100	200-290	0,3-4
Андезити	плагіоклаз, рогова обманка або піроксени, слюда	2200-2700	80-200	до 10
Діабази	польовий шпат, піроксени, рідко олівін, рогова обманка	2700-2900	150-400	0.1
Базальти	плагіоклаз, авгіт, олівін	2700-3200	300-500	0,2-3
Пемза	вулканічне скло	400-900	0,4	до 80
Вапняки	кальцит, кварц, доломіт, каолініт	1000-2600	0,4-100	1-60
Доломіти	кремнезем, кальцит, доломіт, каолініт	400-900	10-20	60-75
Пісковик	кварц, польовий шпат, слюда, каолініт, кальцит, доломіт	2400-2600	80-260	2-30 1

	кварц, польовий шпат, слюда, рідко рогова			
1	2	3	4	5
Пісок	кварц, польовий шпат	400-1800	-	-
Глина	каолініт, гідрослюди, монтморилоніт, галуазит	1100-1600	-	-
Гравій	кварц, польовий шпат	1300-2100	до 120	5-8
Конгло-мерат, брекчії	алеврит, пісок, гравій, карбонати, кремнезем	1700-2500	до 100	8-13
Магнезит нейси	магнезит з домішками гідромагнезиту, доломіту, кальциту, тальку, хлориту	2400-2800	150-200	до 23
Гіпс	гіпс, пісок, вапняки, сірчисте залізо	2300	до 150	до 23
Діатоміт	глинистий матеріал, кварц та глауконіт	350-800	5-15	до 35
Трепел	опал, кристобаліт, тридиміт, халцедон і кварц	350-800	7-20	до 19
Крейда	кальцит	1200-1800	до 0,3	до 35
Вапняк-черепашник	кальцит, кремнезем, домішки глинистих мінералів	800-1800	0,4-15	30-70
	обманка, авгіт			
Мармури	кальцит, доломіт, кварц, графіт, гематит	2700-2900	80-300	0,4-3
Кварцити	кварц, домішки слюди-мусковіту, графіту і др.	2800-3000	до 500	1
Сланці	кварц, слюда, гематит, каолініт, тальк	2000-2400	до 90	0,3-25
Перліт	кварц, калійнатровий польовий шпат, плагіоклаз, біотит, амфібол	2300-2390	до 300	1,8-70

Продовження таблиці 3.2

Таблиця 3.3

Призначення	Матеріали і вироби	Назви порід
Конструктивні матеріали	бутовий камінь, щебінь для бетону, подрібнений пісок	граніт,сієніт, діорит, базальт, трахіт, андезит, вапняк, доломітизований пісковик
Облицювальні та архітектурно-будівельні	плити для внутрішнього облицювання, плити для зовнішнього облицювання підлог, східців, камені стінові пиляні.	мармур, вапняк, доломіт, туфи, граніт, габро, гнейси, кварцити й інші виверження інтрузивні та ефузивні, граніт, габро, мармур, доломітизований вапняк, туфи, пористий вапняк.

Дорожньо-будівельні	бортовий камінь, бруківка	граніт, діорит, базальт, діабаз
Інші	цемент	вапняки, глини, мергелі
	вапно будівельне	вапняки
	гіпс	гіпс, ангідрит
	скло	кварцовий пісок, вапняк, доломіт
	кам'яне литво	діабаз, базальт
	вогнетриви	кварцити, глини, магнезит, доломіт
	барвники	крейда, охра, граніт

3.3 Контрольні запитання

1 Що називається гірською породою та мінералами?
2 Охарактеризувати первинні і вторинні породи?
3 Характеристика гірських порід, які використовуються у будівництві.
4 Як поділяються гірські породи за середньою густиною?

Лабораторна робота №4

БУДІВЕЛЬНА КЕРАМІКА.
СТІНОВІ КЕРАМІЧНІ ВИРОБИ

Мета роботи – навчитися визначати якість керамічних виробів за зовнішнім виглядом, середньою густиною, водопоглинанням, марку за границею міцності при згині і стиску. Провести аналіз результатів випробувань, порівнюючи їх з вимогами державних стандартів.

4.1 Загальні відомості

Керамічні вироби виготовляють з природних глин при введенні органічних та мінеральних добавок (спіснюючі, вигораючі, спеціальні).

Основні стадії при виробництві будівельної кераміки:

- підготовка маси;
- формування;
- сушіння
- випалювання.

Існує три способи виробництва кераміки:

- пластичний;

- напівсухий;
- шлікерний.

Стінову кераміку виготовляють пластичним та напівсухим способом, а сантехнічну – шлікерним.

За призначенням керамічні матеріали поділяються на такі групи:

- стінові матеріали – цегла глиняна звичайна, порожниста, пориста, легка, камені, панелі;
- облицювальна кераміка – лицьові цегла і камені, плитка, плити, килимова кераміка;
- санітарно-технічні вироби – ванни, умивальники, раковини, унітаз, бачки;
- вироби для перекриття – порожнисті камені, камені для армокерамічних балок, камені для накатів; покрівельні вироби – різна черепиця;
- труби керамічні – каналізаційні і дренажні;
- вироби спеціального призначення – цегла шляхова, кислототривка, вогнетривка;
- теплоізоляційні вироби – діатомові і трепельні, керамзит, аглопорит.

Залежно від структури керамічні вироби поділяються на 2 групи: пористі та щільні. Пористі вбирають 8-20 % води за масою (стінові вироби, дренажні труби, опоряджувальні матеріали), щільні – не більше 5 % (плитка для підлоги, шляхова цегла, каналізаційні труби та ін.).

За показником середньої густини керамічні вироби поділяють на п'ять класів: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0 (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Група виробів за теплотехнічними властивостями	Клас середньої густини	Середня густина виробів, кг/м^3
Високої ефективності	0,8	< 800
Збільшеної ефективності	1,0	801 – 1000

Ефективні	1,2	1001 – 1400
Умовно ефективні	1,4	1401 – 1600
Малоефективні	2,0	> 1600

За ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів вироби поділяють на класи застосування згідно з ДБН В.1.4-1.01:

- для всіх видів будівництва (до 370 Бк/кг);
- для промислового будівництва (понад 370 Бк/кг до 740 Бк/кг).

Марки за морозостійкістю F15, F25, F50, F75, F100.Теплопровідність – λ = 0,2 – 0,82 (Вм/(м^0 С). Водопоглинання цегли для марок за міцністю 75, 100, 125, 150 не менше 8 % для решти марок не менше 6%.

Для визначення якості цегли від кожної партії відбираються зразки в кількості 0,5 %, але не менше ніж 100 шт., із яких 10 шт. використовують для визначення міцності при стиску, 5 шт. – міцності при згині, 15 шт. – морозостійкості, 3 шт. – водопоглинання та середньої густини, 5 шт. – наявності вапняних включень та якості за зовнішнім оглядом. Перед випробуванням цеглу видержують у приміщенні не менше 3 діб.

4.2 Якість цегли за зовнішнім виглядом

Прилади: лінійка, штангенглибиномір, косинець.

Визначення відповідності цегли вимогам Держстандарту проводять за вказаними показниками:

а) Лінійні розміри за довжиною, шириною, товщиною у мм вимірюють з похибкою до 1 мм металевою лінійкою в трьох місцях по ребрах і середині грані (рис. 4.1) . За кінцевий результат беруться середні арифметичні значення;

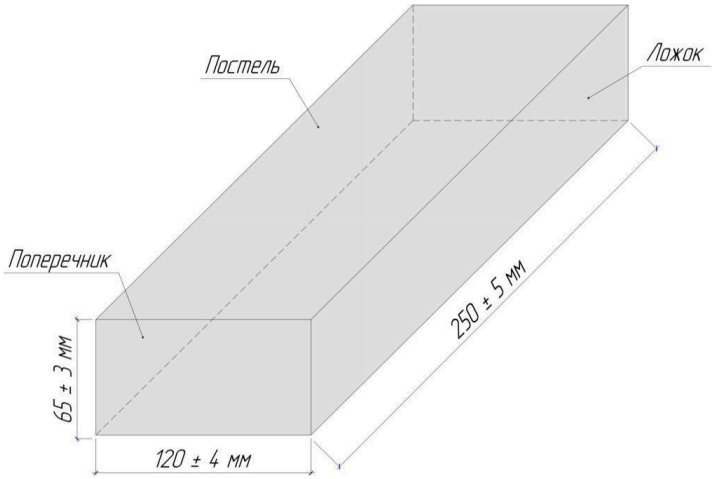


Рисунок 4.1 – Лінійні розміри звичайної цегли

б) Непрямолінійність граней і ребер визначають з точністю до 1мм по постелі і ложку, вимірюючи величину найбільшого просвіту між рядом цегли і косинця (рис. 4.2.).

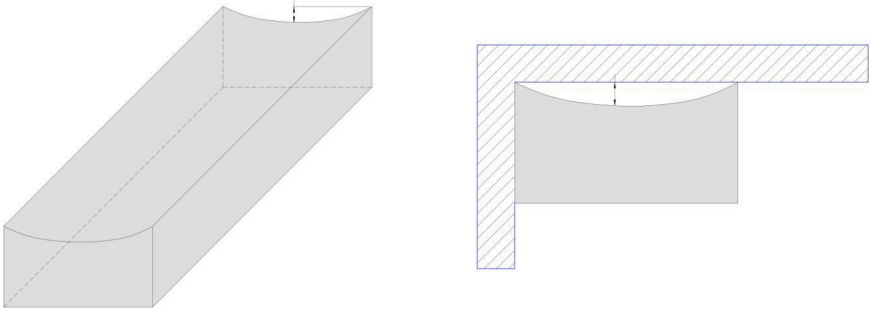


Рисунок 4.2 – Визначення непрямолінійності ребер і граней

в) Визначають наявність тріщин на ложкових та поперечикових граней. Тріщини, які починаються на одній постелі, пересікають ложок або поперечник і переходять на другу постіль. Найбільшу довжину заміряють з допомогою

лінійки і косинця на одній чи другій постелі перпендикулярно ложку чи поперечнику, записують усі тріщини. Якщо довжина тріщин 30мм і більше, то така цегла називається *половняком*.

г) Відбитості та притупленості кутів і ребер визначають по ребру з допомогою косинця та лінійки з точністю до 1мм (рис. 4.3.).

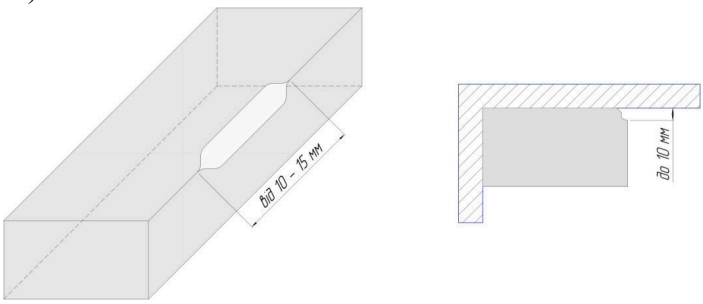


Рисунок 4.3 – Визначення відбитостей та притупленостей кутів і ребер

До журналу записують результати за найбільшим значенням. Наприклад, $l_1 > l_2$, тому записують l_1 = ... мм.

д) Наявність «недопалу» й «перепалу» визначають за кольором і звуком, порівнюючи з еталоном. Світліша цегла й глухий звук при ударі молотком – ознака «недопалу».

е) Для визначення вапняних включень цеглу кладуть на решітку посудини з водою і кип’ятять протягом години. Вапняні включення являються у вигляді білих вкраплень на поверхні цегли. Одержані результати порівнюють з вимогами Держстандарту і роблять висновки про якість цегли.

Таблиця 4.2 - Граничні відхили від номінальних розмірів і допустимі дефекти зовнішнього вигляду згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008

Найменування показника	Допустиме значення відхилів
	Лицьові вироби
Відхили від розмірів, мм, не більше: - для цегли та каменю: за довжиною	±4

за шириною	±3
за товщиною	±2
- для крупноформатного каменю: за довжиною	
за шириною	
за товщиною	
Відхили від прямолінійності ребер і площинності граней виробу, мм, не більше: - за постіллю	3
- за ложком	2
- за поперечником	2
Відхили від перпендикулярності суміжних граней, мм, не більше: - для цегли і каменю	2
- для крупноформатного каменю	
Відбитості кутів завглибшки більше 15 мм, шт.	Не допускаються
Відбитості кутів завглибшки від 3 мм до 15 мм, шт.	1
Відбитості ребер завглибшки більше 3 мм і завдовжки більше 15 мм, шт.	Не допускаються

Продовження таблиці 4.2

Відбитості ребер завглибшки не більше 3 мм і завдовжки від 3 мм до 15 мм, шт.	1
Окремі посічки сумарною довжиною, мм: - для цегли	40
- для каменю	80
Тріщини завширшки більше 0,5 мм, протяжністю до 30 мм за постіллю повнотілої цегли і порожнистих виробів не більше ніж до першого ряду пустот (завглибшки на всю товщину цегли чи на $^1/_2$ товщини поперечникової чи ложкової грані каменів), шт., не більше	Не допускаються
Висоти	Те саме

Примітка 1 Тріщини між порожнинами не є дефектом.
Примітка 2 Відбитості кутів менше 3 мм і відбитості ребер завглибшки менше 3 мм не є дефектами.
Примітка 3 Для рядових виробів допускається чорна середина та контактні плями на поверхні.
Примітка 4 Тріщини завширшки менше 0,5 мм не є дефектами.

4.3 Марка цегли за міцністю

Прилади: сферична чаша, шпатель, металева пластина, папір, совок, металева лінійка, посудина з водою, мірний циліндр, технічні ваги, гідравлічний прес.

Матеріали: портландцемент марки не нижче 400, кварцовий пісок, вода.

Марка цегли визначається за меншим результатом границі міцності при стиску та згині.

Таблиця 4.3 - Розміри керамічної цегли та каменів

№ з/п	Тип виробу	Номінальний розмір, мм		
		довжина (L)	ширина (B)	товщина (H)
1	Керамічна цегла нормального формату – одинарна	250	120	65
2	Керамічна цегла "євро" 1	250	90	65
3	Керамічна цегла "євро" 2	250	85	65
4	Цегла модульних розмірів одинарна	288	138	65
5	Цегла потовщена з горизонтальним розташуванням пустот	250	120	88
6	Цегла потовщена	250	120	88
7	Цегла модульних розмірів потовщена	288	138	88
8	Камінь звичайних розмірів	250	120	138
9	Камінь модульних розмірів	288	138	138
10	Камінь модульних розмірів укрупнений	288	288	88

11	Камінь укрупнений	250	250	138
12	Камінь укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот	250	250	120
13	Камінь крупноформатний	510 398 250 250	250 250 250 180	219 219 188 140
14	Камінь з горизонтальним розташуванням пустот	250	200	70

4.3.1 Визначення границі міцності при стиску

Для визначення границі міцності при стиску готується цементно-піщаний розчин у співвідношенні за масою 1:1 і водоцементним відношенням 0,4 – 0,42. Цеглу опускають на 3-5 хв. у воду. На сталевий лист, на якому лежить аркуш паперу, змочений у воді, наносять розчин товщиною близько 10 мм і кладуть цеглину. На поверхню цієї цеглини також наносять розчин і зверху кладуть другу цеглину (порожниста цегла кладеться порожнинами вниз). Надлишок розчину зрізують ножем. Потім знову беруть такий же аркуш паперу, кладуть на металевий лист та наносять розчин, на який кладуть, перевернувши, зразок. Товщина шва та вирівнюючих шарів поверхні зразків мають бути від 3 до 5 мм. Підготовлені зразки (рис. 4.4) видержують у камері нормального тужавлення 3 доби при $t = 20^0 \pm \pm 3^0$C і відносній вологості – 90-95%. Потім заміряють довжину і ширину верхньої та нижньої поверхні з точністю до 1 мм, визначають площину як середнє арифметичне значення і випробовують. Границю міцності при стиску визначають за формулою, МПа:

$$\sigma_м = \frac{F}{A},\ кгс/см^2\ \sigma_м = \frac{F}{A},\ кгс/см^2 \quad ,$$

де F – руйнуюча сила, кгс, А - площа поперечного перетину, $см^2$.

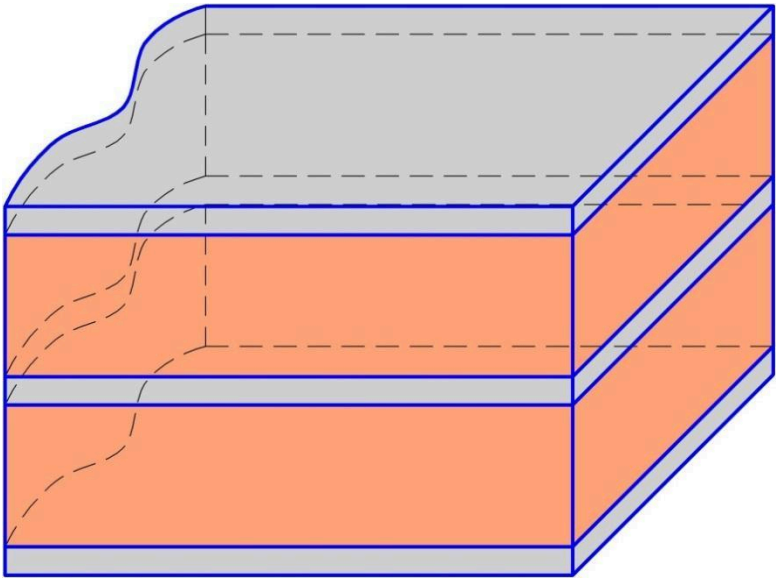


Рисунок 4.4 – Зразок керамічної цегли для визначення границі міцності при стиску

Середнє значення результатів визначають з точністю до 0,1 МПа. Для переведення одиниць виміру у систему СІ результат представляють у МПа (1 МПа = 9,88 $кгс/см^2$).

4.3.2 Визначення границі міцності при згині.

Протягом 3-5 хв. цеглу видержують у воді, потім на верхній постелі, в місці передачі навантаження та на нижній постелі, в місці опирання зразка на опори, наносять із цементного розчину смужки шириною 2-3 см і товщиною 3-5 мм. Смужки роблять за допомогою спеціальної форми та металевої лінійки. Коли цегла порожниста, то спочатку заповнюють розчином порожнини, котрі попадають на опори, а потім наносять смужки.

Зразки керамічної цегли витримують у приміщенні протягом 3 діб, а потім готують зразки (рис. 4.5) для випробування границі міцності при згині, які витримуються у камері нормального тужавлення 3 доби при t = $20^0 \pm \pm$ 2^0C і відносній вологості – 90-95%.

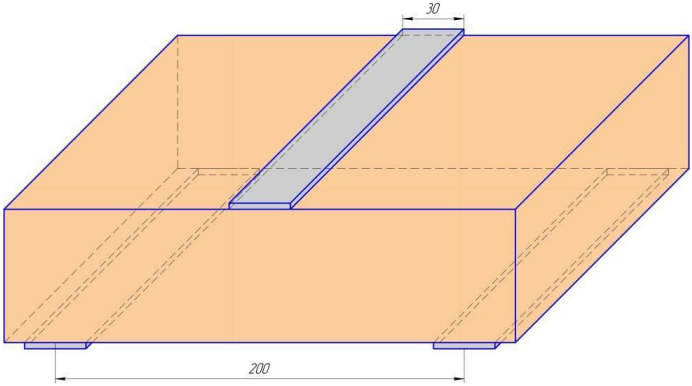


Рисунок 4.5 – Зразок керамічної цегли для визначення границі міцності при згині

Визначають висоту зразка, як середнє арифметичне результатів вимірювань бокових граней і ширину, як середнє арифметичне значення результатів вимірювань верхньої та нижньої граней. Цеглу кладуть на дві опори, з відстанню між центрами 20 см і навантажують, зосередивши вантаж у середині відстані. Границю міцності при згині визначають за формулою:

$$\sigma_{м(зг)} = \frac{3Fl}{2bh^2},\ МПа\ \sigma_{м(зг)} = \frac{3Fl}{2bh^2},\ МПа$$

,

де F – руйнуюча сила, Н;
l – відстань між опорами;
b – ширина зразка;
h – висота зразка.

Загальний висновок про марку цегли (табл. 4.4) необхідно зробити за результатами випробувань на стиск та згин, приймаючи за нижніми показниками. Наприклад: $\sigma_{м(с)}$ $\sigma_{м(с)}$ = 10,0 МПа, а $\sigma_{м(зг)}$ $\sigma_{м(зг)}$ = 12,5 МПа, то марка цегли – 100.

Для визначення коефіцієнта К випробовують зразки, відібрані з десяти партій цегли пластичного формування. З кожної партії випробовують 5 зразків, виготовлених із використанням цементно-піщаного розчину, як вирівнюючого шару, і стільки ж зразків, виготовлених з використанням прокладок з технічної повсті, картону чи прогумованої тканини. Коефіцієнт К обчислюють за формулою:

$$К=\sigma_{м1}/\sigma_{м2}\ \sigma_{м1}/\sigma_{м2},$$

де $\sigma_{м1}$ $\sigma_{м1}$ – границя міцності при стиску зразків відібраних з десяти партій цегли виготовлених із використанням цементно-піщаного розчину, розрахована як середнє арифметичне значення результатів випробувань 50 зразків, МПа.

$\sigma_{м2}$ $\sigma_{м2}$ – границя міцності при стиску зразків, відібраних з десяти партій цегли виготовлених з використанням прокладок з технічної повсті, картону чи прогумованої тканини, розрахована як середнє арифметичне значення результатів випробувань 50 зразків, МПа.

Марка виробів	Границя міцності, МПа							
	При стиску, МПа				При згині, МПа			
	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка
М300	30,0	25,0	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7
М250	25,0	20,0	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
М200	20,0	17,5	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
М175	17,5	15,0	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
М150	15,0	12,5	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0
М125	12,5	10,0	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9
М100	10,0	7,5	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8
М75	7,5	5,0	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7
М50	–	–	5,0	3,5	–	–	–	–
Для цегли та каменів із горизонтальним розташуванням порожнин								
М100	10,0	7,5	–	–	–	–	–	–
М75	7,5	5,0	–	–	–	–	–	–
М50	5,0	3,5	–	–	–	–	–	–
М35	3,5	2,5	–	–	–	–	–	–

Таблиця 4.4 - Марки цегли за міцністю

4.4 Визначення водопоглинання цегли

*Прилади:*ваги з важками, посудина з дерев'яною решіткою та водою.

Дослідження цегли на водопоглинання проводять методом насичення 3-ьох зразків у воді при t=20±2^{0}C протягом 48 год. або у киплячій воді протягом 4 год. Висушену до сталої маси цеглу зважують з точністю до 5 г, кладуть на решітку в посудину з водою, рівень води має бути вищим від верхньої поверхні зразка цегли не менше ніж 20 см. Зразки видержують 48 годин, після чого виймають, обтирають вологою тканиною і зважують. Вода, що витекла на чашу вагів, включається в масу зразка. Водопоглинання визначається за формулою:

$$B_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%, B_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%,$$

де m – маса сухого зразка, m_1 – маса насиченого водою зразка.

За другим методом – цеглу висушують, зважують, кладуть на решітку посудини з водою, доводять до кипіння і кип'ятять 4 год, після охолодження до 20^0 С (доливанням в посудину холодної води) зразок виймають, обтирають вологою тканиною, зважують і визначають водопоглинання.

4.5 Визначення середньої густини цегли

Прилади: лінійка, ваги з важками.

Зразки, попередньо висушені до сталої маси, очищають від пилу і зважують. Об'єм зразків визначають за його геометричними розмірами з похибкою не більше 1 мм. Кожен лінійний розмір зразка визначають як середнє арифметичне значення 3 вимірів: двох паралельних між собою ребер та середньої між ними лінії. Середня густина визначається за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \ \text{кг/м}^3 \ \rho_m = \frac{m}{V}, \ \text{кг/м}^3$$

де m – маса зразка,кг;

V – об’єм зразка, м^3.

За одержаними результатами роблять висновок щодо ефективності цегли.

4.6 Маркування цегли

Умовна позначка виробів при замовленні та в іншій документації повинна містити:

- назву виробу (цегла або камінь);
- матеріал виробів (К – керамічні);
- вид виробу (Р – рядовий, Л – лицьовий);
- тип виробу (Пв – повнотілий, Пр – порожнистий) – тільки для цегли;
- коефіцієнт об'єму (перерахунок на цеглу нормального формату одинарну 250 × 120 × 65 мм) НФ (0,7-14,31 за таблицею 4.2);
- марку за міцністю при стиску (75...300);
- середню густину, кг/м^3;
- марку за морозостійкістю (F15 – F100);
- клас за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів (1 або 2);
- позначку цього стандарту.

Приклади умовних позначок виробів

Цегла керамічна рядова повнотіла розмірами 250 × 120 × 65 мм (1 НФ), марки за міцністю 100, густиною 1650 кг/м^3, марки за морозостійкістю F25, за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів, клас 1

Цегла КРПв-1НФ-М100-1650-F25-1-ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Примітка. В умовних познаках лицьових виробів замість літери "Р" вводиться літера "Л".

Цегла керамічна рядова порожниста розмірами 250 мм × 120 мм × 65 мм (1 НФ), марки за міцністю 150, густиною 1480 кг/м^3, марки за морозостійкістю F35, за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів, клас 1

Цегла КРПр-1НФ-М150-1480-F35-1-ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

4.7 Контрольні запитання

1 Охарактеризувати основні стадії виробництва будівельної кераміки.
2 Поділ керамічних матеріалів і керамічних виробів на групи?
3 Визначення якості цегли за зовнішнім виглядом.
4 Визначення границі міцності цегли при стиску.
5 Визначення границі міцності цегли при згині.
6 Як роблять висновок про марку цегли?
7 Визначення водопоглинання цегли.
8 Як визначають середню густину цегли?

Лабораторна робота № 5

ГІПСОВІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Мета роботи – вивчити діючі методи дослідження випробування властивостей гіпсових в'яжучих і визначити галузь їх застосування.

5.1 Загальні відомості

Гіпсові в'яжучі речовини отримують шляхом випалювання природного гіпсового каменя ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). За умовами випалювання гіпсові в'яжучі поділяються на дві групи:

- Низьковипалювальний (температура випалювання 150-180^{0}C).
- Високовипалювальний (температура випалювання 600-950^{0}C).

Низьковипалювальний гіпс – будівельний і високоміцний гіпс. Це швидкотужавіючі і швидкотверднучі в'яжучі.

Будівельний гіпс отримують у варильних котлах за реакцією:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 0.5H_2O + 1.5H_2O.$$

При цьому частково відокремлюється кристалізаційна вода й утворюється напівводний гіпс β - модифікації. Застосовується він у виробництві гіпсових і гіпсобетонних виробів, тинькувальних (штукатурних) декоративних деталей.

Високоміцний гіпс отримують запарюючи двоводний гіпс у спеціальних герметично закритих котлах – автоклавах під тиском 0,2 - 0,3 МПа, що і сприяє утворенню α модифікації ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$). Цей гіпс у 2 – 3 рази міцніший за будівельний ($\sigma_{мс}$ = 150 – 400 кгс/см^2) і потребує менше води (водопотреба 35 – 45 %). Застосовується високоміцний гіпс у виробництві гіпсових та гіпсобетонних виробів, для виготовлення форм у фарфоро-фаянсовій і машинобудівельній промисловості.

Після замішування низьковипалювального гіпсу з водою тісто дуже швидко починає тужавіти і переходить у твердий каменеподібний стан, втрачає пластичність. Напівводний гіпс сполучається з водою і знову перетворюється у двоводний – за реакцією:

$$CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1.5H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O.$$

Високовипалювальний гіпс (естрих-гіпс) отримують, випалюючи двоводний гіпс або ангідрид при 600 - 950^0 С за реакціями:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1.5H_2O,$$

$$CaSO_4 \rightarrow CaO + SO_3\uparrow.$$

Застосовується високовипалювальний гіпс для тинькувальних розчинів, штучного мармуру, основи підлоги під лінолеум.

Властивості гіпсу оцінюються числовими показниками згідно з Держстандартом.

Приклад умовної познаки гіпсового в'яжучого будівельного марки Г-5. нормальнотужавіючого (групи Н), середнього помелу (класу ІІ):

«Гіпсове в'яжуче будівельне Г-5 Н-ІІ ДСТУ Б В 2.7-82:2010»

5.2 Визначення стандартної консистенції (нормальної густоти) гіпсового тіста

Стандартна консистенція (нормальна густота) характеризується діаметром розпливу гіпсовою тіста, що витікає із циліндра при його піднятті на висоту не менше ніж 100 мм. Діаметр розпливу повинен бути рівним (180±5) мм.

Прилади: чаша місткістю більше 500 см^3, ручна мішалка, віскозиметр Суттарда (рис. 5.1), сталева лінійка, ваги, мірний циліндр, секундомір.

Віскозиметр Суттарда складається із мідного або латунного циліндра із внутрішнім діаметром 5,0 см, висотою

Таблиця 5.1 - Вимоги до марок гіпсових в’яжучих

Марка в'яжучого	Границя міцності зразків - балочок розмірами 4,0×4,0×16,0 см через 2 години після виготовлення, МПа	
	При стиску	При згині
Г - 2	2	1,2
Г - 3	3	1,8
Г - 4	4	2,0
Г - 5	5	2,5
Г - 6	6	3,0
Г - 7	7	3,5
Г - 10	10	4,5
Г - 13	13	5,5
Г - 16	16	6,0
Г - 19	19	6,5
Г - 22	22	7,0
Г - 25	25	8,0

Таблиця 5.2 - Вимоги до термінів тужавлення гіпсу

Назва групи гіпсового в'яжучого	Індекс термінів тужавіння	Термін тужавлення, хв	
		початок, не раніше	кінець, не пізніше
Швидкотужавіюче	Ш	2	15
Нормальнотужавіюче	Н	6	30
Нормальнотужавіюче спеціальне	НС	10	30
Повільнотужавіюче	П	20	120
Особливоповільнотужавіюче	ОП	20	180

Таблиця 5.3 - Вимоги до тонкості помелу

Назва класу гіпсового в'яжучого	Познака	Залишок на ситі з розмірами вічка в світлі 0,2 мм, %, не більше
Грубого помелу	I	23
Середнього помелу	II	14
Спеціального помелу	IIс	8
Тонкого помелу	III	2
Особливо тонкого помелу	IV	0,1

Таблиця 5.4 -Можливі галузі використання гіпсових в’яжучих

Марки і види гіпсових в’яжучих	Галузь використання гіпсових в’яжучих
Г – 2...Г – 7 усіх термінів тужавіння і ступені помелу	Виробництво гіпсових і гіпсобетонних виробів усіх видів
Г – 2...Г – 7 тонкого та середнього помелу, швидкого і нормального тужавіння	Виробництво тонкостінних будівельних і декоративних деталей
Г – 2...Г – 25 нормального й повільного тужавіння, тонкого і середнього помелу	Виробництво штукатурних розчинів, зашпаклювання швів і спеціальні цілі

10 см, і квадратного листового скла (сторона – 25 см), на якому нанесені концентричні кільця.

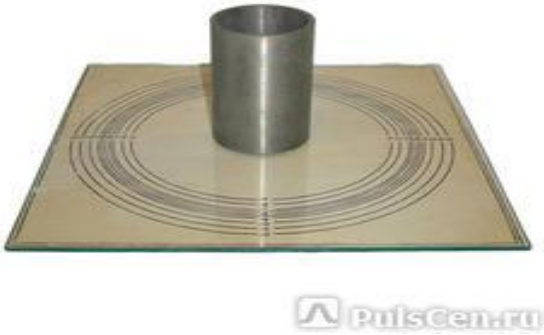


Рисунок 5.1 – Прилад Суттарда

Проведення експерименту

Спочатку вологою, м’якою тканиною зволожують внутрішню поверхню циліндра, скло і чашу. Потім у чашу вливають необхідну кількість води (маса її залежить від властивостей в’яжучого) та за 2-5 с всипають 300 - 350г гіпсового в’яжучого. Масу змішують ручною мішалкою протягом 30 с починаючи відлік часу від початку засипання гіпсового в'яжучого у воду. Після закінчення перемішування циліндр, встановлений у центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом, надлишок якого зрізають лінійкою. Через 45 с, рахуючи від початку засипання гіпсового в'яжучого у воду, або через 15 с після закінчення перемішування циліндр дуже швидко піднімають вертикально на висоту не менше 100 мм і відводять у сторону. Діаметр розпливу вимірюють безпосередньо після підняття циліндра лінійкою у двох перпендикулярних напрямах з похибкою не більше 5 мм і вираховують середнє арифметичне значення. Якщо діаметр розпливу тіста не відповідає (180±5) мм, випробування повторюють з іншою кількістю води.

5.3 Визначення термінів тужавлення гіпсового тіста

Прилади і матеріали: прилад Віка з голкою масою 300±2 г, чаша, ручна мішалка, ваги, лінійка, мірний циліндр, секундомір.

Проведення експерименту

Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається стержень приладу Віка, а також нульове положення рухомої його частини.

Кільце, попередньо протерте, змазане мінеральним маслом і встановлене па поліровану пластинку, заповнюють тістом. Для видалення повітря, що попало у тісто, кільце з пластинкою 4-5 разів струшують шляхом піднімання і опускання однієї із сторін пластинки приблизно на 10 мм. Після цього надлишки тіста зрізають лінійкою і заповнену форму на пластинці встановлюють на основу приладу Віка.

Рухому частину приладу з голкою встановлюють у таке положення, при якому кінець голки торкається поверхні гіпсового тіста, після цього голку вільно опускають у кільце з тістом. Занурення роблять один раз через кожні 30 с, починаючи з цілого числа хвилин. Після кожного занурення голку старанно витирають, а пластинку разом з кільцем переміщують так, щоб голка при новому занурюванні попадала в інше місце поверхні тіста.

Початок тужавлення визначають числом хвилин, що пройшли від моменту добавлення в'яжучого у воду до моменту, коли вільно опущена голка після занурення у тісто перший раз не доходить до поверхні пластинки, а кінець тужавлення - коли вільно опущена голка занурюється на глибину не більше 1 мм. Час від початку і кінця тужавлення виражають у хвилинах.



Рисуноу 5.2 – Прилад Віка з голкою

5.4 Визначення марки гіпсу

5.4.1 Виготовлення зразків балочок

Прилади і матеріали: металеві форми-балочки, мастило, чаша, ручна мішалка, ваги, гіпс, вода.

Визначення міцності зразків, виготовлених із гіпсового тіста стандартної консистенції, проводять через 2 год після контакту гіпсового в'яжучого з водою.

5.4.2 Визначення границі міцності при згині

Для виготовлення зразків беруть пробу гіпсового в'яжучого масою від 1,0 до 1,6 кг. Гіпсове в'яжуче протягом 5-20 с засипають в чашку з водою, взятою у кількості, необхідній для отримання тіста стандартної консистенції, інтенсивно перемішують ручною мішалкою протягом 60 с до отримання однорідного тіста, яке заливають у форми. Попередньо внутрішню поверхню металевих форм змащують мінеральним маслом середньої в'язкості. Відсіки форми заповнюють одночасно, для чого чашку з гіпсовим тістом рівномірно переміщують над формою. Для видалення

затягнутого повітря після заповнення форму струшують 5 разів, для чого її піднімають за торцеву сторону на висоту від 8 до 10 мм і опускають. Після настання початку тужавлення надлишки гіпсового тіста знімають лінійкою, пересуваючи її по верхніх крайках форми перпендикулярно до поверхні зразків. Через (15±5) хв після закінчення тужавлення зразки витягають із форми, маркують і зберігають у приміщенні для випробувань.

Для проведення випробувань виготовлені зразки встановлюють на опори таким чином, щоб ті грані, які були горизонтальними при виготовленні, знаходились у вертикальному положенні. Схема розташування зразка на опорних валиках показана на рисунку 5.2.

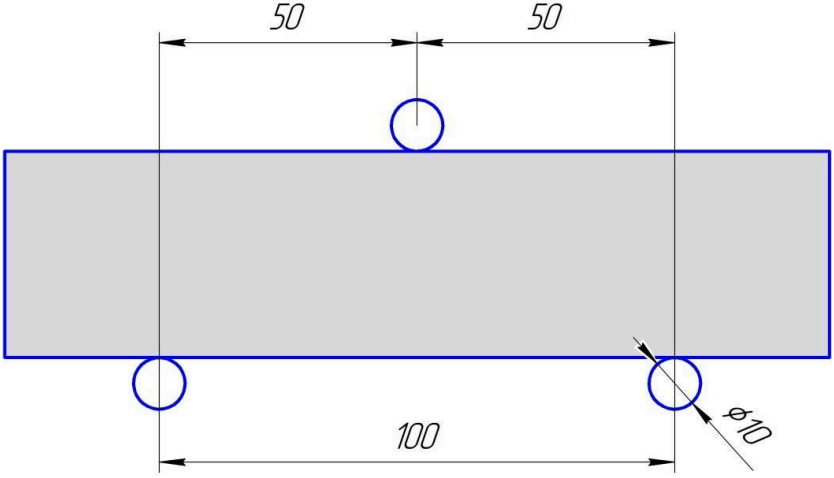


Рисунок 5.2 – Схема розташування зразка на опорних валиках

Розрахунок границі міцності при згині $\sigma_{зг}$ виконують за формулою:

$$\sigma_{зг} = \frac{3Fl}{2bh^2}, (кгс/см^2)$$

або

$$\sigma_{зг} = 0{,}0234 \times F\ (кгс/см^2)$$

$$\sigma_{зг} = 0{,}0234 \times F\ (кгс/см^2)\ ,$$

де F – руйнівне навантаження в МПа або кгс/см^2; *l* – відстань між опорами, см; *b, h* – відповідно ширина і висота зразка, см.

5.4.3 Визначення границі міцності при стиску

Отримані після випробувань при згині шість половинок балочок зразу піддають випробуванням при стиску. Зразки розміщують між двома пластинами таким чином, щоб бокові грані, які при виготовленні прилягали до поздовжніх стінок форм, знаходились на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої гладкої грані зразка. Зразок разом з пластинами піддають стисненню на пресі. Час з початку рівномірного навантаження зразка до його руйнування повинен складати від 5 до 30 с, середня швидкість наростання навантаження при випробуванні повинна бути (10±5) Н за секунду.

Границю міцності при стиску одного зразка визначають за формулою:

$$\sigma_{мс} = \frac{F}{A},\ \sigma_{мс} = \frac{F}{A},\ (кгс/см^2)$$

де F – руйнуюче навантаження кгс;

А – площа стискаючих пластинок – 25 см^2.

За границю міцності при стиску беруть середнє арифметичне значення із найбільших 4-ох результатів.

5.5 Визначення тонкості помелу гіпсу

Прилади і матеріали: сушильна шафа; ваги технічні з похибкою вимірювання не більше 0,05 г; сито з розмірами вічок у просвіті 0,2 мм; термометр із шкалою до 100°С; установка для механічного просіювання.

Проведення експерименту

Пробу гіпсового в'яжучого масою 50 г, зважену з похибкою не більше 0,1 г, попередньо висушену у сушильній шафі протягом 1 год при температурі (50±5)°С, висипають на сито і просіюють ручним або механічним способом.

Просіювання вважається закінченим, якщо крізь сито протягом 1 хв при ручному просіюванні проходить не більше 0,05 г гіпсового в'яжучого.

Тонкість помелу окремої проби визначають у відсотках з похибкою не більше 0,1 %, як відношення маси гіпсового в'яжучого, що залишилося на ситі, до маси початкової проби. За величину тонкості помелу приймають середнє арифметичне результатів двох випробувань.

Одержані показники зіставити з даними табл. 5.1., 5.2., 5.3., 5.4., перенести в робочий зошит і зробити висновок за строками тужавлення, маркою, тонкістю помелу й галуззю застосування дослідженого гіпсу.

5.6 Контрольні запитання

1 Отримання будівельного і високоміцного гіпсу.
2 Як визначають стандартну консистенцію гіпсового тіста?
3 Визначення терміну тужавлення гіпсового тіста.
4 Як визначають границю міцності зразків із гіпсового тіста при згині?
5 Як визначають границю міцності зразків із гіпсового тіста на стиск?
6 Визначення тонкості помелу тіста.

Лабораторна робота № 6

ВАПНО БУДІВЕЛЬНЕ

Мета роботи – вивчити діючі методи випробування властивостей будівельного вапна і визначити галузь його застосування.

6.1 Загальні відомості

Будівельне повітряне вапно – це в'яжуча речовина, яка утворюється при помірному випалюванні (900 – 1000^0C) карбонатних порід (вапняку, крейди, черепашнику, доломітизованих вапняків), які містять не більше ніж 6% глинистих домішок. Для випалення використовують шахтні, обертові, кільцеві і наземні випалювальні печі. У зоні випалювання відбуваються розкладання вуглекислого кальцію за реакцією:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow,$$

при цьому утворюється грудкове вапно CaO. Нерівномірність розподілу температур у печах часто призводить до утворення в грудковому вапні недопалених і перепалених частинок. «Недопал» є баластом і зменшує вихід гашеного вапна. Особливо небезпечний «перепал», який не тільки затримує гашення вапна, але може спричинити розтріскування, отже, і руйнування розчинів та бетонів.

За зовнішнім виглядом розрізняють:

1 Негашене мелене вапно. Здобувають його при механічному подрібненні грудкового вапна. Воно швидко тужавіє і твердіє. Мелене вапно гаситься в процесі виготовлення розчинних сумішей, тому його екзотермічність сприяє випаровуванню вологи з вапняного розчину і прискорює тверднення. Вироби з меленого вапна відрізняють вищою міцністю, водо - і морозостійкістю.

2 Гашене вапно. Гашення вапна водою відбувається за реакцією:

$$CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Q.$$

При гасінні об'єм вапна збільшується в 2 – 3 рази. Залежно від кількості води, взятої для гашення, виходить вапно–пушонка або вапняне тісто. Вапно- пушонка являє собою пухкий вологий порошок білого кольору з середньою густиною 400 – 600 кг/м^3. Щоб одержати пушонку, беруть 50 – 70 % води від маси вапна. Вапняне тісто одержують у тому разі, коли вода становить приблизно 100 % від маси вапна. Середня густина вапняного тіста дорівнює 1300 – 1400 кг/м^3. Це вапно твердне повільно і набирає невисокої міцності.

Твердне повітряне вапно в результаті випаровування води, кристалізації гідроксиду кальцію, а також карбонізації (процес взаємодії гідроксиду кальцію з вуглекислим газом повітря):

$$Ca(OH)_2 + CaO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O.$$

Таблиця 6.1 - Вимоги за Держстандартом до будівельного вапна

Найменування показників	Кальцієве негашене вапно без добавок сортів		
	1	**2**	**3**
Активні CaO+MgO, % не менше:	90	80	70
Непогашені зерна, % не більше:	7	11	14
Швидкого гашення	До 8 хв.		
Середнього гашення	До 25 хв.		
Повільного гашення	Понад 25 хв.		

6.2 Визначення вмісту активних оксидів кальцію і магнію

Прилади і матеріали: ваги, ступка фарфорова, ексикатор, колба із скла ємністю 250см^3, воронка, штатив із

бюреткою, піпетка, дистильована вода, 1%–ний спиртовий розчин фенолфталеїну, 1 н. розчин HCI, кальцієве вапно.

Підготовка проб

Із проби вапна подрібненого до розміру грудок не більше 10 мм квартуванням відбирають 1 кг для визначення вмісту непогашених зерен і пробу масою 500 г. Цю пробу подрібнюють до повного проходження через сито №09 та старанно перемішують потім квартуванням відбирають приблизно 150 г розтирають до повного проходження через сито № 008 і кладуть у герметично закриту посудину, використовують для проведення випробувань.

Проведення експерименту

Наважку масою 1 г поміщають в конічну колбу місткістю 250 мл. наливають 150 мл дистильованої води, добавляють 3–5 скляних бус або оплавлених скляних паличок завдовжки 5–7 мм, закривають скляною воронкою або годинниковим склом і нагрівають 5–7 хв до температури кипіння. Розчин охолоджують до температури 20–30°С, промивають стінки колби і скляну воронку (або годинникове скло) кип'яченою дистильованою водою, добавляють 2–3 краплі 1%–вого спиртового розчину фенолфталеїну і титрують при постійному збовтуванні 1Н розчином соляної кислоти до повного знебарвлення розчину. Титрування вважають закінченим, якщо протягом 8 хв при періодичному збовтуванні розчин залишиться безбарвним.

Титрування необхідно проводити повільно, добавляючи кислоту краплями.

Вміст активних оксидів кальцію і магнію визначають у відсотках для вапна вираховують за формулою:

$$CaO + MgO = \frac{VT_{CaO}}{Q} 100\%$$

$$CaO + MgO = \frac{VT_{CaO}}{Q} 100\%,$$

де V – об'єм розчину 1Н соляної кислоти, який витрачений на титрування, мл;

T_{CaO} – титр 1Н розчину соляної кислоти, виражений у грамах CaO (0,02804 г/см^3),

Q – маса наважки вапна, г.

6.3 Визначення температури і швидкості гашення вапна

Прилади і матеріали: ваги, секундомір, термометр, дерев'яна паличка, негашене вапно.

Проведення експерименту

Кількість необхідного вапна розраховуємо за формулою:

$$m = \frac{1000}{CaO + MgO}, \text{г}$$

Наважку вапна m висипають у термос, вливають туди 25 мл води з температурою 20°С і швидко перемішують дерев'яною відполірованою паличкою. Термос закривають корком із щільно встановленим в ньому термометром на 100°С з поділкою 1°С і залишають у спокої. Ртутна кулька термометра повинна бути повністю занурена у суміш, що реагує. Відлік температури суміші проводять через кожну хвилину, починаючи з моменту добавлення води. Визначення вважається закінченим, коли протягом 4 хвилин температура підвищується не більше ніж на 1°С.

Допускається при проведенні випробувань замість термосу застосовувати термоізольовану скляну ємкісгь, яка забезпечує дотримання передбачених умов випробування.

За час гашення приймають час з моменту добавлення води до початку періоду, коли збільшення температури не перевищує 0,25°С за хвилину.

6.4 Визначення вмісту непогашених зерен

Прилади і матеріали: циліндр об'ємом 10 л, сушильна шафа, ваги, сито №063, скляна паличка, непогашене вапно.

Недопалені і перепалені частинки вапна знижують його якість. Недопал, погіршує його пластичність і піскоємність. Перепалені частинки повільно гасяться й збільшуються в об’ємі, що призводить до руйнування штукатурного шару.

Проведення експерименту

У металеву посудину циліндричної форми місткістю 8–10 л наливають 3,5–4 л води, нагрітої до температури 85–90°С, і всипають 1 кг вапна при безперервному перемішуванні до закінчення інтенсивного виділення пари (кипіння). Посудину з тістом закривають кришкою і витримують 2 год, потім тісто розбавляють холодною водою до консистенції вапняного молока і промивають на ситі №063, легенько розтираючи м'які кусочки плоским кінцем скляної палички. Залишок на ситі висушують при температурі 140–150°С до постійної маси. Вміст непогашених зерен визначають у відсотках за формулою:

$$Н.З. = \frac{m}{1000} 100\% \, Н.З. = \frac{m}{1000} 100\%,$$

де m – залишок на ситі після висушування, г;

1000 маса наважки вапна, г.

Результати дослідів заносять у таблицю робочого зошита, зіставляючи з показниками Держстандарту, визначають сорт дослідженого вапна і вказують галузь його застосування.

6.5 Контрольні запитання

1 Характеристика вапна будівельного.
2 Як розрізняють за зовнішнім виглядом вапно?
3 Визначення вмісту оксидів кальцію і магнію?
4 Визначення температури і швидкості гашення вапна?
5 Визначення вмісту непогашених зерен?

Лабораторна робота № 7

ВЛАСТИВОСТІ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЦЕМЕНТІВ

Мета роботи – вивчити діючі методи випробування властивостей цементу і визначення галузі його застосування.

7.1 Визначення тонкості помелу цементу ситовим методом

Прилади і матеріали: Сито №008, прилад для механічного просіювання цементу, шафа сушильна, ваги.

Основним показником тонкості помелу цементу є залишок на ситі №008 (з розміром комірки 0,08×0,08 мм). Цемент із залишком на ситі №008 більшим 15% рахують браком, оскільки грубі частинки розміром більше 80...100 мкм взаємодіють з водою дуже повільно і знижують міцності показники в'яжучого.

Проведення експерименту

Пробу цементу висушують в сушильній шафі за температури від 105 °С до 110 °С протягом 2 год та охолоджують в ексикаторі.

За умови використання приладу для механічного просіювання зважують 50 г цементу і висипають його на сито, споряджене піддоном. Закривають обичайку кришкою і встановлюють цей комплект у прилад для механічного просіювання. Тривалість просіювання становить 20 хв.

Після зупинки приладу, цемент, що залишився на ситі, піддають контрольному просіюванню. Просіювання виконують вручну на листі паперу протягом хвилини.

Якщо при контрольному просіюванні крізь сито проходить не більше ніж 0,05 г цементу, вважають, що операцію просіювання закінчено.

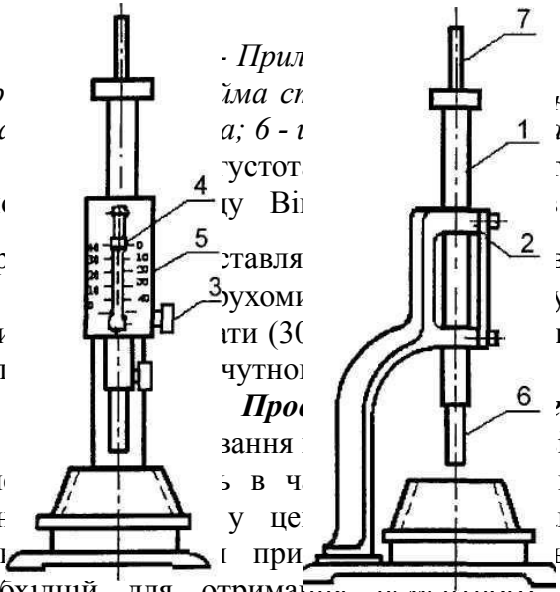
Тонкість помелу цементу визначають як залишок на ситі №008 у відсотках від попередньої маси проби, що надана на випробування.

$$T_{008} = \frac{m_{008}}{m_0} 100\% \; T_{008} = \frac{m_{008}}{m_0} 100\%,$$

де m_{008} m_{008} – залишок на ситі №008, г; m_0 m_0 – маса вихідної наважки, г.

7.2 Визначення нормальної густоти цементного тіста

*Прилади і матеріали:*Прилад Віка з товкачиком, мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.



· Прил *леталевий*
стр *йма с* *рний пристрій; 4 -*
пок *а; 6 - г* *ибо голка.*

Про *нту*

густоти цементного тіста визначається за допомогою приладу Віка. На нижню частину стержня 5 надівають товкачик ⌀10 ± ± 0,1 мм. Пристрій 4 з рухомим стержнем 3, що закріплені на стрижні (30 мм) повинні рухатись точно вертикально.

Для визначення нормальної густоти цементного тіста відважують 400±1 г цементу, висипають в чашу, протерту вологою тканиною, і роблять у центрі заглиблення, в яке вливають воду в кількості, приблизно необхідній для отримання цементного тіста нормальної густини. Кількість води для першого пробного замісу беруть

100-112 $см^3$, тобто 25-28% маси цементу. Заглиблення, в яке була налита вода, за допомогою лопатки заповнюють цементом і через 30 секунд після додавання води обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою у взаємно перпендикулярних напрямах, періодично повертаючи чашу на 90°.

Тривалість перемішування і розтирання складає 5 хв. з моменту додавання води.

Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається стержень приладу Віка, а також записують нульовий показник приладу при дотиканні товкачика до пластинки, на якій розміщене кільце. Кільце і пластинку перед початком випробовувань змащують тонким шаром машинного масла.

Приготоване цементне тісто вкладають у кільце за один прийом і 5...6 разів струшують, постукуючи по твердій основі. Поверхню тіста вирівнюють з краями кільця, зрізуючи надлишок його ножем, протертим вологою тканиною. Негайно після цього приводять товкачик приладу в дотик з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стержень стопорним пристроєм.

Потім звільняють стержень і дають можливість товкачику вільно занурюватись у цементне тісто на протязі 30 секунд, після цього проводять відлік глибини занурення по шкалі. Кільце з тістом під час відліку не повинне піддаватись поштовхам.

За нормальну густоту цементного тіста (НГТ) приймають таку його консистенцію, при якій товкачик приладу Віка, занурений у кільце до цього приладу, заповнене тістом, не доходить на відстань від 5 мм до 7 мм до пластинки, на якій установлене кільце. За умови отримання невідповідної консистенції цементного тіста змінюють кількість води і знову замішують тісто, доки не буде досягнуто занурення товкачика на потрібну глибину – на відстань (6 ± 1) мм від поверхні

пластинки, що підкладають під кільце. Опрацювання і наведення результатів випробувань

Нормальну густоту цементного тіста характеризують вмістом води, що потрібна для замішування і отримання консистенції цементного тіста відповідно до вимог п. 6.3 ДСТУ Б В.2.7-185:2009. НГТ виражають у відсотках маси води від маси цементу і визначають з точністю до 0,25 %.

7.3 Визначення строків тужавлення

*Прилади і матеріали:*прилад Віка з голкою, мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.

Експеримент проводять за допомогою приладу Віка, в якому товкачик замінюють голкою ⌀1,1 ± ± 0,04 мм, Голка повинна бути виготовлена із стального нержавіючого дроту. Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається голка приладу Віка, а також записують нульовий показник приладу при дотиканні голки до пластинки, на якій розміщене кільце.

За результатами попереднього досліду готують тісто нормальної густоти, заповнюють ним кільце, яке розміщують під голкою приладу. Голку приводять в дотик з тістом, закріпляють стержень стопором, потім звільняють його, даючи можливість голці вільно занурюватись у тісто на протязі 30 секунд, потім роблять відлік за шкалою. Занурення проводять через кожні 10 хв., пересуваючи кільце кожен раз так, щоб голка не потрапляла на попереднє місце. Після кожного занурення голку витирають.

Початком строку тужавлення цементного тіста нормальної густоти визначають строк, який минув від початку замішування тіста (часу додавання води) до того часу, коли голка при зануренні в тісто не доходить до пластинки на відстань від 2 мм до 4 мм.

Кінцем строку тужавлення цементного тіста нормальної густоти вважають строк від початку замішування тіста до часу, коли голка занурюється у тісто не більше ніж на відстань від 1 мм до 2 мм.

7.4 Виготовлення зразків для визначення марки цементу

*Прилади і матеріали:*Змішувач цементного розчину для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, струшуючий столик і форма-конус, штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок, вібромайданчик, штангенциркуль, терези, мірний циліндр.

Виготовлення цементного розчину

Для приготування цементного розчину зважують 1500±5 г стандартного піску, 500±1 г цементу і 195±1 г води (В/Ц = 0,39). Складники завантажують у чашу лопатевого змішувача (рис. 7.2), яку попередньо протирають вологою тканиною, у наступній послідовності: пісок, вода, цемент. Чашу встановлюють на змішувач і перемішують складові протягом 120±10 с.

Перевірка консистенції цементного розчину

Форму-конус з центруючим пристроєм встановлюють на диск струшувального столика. Внутрішню поверхню конуса і диск столика перед випробуванням протирають вологою тканиною.

Після закінчення змішування заповнюють розчином форму-конус наполовину висоти і ущільнюють 15 штикуваннями штиковкою. Потім заповнюють конус розчином із невеликим надлишком і штикують 10 разів.

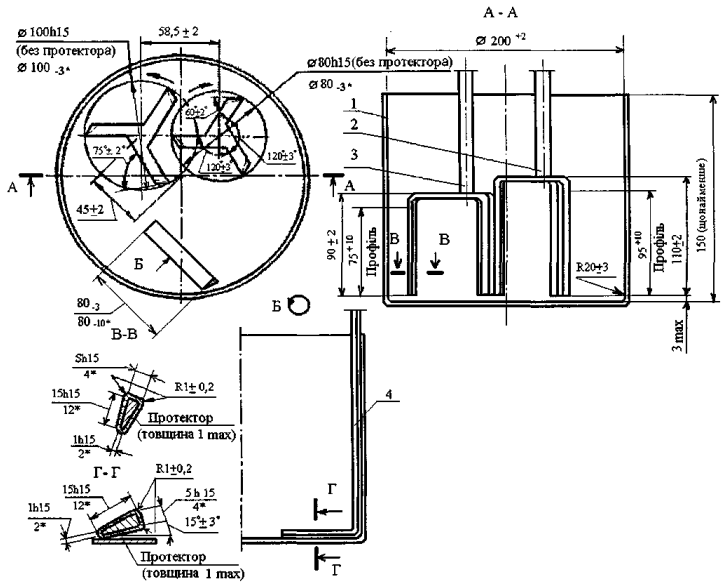


Рисунок 7.2 – Схема змішувача цементного розчину: 1 – чаша; 2 – ведуча лопать; 3 – ведена лопать; 4 – лопать-скребок

Після ущільнення поверхневого шару надлишок розчину видаляють ножем, який розташовують під невеликим кутом до торцевої поверхні конуса, розгладжують з натиском розчин рівно з краями конуса, потім конус знімають, підіймаючи у вертикальному напрямку. Ніж попередньо протирають вологою тканиною.

Розчин протягом (30 ±5) с струшують на столику 30 разів, після чого штангенциркулем вимірюють діаметр конуса за нижньою основою у двох взаємно перпендикулярних напрямках і беруть середнє значення. Розплив конуса з В/Ц = 0,39 має бути не менше ніж 106 мм.

Якщо розплив конусу виявиться менше ніж 106 мм, кількість води збільшують для одержання розпливу конуса не

менше ніж 106 мм.

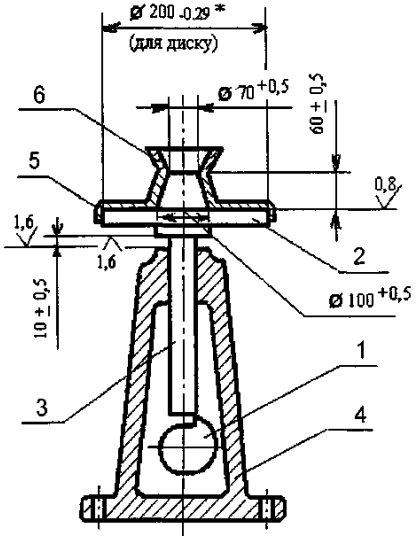


Рисунок 7.3 – Струшувальний столик і форма-конус: 1 – кулачок; 2 – диск; 3 – шток; 4 – станина; 5 – форма-конус з центруючим пристроєм; 6 – насадка

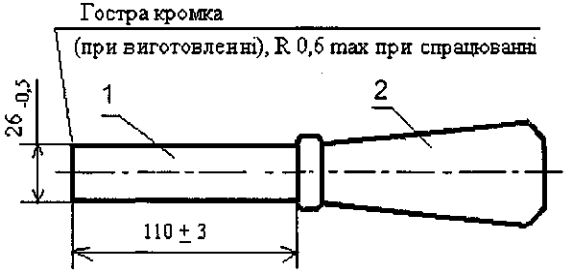


Рисунок 7.4 – Штиковка:1 – стрижень, 2 – рукоятка

Виготовлення цементних зразків.

Для визначення марки цементу виготовляють 3 зразки в стандартній формі-трійці. Внутрішню поверхню стінок і піддона форми змащують машинним маслом. На зібрану форму ставлять насадку. Зразки-балочки виготовляють із цементного розчину нормальної консистенції. Для ущільнення розчину форму з насадкою закріплюють на вібромайданчику, потім заповнюють розчином по висоті приблизно на 1 см і включають вібромайданчик. На протязі перших двох хвилин вібрації всі три комірки форми рівномірно невеликими порціями заповнюють розчином. Через 3 хв після початку вібрування майданчик виключать. Форму знімають, зрізують ножем, змоченим водою, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків врівень з краями форми і маркують кожний зразок.

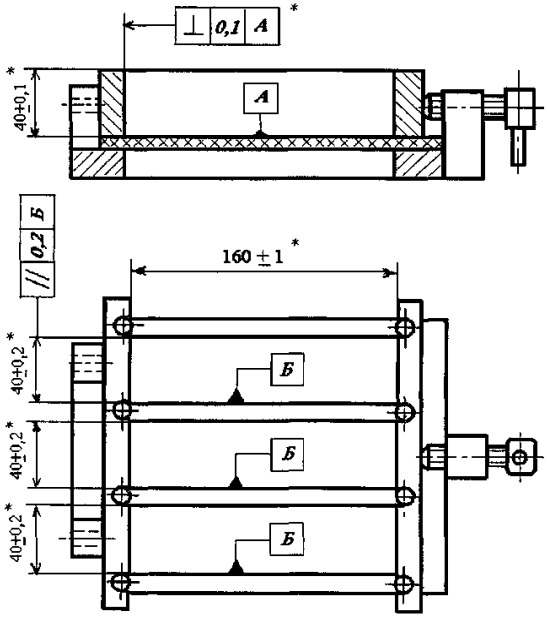


Рисунок 7.5 – Форми для зразків-балочок

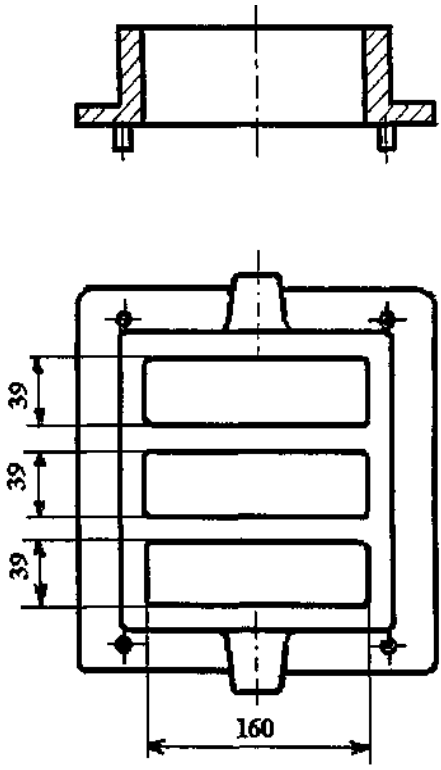


Рисунок 7.6 – Насадка до форм

Після виготовлення зразки в формах зберігають 24 ± ± 2 год у ванні з гідравлічним затвором. Потім зразки обережно виймають із форми і розміщують у ванні з питною водою так, щоб вони не торкались один до одного. Вода повинна покривати зразки не менше ніж на 2 см і її потрібно міняти кожні 14 діб. Температура води повинна бути 20 ± ± 2°С. Загальний строк зберігання - 28 діб, після чого зразки випробовують.

7.5 Визначення марки цементу
Визначення границі міцності на згин

Для випробувань міцності зразків-балочок на згин можуть бути використані прилади будь-якої конструкції, що задовольняють наступним вимогам.

Середня швидкість збільшення випробувального навантаження на зразок повинна бути 0,05±0,01 кН/с. Захват для встановлення зразка повинен бути оснащений циліндричними елементами, наприклад, роликами, що виготовлені з сталі твердістю від 56 до 61 HRC.

Нижні опорні елементи повинні мати можливість повороту відносно горизонтальної осі, що лежить на нижній опорній площині зразка і є віссю її поздовжньої симетрії.

Схема розташування зразка на опорних елементах, їх форма, розміри і взаємне розташування наведені на рисунку 7.7.

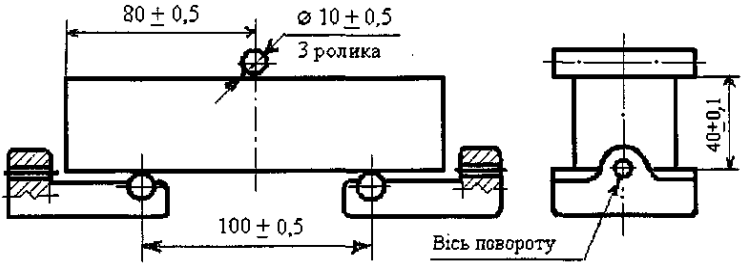


Рисунок 7.7 – Схема розташування зразка на опорних елементах

Результат випробування міцності на згин обчислюють як середнє арифметичне значення, отриманих при випробуванні трьох зразків-балочок. Кожен результат має бути наведений із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Середнє арифметичне значення наводять із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Визначення границі міцності на стиск

На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі (рис. 7.8). Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які при виготовлені прилягали до стінок форми, знаходились на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа опирання зразків на пластини складає 25 см^2.

Для визначення межі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200…250 кН. Середня швидкість росту навантаження при проведенні випробувань повинна бути 2,4 ± 0,2 кН/с. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування і визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

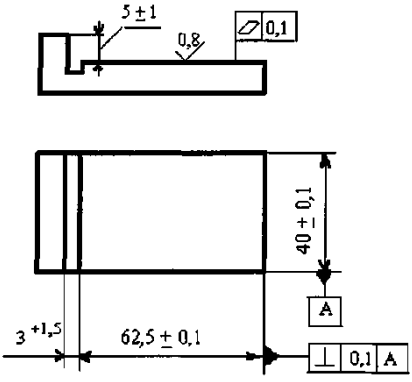


Рисунок 7.8 – Пластинки для передачі навантаження

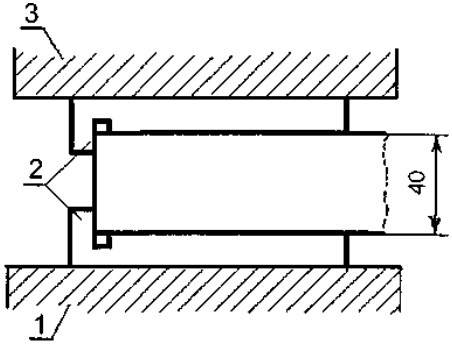


Рисунок 7.9 – Схема випробування зразків-балочок на стиск: 1 – нижня плита преса; 2 – пластинки; 3 – верхня плита преса

Міцність на стиск окремого зразка обчислюють як частку від ділення величини руйнівного навантаження в Н на робочу площу пластинки мм^2, тобто на 2500 мм^2.

Результат випробування міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне значення чотирьох найбільших результатів, отриманих при випробуванні трьох зразків-балочок. Кожен результат наводять із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Якщо одиничне значення з шести результатів відрізняється від середньоарифметичного більше ніж на ±10 %, його відкидають, а середнє арифметичне значення вираховують із п'яти результатів, які залишились. Якщо одиничне значення з п'яти результатів відрізняється від середньоарифметичного більше ніж на ±10 %, всі результати випробувань відкидають, і визначення міцності повторюють.

Середнє арифметичне значення наводять із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Таблиця 7.1 - Вимоги до міцності цементів

Марка цементу	Міцність при стиску в МПа, не менше		
	2 доби	7 діб	28 діб
300	-	15,0	30,0
400	-	20,0	40,0
400Р	15,0	-	40,0
500	15,0	-	50,0
500Р	20,0	-	50,0

Таблиця 7.2 - Типи і склад цементів

Тип	Назва	Позначення	У відсотках (по масі)				
			Основні компоненти				
			Клінкер	Доменний гранульований шлак, Ш	Пуцолану П	Зола виносу, З	Вапняк, В
I	Портландцемент	ПЦ1	95-100	-	-	-	-
II	Портландцемент з добавками: портландцемент з добавкою шлаку;	ПЦ II/А-Ш ПЦ II/Б-Ш	80-94 65-79	6-20 1-35	-	-	-
	портландцемент з добавкою пуцолани;	ПЦ II-П	80-94	-	6-20	-	-
	портландцемент з добавкою золи-виносу;	ПЦ II-З	80-94	-	-	6-20	-
	портландцемент з добавкою вапняку;	ПЦ II-В	80-94	-	-	-	6-20
	композицій порт ланд-цемент	ПЦ II/А-К	80-94	сумарно 6-20			
		ПЦ II/Б-К	65-79	сумарно 21-35			
III	Шлакопортландцемент	ШПЦ III/А	35-64	36-65		-	-
		ШПЦ III/Б	20-34	66-80		-	-
IV	Пуцолановий цемент	ПЦЦ IV/А	65-79	-		21-35	-
		ПЦЦ IV/Б	45-64	-		36-55	-
V	Композиційний цемент	КЦ V/А	40-64	18-40		10-20	-
		КЦ V/Б	20-39	41-60		20-40	-

7.6 Контрольні запитання

1 Визначення тонкості помелу цементу ситовим методом?
2 Визначення нормальної густини цементного тіста?
3 Визначення строків тужавління?
4.Виготовлення цементного розчину?
5 Перевірка консистенції цементного розчину?
6 Виготовлення цементних зразків?
7 Як визначають границю міцності цементних зразків на згин?
8 Як визначають границю міцності цементних зразків на стиск?

Лабораторна робота № 8

ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ ВАЖКОГО БЕТОНУ

Мета роботи – вивчити діючі методи визначення властивостей крупного та дрібного заповнювачів.

8.1 Визначення крупності піску

Як дрібний заповнювач для бетонів застосовують природний пісок, пісок з відсівів подрібнення виверженних гірських порід, з порід, що попутно видобуваються, та їх суміші з модулем крупності від 1,5 до 3,25. У бетонах класу за міцністю до В30 допускається використання дуже дрібних пісків з модулем крупності від 1,0 до 1,5 з вмістом зерен менше 0,16 мм до 20% за масою і пиловидних та глинистих часток не більше 3%.

Як заповнювач в штукатурних розчинах належить застосовувати пісок для будівельних робіт з модулем крупності від 1 до 2,2. Вміст зерен розміром вище 2,5 мм в пісках, що застосовуються в штукатурних розчинах, не допускається. В розчинах для опоряджувального шару не допускається наявність зерен піску крупністю понад 1,25 мм.

Зерновий склад піску для важкого бетону повинен відповідати даним, вказаним у таблиці 8.1. При цьому підраховують тільки зерна, які пройшли крізь сито з крупними отворами діаметром 5 мм.

Проведення експерименту

Висушену до постійної маси пробу піску просіюють крізь сито з круглими отворами діаметрами 10 мм і 5 мм.

Залишки на ситах зважують і розраховують вміст у піску фракцій з розміром зерен від 5 мм до 10 мм ($Гр_5$) і понад 10 мм ($Гр_{10}$), % за масою, згідно з формулами:

$$Гр_{10} = \frac{М_{10}}{М} \cdot 100 \, Гр_{10} = \frac{М_{10}}{М} \cdot 100,$$

Таблиця 8.1 - Вимоги до зернового складу дрібного заповнювача

Розмір Отворів контрольних сит, мм	Повні залишки на контрольних ситах, % за масою, для бетону:		
	усіх видів конструкцій, окрім труб	залізобетонних і бетонних труб	
		напірних, низьконапірних	безнапірних
2,5	0…20	10…20	0…20
1,25	5…45	25…45	10…45
0,63	20…70	50…70	30…70
0,315	35…90	70…90	70…90
0,16	90…100	95…100	90…100
<0,16	10…0	5…0	10…0
Модуль Крупності	1,5…3,25	2,5…3,25	2,0…3,25

$$Гр_5 = \frac{M_5}{M} \cdot 100 Гр_5 = \frac{M_5}{M} \cdot 100,$$

де M_{10} – залишок на ситі з круглими отворами діаметром 10 мм, г;

M_5 – залишок на ситі з круглими отворами діаметром 5 мм, г;

М – маса проби, г.

З частини проби піску, що пройшов крізь сито з отворами діаметром 5 мм, відбирають наважку масою не менше 1000 г для визначення зернового складу піску.

Допускається при геологічній розвідці наважку розсіювати після попередньої промивки з визначенням вмісту пиловидних і глинистих часток. Вміст пиловидних і глинистих часток включають при розрахунку результатів розсіву в масу часток, що пройшли крізь сито з сіткою № 016, та в загальну масу наважки. При масових випробуваннях допускається після промивки з визначенням вмісту пиловидних і глинистих

часток і висушування наважки до постійної маси просіювати наважку піску (без фракцій з розміром зерен понад 5 мм) масою 500 г.

Підготовлену наважку піску просіюють крізь сита з круглими отворами діаметром 2,5 мм і з сітками № 1,25; 063; 0315 і 016.

Просіювання здійснюють механічним або ручним способами. Тривалість просіювання повинна бути такою, щоб при контрольному інтенсивному ручному струшуванні кожного сита протягом 1 хв крізь нього проходило не більше 0,1 % загальної маси наважки, що просіюють. При механічному просіюванні його тривалість для кожного приладу встановлюють дослідним шляхом.

При ручному просіюванні допускається встановлювати закінчення просіювання після інтенсивного струшування кожного сита над аркушем паперу. Просіювання вважають закінченим, якщо при цьому практично не спостерігається падіння зерен піску.

При визначенні зернового складу мокрим способом наважку матеріалу поміщають у посудину і заливають водою. Через 24 год вміст посудини ретельно перемішують до повного розмокання глинистої плівки на зернах піску або грудок глини, зливають (порційно) на верхнє сито стандартного набору і просіюють, при цьому матеріал промивають на ситах до тих пір, поки промивна вода не стане прозорою. Часткові залишки на кожному ситі висушують у сушильній шафі до постійної маси та охолоджують до кімнатної температури, потім визначають їх масу зважуванням.

За результатами просівання розраховують:

- частковий залишок на кожному ситі a_i, % за масою, згідно з формулою:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100,$$

де m_i – маса залишку на даному ситі, г,
m – маса наважки, г.

- повний залишок на кожному ситі A_i, % за масою, згідно з формулою:

$$A_i = a_{2.5} + a_{1.25} + \ldots + a_i$$

$$A_i = a_{2.5} + a_{1.25} + \ldots + a_i,$$

де $a_{2.5}, a_{1.25}, a_i$ $a_{2.5}, a_{1.25}, a_i$ – часткові залишки на відповідних ситах, г.

- модуль крупності піску $M_к$ без зерен розміром понад 5мм згідно з формулою:

$$M_k = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.16}}{100}$$

$$M_k = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.16}}{100},$$

де $A_{2.5}, A_{1.25}, A_{0.63}, A_{0.315}, A_{0.16}$
$A_{2.5}, A_{1.25}, A_{0.63}, A_{0.315}, A_{0.16}$ – повні залишки на відповідних ситах, %.

Результат визначення зернового складу піску оформлюють згідно з таблицею 8.2 або відображають графічно у вигляді кривої просіювання.

Таблиця 8.2

Найменування залишку	Залишки, % за масою, на ситах				
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16
Частковий	$a_{2.5}$	$a_{1.25}$	$a_{0.63}$	$a_{0.315}$	$a_{0.16}$
Повний	$A_{2.5}$	$A_{1.25}$	$A_{0.63}$	$A_{0.315}$	$A_{0.16}$

8.2 Визначення вмісту пилоподібних і глинистих часток методом відмулювання

Вміст пиловидних і глинистих часток визначають за виміром маси піску після відмулювання часток крупністю менше 0,05 мм.

Проведення експерименту

Аналітичну пробу піску просіюють крізь сито з отворами діаметром 5 мм. Пісок, що пройшов крізь сито, висушують до постійної маси і беруть з нього наважку масою 1000 г.

Наважку піску засипають у циліндричне відро та заливають водою так, щоб висота шару води над піском була приблизно 200 мм. Залитий водою пісок витримують протягом 2 год, при цьому перемішують його кілька разів і ретельно відмивають від глинистих часток, що налипли на зерна.

Після цього вміст відра знову енергійно перемішують і залишають у спокої на 2 хв. Через 2 хв зливають сифоном отриману при промивці суспензію, залишаючи над піском шар її висотою не менше 30 мм. Потім пісок знову заливають водою до вказаного вище рівня. Промивання піску в зазначеній послідовності повторюють до тих пір, поки вода після промивки не стане прозорою.

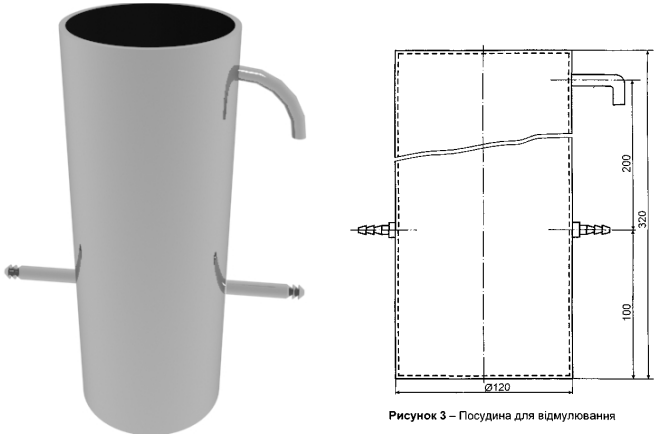


Рисунок 3 – Посудина для відмулювання

Рисунок 8.2 – Посудина для відмулювання

При використанні посудини для відмулювання випробування проводять у тій же послідовності. При цьому

воду у посудину наливають до верхнього зливного отвору, а суспензію зливають через два нижніх отвори.

Після відмулювання промиту наважку висушують до постійної маси.

Вміст у піску пиловидних і глинистих часток, що відмулюються $П_{відм}$, % за масою, розраховують згідно з формулою:

$$П_{відм} = \frac{(m-m_1)}{m} \cdot 100 \; П_{відм} = \frac{(m-m_1)}{m} \cdot 100,$$

де m – маса висушеної наважки до відмулювання, г;

m_1 – маса висушеної наважки після відмулювання, г.

При випробуванні природних пісків, зерна яких щільно зцементовані глиною, пробу витримують у воді не менше 1 доби.

Дозволяється проведення випробування піску у стані природної вологості. У цьому випадку в паралельній наважці визначають вологість піску, а вміст пиловидних і глинистих часток розраховують згідно з формулою:

$$П_{відм} = \left[1 - \frac{m_1}{m_в}\left(1 + \frac{W}{100}\right)\right] \cdot 100$$

$$П_{відм} = \left[1 - \frac{m_1}{m_в}\left(1 + \frac{W}{100}\right)\right] \cdot 100,$$

де $m_в$ – маса наважки піску у стані природної вологості, г;

W – вологість піску, що випробовується, %.

8.3 Визначення наявності органічних домішок у піску

Наявність органічних домішок (гумусових речовин) визначають порівнянням забарвлення лужного розчину над пробою піску із забарвленням еталону.

З аналітичної проби піску у стані природної вологості беруть наважку приблизно 250 г.

Готують еталонний розчин: розчиняють 2,5 мл 2 % розчину таніну в 97,5 мл 3 % розчину гідроксиду натрію, розчин перемішують. Готовий еталонний розчин залишають на 24 год.

Оптична густина розчину таніну, яку визначають на фотоколориметрі або спектрофотометрі в області довжин хвиль (450 - 500) нм, повинна дорівнювати 0,60 - 0,68.

Піском заповнюють мірний циліндр до рівня 130 мл і заливають його 3 % розчином гідроксиду натрію до рівня 200 мл. Вміст циліндра перемішують, перемішування повторюють через 4 год після першого перемішування і залишають на 20 год. Потім порівнюють забарвлення рідини, що знаходиться над пробою піску, з кольором еталонного розчину або склом, колір якого ідентичний кольору еталонного розчину.

Пісок може бути використано для бетонів і розчинів, якщо рідина над пробою піску безбарвна або забарвлена значно слабше еталонного розчину.

При забарвленні рідини незначно світліше еталонного розчину вміст посудини підігрівають протягом (2-3) год на водяній бані за температури (60-70) °С та порівнюють колір рідини над пробою з кольором еталонного розчину.

При однаковому або більш темному, ніж колір еталонного розчину забарвленні рідини необхідно провести випробування заповнювача в бетонах чи розчинах у спеціалізованих лабораторіях.

8.4 **Визначення насипної густини та порожнистості**

Насипну густину визначають зважуванням піску у мірній посудині.

При визначенні насипної густини в стандартному неущільненому стані випробування проводять у мірній циліндричній посудині місткістю 1 л із використанням приблизно 5 кг піску, висушеного до постійної маси і просіяного крізь сито з круглими отворами діаметром 5 мм.

При визначенні насипної густини піску в партії для переводу кількості піску, що постачається, з одиниць маси в об'ємні одиниці випробування проводять у мірній циліндричній посудині ємкістю 10 л. Пісок випробовують у стані природної вологості без просіювання крізь сито з отворами діаметром 5 мм.

При визначенні насипної густини піску в стандартному неущільненому стані пісок насипають лопаткою у попередньо зважений мірний циліндр з висоти 10 см від верхнього краю до утворення конуса над верхом циліндра. Конус без ущільнення піску знімають на рівні з краями посудини металевою лінійкою після чого посудину з піском зважують.

Насипну густину піску $\rho_н$, кг/м^3, обчислюють згідно з формулою:

$$\rho_{н}=\frac{m_1-m}{V}\,\rho_{н}=\frac{m_1-m}{V},$$

де m – маса мірної посудини, кг;

m_1 – маса мірної посудини з піском, кг;

V – об’єм посудини.

Визначення насипної густини піску проводять два рази, при цьому кожен раз беруть нову порцію піску.

Порожнистість (об'єм міжзернових порожнин) піску в стандартному неущільненому стані визначають за значеннями істинної густини і насипної густини піску. Порожнистість піску $V_{М.П}$, % за об'ємом, обчислюють згідно з формулою:

$$V_{м.п.}=\left(1-\frac{\rho_{н}}{\rho\cdot 1000}\right)\cdot 100$$

$$V_{м.п.}=\left(1-\frac{\rho_{н}}{\rho\cdot 1000}\right)\cdot 100,$$

де ρ – істинна густина піску, г/см^3;

$\rho_н$ – насипна густина піску, кг/м^3.

8.5 Визначення вологості піску

Вологість визначають порівнянням маси піску у стані природної вологості та після висушування.

Наважку масою 1000 г піску насипають у деко і відразу зважують, а потім висушують у сушильній шафі на цьому ж деці до постійної маси.

Вологість піску *W, %* за масою, обчислюють згідно з формулою:

$$W = \frac{(m-m_1)}{m_1} \cdot 100\, W = \frac{(m-m_1)}{m_1} \cdot 100$$,

де m – маса наважки піску у стані природної вологості, г,

m_1 – маса висушеної наважки піску, г.

8.6 Визначення зернового складу щебеню

Зерновий склад щебеню для забезпечення мінімальної порожнистості повинен знаходитись у області, вказаній у таблиці 8.3. Для забезпечення оптимального зернового складу крупний заповнювач звичайно поділяють на окремі фракції, які потім змішують у рекомендованих співвідношеннях згідно таблиці 8.4.

Таблиця 8.3 - Визначення найбільшого($Д_{найб.}$) та найменшого ($Д_{найм.}$) діаметра щебеню у фракції

Розмір отворів контрольних сит	$Д_{найм.}$ для фракції з найменшим розміром зерен, мм		0,5 ($Д_{найм.} + Д_{найб.}$)		$Д_{найб.}$
	5 (3)	10 і більше	однієї фракції	суміші фракцій	
Повний залишок на ситах за масою, %	95...100	90...100	40...80	50...70	0...10

Таблиця 8.4 - Оптимальні співвідношення вмісту окремих фракцій щебеню у суміші

Найбільша крупність зерен $Д_{найб.}$, мм	Вміст фракцій у крупному заповнювачі, %.				
	5...10 мм	10...20 мм	20...40 мм	40...70 мм	70...120 мм
20	25...40	60...75	-	-	-
40	15...25	20...35	40...65	-	-
70	10...20	15...25	20...35	35...55	-
120	5...10	10...20	15...25	20...30	30...40

Зерновий склад щебеню визначають шляхом розсівання проби на стандартному наборі сит (1,25 Д; Д; 0,5 (Д+d); d, а також 2,5 і 1,25 мм). Для випробування використовують лабораторну пробу без її скорочення по таблиці 8.5, висушену до постійної маси.

Таблиця 8.5 - Маса проби залежно від фракції щебеню

Найбільший номінальний розмір зерен Д, мм	Маса проби, кг
10	5,0
20	10,0
40	20,0
Понад 40	40,0

Пробу просіюють ручним або механічним способами через сита з отворами вказаних вище розмірів, зібрані послідовно в колонку, починаючи знизу з сита з отворами найменшого розміру, при цьому товщина шару щебеню на

кожному з сит не повинна перевищувати найбільшого розміру зерен щебеню.

Тривалість просіювання має бути такою, щоб при контрольному інтенсивному ручному струшуванні кожного сита впродовж 1 хвилини через нього проходило не більше 0,1 % загальної маси проби, що просіювалася. При механічному просіюванні його тривалість для установлюють відповідно до вказаної вище умови.

При ручному просіюванні допускається визначати закінчення просіювання наступним способом: кожне сито інтенсивно трясуть над листом паперу. Просіювання вважають закінченим, якщо при цьому не спостерігається падіння зерен щебеню.

За результатами просіювання визначають частковий залишок на кожному ситі a_i %, по формулі:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100 \quad ,$$

де m_i - маса залишку на цьому ситі, г;

m - маса проби, г.

Визначають повні залишки на кожному ситі у відсотках маси проби, рівні сумі приватних залишків на цьому ситі і усіх ситах з великими розмірами отворів.

8.7 Визначення насипної густини та пустотності щебеню

Насипну густину щебеню визначають зважуванням певного об'єму щебеню цієї фракції (чи суміші фракцій), висушеного до постійної маси.

Щебінь в об'ємі, що забезпечує проведення випробування, висушують до постійної маси. При визначенні насипної густини суміші фракції розсівання суміші на відповідні фракції не допускається.

Щебінь насипають в заздалегідь зважений циліндр з висоти 10см до утворення конуса, який знімають сталевою лінійкою

врівень з краями (без ущільнення) рухом до себе, від себе або від середини вліво і вправо, після чого циліндр з щебенем зважують. Залежно від найбільшого номінального розміру щебеню застосовують циліндри відповідно до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 - Розміри мірних циліндрів залежно від фракції щебеню

Насипну густину щебеню $\rho_н$, кг/м^3 визначають з точністю до 10 кг/м^3 по формулі:

$$\rho_н = \frac{m_1 - m}{V},$$

де m - маса мірного циліндра, кг;

m_1 - маса мірного циліндра з щебенем, кг;

V - об'єм мірного циліндра, м^3.

Насипну густину визначають двічі, при цьому кожного разу беруть нову пробу щебеню. За результат приймають

Об'єм мірного циліндра, л	Фракції щебеню, мм
5	від 5 до 10
10	Понад 10 до20
20	Понад 20 до 40
50	Понад 40

середньоарифметичне значення двох паралельних випробувань.

Пустотність щебеню визначають розрахунковим шляхом на підставі заздалегідь встановлених значень середньої густини зерен і насипної густини щебеню.

Пустотність щебеню Vп, % за об'ємом, визначають по формулі

$$V_п = (1 - \frac{\rho_н}{\rho_К 1000})100 ,$$

де $\rho_н$ - насипна густина щебеню, кг/м^3;
$\rho_к$ - середня густина зерен щебеню, г/см^3.

8.8 Контрольні запитання

1 Як визначають крупність піску?
2 Визначення вмісту пилоподібних і глинянистих часток в піску.
3 Визначення наявності органічних домішок у піску.
4 Визначення насипної густини піску.
5 Як визначають вологость піску?
6.Визначення насипної густини щебеню.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. ДСТУ Б А.1.1-5-94 Загальні фізико-технічні характеристики та експлуатаційні властивості будівельних матеріалів
2. ДСТУ Б В.2.7-42-97 Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів
3. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови
4. ДСТУ Б В.2.7-90-99 Вапно будівельне. Технічні умови
5. ДСТУ Б В.2.7-82:2010 Будівельні матеріали. В'яжучі гіпсові. Технічні умови
6. ДСТУ Б В.2.7-46-96. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
7. ДСТУ Б В.2.7-112-2002. Цементи. Загальні технічні умови
8. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму
9. ДСТУ Б В.2.7-186:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Метод визначення водовідділення
10. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск
11. ДСТУ Б В.2.7-188:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення тонкості помелу
12. ДСТУ Б В.2.7-189:2009 Будівельні матеріали. Пісок стандартний для випробувань цементів. Технічні умови
13. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови
14. ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань
15. ДСТУ Б В.2.7-34-2001 Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного

збагачення залізистих кварцитів гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт України. Технічні умови
16. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань
17. ДСТУ Б В.2.7-23-95 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови
18. ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань.
19. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови
20. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань
21. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови
22. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності
23. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
24. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю
25. ДСТУ 4818:2007 Бітуми нафтові покрівельні. Технічні умови
26. ДСТУ 4044-2001 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия
27. ДСТУ Б В.2.7-129:2006 Будівельні матеріали. Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови
28. ДСТУ Б В.2.7-234:2010. Будівельні матеріали. Матеріали рулонні бітумні та бітумнополімерні на скловолокнистій основі покрівельні і гідроізоляційні. Технічні умови

29. ДСТУ Б В.2.7-15-95 Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні Технічні умови
30. ДСТУ Б В.2.7-94-2000 Вироби із мінеральної вати. Технічні умови
31. ДСТУ Б В.2.7-164:2008 Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови
32. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Матеріали і вироби теплоізоляційні. Номенклатура показників
33. ДСТУ Б А.1.1-28-94 Вироби полімерні погонажні профільні та оздоблювальні стінові (рулонні і листові). Терміни та визначення
34. ДСТУ Б В.2.7-106-2001 Герметизуючі нетверднучі полімерні матеріали Бутепрол-2м, Тегерон. Технічні умови
35. ДСТУ Б В.2.7-158:2008 (ISO 11600:2002, MOD) Матеріали герметизуючі полімерні. Класифікація. Загальні технічні вимоги