

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія



П.П. Бичевий
І.В. Мальований

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт**

*для студентів ЗДІА
спеціальностей 7.092101 “Промислове та цивільне будівництво”
7.092103 “Міське будівництво та господарство”
7.092601 “Водопостачання та водовідведення”
денної та заочної форми навчання*

Запоріжжя
2008

**Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія**

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт

*для студентів ЗДІА
спеціальностей 7.092101 “Промислове та цивільне будівництво”
7.092103 “Міське будівництво та господарство”
7.092601 “Водопостачання та водовідведення”
денної та заочної форми навчання*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ПЦБ
протокол № 8 від 14.02.2008р.*

Будівельні матеріали. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт по будівельним матеріалам для студентів спеціальностей 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.092103 “Міське будівництво та господарство”, 7.092601 “Водопостачання та водовідведення”, денної та заочної форми навчання. / Укл.: П.П. Бичевий, І.В. Мальований. – Запоріжжя, 2008. - 84 с.

Укладачі: ***П.П. Бичевий, к.т.н., доцент***
І.В. Мальований, асистент

Відповідальний за випуск: ***зав. кафедрою ПЦБ***
д.т.н., професор І.Д. Павлов

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи: пізнати сутність фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів та навчитися їх визначати.

Властивість - це своєрідне реагування (або протистояння) матеріалу на дію тих чи інших зовнішніх або внутрішніх факторів. Тому характер дії визначає особливість властивості, а її величина - здатність матеріалу протистояти цій дії та можливість використання матеріалу в тих чи інших умовах.

Деякі властивості характеризують стан і структуру матеріалу. Знання властивостей дозволяє дати всебічну оцінку матеріалу і прогнозувати його поведінку в реальних умовах.

Примітка. Дослідження властивостей проводять з завчасно висушеними в сушильній шафі при температурі $105 \pm ^\circ\text{C}$ до постійної маси зразками матеріалів.

1 Визначення густини будівельних матеріалів

1.1 Визначення істинної густини пористих матеріалів.

Істинна густина - це показник маси одиниці об'єму в абсолютно щільному безпористому стані, тобто істинна густина тієї речовини або сумарна істинна густина тих речовин, з яких виготовлено матеріал.

Істинну густину визначають по формулі:

$$\rho = \frac{m}{V_a},$$

де m - істинна густина або густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

m - маса, кг ;

V_a - об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані або об'єм речовини, з якої виготовлений матеріал, м^3 .

Істинна густина неорганічних матеріалів в середньому міняється в діапазоні $2600 \dots 2700 \text{ кг}/\text{м}^3$. З органічних – $900 \dots 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Показники істної та середньої густини визначають пористість, а всі разом – структуру матеріалу. З погляду того, що структура визначає властивості, то звідси слідує важливий висновок: знаючи величини істинної та середньої густини або величину пористості, легко передбачити зміну властивостей матеріалу.

Прилади і матеріали:

- а) об'ємомір Ле-Шательє зі скляною лінійкою (Рис.1.1);
- б) технічні терези з різновагами;
- в) порошок досліджуваного матеріалу;
- г) рідина, інертна до матеріалу;
- д) тампон з фільтрувального паперу.

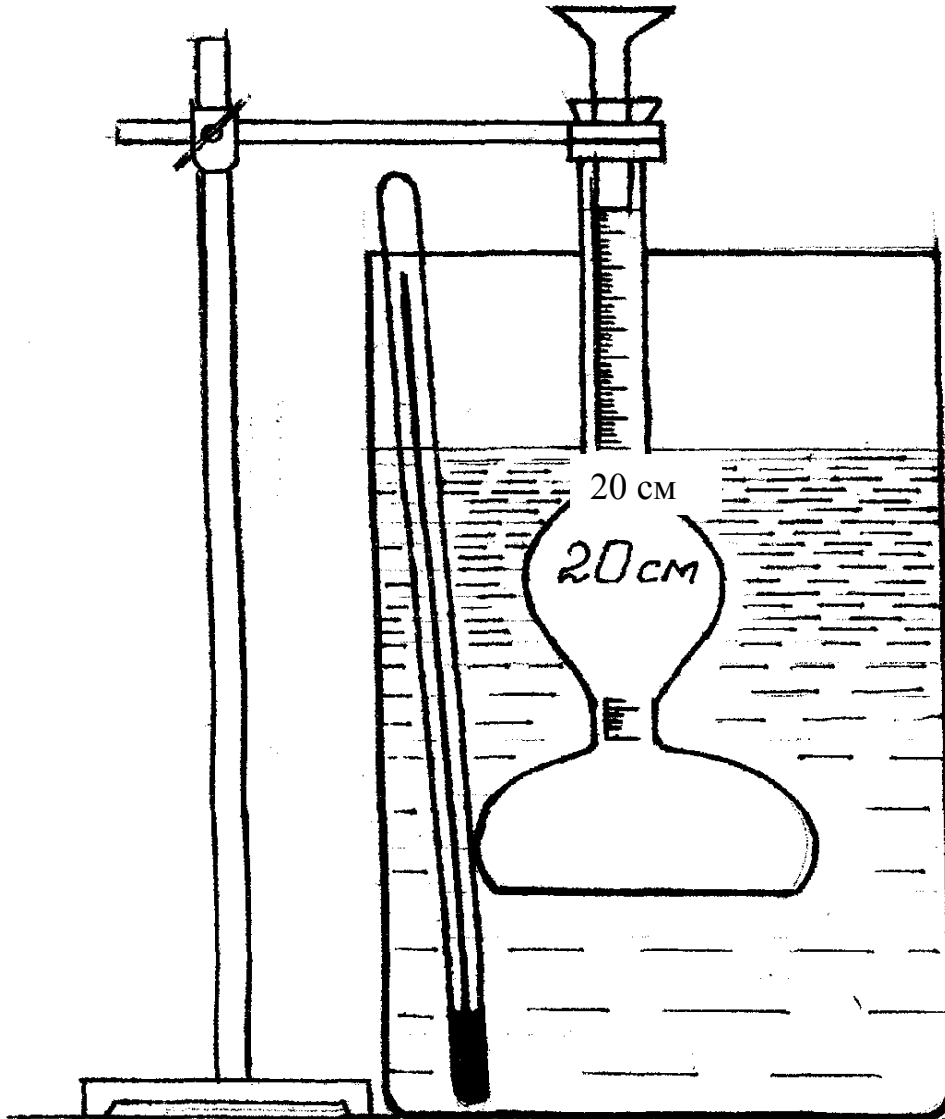


Рисунок 1.1 - Прилад Ле-Шательє

Виконання роботи

Пористий матеріал переводиться в безпоровий стан шляхом подрібнення до тонкого порошку. Для цього зразок подрібнюють, просівають через сито N 008 і знову висушують в сушильній шафі і охолоджують в ексикаторі.

Об'ємомір Ле-Шательє заповнюють рідиною до нижньої позначки шкали. Горловину об'ємоміру протирають тампоном від вологи.

Зважують 60...70 г підготовленого порошку і через скляну лійку керамічною ложечкою поступово засипають в об'ємомір доти, поки рівень рідини досягне верхньої позначки. Об'ємомір злегка нахилиють і повертають, поки не зникнуть повітряні кульки. Об'єм рідини між нижньою і верхніми позначками дорівнює 20 см^3 , а коли рівень рідини буде вищий, то встановлюють фактичний приріст об'єму. Залишок порошку зважують. Результати заносять до таблиці 1.1 і роблять розрахунки.

Таблиця 1.1

Результати дослідів

№ дослідів	Назва матеріалу	Назва рідини	Наважка порошку, г, m	Залишок порошку, г, m ₁	Маса порошку, г, m – m ₁	Об'єм порошку, см ³	Густина, кг/м ³ , ρ
------------	-----------------	--------------	-----------------------	------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

1.2 Визначення середньої густини

Середня густина - це показник маси матеріалу в одиниці об'єму в природньому стані або маса одиниці об'єму, який складається з об'єму самої речовини і об'єму пор.

Звідси видно, що середня густина – це узагальнена величина істинної густини усіх твердо-, рідко- та газофазових (повітря в порах) складових, які утворюють матеріал.

Показник середньої густини являється своєрідною характеристикою пористості, структури, можливого водопоглинання, можливої величини теплопроводності, можливої величини опору механічним діям та інш.

Середню густину вираховують по формулі:

$$\rho_o = \frac{m}{V_n},$$

де m - маса зразку матеріалу, г;

V_n - об'єм зразку в природньому стані, тобто з включенням пор.

1.2.1 Зразки правильної геометричної форми

Прилади і матеріали:

- а) терези технічні з різновагами;
- б) лінійка і штангенциркуль;
- в) зразки матеріалу правильної геометричної форми.

Виконання роботи.

Масу зразків визначають зважуванням з точністю до 0,1 г. Об'єм вираховують з точністю до 0,1 см³ по результатам вимірів лінійних розмірів. Результати заносять до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Результати вимірів

№ досліджу	Назва матеріалу	Лінійні розміри, см				Об'єм зразка, см ³ , V	Маса зразка, г, m	Середня густина, кг/см ² , ρ ₀
		a _{cp}	b _{cp}	l _{cp}	d _{cp}			

1.2.2 Зразки неправильної форми щільної структури.

Прилади і матеріали:

- а) технічні терези з різновагами;
- б) об'ємомір;
- в) посуд для насичення зразків водою;
- г) зразки матеріалу щільної структури.

Визначають масу зразків з точністю до 0,1 г, а потім розміщують в воді кімнатної температури (рівень води вище зразків на 200 мм). Зразки виймають з води, протирають м'якою вологою тканиною і занурюють в об'ємомір. Змірюють вилитий через носик об'єм води, що дорівнює об'єму зразку і проводять підрахунки. Результати заносять до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Результати досліджень

№ досліджу	Найменування матеріалу	Маса зразку, г, m	Об'єм зразка, см ³ , V	Середня густина, кг/м ³ , ρ ₀
------------	------------------------	-------------------	-----------------------------------	---

1.2.3 Зразки неправильної форми пористої структури

Прилади і матеріали:

- а) технічні терези з різновагами;
- б) об'ємомір;
- в) досліджуваний зразок;
- г) розплавлений парафін;
- д) нитки.

Виконання роботи

На терезах визначають масу зразку, а потім його на нитці занурюють в розплавлений парафін на 1...2 с. Після охолодження зразок знову зважують і вираховують об'єм парафінової плівки:

$$V_n = \frac{m_1 - m}{\rho_n},$$

де m - маса зразка, покритого парафіном, г;

m_1 - маса сухого зразка, г;

ρ_n - густина парафіну (0,9 г/см³).

Зразок занурюють в об'ємомір і по об'єму вилитої води встановлюють об'єм.

Середню густина вираховують по формулі:

$$\rho_0 = \frac{m}{V - V_n},$$

де m - маса зразка, г;

V - об'єм парафінованого зразка, см³;

V_n - об'єм парафіну, см³.

Результати заносять до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Результати досліджень

№ досліду	Найменування матеріалу	Маса зразка, г, m	Маса зразка з парафіном, г, m_1	Об'єм парафіну, см ³ , V_n	Об'єм зразку з парафіном, см ³ , V	Середня густина, кг/м ³ , ρ_0
-----------	------------------------	---------------------	-----------------------------------	---	---	---

1.2.4 Зразки сухих матеріалів

Прилади та обладнання:

- а) технічні терези з різновагами;
- б) мірний циліндр;
- в) досліджуваний матеріал (пісок, цемент).

Виконання роботи

Мірний циліндр зважують (маса, m) і засипають досліджуваним матеріалом з висоти 10 см до утворення над ним лишку у вигляді конусу. Лишок зрізають за допомогою лінійки врівень з краями циліндру. Наповнений циліндр зважують (m_1). Насипну густину визначають по формулі:

$$\rho_{нз} = \frac{m_1 - m}{V};$$

де m - маса циліндру, кг;

m_1 - маса циліндру з матеріалом;

V - об'єм циліндру, л.

Результати заносять до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Результати досліджень

№ досліду	Найменування матеріалу	Маса циліндру, кг, m	Маса циліндру з матеріалом, кг, m_1
-----------	------------------------	------------------------	---------------------------------------

2 Визначення пористості

Пористість являє собою ступінь заповнення об'єму матеріалу порами або об'єм пор в одиниці об'єму матеріалу.

Величина пористості визначає багато інших властивостей і знання величини пористості дозволяє прогнозувати можливі наслідки дії тих чи інших факторів.

Пористість залежить від величини середньої густини. Її вираховують по формулі:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) \cdot 100, \%$$

де ρ_o - середня густина, кг/м³;

ρ - істинна густина, кг/м³.

Виконання роботи

По даним досліджень п.п.1.1 і 1.2.3. визначають пористість матеріалу. Результати заносять до таблиці 1.6 і будують графік в координатах "середня густина - пористість" та роблять висновки.

Таблиця 1.6

Результати досліджень

Найменування матеріалу	Істинна густина, кг/м ³ , ρ_0	Середня густина, кг/м ³ , ρ	Пористість, %, П
------------------------	---	---	------------------

3 Визначення водопоглинання

Водопоглинання - це здатність матеріалу вбирати і утримувати вологу при безпосередньому контакті з водою. Розрізняють водопоглинання об'ємне і по масі матеріалу.

Прилади і матеріали:

- а) технічні терези з різновагами;
- б) ванна з водою для насичення зразків;
- в) зразки (кераміка, кам'яні матеріали).

Виконання роботи

Зразки зважують, заміряють розміри, кладуть у ванну на підкладки так, щоб до кожного зразка з усіх сторін був доступ води. Рівень води на 200 мм перевищує рівень зразків. Зразки витримують у воді 48 год., після чого їх виймають, витирають вологою м'яккою тканиною і зважують (разом з тією водою, що вилілась із зразків на чашу терезів).

Водопоглинання по масі вираховують по формулі:

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

де m - маса сухого зразка, г;

m_1 - маса водонасиченого зразка, г.

Водопоглинання по об'єму визначають по формулі:

$$W_o = \frac{m_1 - m}{V \cdot \rho_b} \cdot 100, \%$$

де V - об'єм сухого зразка, см³;

ρ - густина води (1г/см³).

Так як показники водопоглинання по масі та об'єму визначаються однією і тією масою води для одного і того ж зразку матеріалу, то слід звернути увагу, що між цими показниками існує закономірний зв'язок, який математично описується формулою:

$$\frac{W_e}{W_m} = d \text{ або } W_e = d \cdot W_m,$$

де d - відносна густина цього матеріалу, тобто середня густина по відношенню до густини води.

Результати записують в таблицю 1.7, потім будують графік в системі координат "водопоглинання по об'єму - середня густина".

Таблиця 1.7

Результати досліджень

№ досл іду	Найменування матеріалу	Маса сухого зразку г, m	Маса насиченого зразку г, m ₁	Об'єм зразку, см ³ , V	Водопоглинання по масі %, W _m	Водопоглинання по об'єму %, W ₀	Середня густина кг/м ³ , ρ ₀

4 Визначення меж міцності

Міцність будівельних матеріалів характеризується кордоном міцності, що являє собою величину напруги, яку викликає руйнівне навантаження. Найчастіше визначають кордони міцності при осьовому стиску та вигині. При стиску використовують зразки в формі куба, циліндра, призми; при згині - балочки квадратного чи прямокутного перерізу.

Випробовування проводять на механічних або гідравлических пресах з використанням стандартних методів для даного матеріалу.

Прилади та матеріали:

- а) прес механічний або гідравлічний;
- б) зразок будівельного матеріалу;
- в) лінійка або штангенциркуль.

Виконання роботи

Зразки, які мають форму балочки, спочатку випробовують на згин, а одержані після цього фрагменти-половини - на стиск.

Перед випробуванням зразки оглядають і вимірюють. Вони повинні бути правильною геометричної форми і мати паралельні площини. Величину кордону міцності при згині, МПа, вираховують по формулі:

$$R_{az} = \frac{3 \cdot Pl}{2 \cdot bh^2} ,$$

де P - руйнівне навантаження, Н;

l - відстань між опорами, мм;

b - ширина зразка, мм;

h - висота (товщина) зразка, мм.

Випробування на стиск проводять з використанням одержаних половинок-балочок. Навантаження на зразок від поршня преса передається через дві пластинки, ширина яких дорівнює ширині зразка, а довжина - 1/2 довжини зразка.

Кордони міцності при стиску МПа, визначають:

$$R_{cm} = \frac{P}{S} ,$$

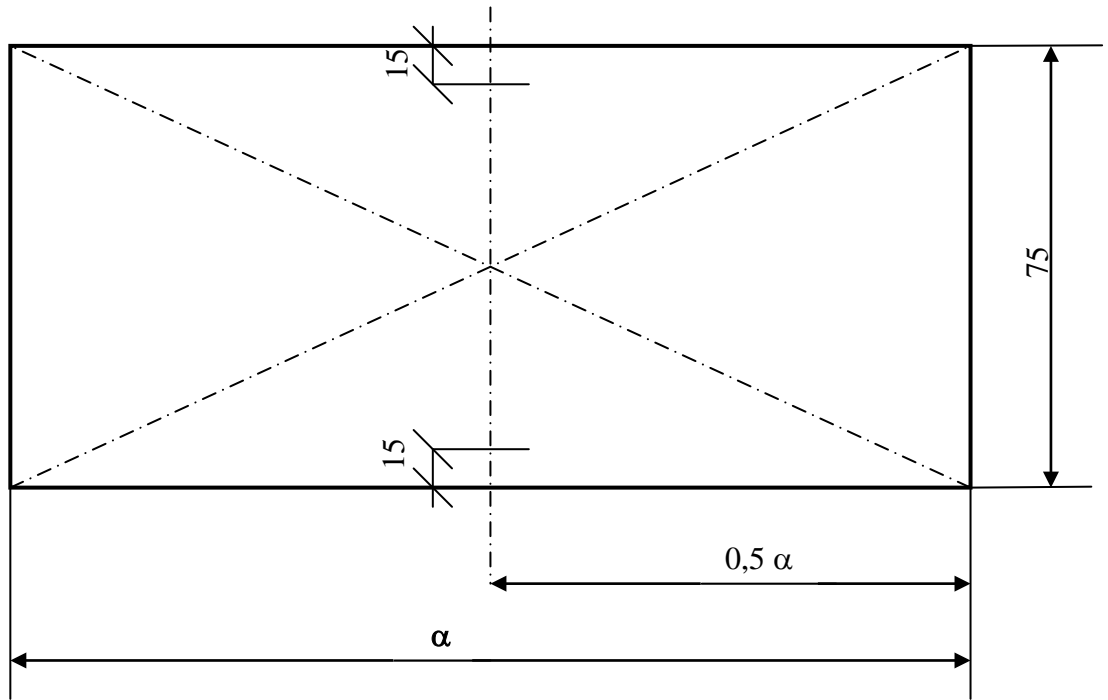
де P - найбільше руйнівне навантаження, Н;

S - площа пластинки або площа поперечного перерізу зразка, см².

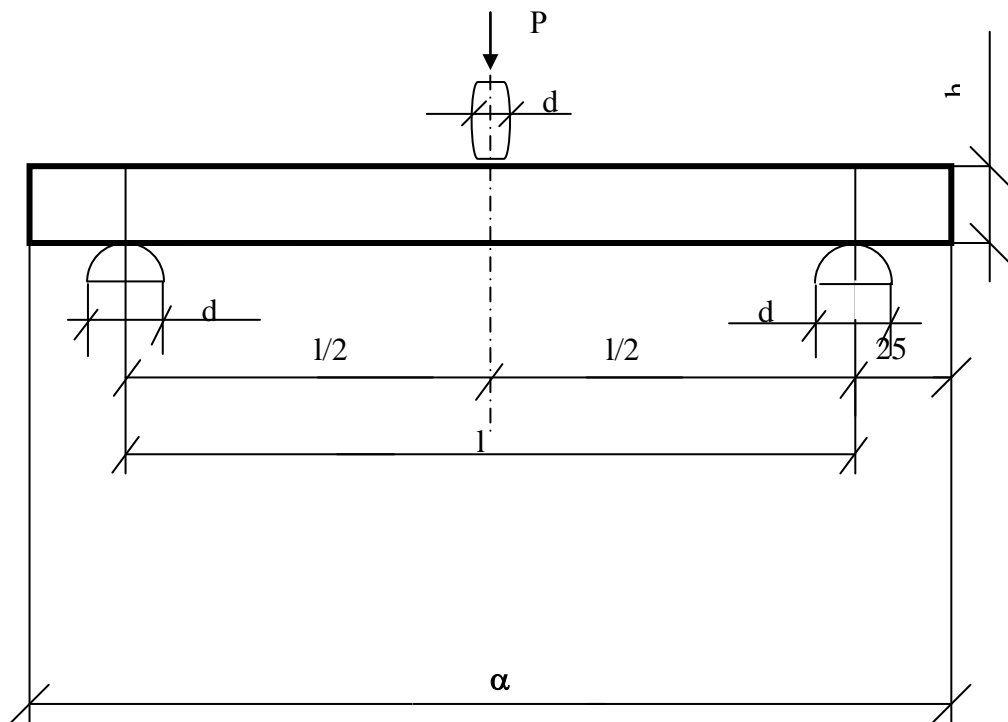
Схема проведення випробувань показана на рис.1.2..

Контрольні запитання

1. В чому сутність таких показників, як густина істинна, середня, насипна, відносна?
2. Яке практичне значення мають показники густини?
3. В чому сутність визначення показників густини зразків різної форми та структури?
4. В чому проявляється взаємозв'язок між показниками густини та показниками інших властивостей?
5. Що являє собою пористість? Який взаємозв'язок між показниками пористості та густини?
6. Як можна визначити показник пористості? Яке практичне значення має цей показник?
7. Що являє собою показник водопоглинання? Як його визначають?
8. Яке практичне значення має показник водопоглинання?
9. Який зв'язок між показником водопоглинання, особливостями структури та іншими показниками властивостей?
10. Як визначаються кордони міцності будівельних матеріалів?



а) при зміні дослідницької установки



б) на опорах випробного улаштування

Рисунок 1.2 – Вид зразку для визначення кордонів міцності

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

Мета роботи: знати особливості структури, мінерального та хімічного складу природних кам'яних матеріалів, що використовуються в будівництві.

Природні кам'яні матеріали слід розглядати як такі, що утворені в природних умовах особливими природними "технологічними" процесами.

Ці два фактори (вид серовини та природня «технологія» або природні процеси) визначають поділ природних кам'яних матеріалів на такі різновидності:

Магматичні або первинні матеріали, які утворилися в результаті охолодження магми (первинний процес утворення усіх кам'яних матеріалів) на глибині (глибинні), на поверхні (поверхневі), в атмосфері (вивержені).

Осадкові або вторинні, які утворилися в результаті фізико-механічних процесів (механічні осадкові породи); хімічних процесів (хемогенні осадкові породи); відмирання органічних продуктів, в тому числі молюсків, водоростей (органогенні осадкові породи).

Метаморфічні або видозмінені, утворені з вторинних в наслідок їхньої кристалізації під високим тиском та високої температурі (без плавлення) в глибинних шарах земної кулі.

Механічні відкладення найбільш широко використовують для будівельних розчинів (щебінь, пісок) для виробництва скла (піски); для кераміки і портландцементів (глини). Хемогенні породи використовують для виробництва неорганічних в'язучих речовин (вапняки, мергелі, магнезити, доломіти, гіпс, ангідрит).

При вивченні природних кам'яних матеріалів приймають до уваги певну схему. Така схема відтворює взаємозв'язки особливостей матеріалів з їх походженням, що встановлюють в такій послідовності (Таблиця 2.1):

- речовини, з яких створений матеріал;
- умова походження;
- структура;
- мінеральний та хімічний склад;
- властивості.

Методика виконання роботи

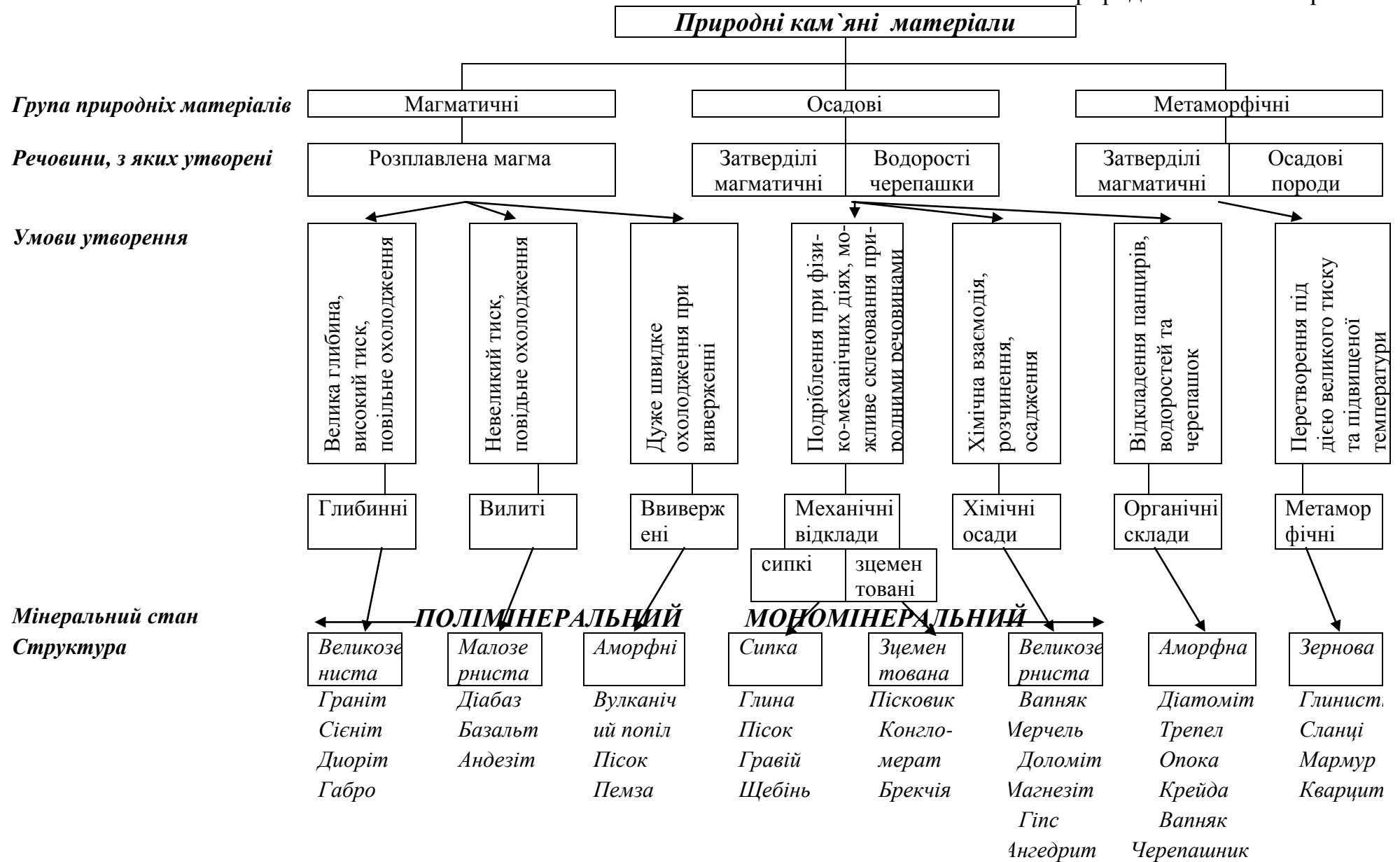
Для виконання роботи використовують: молоток, сталеву голку, шкалу твердості, металічну лінійку, учбову літературу, а також табличні дані (таблиці 2.1, 2.2 цієї методики).

При детальному вивченні кожного зразку визначають:

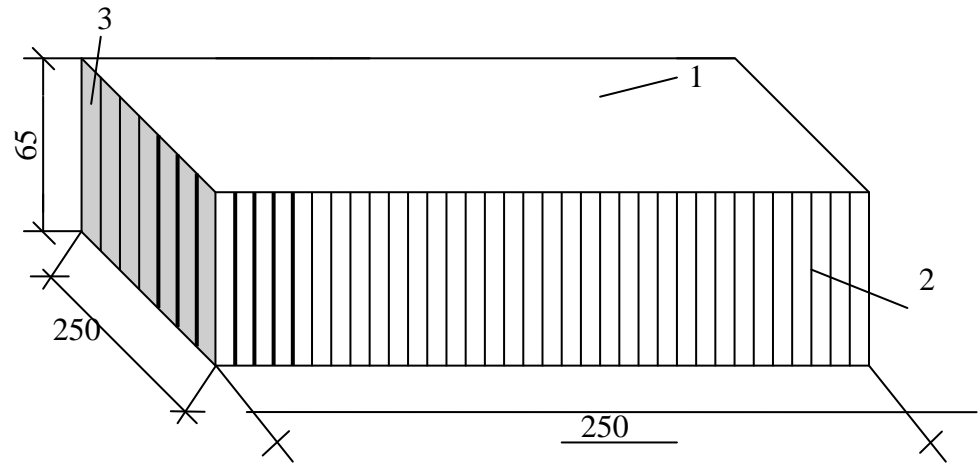
- а) форму - правильна, неправильна, кутовидна, плитовидна, ромбовидна, кульовидна, паралелепіпедна та інші;
- б) розміри - довжина, ширина, товщина, об'єм;
- в) колір породи в залежності від мінерального складу, цементуючої речовини, домішок та інші. Умовно встановлено шість груп: білі (майже прозорі); від жовтого до червоного; зелені; від голубого до фіолетового; від темно-сірого до чорного; з многокольоровою гамою;
- г) блиск злому кожного зразка - скловидний, перламутровий (відтінки райдужних кольорів), жирний, тьмяний, матовий;
- д) мінеральний склад - головні породоутворюючі мінерали, що входять до складу породи; вид цементуючої речовини;
- е) структуру - велико-, середньо- і малозернисту, грубозернисту, скловидну;
- ж) твердість по шкалі Мооса;
- з) текстура - сланцевидна, шаровидна, стрічковидна, лусковата, волокниста, мало- і великопориста;
- і) поверхня розколу - рівна, хвильовидна, порвана, кутовидна, раковиниста, кульовидна.

Після вивчення результати порівнюють з таблицями 2.1 і рис 2.1, відомостями з учбової літератури.

Таблиця 2.1
Природні кам'яні матеріали



Повні
записки



1. Постіль
2. Ложок
3. Тичок

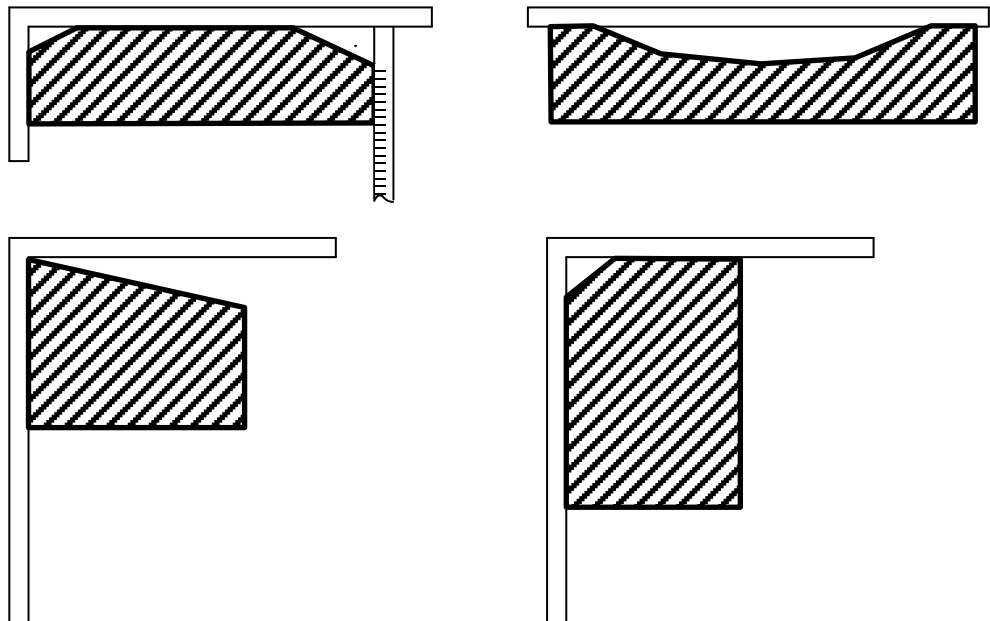


Рисунок 2.1- Визначення геометричних розмірів будівельних матеріалів на прикладі керамічної цегли

Після цього визначають вид кам'яної породи, складають перелік її властивостей та призначень.

Результати досліджень заносять до таблиці 2.2

Результати досліджень

Таблиця 2.2

№ п/п	№ зразку	Характерні ознаки			Можливий матеріал	Область застосування
		Колір	Структура	Твердість		

Контрольні запитання.

1. Чому таке велике різномайття природних кам'яних матеріалів?
2. Якими ознаками відрізняються породи різних груп?
3. Чому магматичні породи мають різну структуру і різний колір?
4. Які породи входять в групу механічних відкладів та де вони використовуються?
5. Які загальні та відрізняючі ознаки різних видів хімічних осадів?
6. Які можливі області використання кам'яних матеріалів із числа хімічних осадів?
7. Які породи та які мінерали входять до групи хімічних осадів?
8. Якими основними особливостями відрізняються хімічні осади?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДЕРЕВИНА

Мета роботи: виробити вміння визначати породу деревини, її види та фізико-механічні властивості.

Попередньо рекомендується звернути увагу на деякі особливості деревини:

1. Деревина складається з веретеноподібних видовжених клітин у формі трубок (листяні породи) або замкнених клітин- трахеїдів (хвойні породи).

2. В залежності від середовища зростання та періоду росту клітини мають різні розміри та товщину стінок, що зумовлює наявність річних шарів (кілець) світлого та темного відтінків і різної міцності.

3. Стінки клітин складаються з природного полімера - целюлози.

4. У деяких порід деревини клітини центральної частини заповнюються смоляними або дубильними речовинами, в яких відсутня волога і які більш міцні та більш стійкі щодо загнивання. Ця частина деревини називається ядром або стиглодеревною. Та частина клітин, по яких рухається волога, має низьку міцність, легко загниває і має назву “заболонь”.

Згідно з наявністю чи відсутністю ядра або стиглої деревини, породи поділяють на ядрові, стиглодеревні та заболонні.

5. Вологість деревини змінюється від абсолютно сухої (висушеної до сталої маси) до кімнатно-сухої (8...13 %), повітряно-сухої (15...20 %), свіжозрубаної (35...100 %) та мокрої (більше 100 %).

6. Якість деревини залежить від її породи, вологості та вад.

7. Характерні особливості деяких порід зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Характерні особливості порід дерев

№ п/п	Породи	Густина, кг/м ³	R _{ст} уздовж волокон, мПа	Середня	Особливості ядра або стиглої деревини	Особливості заболоні	Особливі властивості
<i>Хвойні породи</i>							
1	Модрина	680	52	10	Ядро червону вато-буре, широка	Вузька, білувата	Тверда, стійка проти загнивання, схильна до розтріскування

2	Сосна	530	44	6	Ядро буро-червоне	жовта	Важко загнивальна, м`яка
3	Ялина	460	42	12	Стигла деревина з жовтим відтінком	біла	Велика кількість сучків, м`яка
4	Яличина	390	33	8	відсутні	Біла з зеленуватим відтінком	Легко загниває, м`яка
Листяні породи							
5	Дуб	720	52	6	Ядро темнобурого кольору	жовтуват	Стійка до загнивання, тверда
6	Бук	650	46	7	стиглодерева, біла з червоним відтінком	біла	Тверда, легко колеться
7	Береза	640	45	5	відсутні	біла	Тверда, нестійка проти загнивання
8	Вільха	520	44	8	відсутні	Світло-темна	М`яка, нестійка проти загнивання
9	Липа	495	45	9	відсутні	Світло-темна	М`яка, легко загниває
10	Верба	520	43	10	відсутні	Світло-жовта	М`яка, в`язка, легко загниває

Головні вади деревини показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Головні вади деревини

А. Вплив механічних та фізичних факторів.	Тріщини – розриви деревини уздовж волокон	Мітик (не доходить до периферії стовбура). Відлупина (йде по річному шару). Морозобоїни (морозні – на поверхні ширші, а вглиб звужуються). Тріщини висихання.
	Рани	Механічні пошкодження. Проріст. Сухобокість.
	Деформації	Короблення.
Б. Неправильності росту	Сучки	Здорові, зрощені сучки. Частково зрощені сучки. Незрощені сучки (випадаючий, рихлий).
В.	Вади форми стовбура	Кривизна. Нарости. Овальність. Збіжистість (зменшення діаметру стовбура більш як на 1 см висоти). Закомелістість (різке збільшення діаметру нижньої частини стовбура).
Г.	Вади будови деревини	Нахил волокон (відхилення напрямку волокон від поздовжньої осі). Завилькуватість (звивисте або безладне розміщення волокон). Завиток (місцеве викривлення волокон). Крен. Засмолок. Прорість (омертвіла ділянка деревини чи кори, яка заросла в стовбурі дерева). Сухобокість (зовнішнє одностороннє омертвіння внаслідок пошкодження кори).
Д. Гриби та комахи	Грибні забарвлення та гнилизна Пошкодження комахами	Грибні плями та полоси, побурення. Заболонні грибні забарвлення, буровина. Гниль. Плісень. Червоточина - ходи та отвори.

Зовнішній вигляд перелічених вад показано на рис. 3.1...3.5.

Методика досліджень

1 Визначення ширини річних шарів та вмісту пізньої деревини

На торцевій поверхні зразка в радіальному напрямку проводять лінію довжиною 20...30 мм. Лінійкою або штангенциркулем вимірюють довжину відрізка l і підраховують кількість річних шарів N .

Кількість річних шарів n в 1 см:

$$n = \frac{N}{l} ,$$

Потім в кожному річному шарі на відрізку l за допомогою лінійки вимірюють ширину пізньої (літньої) деревини.

Вміст пізньої деревини визначають по формулі:

$$m = \frac{\sum a}{l} \cdot 100 \quad \% ,$$

де $\sum a$ - сумарна ширина пізньої деревини, мм;

l - довжина відрізка, мм.

2 Визначення середньої густини вологої деревини

Використовують зразки розміром 20 x 20 x 30 мм. Підраховують об'єм та зважують з точністю до 0,01г.

Знайдену величину середньої густини перераховують з врахуванням прийнятої 12%-ї вологості.

$$\rho_{o(k)} = [1 + 0.01 \cdot (1 - k_o) \cdot (12 - W)] ,$$

де k_o - коефіцієнт об'ємного усихання ($k_o = 0,6$ для берези, бука і модрина; $k_o = 0,5$ для інших пород);

W - вологість зразка, %.

3 Визначення вологості

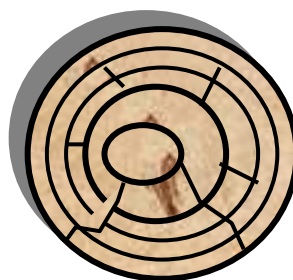
Зразок 20 x 20 x 30 мм розміщують в завчасно зважений бюкс (склянка з кришкою).

Зразок з бюксом теж зважують, а потім без кришки розміщують в сушільній шафі і сушать до постійної маси при температурі 103 ± 2 °С. Потім бюкс покривають кришкою в сушільній шафі і переносять в ексікатор, де охолоджують до кімнатної температури.

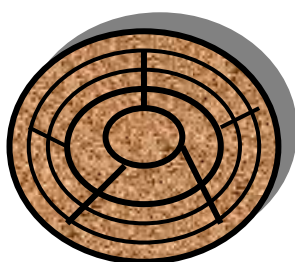
Вологість деревини вираховують по формулі:



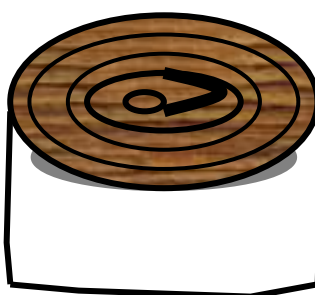
а) метик простий



б) метик незгодний



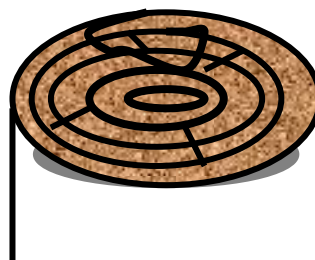
в) метик хрестовий



г) отлуп



д) морозубійна
відчинена



е) морозубійна
зачинена

Рисунок 3.1 - Види тріщин

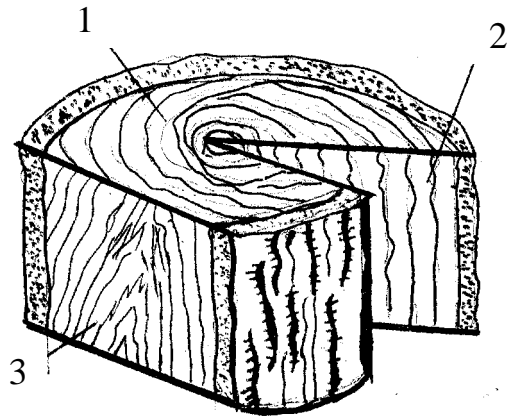


Рисунок 3.2 - Основні розміри стволу.

1. Поперед; 2. Радиальний; 3. Тангентальний

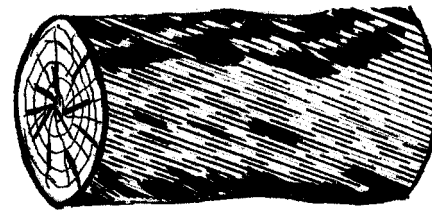


Рисунок 3.3 - Косошарова деревина

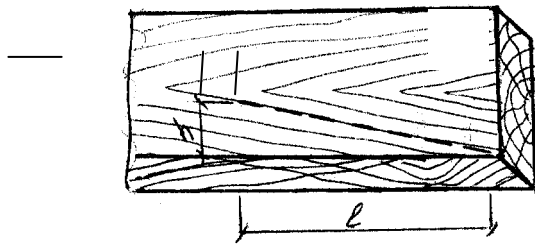
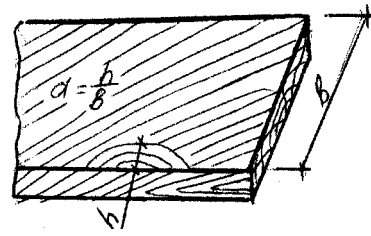
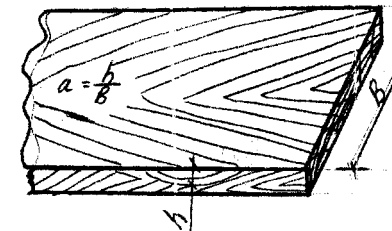


Рисунок 3.4 - Вимірювання косошарової дошки



а) радіальної



б) тангентальної розпилки

Рисунок 3.5 - Визначення розміру завитка на дошці

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

де m_1 - маса бюкса з вологим зразком, г;

m_2 - маса бюкса з сухим зразком, г;

m - маса бюкса, г.

Вологість деревини також вимірюють за допомогою електровагомірів типу ЕВА - 2, ІВД - 1; ЦНДІМОД - 2; ЕВП - 4.

4 Визначення міцності при стиску

Зразки розміром 20 x 20 x 30 мм вимірюють з точністю до 0,1 мм і випробовують на стиск. Швидкість збільшення навантаження $0,15 \pm 0,05$ МПа/с.

Кордон міцності при стиску вираховують з точністю до 0,1 МПа по формулі:

$$R_{cm(W)} = \frac{\rho}{a \cdot b} \quad ,$$

Знайдену по цій формулі межу міцності треба привести до стандартної вологості 12% по формулі:

$$R_{cm(12)} = R_{cm(W)} [1 + \alpha(W - 12)] \quad ,$$

де α - корегуючий коефіцієнт (для сосни, модрина, бука, ясеня, берези - 0,05; для ялини, ялиці, дуба та інших листяних порід - 0,04).

5 Визначення породи деревини

Зразки кожної породи вибирають по таким показникам як величина середньої густини, особливості ядра та забалоні, межа міцності при стиску, кількість річних шарів (кілець) на 1 см. Результати досліджень заносять до таблиці 3 і роблять висновки про можливий вид породи.

Таблиця 3.3

Результати досліджень

№ п/п	Особливість ядра	Середня густина, кг/м ³	Особливості забалоні	Межа міцності, МПа	Середня кількість річних шарів на 1 см	Можлива порода

6 Визначення вад деревини

Шляхом дослідження характеру дефектів, порівняння їх з плакатами та опису, встановлюють найменування вади.

Контрольні запитання

1. Що являє собою деревина?
2. Чому бувають ядрові, стиглодревесні та заболонні породи?
3. Яка причина наявності вад у деревини?
4. Якими показниками характеризуються окремі породи деревини?
5. Що являють собою окремі види вад?
6. Чому відрізняються між собою окремі породи деревини?
7. Які характерні властивості має деревина?
8. Які фактори впливають на якість деревини?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

КЕРАМІКА

Мета роботи: пізнати сутність та особливості кераміки; навчитися оцінювати якість керамічних виробів різних видів.

Кераміка - штучний каменеподібний матеріал, виготовлений формуванням сировини на основі глини та випалюванням для спікання керамічної маси при високій температурі. Отже, керамічний матеріал утворюється завдяки переходу частини сировини в розплав та його кристалізації і переходу мінералу каолініту в новий мінерал – муліт. Названі дві складові формують керамічний зв'язок який об'єднує всі частки в єдиний матеріал.

Отже, глина, як сировина, є постачальником тих мінералів (наприклад, каолініт $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ або інші мінерали гідроалюмосилікатів) і речовин, які при високій температурі утворюють новий матеріал – кераміку. Матеріал кераміку складає новоутворений мінерал муліт $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ та розплав, які зв'язують усі часточки в моноліт і забезпечують принципово нові властивості, відмінні від глини.

Керамічні вироби та їхню якість розпізнають, оцінюють та поділяють на групи за такими ознаками:

1. За призначенням - на стінову (цегла, камені, панелі), облицювальну (цеглу, камені, плитки), спеціальну (різноманітних форм та призначення).

2. За структурою - на дві групи (пористі, або неспечені, та щільні, або спечені). Пористі поглинають 8...20 %, а щільні - менш як 5,0 % води.

3. За середньою густиною - звичайна (понад 1600 кг/м^3), умовно ефективна (понад 1400 кг/м^3), ефективна (до 1400 кг/м^3) для стінової кераміки.

4. За розмірами - від $21 \times 21 \times 3$ мм для мозаїчних плиток, до $1000 \times 1000 \times 10$ мм великорозмірних плиток. Цегла відповідно $250 \times 120 \times 65$ мм до $250 \times 250 \times 138$ керамічного каменю.

5. За формами - від плиток до труб та фігурних виробів.

6. За міцністю - від марки М75 до марки М300 (будівельна кераміка) та М5000 (спеціальна фарфорова).

7. За станом поверхні - без покриття (стінова); глазурована, ангобована, фарбована спеціальними матеріалами, с природних глин, двошарова, з малюнками, (облицювальна); гладенька або рельєфна; одно- або багатоколірна.

8. За наявністю дефектів - тріщини, відбитості, короблення.

9. За умовами випалювання - "недопал", "перепал", "нормаль". Кожен вид кераміки має свої власні особливості.

Шляхом порівняльного аналізу зовнішнього вигляду та властивостей, які вивчались в лабораторній роботі N1 (густина, водопоглинання,

пористість) виявити і описати особливості стінової, облицювальної та деяких видів спеціальної кераміки. Крім того, визначають якість зразків керамічних виробів.

Методика виконання роботи

1 Визначення якості стінової кераміки

До стінової кераміки входить: цегла звичайна; потовщена цегла товщиною 88 мм і модульна цегла, ширина якої становить 138 мм; керамічні камені, у яких один або два розміри перевищують відповідний розмір цегли рядової в два рази.

Для оцінки якості проводять визначення відповідності розмірів, форми, викривлення, тріщин, відбитостей, неперпендикулярності граней, наявності "перепалу" чи "недопалу".

Встановлені вимоги до стінової кераміки приведені в таблиці 4.1.

Розміри зразків виміряють за допомогою лінійки з точністю до 1 мм. Викривлення поверхні граней і ребер, відбитість або притупленість ребер і кутів визначають за допомогою металічного кутника та лінійки з точністю до 1 мм. Цеглину або камінь кладуть на рівний стіл і до перевіряємої поверхні прикладають ребром металічну лінійку в такому напрямі, щоб виявити максимальне значення прогибу поверхні. Величину шпарини між ребром лінійки і перевіряємою поверхнею вимірюють за допомогою спеціальних калібрів.

Наявність тріщин виявляють оглядом, підраховують кількість та виміряють їхню довжину за допомогою лінійки.

Результати досліджень заносять до таблиці 4.2.

Недопалення чи перепалення цегли визначають комплексно: візуальним оглядом, вимірюваннями та простукуванням.

Візуальний огляд проводиться для виявлення наявності чи відсутності оплавлення, тріщин, кривизни, кольору виробів.

Таблиця 4.1

Стандартні вимоги до якості стінової кераміки

№ п/п	Вид кераміки	Розміри, мм	Відхилення від розмірів	Тріщини довжини до 30 мм			Непрямолінійність		Відбитість углів глибиною 10...15 мм	Неперпендикулярність	
				по постелі	по ложку	по тичку	по постелі	по ложку		на 120 мм довжини лицевої поверхні	на 120 мм довжини ребра
1.	Цегла рядова	250×120×65	5; 4; 3;	1	1	1	менш	менш	≤ 2 глиб.	2 мм	2 мм
2.	Цегла потовщена	250×120×88	5; 4; 3;	1	1	1	3 мм	4 мм	10...15 мм	-//-	-//-
3.	Цегла модульна	250×138×65	5; 4; 3;	1	1	1	-//-	-//-	-//-	-//-	-//-
4.	Камінь	250×250×120	5; 4; 4;	1	1	1	-//-	-//-	-//-	-//-	-//-
5.	Камінь з пустотами	250×200×80	5; 4; 4;	1	1	1	-//-	-//-	-//-	-//-	-//-

Вимоги до стінової кераміки

№ п/п	Показники	Гранична величина відхилень стінових виробів	
		Цегла	Камінь
1.	Відхилення від розмірів, мм:		
	по довжині	± 5	± 7
	по ширині	± 4	± 5
2.	по товщині	± 3	± 4
	Непрямолінійність ребер і граней, мм:		
	по постели	≤ 3	≤ 4
3.	по ложку	≤ 4	≤ 6
	Відбитість вуглів глибиною 10...15 мм, шт	до 2	до 2
	Відбитості глибиною 5 мм, та довжиною 10...15 мм, шт	до 2	до 2
	Тріщини довщиною 30 мм.	1	1

Перепалена кераміка характеризується склоподібними оплавленнями, спученнями, скривленнями, має бурий або темний колір. Недопалена кераміка має правильну форму, однорідну поверхню без тріщин, колір світлочервоний ("алий").

Потім, за допомогою лінійки проводять вимірювання виробів, а також викривлення поверхні і ребер, довжини тріщин.

Простукуванням кераміки визначають характер звучання. Глухий звук при ударах молотком вказує на наявність недопалювання, а дзвінкий - на перепалювання. Всі ці результати заносять до таблиці 4.3, аналізують і роблять висновки.

Таблиця 4.3

Результати визначення "недопалу" та "перепалу"

№ зразка	Стан поверхні	Форма виробу	Колір поверхні з ламу	Звук при простукуванні	Результат визначення
----------	---------------	--------------	-----------------------	------------------------	----------------------

2 Визначення якості облицювальної кераміки

До облицювальної кераміки входять облицювальна цегла, камінь, плитки для облицювання фасадів, цоколів, внутрішніх стін та підлог.

Цегла і каміння бувають: з гладенькою рельєфною лицьовою поверхнею; природного кольору або іншого за рахунок включення в формову суміш барвників; з покритою (офактуреною) лицьовою поверхнею за допомогою ангобів, глазурей, мінеральних порошоків, додаткового шару глиняної суміші. Обмотувальну кераміку без покриття готують із світло- або червоновипалюваних глин, а також із натурального виду черепком (теракотовий колір кераміка).

Плитки для облицювання фасадів виготовляють неглазурованими (з натурального вигду черепком - теракотовим, із світло- або червоновипалюваних глин); глазурованими, ангобірованими або фарбованими мінеральними порошками до обпалювання.

Плитки для внутрішнього облицювання стін можуть бути двох видів: майолікові та фаянсові. Лицьова поверхня може бути гладенькою або рельєфною одно- і багатоколірною, декорованою - методом серіографії, набризкуванням, нанесенням глазури з різним поверхневим натягом. Тильний бік має рифлену поверхню.

Плитки для підлоги можуть бути глазурованими і неглазурованими, з гладенькою чи рифленою поверхнею товщиною 10...13 мм.

Якість кераміки визначається по таким показникам:

- відхилення від розмірів (до $\pm 1,0$ мм для плиток розміром до 48 мм; $\pm 2,0$ мм - розміром до 250 мм і $\pm 3,0$ мм - більшого розміру);
- відхилення від прямокутності (різниця довжини діагоналей відповідно 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 мм для плиток до 48; 150; 250 і більше 250 мм);
- кривизна лицьової поверхні (не більше 0,5; 1,0; 2,0 і 2,0 мм для плит відповідно до 48; 150; 250 і більше 250 мм);
- наявність плям та вицвітів, видимих з відстані 3,0 м;
- наявність тріщин, вапняних включень, задирів.

Вид облицювальної кераміки та її якість визначаються візуальним оглядом, вимірюваннями за допомогою металевої лінійки.

Результати вивчення облицювальної кераміки заносять до таблиці 4.4 і роблять висновки, якими характеризують особливості виду та якості облицювальної кераміки.

Таблиця 4.4

Особливості виду та якості кераміки

№ п/п	Назва кераміки	Форма	Розміри, мм	Відхилення від розмірів, мм	Відхилення від прямокутності, мм	Кривизна, мм	Якість поверхні

3 Визначення особливостей фізико-механічних властивостей кераміки різного призначення

Для кращого розуміння особливостей кераміки порівнюють властивості стінової кераміки, плиток для облицювання фасадів, внутрішніх стін та підлоги. Ці вироби порівнюють за такими показниками, як величина середньої та істинної густоти; пористість; водопоглинання. При цьому можуть бути використані показники, які визначили при виконанні лабораторної роботи N 1, а підсутні - по методиці тієї ж роботи.

Результати заносять до таблиці 4.5 та таблиці 4.6.

Таблиця 4.5

Визначальні показники властивостей кераміки різних видів

№ п/п	Вид керамічних виробів	Властивості				
		Середня густина ρ_o , кг/м ³	Пористість П, %	Водопоглинання по масі W_m , %	Водопоглинання по об'єму W_o , %	$\frac{W_o}{W_m}$

Таблиця 4.6

Результати визначення якості стінової кераміки.

№ п/п	Вид кераміки	Розміри, мм	Відхилення від розмірів	Тріщини довжиною до 30 мм	Непрямо-лінійність	Відбитість углів	Неперпендикулярність

Контрольні запитання.

1. Що являє собою матеріал кераміка?
2. Які бувають різновиди стінової кераміки?
3. Які бувають різновиди облицювальної кераміки?
4. Якими показниками оцінюють якість стінової кераміки?
5. Якими показниками оцінюють якість облицювальної кераміки?
6. Якими показниками відрізняються між собою стінова та облицювальна кераміка?
7. Що таке “недопал” та “перепал” кераміки?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВАПНО

Мета роботи: з'ясувати сутність будівельного повітряного вапна та навчитися оцінювати його якість.

Повітряне будівельне вапно - тонкодисперсна речовина, що складається переважно з оксиду кальцію (CaO) або гідроксиду кальцію (Ca(OH)_2).

Для кращого розуміння сутності вапна рекомендується звернути увагу на ланцюжок послідовного перетворення мінералу кальциту (вапняки, крейда) у в'язучу речовину:

а) для надання речовині активності проводиться випалювання карбонатних пор кальцію при температурі $1000\text{...}1200\text{ }^\circ\text{C}$;

б) в результаті випалювання одержують речовину, яку називають негашене вапно, а інколи - грудкове, кипілка;

в) подрібнення негашеного вапна відбувається механічним або хімічним способами, внаслідок чого отримують відповідно помелене негашене вапно CaO та гашене гідратне Ca(OH)_2 ;

г) якість вапна залежить від вмісту активних CaO та MgO ; вмісту зерен, що не погасилися; зернового складу, інертних домішок;

д) в залежності від домішок оксиду магнію вапно поділяється на кальційове, магnezіальне або доломітове; від вмісту активних $\text{CaO}+\text{MgO}$ на 1, 2, та 3 сорт; з вмістом непогашених зерен відповідно до 4%, 7% та 11%; від швидкості гашення - на швидкогашене (до 8 хв.), середньогашене (до 25 хв.) і повільногашене (більше 25 хв.).

Активність вапна характеризується марками по міцності М10, М15; М25.

Роботу рекомендується виконувати в такій послідовності: розглянути випняк; негашене вапно; провести гашення і визначити швидкість гашення; гашене вапно використати для виявлення виходу вапняного тіста, а потім - для вмісту зерен, що не погасилися; дослідити вміст активних $\text{CaO}+\text{MgO}$. Після обробки результатів дати оцінку якості.

1 Швидкість гашення

Потрібне обладнання - термос, термометр зі шкалою $150\text{ }^\circ\text{C}$, вставлений в пробку термосу; фарфорова склянка.

Гашення проводять при співвідношенні води 0,8 і 2 до маси вапна.

Для дослідів беруть дві наважки по 500 г негашеного вапна в кусках розміром близько 20 мм. Наважки розміщують в склянки і заливають в одну 400 мл води з температурою $20\text{ }^\circ\text{C}$, а в другу - 40 мл. При цьому фіксують час змішування.

Склянки з вапняно-водними сумішами розмішують в термосах, які закривають пробками з термометрами. Ртутна кулька термометра повинна бути занурена в реагуючу суміш. Покази температури записують через кожні 30 с. Спостереження припиняють з початком падіння температури.

Швидкість гашення характеризується проміжком часу між початком змішування вапна з водою і початком падіння температури.

2 Вихід гашеного вапна

Склянку після гашення (дослід N 1) ставлять на пальник (електричний чи спиртовий) і нагрівають для випарювання до появи тріщин на поверхні суміші. Після цього проводять зважування та вираховують об'єм одержаного тіста.

Густина одержаного вапняного тіста.

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^{-6}}{V_1 \cdot 10^{-3}}, \text{ кг/м}^3$$

де m_2 - маса склянки з вапняним тістом, г;

m_1 - маса склянки, г;

V_1 - об'єм тіста, см^3 .

Приймаючи до уваги, що початкова вага негашеного вапна рівнялась 500 г, одержаний об'єм множать на 20,0. Це і визначає вихід вапняного тіста з 1 кг негашеного вапна.

Другу склянку теж зважують і вимірюють об'єм гашеного вапна. Середню густину одержаного гашеного вапна вираховують по формулі:

$$\rho_0 = \frac{(m_4 - m_3) \cdot 10^{-6}}{V_2 \cdot 10^{-3}}, \text{ кг/м}^3$$

де m_4 - маса склянки з гашеним вапном, г;

m_3 - маса склянки, г;

V_2 - об'єм гашеного вапна, см^3 .

При цьому порівнюють особливості обох видів одержаного гашеного вапна (гідратного вапна).

3 Вміст зерен, що не погасилися

До таких зерен можуть відноситися домішки піску, залишки CaCO_3 (недовипалювання), засклований важкогашений оксид кальцію CaO (перепалювання).

Гашене вапно після визначення виходу тіста (дослід N 2) розбавити водою до консистенції вапняного молока і поступово вилити на сітку N 063. При цьому одночасно промивати слабим безперервним струменем води.

Залишок на ситі збирають і висушують при температурі 105...110 °С до постійної маси.

По результатам визначають залишок у відсотках.

4 Вміст активних CaO+MgO

Цей вміст визначає сорт вапна. Для такого аналізу потрібні аналітичні терези, конічна колба місткістю 250 мл, 1 % спиртовий розчин фенолфталеїну і однонормальний розчин соляної кислоти.

На аналітичних терезах беруть наважку 1 г розтертого негашеного або гашеного вапна. Цю наважку кладуть у конічну колбу, наливають 150 мл дистильованої води і додають 15...20 скляних паличок або намистин для кращого перемішування.

Колбу закривають склом, нагрівають 5 хвил, не доводячи до кипіння. Після охолодження в колбу додають дві-три краплі 1 % розчину фенолфталеїну і повільно титрують при постійному збовтуванні однонормальним розчином соляної кислоти до повного знебарвлення суміші. Титрування вважають закінченим, якщо за 5 хв. вміст колби залишається безбарвним.

Вміст CaO+MgO, % за масою, обчислюють за формулою:

$$A = \frac{(V \cdot T_{CaO} \cdot 100)}{m},$$

де V - кількість використаної для титрування однонормальної соляної кислоти, мл;

T = 2,804 г - кількість CaO, що відповідає 1 мл однонормального розчину соляної кислоти;

m - маса наважки вапна, г.

Контрольні запитання.

1. Для чого проводять випалювання вапняків?
2. Яка різниця між вапняками і вапном?
3. Для чого проводять гашення та помел вапна?
4. Чим відрізняються гашене і негашене вапно?
5. Від яких факторів залежить якість вапна?
6. Яким чином проводиться оцінка показників якості вапна?
7. Які бувають види та сорти вапна?
8. Що відноситься до будівельного повітряного вапна?
9. В чому сутність будівельного повітряного вапна та технології його виготовлення?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ГІПСОВІ В'ЯЖУЧІ

Мета роботи: пізнати суть гіпсових в'язучих речовин, обумовленість властивостей та способи оцінки якості.

Для кращого розуміння рекомендується звернути увагу на деякі особливості гіпсових в'язучих речовин:

1. Гіпсовими в'язучими речовинами називають тонко дисперсні порошкоподібні продукти, одержані методом термічної обробки природного гіпсу і наступного помелу.

2. Термічна обробка природнього гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ проводиться для надання продуктам обробки хімічної активності, тобто властивості взаємодіяти з водою і утворювати гідратні сполуки.

3. Продукти взаємодії поступово переходять від тістоподібного стану в кристали і обумовлюють перехід гіпсової суміші в кам'яноподібний моноліт.

4. В залежності від умов термічної обробки одержують будівельний і високоміцний гіпс, які представлені напівводним гіпсом $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ відповідно β - і α - модифікації, а також високоопалений безводний гіпс CaSO_4 з домішками CaO до 5 % як активізатором твердіння.

5. Якість гіпсових в'язучих залежить від вмісту домішок, тонкості помелу, потреби води для тіста нормальної густини, термінів тужавіння.

6. В залежності від міцності при стиску будівельний гіпс поділяють на марки від Г-2 до Г-7; в залежності від тонкості помелу - на грубого, середнього і тонкого помелу з залишками на ситі не більше 23, 14 та 2 % (мають відповідні позначки I, II, III); в залежності від термінів тужавіння - на швидкотужавіючі (А) з початком тужавіння не раніш, як 2 хвил. і закінченням до 15 хвил.; нормальнотужавіючі (Б) з початком і закінченням тужавіння відповідно не більше як 6 і 30 хвил.; повільнотужавіючі (В) з початком тужавіння більше 30 хвил.

Перелічені позначки використовуються для маркування гіпсового в'язучого, в результаті марку позначають, наприклад, так: ГВ Г-6-А-І ДСТУ Б В.2.7-82-99.

Для оцінки якості гіпсових в'язучих потрібно визначити тонкість помелу; водопотребу; терміни тужавіння; кордони міцності

Методика проведення досліджень

Всі дослідження слід проводити з завчасно просушеним при температурі 50...55 °С до постійної маси в'язучим.

1 Визначення тонкості помелу

Беруть наважку в'яжучого масою 50 г і просівають на ситі N-02. При механічному просіюванні тривалість дорівнює 5...7 хв. Просіювання вважають закінченим, якщо при контрольному просіюванні протягом 1 хв. через сито проходить не більше 0,05 г в'яжучого на папір при знятому денці.

Після зважування залишку на ситі визначають тонкість помелу:

$$T = 2m \quad , \%$$

де T - тонкість помелу, %;

m - маса залишку гіпсового в'яжучого, г.

За величину помелу приймають середні арифметичне двох визначень, яке заносять до журналу досліджень.

2 Нормальна крутість густина гіпсового тіста

Під нормальною крутістю розуміють кількість води в см^3 на 100 г в'яжучого, при якій гіпсове тісто має стандартну консистенцію. Тісто нормальної крутості має розплив діаметром 180 ± 5 мм.

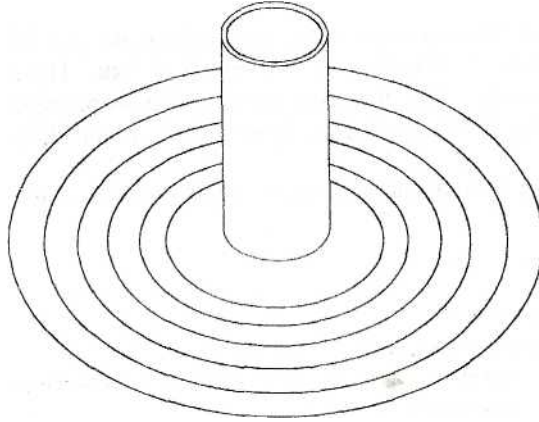
Нормальна крутість гіпсового тіста визначає водопотребу в'яжучого. Для визначення використовується віскозиметр Суттарда (Рис.6.1). Цей прилад являє собою добре відшліфований металевий циліндр внутрішнім діаметром 5 см і висотою 10 см. Циліндр встановлюється на скло, під яке підкладається папір з концентричними колами діаметром 0...20 см.

До початку випробувань поверхню циліндру і скла зволожують водою за допомогою м'якої тканини.

Готують наважку в'яжучого 300 г. Чашу для змішування протирають вологою тканиною, заливають воду в кількості 50...70 % від маси в'яжучого. Гіпсове в'яжуче засипають у воду і швидко перемішують протягом 30 с. Через 1 хвилину спокійного стану суміш швидко виливають у циліндр, який встановлений на склі (по центру концентричних кілець паперу). Залишок тіста над циліндром зрівнюють ножем з краями циліндра, після цього циліндр різко піднімають угору.

Гіпсове тісто розпливається на склі. Діаметр розпливу відразу ж заміряють в двох перпендикулярних напрямках і вираховують середнє арифметичне значення.

Якщо діаметр розпливу відповідає $18 \pm 0,5$ см, то досягнута нормальна крутість. При меншому або більшому діаметрі замішування повторяють відповідно з більшою або меншою кількістю води до потрібного результату, який і визначить В/Г відношення. Всі результати записують.



1. Металевий циліндр;
2. Скло з концентричними колами;
3. Гіпсове тісто.

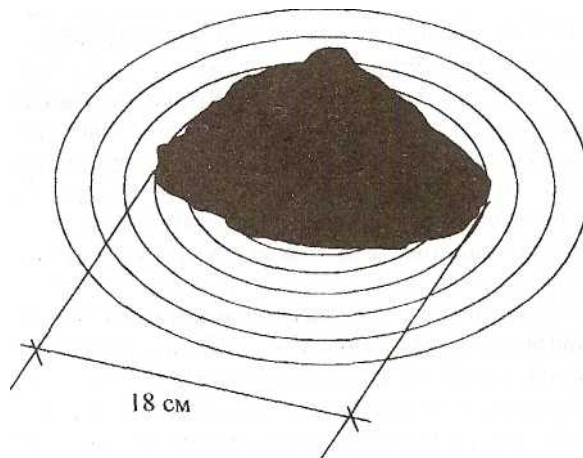


Рисунок 6.1 Віскозиметр Суттарта

3 Визначення термінів тужавіння гіпсового в'язучого

Для визначення використовується стандартний прилад "Віка" (Рис.6.2). В цьому приладі металевий стержень з закріпленою сталевією голкою діаметром 1,1 мм має масу 300 г. Положення стержня фіксується за допомогою гвинта, а його переміщення - по шкалі з поділками від 0 до 40 мм.

Початок і кінець тужавіння оцінюється часом, який минув від початку змішування в'язучого з водою до моменту, коли голка приладу "Віка" не доходить до нижньої і верхньої поверхні досліджуваного тіста відповідно на 1,0 см.

До початку випробувань змочують вологою тканиною поверхню голки, кільця для тіста, скляної пластини, чаші для приготування тіста.

Для досліджень готують 200 г в'язучого та відповідну кількість води згідно одержаного В/Г - відношення.

Воду вливають в чашу, а потім рівномірно всипають в'язуче і суміш перемішують до однорідного стану протягом 30 с.

Готове тісто заливають у кільце, встановлене на скляну пластину. Ножем зрізають надлишок і вирівнюють поверхню тіста. Кільце розміщують під голкою приладу.

Одночасно звільняючи затискний гвинт і придержуючи стрижень, підводять кінець голки до поверхні гіпсового тіста і по шкалі встановлюють початок відліку.

Відпускають затискний гвинт стрижня, і голка повільно заглиблюється в тісто. Опускання повторюють через 30 с, щоразу міняючи місце опускання голки і витираючи її.

Проміжок часу, що минув від початку замішування тіста водою до того моменту, коли голка при опусканні не дійшла до скла 1 мм, вважається початком тужавіння. Кінець тужавіння - проміжок часу від початку замішування до моменту, коли голка занурюється в тісто на глибину 1 мм.

Показники кожного заглиблення голки заносять до журналу.

4 Визначення міцності при згині і стиску

Для цього визначення готують три зразки - балочки розміром 4 x 4 x 16 см. Готують 2,2 кг в'язучого і воду згідно з визначеним В/Г відношенням. Водогіпсову суміш перемішують протягом 60 с до однорідного стану і заливають у форми, які завчасно змащені машинним маслом. Коли форма наповниться, поверхню тіста заглажують.

Через 1,5 годин після замішування тіста зразки - балочки випробовують на згин та стиск.

Результати випробувань заносять в таблицю 6.1.

На основі всіх досліджень дати повну характеристику гіпсового в'язучого (тонкість помелу, нормальну крутість, термін тужавіння, кордони міцності при згині і стиску), визначити і записати його марку, оцінити якість.

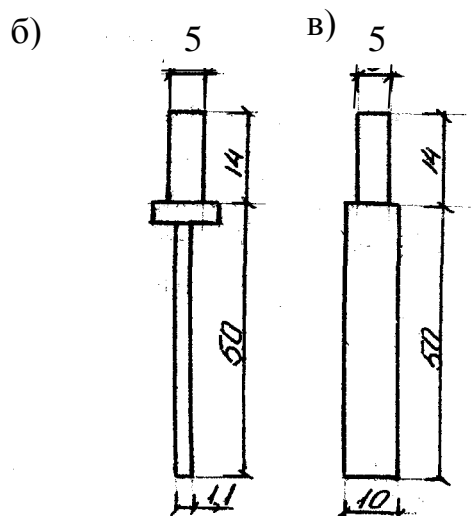
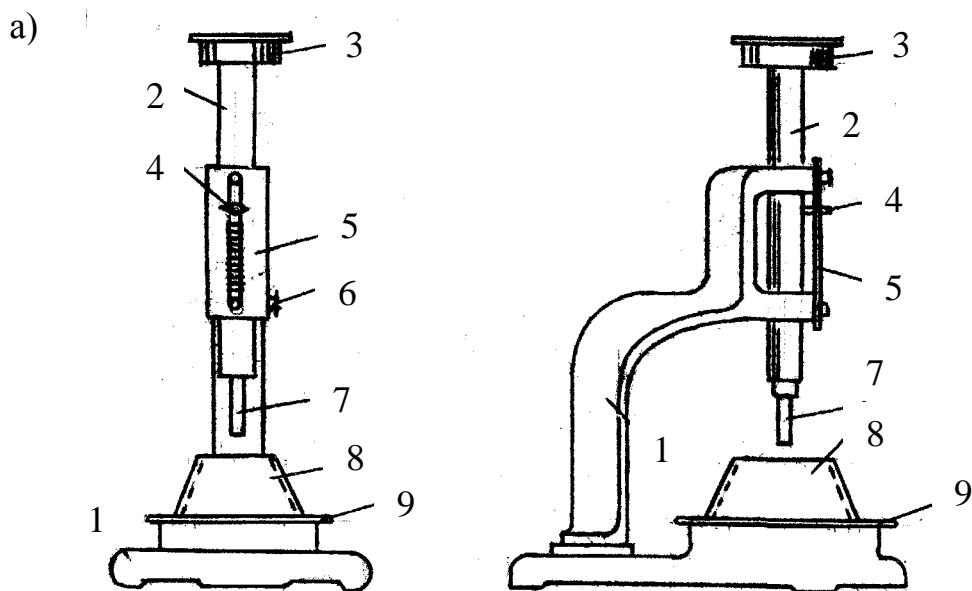
Таблиця 6.1

Результати досліджень.

Розмір зразка балочки	Межа міцності при згині, МПа				Робоча площа пластини, см ²	Межа міцності при стиску, МПа						
	1-20	2-20	3-30	Середня з двох н/б		1-10	2-20	3-20	4-20	5-20	6-20	Середня з 4

Контрольні запитання

1. Що являють собою гіпсові в'язучі?
2. Як відрізняються між собою гіпсові в'язучі різного виду?
3. Чому гіпсові в'язучі проявляють здібність твердіти?
4. Що являє собою показник нормальної густини (крутизни)?
5. Які фактори впливають на якість гіпсових в'язучих?
6. Які показники визначають якість гіпсових в'язучих?
7. Як можна практично визначити 3 властивості гіпсових в'язучих?
8. В чому полягає різниця між тужавінням та твердінням?
9. Як можна змінити властивості та підвищити якість гіпсових в'язучих?



1. Металева станина;
2. Рухомий стержень;
3. Пластина для додаткового вантажу;
4. Показник шкали;
5. Шкала;
6. Затисний гвинт;
7. Сталева голка;
8. Кільце для досліджувального тіста;
9. Скляна пластинка.

а) прилад; б) точка; в) товчачик

Рисунок 6.2 - Прилад "Віка"

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ЦЕМЕНТИ

Мета роботи: шляхом дослідження властивостей та порівняльного аналізу літературних відомостей виробити всебічне уявлення про окремі види цементів, їхні особливості, сфери використання, методи досліджень.

До цементів належить велика група в'язучих, які одержані подрібненням до тонкодисперсного стану цементного клінкеру з різними добавками. Головною відрізняючою особливістю цементів є наявність в їх складі в різних відношеннях силікатів, алюмінатів та алюмоферитів кальцію. Якраз ці складові мінерали вступають до хімічної взаємодії з водою, що приводить до появи нових сполук. Ці нові сполуки послідовно переходять від гелеподібного стану до камнеподібного - в цьому проявляються їхні клеючі властивості.

Зміна хімічного, мінерального та речовинного складу викликає зміну властивостей і виду цементу в цілому.

Портландцемент (ПЦ) - традиційне і найбільш поширене в'язуче, вміст якого включає 48...60 % трикальцієвого силікату $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (аліту); 12...20 % двокальцієвого силікату $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (біліту); 5...15 % трикальцієвого алюмінату $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; 10...20 % чотирикальцієвого алюмофериту $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (целіту). До цих мінералів в процесі подрібнення клінкеру добавляють 3..5 % гіпсу $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Потрібно звернути увагу, що коли склад названих чотирьох мінералів виходить за наведені вище межі, тоді утворюються спеціальні види портландцементів.

Такі спеціальні портландцементи мають інші властивості та призначення.

Якщо вміст одного мінералу більший, то портландцемент відповідно буде мати найменування алітового, білітового, алюмоферитового. Якщо двох - то по назві цих мінералів, наприклад, алюмінатобілітового.

Швидкотверднучі (ШТЦ), особливошвидкотверднучі (ОШТЦ) - містять підвищену кількість аліту, мають високу тонкість помелу ($350\text{...}400\text{м}^2/\text{кг}$), а **найшвидкотверднучі (НТШУ)** - ще й домішки CaF_2 або CaCl_2 . Білий та кольорові портландцементи одержують за рахунок чистих сировинних складових (які майже не містять оксидів металів), а під час помелу або добавляють, або не добавляють (для білих ПЦ) відповідні мінеральні пігменти.

Пластифікований портландцемент виготовляється шляхом подрібнення клінкеру з добавками гіпсу (3...5 %) і 0,25 % лігносульфонату технічного (ЛСТ) чи іншого пластифікатору.

Гідрофобний портландцемент утворюється за рахунок добавки при подрібленні 0,08...0,25 % гідрофобізуючої речовини (олеїнової кислоти, асидолу, милонафту).

Пуццолановий портландцемент відрізняється вмістом 20...40 % активної мінеральної добавки, якщо менше 20% - тоді портландцемент з активними мінеральними добавками.

Шлакопортландцемент (ШПЦ) вміщує 20...80 % гранульованого доменного шлаку.

Сульфатостійкий портландцемент в своєму складі має зменшений вміст аліту (не більше 50 %), алюмінату (до 5 %) та суми алюмінату і алюмофериту не більше ніж 22 %. Цей зменшений вміст названих мінералів дозволяє змінити обсяги утворення етtringіту, що викликає руйнуючу дію в сульфатних розчинах.

Глиноземистий цемент - відрізняється тим, що складається переважно тільки з низькоосновних алюмінатів кальцію (80 % CaOAl_2O_3).

Водонепроникний, розширний, гіпсоглиноземистий розширний, напружувальний цемент - це гідралічні в'язучі речовини, що одержані помелом або змішуванням у різних співвідношеннях глиноземистого та портландцементу з гіпсом.

В'язучі властивості портландцементи проявляють в результаті процесів гідратації мінералів та утворення гідратних сполук. Новоутворені продукти спочатку мають гелеподібний стан, який переходить в кристалічній і зумовлює "склеювання" окремих часток та твердіння суміші.

Активність цементу залежить від мінерального та зернового складу і оцінюється марками по міцності М300; М400; М500; М550; М600. В позначення марки також вводять літеру Р – висока міцність в ранньому віці; ПЛ, ГФ – тобто пластифікація і гідрофобізація; Н – використання клінкеру нормованого складу; Ш – добавка шлаку до 20%. Тоді позначення марки набувають виду: ПЦ – 11/А-Ш-400Р-ГФ ДСТУ Б В.2.7-46-96

Методи виконання випробувань цементу

1 Визначення насипної густини

Цей показник потрібен при розрахунку складу бетону.

Для вимірювання використовують прилад, до якого входить конічна камера із засувкою, закріплена на підставці, та вимірювальний циліндр (Рис.7.1).

В конічну камеру з зачиненим засувом засипають біля 3 кг просушеного цементу. Зважують вимірювальний циліндр та встановлюють його під конічною камерою. Відчиняють засув і засипають цемент в циліндр з деяким лишком. Після цього засів зачиняють. Залишок цементу зсувають з циліндру за допомогою лінійки.

Зважують циліндр з цементом.

Насипну густину цементу вираховують по формулі:

$$\rho_{н.ч.} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^{-3}}{V \cdot 10^{-6}}, \quad \text{кг/м}^3,$$

де m_1 – маса циліндру без цементу, г;
 m_2 – маса циліндру без цементу, г;
 V – об'єм циліндру, 1000 см^3 (1 л).

2 Визначення істинної густини

Використовується при розрахунку складу бетону та виявленні виду цементу.

Визначення проводиться за допомогою прибору Ле-Шательє. Основу прибору являє скляна колба з видовженою вузькою горловиною, нижня частина якої має розширення кульовидної форми. На горловину нанесено вимірювальну шкалу.

Для випробування використовують цемент, завчасно висушений в сушильній шафі протягом 2 годин і охолоджений в ексикаторі.

Для випробувань готують наважку вагою 65 г з точністю 0,01г.

Об'ємомір заповнюють гасом до нижньої нульової позначки шкали. Рівень встановлюють по нижньому меніску рідини. Після цього горловину приладу з середини протерти від вологи тампоном з фільтрувального паперу.

В підготовлену таким чином горловину об'ємоміру за допомогою ложечки та лінійки засипають наважку цементу.

Для відокремлення часточок повітря, яке може втримуватись на зернах цементу, необхідно обертати об'ємомір.

Істинна густина цементу ρ , кг/м^3 , рахується по формулі:

$$\rho_{н.ч.} = \frac{m \cdot 10^{-3}}{V \cdot 10^{-6}}, \quad \text{кг/м}^3.$$

де m -маса цементу, г;

V - об'єм цементу, тобто рідини, витісненої цементом, см^3 .

Густина визначається як середня величина по результатам двох вимірювань. Різниця між ними не повинна перевищувати 20 кг/м^3 ($0,02 \text{ г/см}^3$). В іншому разі потрібно провести повторне визначення.

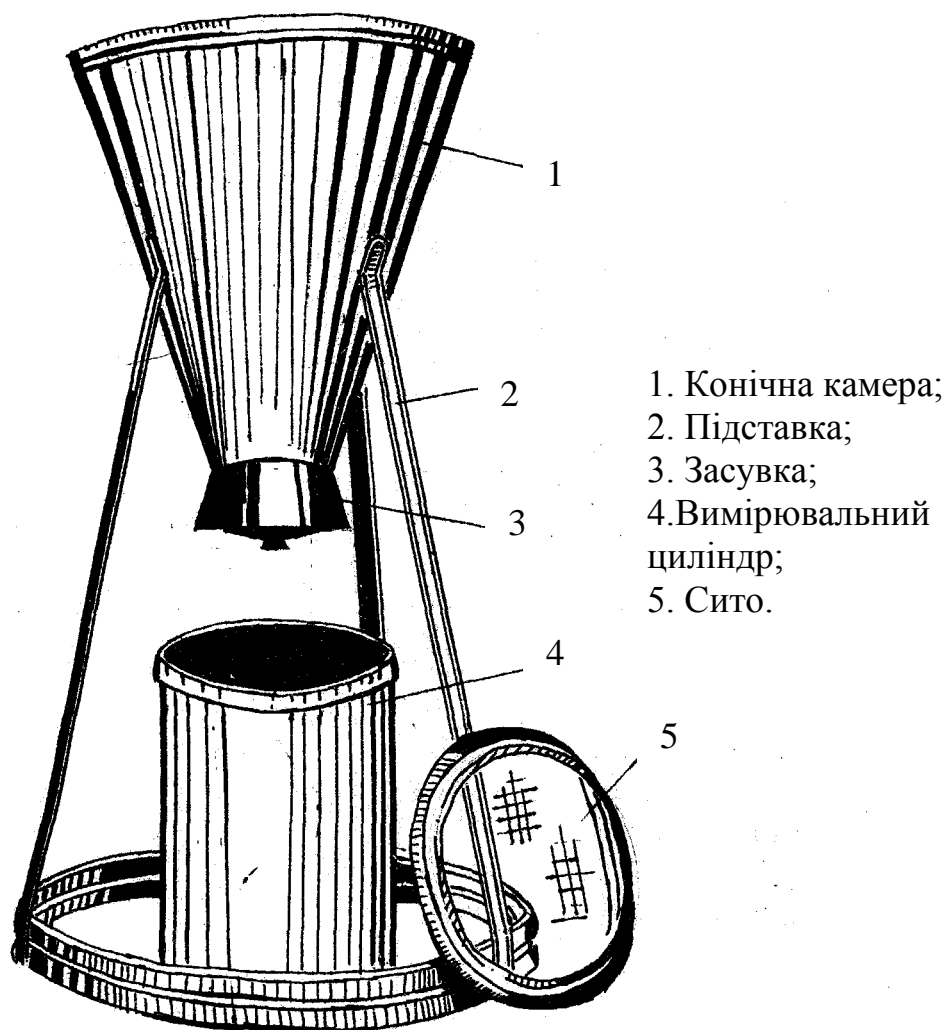


Рисунок 7.1 - Прилад для визначення насипної щільності цементу

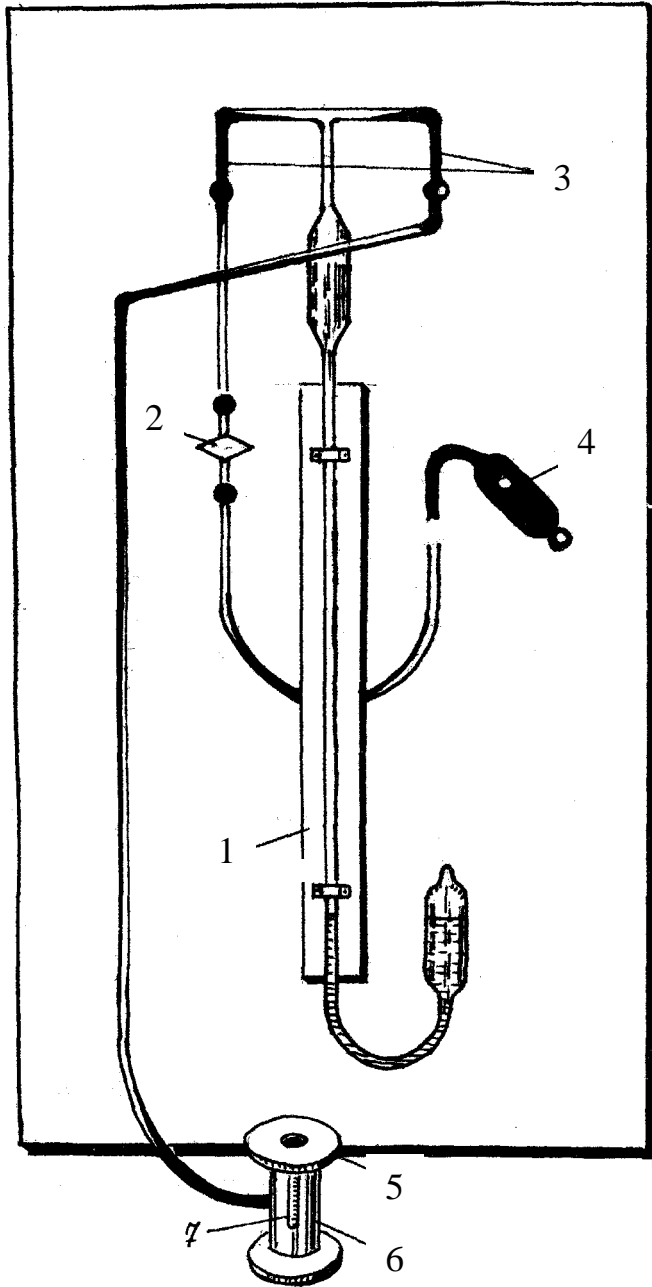


Рисунок 7.2 - Прилад "ПХС-4"

3 Визначення тонкості помелу

Від тонкості помелу залежить швидкість і повнота розвитку процесів гідратації тобто, терміни твердіння, активність і міцність цементу.

Тонкість помелу визначають ситовим аналізом або по величині питомої поверхні, яка вимірюється за допомогою спеціального приладу - поверхнеміра ПСХ – 4 (Рис.7.2).

При ситовому аналізі використовують сито №008 та прилад для механічного просіювання.

Наважку із просушеного цементу масою 50г з похибкою до 0,1г висипають на сито. Сито закривають кришкою і встановлюють у прилад для механічного просіювання.

Просіювання триває 5...7 хв. Просіювання вважають закінченим, якщо при просіюванні вручну на папір при знятому денці протягом 1 хв. проходить не більше 0,05 г цементу.

По закінченні просіювання залишок на ситі зважують з похибкою до 0,01 г. Тонкість помелу визначають, як відношення залишку до маси початкової наважки з похибкою до 0,1 %. Тонкість помелу повинна відповідати залишкові на ситі не більше 15 %.

Визначення тонкості помелу по питомій поверхні проводять за допомогою приладу ПСХ-4. Тонкість виміряють по величині опору шару цементу проходженню повітря. Чим менші зерна і відповідно більше питома поверхня, тим менші проміжки між зернами і тим більший опір проходженню повітря.

4 Визначення нормальної густини (крутості)

За нормальну густину вважають таку консистенцію, яка відповідає стандартній в'язкості цементного тіста або його рухливості. Нормальна густина характеризує водопотребу цементу і оцінюється показником водоцементного (В/Ц) або цементноводного (Ц/В) відношення і використовується при розрахунку складу бетону.

Нормальну густину визначають за допомогою приладу "Віка". При цьому вимірювальним пристосуванням являється металевий товкач діаметром 10 і довжиною 50 мм., а його вага разом з рухомим стрижнем 300 ± 2 г.

Перед проведенням вимірів перевіряють вільне падіння рухомого стрижня, чистоту товкачика, находження стрілки на нульовій позначці шкали при стиканні товкачика із скляною пластиною.

Скляну пластину і кільце покривають тонким шаром мастила.

Цементне тісто готується в металевій кульовидній чаші. Після обробки поверхні чаші вологою тканиною туди висипають 400г висушеного цементу і виливають завчасно відміряний об'єм води. Для першого пробного замісу приймають $92...112\text{см}^3$ води, тобто в межах 23...28 % по відношенню до маси цементу.

Спочатку суміш перемішують обережно, а потім - енергійно в перпендикулярних напрямках з одночасним повертанням чаші на 90° . Суміш перемішують за допомогою круглої лопатки протягом 5 хв.

Підготовленим тістом заповнюють кільце приладу. Ущільнення виконують постукуванням пластиною з притиснутим кільцем по поверхні столу 5...6 разів. Лишок тіста знімають за допомогою зволоженого ножа.

Заповнене тістом кільце на скляній пластині розміщують під стрижнем приладу "Віка". Натиском на фіксуєчу кнопку вивільняють рухомий стержень і товкачик обережно підводять до поверхні тіста. Потім повторним натиском на кнопку стрижень вивільняється і разом з товкачиком заглиблюється в тісто. Через 30 секунд з моменту натиску на кнопку визначається глибина занурення товкачика.

Густина цементного тіста вважається нормальною, якщо товкачик не досягає 5...7 мм поверхні пластинки. Якщо товкачик заглиблюється на більшу або меншу глибину, то визначення повторюють відповідно з меншою або більшою кількістю води до потрібного результату.

Нормальну густину розраховують як відношення маси води до маси цементу з похибкою до 0,25 % (від маси цементу).

5 Визначення термінів тужавіння цементу

Терміни тужавіння визначають за допомогою приладу "Віка", в стрижні якого кріпиться голка діаметром 1 мм. та довжиною 50 мм.

Прилад і цементне тісто готують так, як і при визначенні нормальної крутості (розділ 4 цієї лабораторної роботи).

Кільце з цементним тістом розміщують під рухомим стрижнем. Голку разом зі стрижнем підводять до поверхні тіста і кріплять фіксуєчою кнопкою. Для визначення строків тужавіння потрібно натиснути на фіксуєчу кнопку і тим самим звільнити стержень, що дозволяє йому вільно занурюватись в цементне тісто.

Початком тужавіння вважається проміжок часу між приготуванням тіста і моментом, коли при заглибленні в тісто голка не досягає 1...2 мм поверхні скляної пластини, що фіксується показаннями шкали. Кінець тужавіння - проміжок часу з моменту приготування до моменту, коли голка заглиблюється в тісто не більше 1 мм.

Голку заглиблюють в тісто через 5 хв., змінюючи при цьому місце заглиблення.

6 Визначення міцності (марки) цементу

Міцність цементу характеризує його активність і оцінюється відповідною маркою. Цей показник потрібен при розрахунках складу бетону і вибору цементу для конкретних випадків.

При визначенні міцності використовують пластичний цементний розчин складом 1:3 (1 частина цементу і 3 частини чистого піску), з якого готують три зразки - балочки розміром 4x4x16 см.

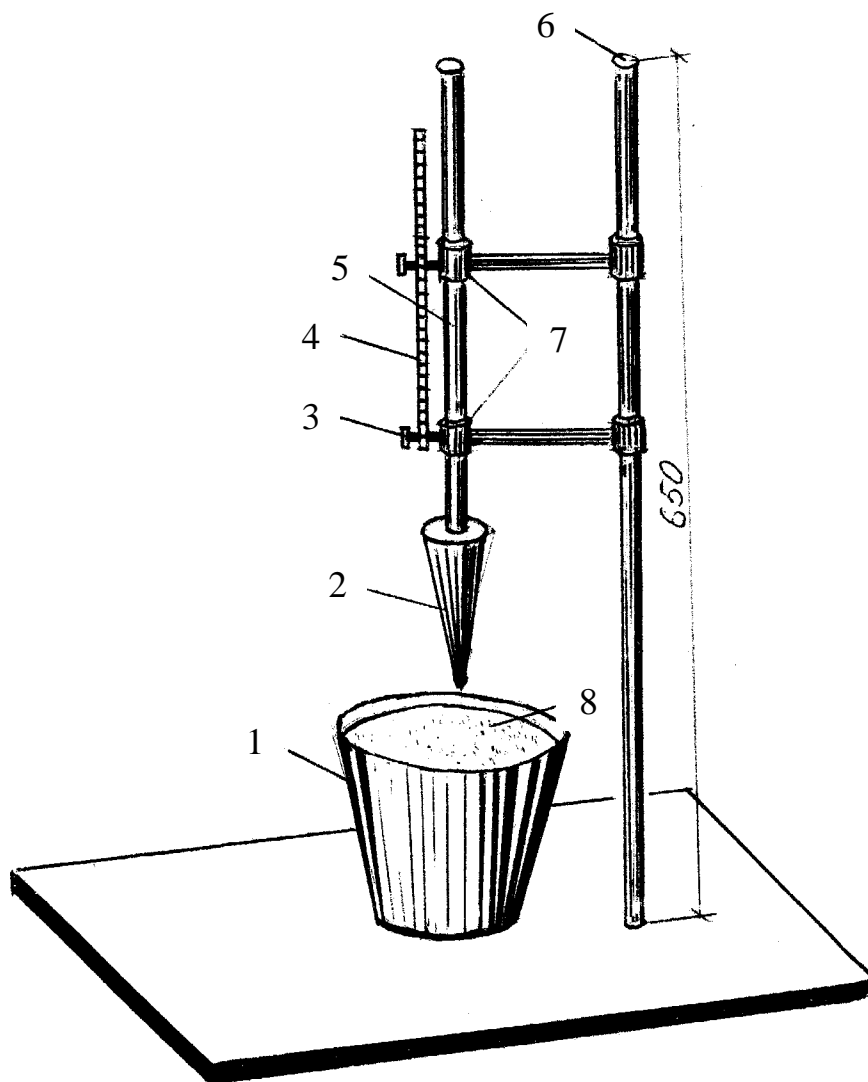


Рисунок 7.3 - Прилад для визинення рухливості будівельних розчинів

Готовий розчин укладається в металеві форми, поверхня яких до цього змащена мастилом. Розчин укладається шаром близько 1 см, а подальше заповнення проводиться при одночасному ущільненні на працюючому вібростолі протягом 3 хв. Після цього надлишок розчину зрізають змоченим ножом. Одночасно зрівнюють поверхню зразків по вінця з краями форми.

Готові зразки витримують у формах протягом 24+2 год. у ванні з гідравлічним затвором або в шафі, де вологість не нижче 90 %. Після цього зразки розформовують і зберігають в горизонтальному стані у ванні з водою, об'єм якої в 4 рази повинен перевищувати об'єм зразків. Загальний термін витримки зразків – 28 діб.

Зразки випробовують спочатку на згин, а одержані після цього половинки - на стиск. Випробування проводять на випробувальних машинах згідно з вказівками на такі випробування.

Всі результати досліджень заносять до таблиці 7.1, аналізують і роблять висновки.

Таблиця 7.1

Результати досліджень

Тонкість помолу по залишку на ситі, %	Нормальна густина, В/Ц, %	Терміни тужавіння		Насипна густина, кг/м ³	Істинна густина, кг/м ³	Міцність при стиску, МПа	Вид цементу
		почат., хвилин	кінець, хвилин				

Контрольні запитання

1. Яке в'язуче вважається портландцементом?
2. Чому бувають різні види портландцементу?
3. В чому полягає відмінність кожного виду портландцементу?
4. Яка особливість складу кожного виду портландцементу?
5. Які фактори визначають якості цементів?
6. Які показники властивостей має портландцемент?
7. Яким чином можна визначити окремі властивості цементів?
8. Що являють собою процеси тужавіння та твердіння?
9. Що входить до складу портландцементу?
10. Чому цементи проявляють в'язучі властивості?
11. В чому сутність показника нормальної густини та практичне значення цього показника?
12. Як можна змінити властивості портландцементу?
13. Як визначають якість цементу?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ДРІБНІ ЗАПОВНЮВАЧІ

Мета роботи: Пізнати роль та навчитися оцінювати якість дрібних заповнювачів.

Дрібними заповнювачами називають сипні зернисті матеріали природнього або штучного походження розміром від 0,16 до 5,0 мм (0,16; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5мм). До дрібних заповнювачів належать піски (природні або по назві матеріалу, з якого виготовлені). Вони призначені для приготування бетонів та будівельних розчинів.

Головні особливості природних та штучних пісків:

1. Дрібні заповнювачі виконують важливу структуростворюючу роль, так як впливають на товщину клейового шара із в'язучих речовин між окремими зернами.

2. Від щільності розміщення зерен залежать витрати в'язучого.

3. Дрібні заповнювачі впливають на міцність зв'язку між зерном і в'язучим на поверхні їхнього контакту і тим самим впливають на міцність матеріалу.

4. Якість дрібних заповнювачів оцінюється такими показниками як густина зерен; насипна густина; пустотність; вологість; зерновий склад (розподіл зерен різних розмірів); вміст пиловидних, глиняних і мулистих частин; вміст органічних домішок.

Методи проведення досліджень

Всі дослідження проводять з завчасно просушеним до постійної маси піском.

1 Визначення насипної густини

Цей показник використовують при розрахунках складу бетону, пустотності заповнювачів, об'єму складських приміщень.

Потрібне обладнання - мірний циліндр; стандартна лійка у вигляді зрізаного конуса або похила площина з бортиками.

Зважують мірний циліндр і заповнюють з лишком піском з висоти 5 см за допомогою лійки чи похилої площини. Лишок піску зрізають лінійкою від середини циліндру в обидва боки. Лінійку тримають похило і міцно притискають до краю циліндру.

Знову зважують циліндр з піском. Випробування повторюють 5 разів і обчислюють середнє арифметичне значення насипної густини:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^{-6}}{V \cdot 10^{-3}},$$

де m_1 - маса циліндру з піском, г;
 m - маса циліндру, г;
 V - об'єм циліндра, см^3 .

2 Визначення істинної густини зерен

Обладнання - об'ємомір Ле-Шательє.

Готують наважку піску масою 50 г. Заповнюють об'ємомір водою до нижньої позначки шкали. Пісок всипають в горловину об'ємоміра невеличкими порціями до моменту, коли рівень води підійде до верхньої позначки, що відповідає об'єму 20 см^3 . Зважують залишок піску.

Проводять два визначення, по яким вираховують величину густини як середнє арифметичне:

$$\rho = \frac{(m - m_1) \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-3}},$$

де m - маса наважки піску, г;
 m_1 - маса залишку піску, г.

3 Визначення пустотності

Вираховують по величині істинної та насипної густини:

$$P_{\text{пуст}} = \frac{1 - \rho_{\text{нг}}}{\rho} \cdot 100,$$

де $\rho_{\text{нг}}$ - насипна густина піску, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 ρ - густина піску, $\text{кг}/\text{м}^3$.

4 Визначення вмісту пилевидних, глинястих і мулистих частин

Ці домішки збільшують сумарну поверхню зерен і підвищують потребу у воді (підвищують кількість дефектів). Наявність пилу і глини на поверхні знижує силу зчеплення зі зв'язучими і міцність матеріалу. Все це викликає потребу підвищення витрат в'язучих або промивки пісків.

Досліди проводять за допомогою посудини для відмулювання (Рис.8.1.). Зважують посудину. Беруть наважку піску масою 1000 г, висипають в посудину і заливають водою з перевищенням рівня піску на 200 мм.

Суміш витримують у воді 2 год., періодично перемішуючи скляною паличкою. Після останнього енергійного перемішування витримують у спокійному стані 2 хв. і зливають каламутну воду через 2 нижніх отвори (залишають над поверхнею піску 30 мм води). Знову заливають воду,

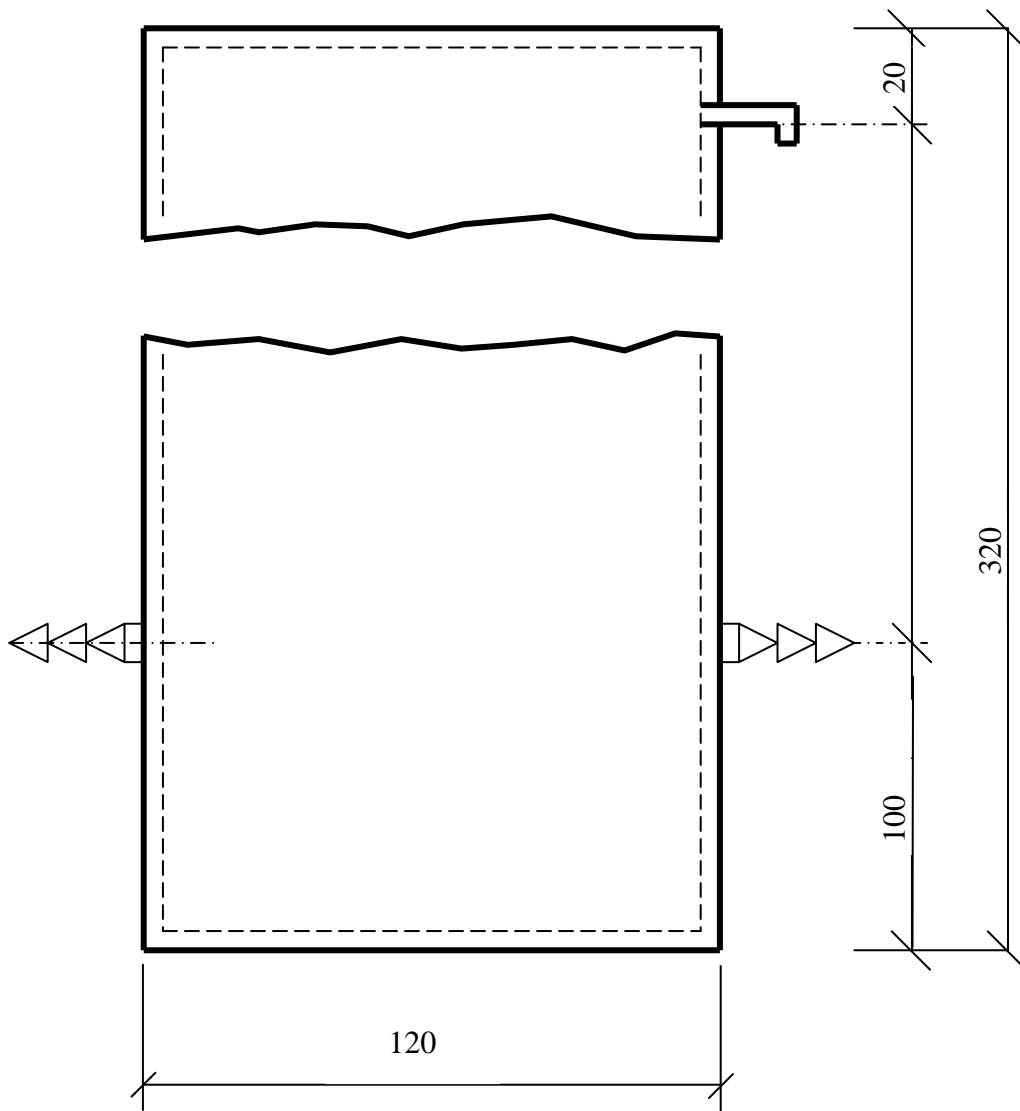


Рисунок 8.1 - Посудина для відмулювання

енергійно перемішують і після двох хвилин витримки зливають. Все повторюють доти, поки вода не стане прозорою.

Залишок просушують до постійної маси і обчислюють суму дрібних домішок:

$$P_{\text{дом}} = \frac{(m - m_1)}{m \cdot 10^{-3}} ,$$

де m - маса наважки до відмулювання, г;

m_1 - маса залишку після відмулювання, г.

Стандартний вміст таких домішок у природних пісків не більше 3 %.

5 Визначення зернового складу

Цей показник використовують при оцінці крупності та пригодності пісків.

Зерновий склад характеризує розподіл зерен окремих розмірів в загальній масі. Зерновий склад оцінюють по таким показникам як повні залишки і модуль крупності.

Використовують набір сит розміром 2,5 (верхнє), 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм (нижнє), послідовно встановлених на піддоні.

Беруть наважку масою 1000 г і просівають до моменту, коли на чистий лист паперу проходить не більше 0,1 % зерен за одну хвилину просіювання.

На кожному ситі створюються залишки, які зважують.

Після цього вираховують величину часткового залишку як відношення залишку до маси просіюваного піску:

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

де m_i - маса залишку на даному ситі (і-тому), г;

m - маса просіюваної наважки, г .

Іншим показником являється повний залишок, який являє собою суму часткових залишків на ситах більших розмірів та часткового залишку на даному ситі:

$$A_{\text{бі}} = a_{2,5} + \dots + a_{\text{бі}} .$$

Дані повних залишків використовують для порівняння з рекомендованими стандартними. Для цього будують графік зернового складу в системі координат "розмір сита - повний залишок" і порівнюють з рекомендаціями.

Вираховують також модуль крупності, що являє собою суму всіх повних залишків, як безрозмірну величину:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} .$$

За повними залишками та модулем крупності визначають групу досліджуваного піску.

Групи піску.

Група піску	Модуль крупності M_k	Повний залишок на ситі № 063, % за масою
Підвищеної крупності	Понад 3,0 до 3,5	Понад 65 до 75
Крупний	2,5 до 3,0	45 до 65
Середній	2,0 до 2,5	30 до 45
Дрібний	1,5 до 2,0	10 до 30
Дуже дрібний	1,0 до 1,5	до 10

Всі результати аналізують, роблять висновки та рекомендації.

Контрольні запитання.

1. Які матеріали називають мілкими заповнювачами?
2. Які матеріали відносять до мілких заповнювачів?
3. Які функції виконують піски в складі бетонів та будівельних розчинів?
4. Якими показниками оцінюють якість пісків?
5. Яким чином піски впливають на властивості бетонів та будівельних розчинів?
6. Чому якість піску впливає на витрати в'язучих?
7. Як визначають показники якості піску?
8. З якою метою визначають окремі показники якості піску?
9. В чому сутність таких показників як повний і частковий залишок та модуль крупності? В чому їх спільність та відмінності?
10. Назвіть можливі рекомендації для підвищення якості пісків.

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

КРУПНІ ЗАПОВНЮВАЧІ БЕТОНУ

Мета роботи: пізнати роль та навчитися оцінювати якість крупних заповнювачів бетону.

Крупними заповнювачами являються сипні зернисті матеріали природного або штучного походження розміром від 5 до 40 (70) мм. Для важких бетонів використовують заповнювачі щільної структури кутастої (щєбінь) або округлої (гравій) форми.

Крупні заповнювачі займають 55...60 % об'єму бетону. Тому крупні заповнювачі сильно впливають на технічні та економічні показники бетонів.

Особливості крупних заповнювачів

1. Зерновий склад та форма обумовлюють щільність прилягання зерен, величину міжзернового простору і, як наслідок, витрати в'язучого та міцність бетону.

2. Форма зерен буває кутовидна, покращена та звичайна. Вміст зерен пластинчатої (лещадної) та голчастої форми в них не перевищує відповідно 15, 25 та 35 % по масі. До пластинчатих та голчатих зерен відносяться такі, в яких товщина чи ширина менше довжини в три і більше разів.

3. Глинисті, мулисті та пилюваті часточки впливають на водопотребу, а отже, і на міцність бетону та витрати в'язучого. Їхній сумарний вміст не повинен перевищувати 1...3 % за масою.

4. Придатність крупного заповнювача оцінюють за такими показниками: істинна, середня та насипна густина; міжзернова пустотність; вологість; водопоглинання; вміст пилюватих, мулистих, глинистих часточок; вміст органічних домішок; міцність зерен; зерновий склад; форма зерен.

Для досліджень використовують просушений до постійної маси щєбінь.

Методи досліджень

1 Визначення насипної густини щєбеню (гравію)

Цей показник використовують при розрахунках складу бетону, об'єму складських приміщень, пустотності щєбеню.

Для визначення насипної густини використовують мірний циліндр об'ємом 10 л для фракції 20мм і 20л - фракції 40 мм.

Мірний циліндр зважують і з висоти 10 см насипають щєбінь до утворення лишку над краями циліндру. Лишок зрізають металевою лінійкою врівень з краями циліндру.

Циліндр з щебенем зважують і вираховують насипну густину, як середнє двох спроб:

$$\rho_{н.щ.} = \frac{m_1 - m_0}{V} ,$$

де m_1 - маса циліндру з щебенем, кг;

m_0 - маса циліндру, кг;

v - об'єм циліндру, м³.

2 Визначення середньої густини зерен

Цей показник використовують для визначення пустотності заповнювача і розрахунках складу бетону. Беруть наважку щебеню масою 2,5 кг, просівають через сито 10 мм, а потім із залишку відбирають наважку 1000 г. Щебінь занурюють на 2 год. в воду. Потім щебінь виймають з води, витирають м'якою вологою тканиною і відразу ж зважують спочатку на технічних, а потім на гідростатичних терезах (рис.9.1). Щебінь при цьому знаходиться в сітчатому або перфорованому стакані. Різниця маси щебеню в стані насичення водою в повітрі (технічні терези) і в воді (гідростатичні терези) показує об'єм наважки.

Середню густину при цьому вираховують:

$$\rho_{щ.} = \frac{m\rho_v}{m_1 - m_2} ,$$

де m - маса сухої наважки, г;

m_1 - маса вологої наважки в повітрі, г;

m_2 - маса наважки в воді, г;

ρ_v - густина води 1г/см³.

Середню густину визначають також з допомогою парафінування зерен щебню.

3 Визначення пустотності щебню

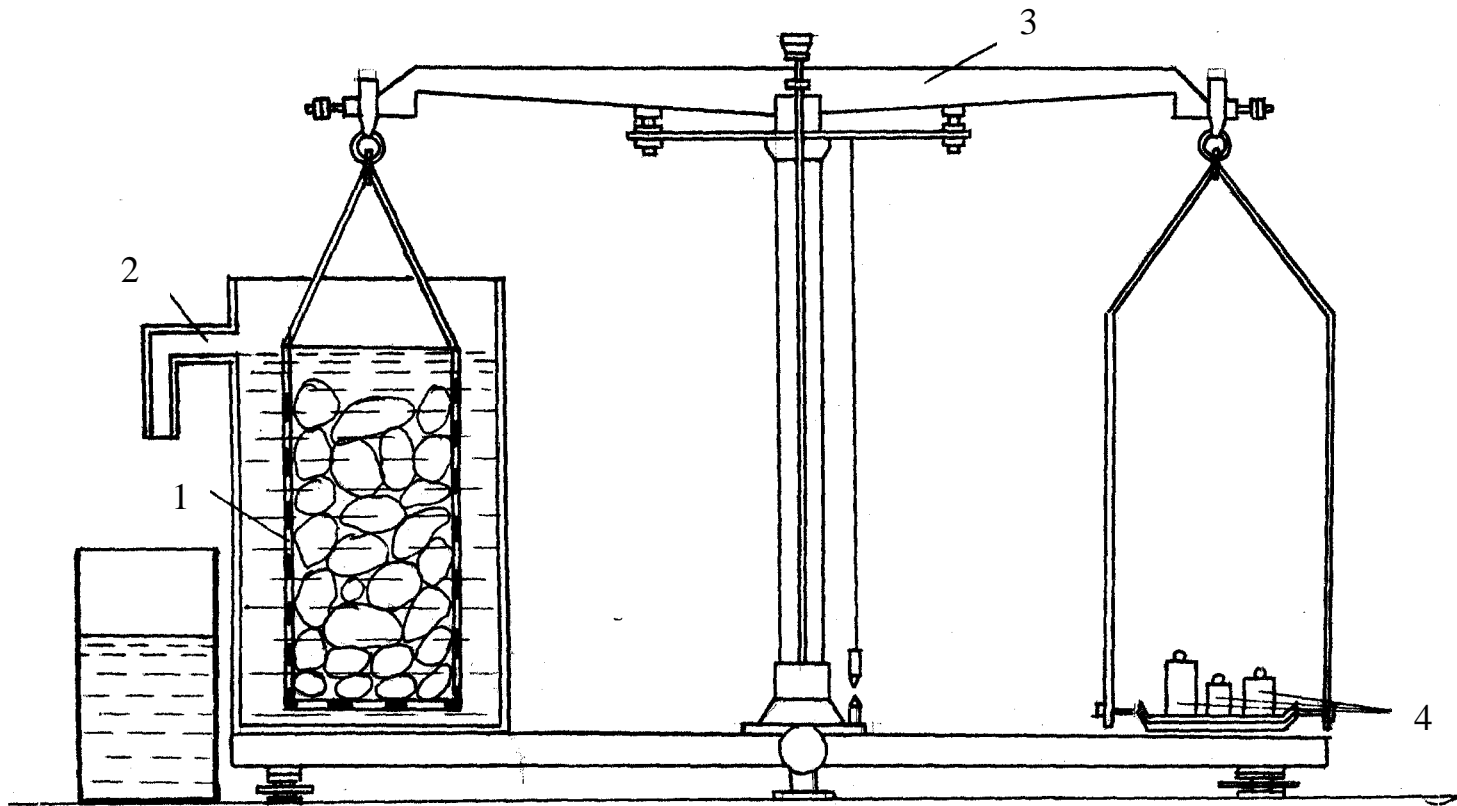
Цю величину використовують при розрахунках складу бетону.

Визначають по формулі

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_o}\right) \cdot ,$$

де ρ_n - насипна густина щебню, г/см³;

$\rho_{щ}$ - густина зерен щебню, г/см³.



1. Сітчатий стакан;
2. Стакан з водою;
3. Терези;
4. Гирі.

Рисунок 9.1 – Гідростатичні терези

4 Визначення зернового складу щебеню

Визначення проводять для оцінки розподілу зерен по розмірам і порівняння з рекомендаціями.

Проводять розсіювання наважки масою 10 кг при найбільшій крупності зерен 20 мм та 20 кг - при розмірах 40 мм. Розміри сит 70; 40; 20; 10; 5 мм.

Після просіювання залишки на кожному ситі зважують і вираховують часткові (a_i) та повні (A_i) залишки.

Часткові залишки - це відношення залишку на ситі до маси всіх залишків:

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

де m_i - маса залишку на даному ситі, кг;

$\sum m$ - сума часткових залишків на всіх ситах, кг.

Потім обчислюють повні залишки на кожному ситі, %:

$$A_{bi} = a_{70} + \dots + a_s \quad ,$$

де $a_{70} + \dots + a_i$ - часткові залишки на всіх ситах з більшими вічками плюс залишок на даному ситі. Результати заносять у таблицю 9.1.

Таблиця 9.1

Результати досліджень

Залишок на ситі	Розміри вічок сит, мм						Пройшло через сито 5 мм
	70	40	20	10	5		
Частковий кг							
те саме, %							
повний, %							

Далі встановлюють найбільшу D_{nb} і найменшу D_{nm} крупність зерен. Найбільшій крупності D_{nb} відповідає те сито, на якому повний остаток не перевищує 5 %, а найменшій - на якому повний залишок становить не менше, як 95 %. Обчислюють також $1,25 D_{nb}$ і $0,5 (D_{nb} + D_{nm})$.

Значення $1,25 D_{nb}$; D_{nb} ; $0,5 (D_{nb} + D_{nm})$; D_{nm} наносять на графік та порівнюють з рекомендованими значеннями, які розташовані в заштрихованій області (рис.9.2).

5 Визначення вмісту пиловидних, глинястих і мулистих частинок

Такі частинки зменшують силу зчеплення в'язучого з зернами, підвищують водопотребу і цим підвищують витрати в'язучого.

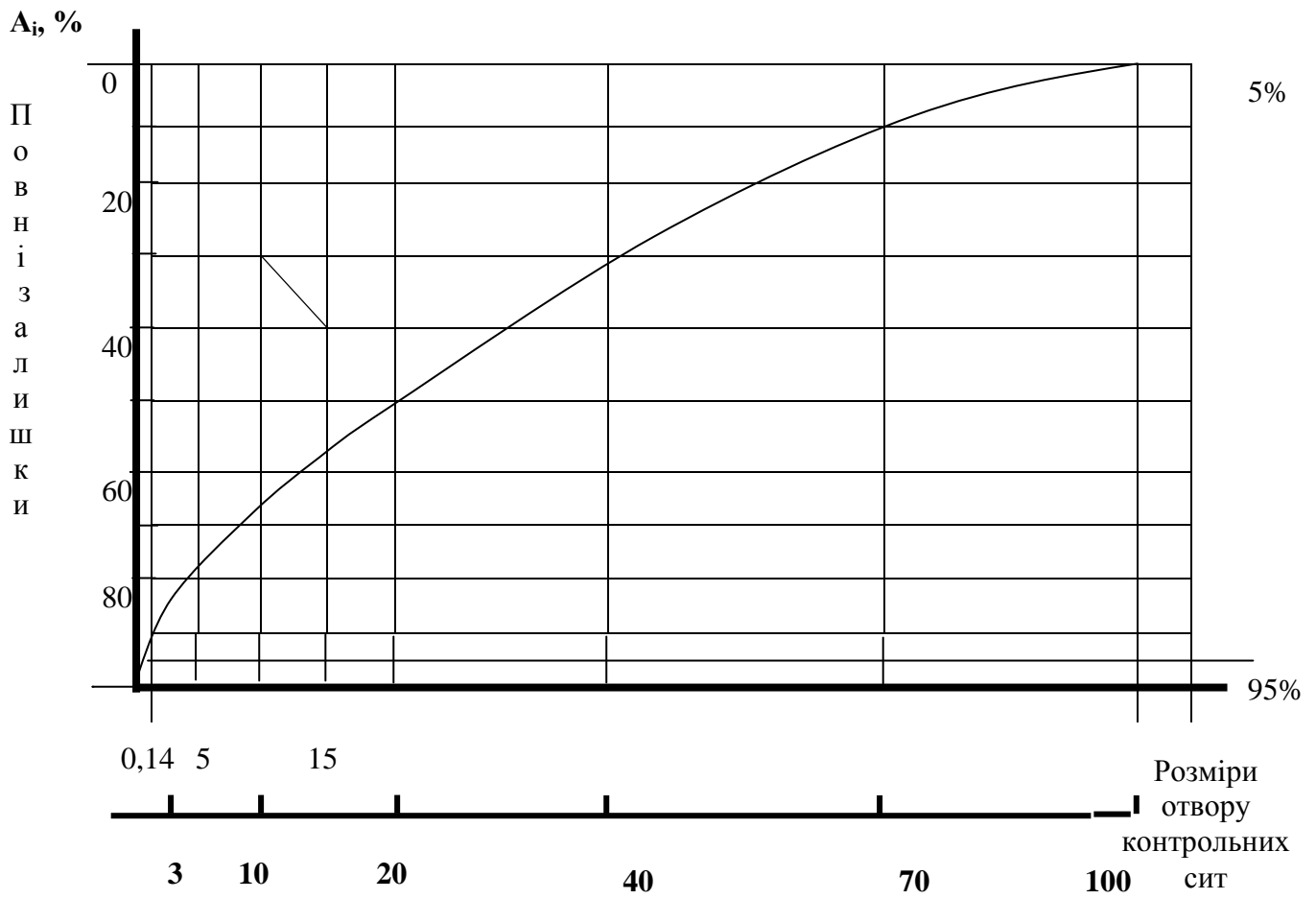


Рисунок 9.2 Крива просіювання щебня

Сумарний вміст пиловидних, глинястих і мулистих частинок не повинен перевищувати 1...2 %.

Визначення проводять методом відмулювання. Для цього беруть наважку масою 5 кг і всипають в посудину для відмулювання. Наважку заливають водою до верхнього зливного отвору і залишають на деякий час. Висота рівня води повинна бути на 200 мм більше рівня щебеню. Суміш енергійно перемішують дерев'яною паличкою і після двох хвилин витримки в спокійному стані воду зливають через два нижніх отвори. При цьому над поверхнею щебеню повинно залишатись не менш як 30 мм шару водної суспензії. Потім щебень знову заливають водою і все повторюють до тих пір, доки після промивки вода стане прозорою.

Після закінчення промивки наважку висушують до постійної маси. Вміст пиловидних, глинястих і мулистих частинок вираховують по формулі:

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \quad ,$$

де m - маса наважки до відмулювання, кг;

m – маса після відмулювання, кг.

6 Визначення вмісту в щебені пластинчатих та голчастих зерен

Для визначення використовують залишки на ситах після просіювання. Від фракції 5...10 мм беруть 0,25 кг; від фракції 10...20 мм – 1 кг; фракції 20...40 мм – 5 кг. Відібрані наважки висипають на чистий лист паперу і візуальним оглядом встановлюють і відділяють зерна пластинчатої і голчатої форм.

Зважують пластинчаті і голчасті зерна, а залишок - окремо. Їх відношення і являється показником форми зерен.

7 Визначення міцності щебеню

Цей показник оцінюється по подрібненню при стиску в циліндрі (рис.9.3).

Беруть наважку масою 0,4 кг і всипають в циліндр так, щоб верхній рівень матеріалу на 15 мм був нижчий верхнього краю циліндру, після цього в циліндр вставляють плунжер так, щоб його плита була на рівні верхнього краю циліндру. При необхідності регулюють вмістом щебеню (збільшуючи чи зменшуючи відповідно).

Після цього циліндр встановлюють під прес, який доводять до стиску 50 кН при діаметрі циліндру 75 мм або до 200 кН при діаметрі 150 мм.

Після випробування заповнювач висипають, зважують і просівають на ситі такими розмірами: для фракції 5...10 мм - розмір 1,25 мм; для фракції 10...20 мм - 2,5 мм; для фракції 20...40 мм - 5 мм.

Залишок заповнювача після просіювання зважують і вираховують показник подріблення D_p :

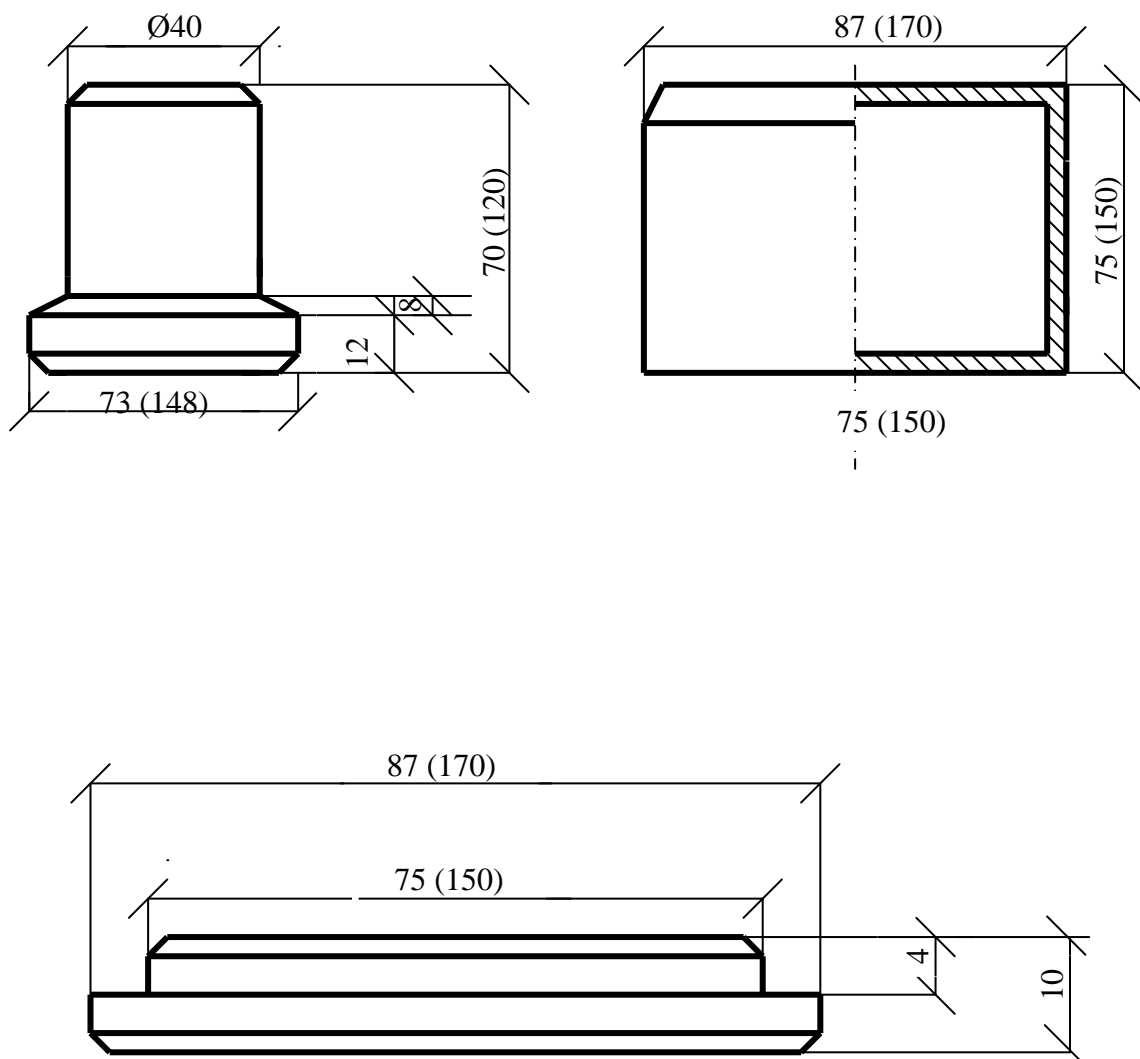


Рисунок 9.3 Циліндр сталевий зі змінним дном

$$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad ,$$

де m_1 - маса наважки щебеню до випробувань, кг;
 m_2 - маса залишку на ситі, кг.

Всі результати досліджень аналізують, порівнюють з рекомендаціями, роблять висновки і вносять пропозиції щодо використання.

Контрольні запитання.

1. Що являють собою крупні заповнювачі?
2. Яка роль крупних заповнювачів?
3. Як впливають окремі особливості крупних заповнювачів на будову та властивості бетонів?
4. Чому потрібно досліджувати якість крупних заповнювачів?
5. Які показники визначають якість крупних заповнювачів?
6. Як визначають окремі показники якості заповнювачів?
7. В чому суть окремих показників властивостей крупних заповнювачів?
8. Які можуть бути рекомендації по підвищенню якості заповнювачів?
9. Що потрібно робити, і яке можливе використання крупних заповнювачів у випадку, коли показники не відповідають вимогам (зерновий склад; вміст пиловидних, мулистих та глинястих частинок)?
10. Як використовуються в практиці окремі показники якості щебеню?

УЧБОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ НАФТОВОГО БІТУМУ

Ціль роботи: оволодіти практичними навичками визначення марки й вибору області застосування нафтобітумів, уявити сутність взаємозв'язку між складом і властивостями.

Загальні положення

Нафтобітумами називають тверді, напівтверді або густов'язкі продукти переробки залишків фракційної перегонки нафти (гудронів). Характерними ознаками нафтобітумів є чорний колір, маслянистий блиск і слабкий запах мінерального масла.

Розрізняють наступні способи виробництва нафтових бітумів, що обумовлюють їхній вид, склад і властивості:

- глибоким відгоном масел з гудрону одержують так названі залишкові нафтобітуми - тверді чи напівтверді продукти значної в'язкості;
- окислюванням розігрітих залишкових нафтобітумів шляхом продувки повітря одержують окислені бітуми порівняно великої в'язкості;
- розкладанням вуглеводнів за рахунок продувки повітря при високих температурах і великих тисках одержують крекінгові бітуми (за найменуванням процесу).

До складу нафтобітумів входять умовно названі масла, смоли й асфальтени, що представляють собою складні суміші вуглеводів і їх кисневих, сірчаних і азотистих похідних. Причому їх співвідношення змінюється в широких межах у залежності від способу й режиму одержання бітумів. Це визначає такі ж широкі межі зміни властивостей, зокрема в'язкості, температури розм'якшення, розтягування.

По призначенню нафтові бітуми поділяються на будівельні, покрівельні і дорожні.

Будівельні нафтобітуми відносяться до залишкового і випускаються наступних маркувань : БН-50/50; БН - 70/30; БН - 90/10.

Покрівельні нафтові бітуми застосовуються для виробництва покрівельних матеріалів і виробляються трьох марок: БНК - 45/100 (просочувальний бітум); БНК-90/40 і БНК - 90/30 (покривні бітуми).

Дорожні нафтобітуми застосовуються в якості в'язучих для одержання дорожніх і аеродромних покриттів, випускають наступних марок: БНД-200/300; БНД-130/200; БНД - 90/130; БНД-60/90; БНД-40/60.

Найменування марки бітуму містить інформацію з таких властивостей як температура розм'якшення (над рисою), глибина проникання голки (під рисою або в верхню та нижню межу величини проникання голки для дорожніх бітумів і визначає) і визначає область можливого застосування (БНД - бітум нафтовий дорожній). Це дозволяє визначивши марку нафтобітуму шляхом вивчення деяких його властивостей, знати його призначення.

Цінними будівельними властивостями нафтових бітумів являються водонепроникність, гідрофобність, хімічна стійкість, здібність розм'якшуватися при нагріванні і добре зчіплюватися з деревом, каменем, пластмасами і металом, а також швидкість наростання в'язкості при охолодженні.

При виконанні даної роботи варто пам'ятати, що для готування зразків використовуються нафтобітуми, розігріті до температури 160 ... 180°C. Тому, для запобігання опіків, не допускається контакт відкритих частин тіла з бітумом чи розігрітими пристосуваннями й обладнанням.

1 Дослідження температури розм'якшення бітуму

Температура розм'якшення дозволяє знати теплостійкість, технологічні властивості й області застосування нафтобітумів.

Стандартний метод визначення заснований на фіксуванні температури такого стану нафтобітуми, при якому через його шар проходить сталеву кулю під дією власної маси.

Для визначення температури розм'якшення використовується прилад "Кільце і куля", що складається з трьох металевих дисків, скріплених між собою за допомогою металевих стрижнів 4 (Рис. 10.1). У середньому диску 2 мають отвори, призначені для установки латунних кілець I стандартного розміру (внутрішній діаметр 15,88мм, висота 6,25мм). Верхній диск має отвір, в який вставляється термометр 5.

Диски з випробовуваними зразками бітуму розміщують в склянці 6, заповненій на 1/2 висоти дистильованою водою

Підготовку приладу і нафтобітумів до випробувань рекомендується виконувати в наступній послідовності:

- змазати кільця 1 сумішшю тальку з гліцерином (у співвідношенні 1:3) або одним гліцерином і установити їх на металеву пластину;

- розплавити бітум і при температурі 160...180°C перемішувати до видалення пухирців;

- заповнити з деяким надлишком кільця I бітумом і після охолодження надлишок бітуму зрізати розігрітим ножем (врівень з поверхнею кільця);

- кільця з нафтобітумом встановити строго горизонтально в отвір середнього диску, а термометр - вертикально в середній отвір верхнього диску приладу.

Підготовлений таким чином прилад вставити в склянку 6. Переконатися, що рівень води в склянці перевищує рівень бітуму в кільці більш, ніж на 5см. Температура води в склянці повинна бути рівною + 25 °C.

Через 15хв. прилад вийняти зі склянки, на кожне кільце в центрі поверхні нафтобітуму покласти стандартну сталеву кульку Ø 9,5мм і вагою 3,45...3,55г. і знову помістити прилад в ту саму склянку.

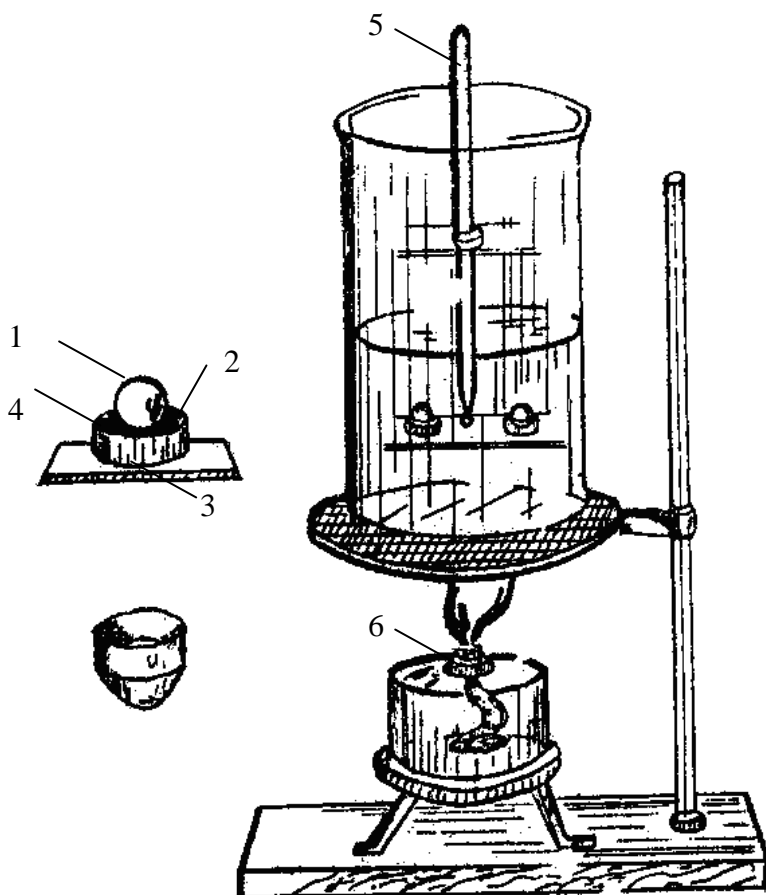


Рисунок 10.1 - Прилад "Кільце - куля":

1 - куля; 2 - бітум; 3 - кільце; 4 - бітум; 5 - термометр; 6 - спиртівка

Потім склянку з приладом поставити на азбестову сітку і нагрівати на спиртівці чи газовому пальникові. Нагрівання робити так, щоб швидкість підйому температури складала $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$.

При нагріванні бітум розм'якшується і стальна куля 3 під дією власної маси разом з бітумом 4 проходить через отвір кільця. Температура, при якій бітум разом із кулькою торкнеться нижнього диску, визначається за показниками термометра 5 і приймається як температура розм'якшення.

У тих випадках, коли температура розм'якшення бітуму буде перевищувати 80°C , замість води склянку варто заповнити гліцерином. Зразок перед іспитом витримувати в склянці при температурі $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ понад 15хв.

Температура розм'якшення обчислюється як середнє арифметичне за результатами двох вимірів, коли різниця між ними не перевищує $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результати обчислень занести в таблицю 10.1 і порівняти з даними таблиці 10.2.

2 Визначення в'язкості нафтобітуму

В'язкість характеризує структурно-механічні властивості нафтобітуму, його опірність зовнішнім навантаженням і залежить від складу. В'язкість дуже змінюється при зміні температури: знижується при підвищенні температури, різко зростає при зниженні. При негативних температурах бітум стає крихким.

Показником в'язкості умовно прийнята глибина проникання голки (пенетрація) у бітум при визначених навантаженнях, температурі і терміні заглиблення. По величині глибину проникання голки під навантаженням 1Н (100г) протягом 5с при температурі 25°C судять про в'язкість нафтобітуму. У цьому випадку в'язкість визначається в градусах кругової шкали: 1 відповідає глибині проникання голки 0,1мм.

Для визначення глибини проникання голки відповідно стандарту застосовується пенетрометр (рисунок 10.2).

Пенетрометр складається з металевого штативу 1 з нижньою опорною площадкою, що встановлюється в горизонтальне положення за допомогою трьох настановних гвинтів.

На опорній площадці кріпиться обертовий предметний столик 9 для розміщення кристалізатора 8 (плоска посудина обсягом не менш 0,3 л і висотою 45...50мм з металевою чашкою 7 висотою 35 мм. Металева чашка заповнюється випробуванням нафтобітумом.

На штативі 1 приладу кріпляться два кронштейни. На верхньому кронштейні закріплений циферблат 2, розділений на 360 °С, зі стрілкою і контактною рейкою (кремальєра) 3, переміщення якої передається стрілці циферблата.

На нижньому кронштейні кріпиться вільно падаючий стрижень з голкою 6 і вантажем загальною масою 1 Н (100 гс). Від мимовільного переміщення стрижень утримується стопорною кнопкою 4.

Визначення глибини проникання голки варто виконувати в наступній послідовності:

1. В сушильній шафі на піщаний чи масляний прошарок встановити посуд, в якому розплавити нафтобітум і ретельно перемішувати його до повного видалення пухирців повітря.
2. Розплавлений бітум налити в чашу 7 приладу на висоту не менш 30 мм і витримати його на повітрі протягом 1 години.
3. Чашу 7 з бітумом помістити в ванну з водою, температура якої дорівнює 25 °С, і залишити у воді до випробувань (не менш 1 години), температура у ванні в цей час підтримується $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ за рахунок розведення гарячою чи холодною водою.
4. Після 1 години витримки у воді чашу з випробуванням бітумом помістити в кристалізатор 8, що наповнюється водою, котра має температуру 25 °С.
5. Встановити кристалізатор на поворотний столик 8 приладу.

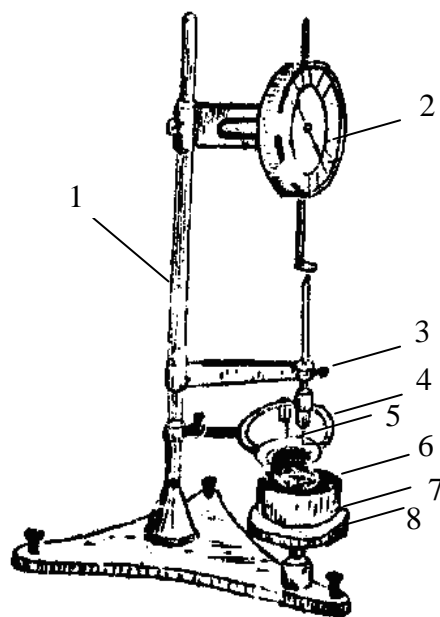


Рисунок 10.2 - Пенетрометр:

1 - штатив; 2 - диск з циферблатом; 3 - затискний пристрій; 4 - дзеркало; 5 - голка; 6 - випробовуваний бітум; 7 - посудина з водою; 8 - столик

Таблиця 10.1

Результати дослідження властивостей нафтобітумів

Найменування показників	Результати визначення				Передбачувана марка	Можливі області застосування
	1	2	середнє			
Температура розм'якшення, °С						
Глибина проникання голки, мм						
Розтяжність, мм	1	2	3	середнє		

Таблиця 10.2

Фізико-механічні властивості нафтобітумів

Марка бітуму	Температура, °С			Глибина проникання голки при температурі 25°С, 0,1 мм	Розтяжність при температурі 25°С, не менш
	розм'якшення, не нижче	спалахи, не нижче	хрупкості, не вище		
Бітуми нафтові будівельні					
БН-50/50	50	220	не норм.	41-60	40
БН-70/50	70	230	не норм.	21-40	3
БН90/10	90	240	не норм.	5-20	1

Бітуми нафтові покрівельні					
БНК-45/180	40-50	240	не норм.	140-220	не норм.
БНК-90/40	85-95	240	не норм.	35-45	не норм.
БНК-90/30	85-95	240	не норм.	25-35	не норм.
<i>Продовження таблиці 1.2</i>					
Бітуми нафтові дорожні покращенні					
БНД-200/300	35	200	20	201-300	не нормується
БНД-130/200	39	220	18	131-200	65
БНД-90/130	43	220	17	91-130	60
БНД-60/90	47	220	15	61-90	50
БНД-40/60	51	220	10	40-60	40

6. Натискаючи на кнопку 4, підвести вістря голки 6 до поверхні бітуму таким чином, щоб голка злегка стосувалася бітуму, але не входила в нього.
7. Підвести контактну рейку (кремальєру) 3 до верхньої площадки стрижня з голкою. Потім установити стрільцю на нульовий розподіл чи відзначити її положення на шкалі.
8. Пустити в хід секундомір і одночасно натиснути на стопорну кнопку 4. Це дозволяє голці під дією маси стрижня вільно входити в бітум. Після закінчення 5 сек. кнопку відпустити.
9. Знову підвести нижню частину контактної рейки 3 до верхньої площадки стрижня і зняти показання переміщення голки як різницю між положеннями стрілки спочатку іспиту і після занурення голки.
10. Визначення повторити три рази в різних місцях поверхні бітуму, що відстоять не менш ніж на 10 мм від країв чашки й одна від одної.

Після кожного визначення голку очистити від бітуму за допомогою тканини, змоченої бензином чи скипидаром.

Середнє арифметичне результатів трьох іспитів показує величину проникання голки в градусах, що відповідає глибині проникання в десятих частках міліметра.

Розбіжність між результатами вимірів, отриманими в кожному із трьох іспитів, не повинна перевищувати наступних значень:

Глибина проникнення голки, град	150-200	75-150	25-75	9-25
Розбіжності, град	10	5	3	1

При великих розбіжностях результатів випробування варто повторити. Результати досліджень занести в табл. 10.3.

Результати визначення глибини занурення голки

Показники	Заміри		
	1	2	3
Відлік до занурення голки			
Відлік після занурення голки			
Глибина проникнення голки			
Середнє значення (із трьох результатів) глибини проникнення голки			
Відношення між окремими результатами			

3 Визначення розтяжності бітуму

Розтяжність нафтобітуму залежить від складу і характеризує його здатність чинити опір зовнішнім силовим і температурним навантаженням.

Розтяжністю (дуктильністю) називають властивість бітумів витягуватися в тонкі нитки під впливом прикладених навантажень, що розтягують. Показником розтяжності є довжина нитки до розриву її при температурі 25°C зі швидкістю витягування 5 см/хв. Розтяжність вимірюється в сантиметрах.

Розтяжність бітумів визначають за допомогою приладу, що називається дуктилометром.

На малюнку 1.3. показаний дуктилометр ЛД-2, що складається із камери, зсередини покритої оцинкованою сталлю, пристосування для розсунення зразка нафтобітуму і вимірювальної шкали.

Усередині камери проходять дві кремальєрні рейки, по яких переміщуються полозки 4. Полозки переміщуються за допомогою електропривода чи маховика 2. Полозки мають штифти для кріплення розбірної форми.

Камера дуктилометру має шкалу 5, по якій переміщується покажчик, закріплений на полозках.

Розтяжність нафтобітуму за допомогою дуктилометра можна визначати в такій послідовності:

1. Розплавити нафтобітум і перемішувати його до зникнення пухирців.
2. Змазати внутрішню поверхню збірних латунних форм сумішшю тальку з гліцерином (склад 1:3) і встановити на металеві пластини (мал. 1.4.).
3. Підготовлені форми залити з невеликим надлишком розплавленим нафтобітумом.
4. Форми з нафтобітумом прохолоджувати при кімнатній температурі протягом 30 хв.

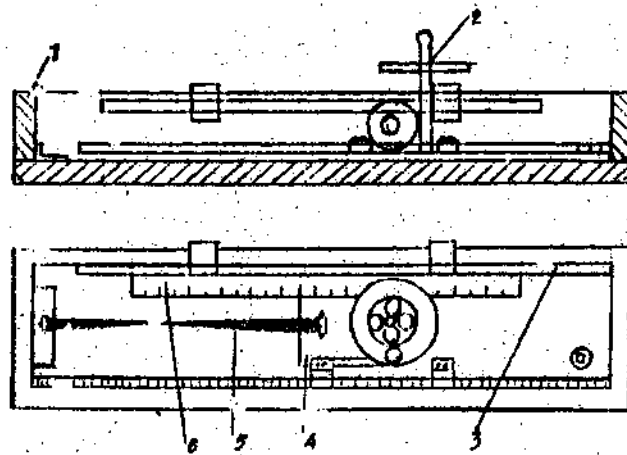


Рисунок 10.3 - Дуктилометр

1 - дерев'яна камера; 2 - маховичок; 3 - кремальєр; 4 - полозки; 5 - випробовуваний зразок; 6 - шкала

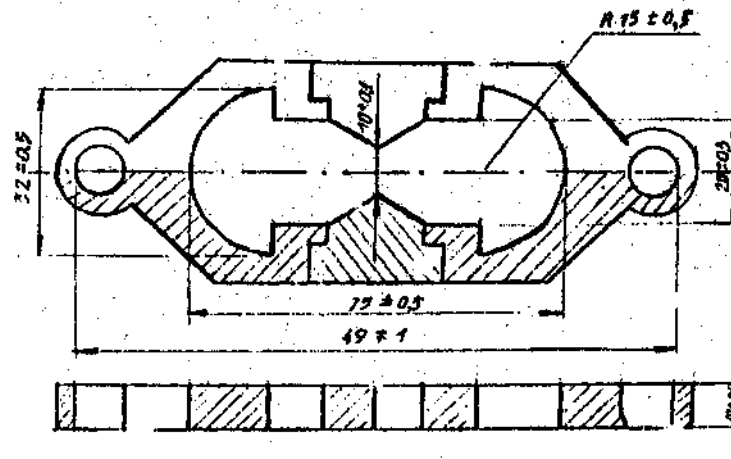


Рисунок 10.4 - Форма для випробування зразків бітумів на розтягування

5. Гарячим ножем у два прийоми зрізати надлишок бітуму від середини форми до її країв.
6. Камеру дуктилометра заповнити водою, температура якої дорівнює 25°C .
7. Форму з бітумом і пластиною помістити в камеру дуктилометра.
8. Витримати форму з бітумом в камері під шаром води при температурі $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ протягом 1 години. Шар води над зразком повинен бути не менш 25 мм.
9. Перевірити швидкість руху ползка (5 см /хв.).
10. Закріпити форму в дуктилометрі, для чого форму надягти на штифти ползків.
11. Зняти бічні знімні частини форми.
12. Включити електродвигун чи обертати маховичок приладу, забезпечуючи тим самим розтягання бітуму зі швидкістю 5 см/хв.
13. Зняти зі шкали показання, відзначені покажчиком у момент розриву нитки нафтобітуму.

Довжина нитки приймається за показник розтяжності. Результати записати до раніше оформленої таблиці 10.3.

4 Обробка й аналіз результатів

Усі результати експериментального визначення властивостей і теоретичних досліджень занести до раніше оформленої таблиці.

За результатами іспитів визначають можливу марку нафтобітуму. Для передбачуваної марки виписують стандартні показники фізико-механічних властивостей.

Потім по літературним даним необхідно виявити, які складові входять до складу нафтобітумів і який вплив вони роблять на властивості.

Завершити роботу рекомендується висновками про можливу область застосування даної марки нафтобітуму з урахуванням виявлених властивостей і складу.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Який матеріал називають бітумом і які його основні властивості?
2. У якому виді зустрічається бітум і як його добувають?
3. Які способи виробництва нафтових бітумів?
4. Якими показниками характеризується якість бітумів (маркірування бітуму)?
5. Області застосування бітумів різних марок.
6. Які використовують розчинювачі бітумів?
7. Для чого додають тонкомолоті мінеральні порошки в асфальтові бетони?
8. Як готують бітумні емульсії?
9. Що називають дьогтями і пеками і як їх одержують?
10. Як одержують складений кам'яновугільний дьоготь?
11. Які технологічні схеми виробництва асфальтового розчину і бетону?
12. Які існують різновиди асфальтових бетонів?
13. Від яких факторів залежить міцність і деформативність асфальтового бетону? Основна й узагальнена (тобто з урахуванням температури і швидкості деформації) формули міцності асфальтового бетону.
14. Основні положення теорії асфальтового бетону.
15. Що таке холодні асфальтові бетони. Їхні переваги перед звичайними асфальтобетонами.
16. Який склад дьогтебетону і чим він відрізняється від асфальтобетону?
17. Які особливості литого асфальтового бетону при сучасній технології виробництва?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

Мета роботи: виявити особливості складу, властивостей, зовнішнього вигляду та раціональної області використання різноманітних полімерних матеріалів (пластмас).

Пластмасами - називають матеріали на основі синтетичних полімерів, тобто синтетичних органічних в'язучих речовин (синтетичних смол), які мають досить значну величину пластичної деформації або пластичності.

Полімери (в перекладі з грецької означає "багато сегментів") являють собою групу речовин, молекули яких складаються з великої кількості вугле-водневих груп ("сегментів"), об'єднаних в полімерні ланцюги. Кожен полімер включає велику кількість мономерів, які між собою об'єднуються в макромолекули трьох форм: лінійних нерозгалужених, розгалужених в одній площині, та розгалужених у просторі. Останні розгалужені в трьох площинах і утворюють просторову "решітку". Кожній формі відповідає певна гнучкість макромолекул, яка по мірі збільшення розмірів та розгалуженості втрачає пластичність і досягає достатньої жорсткості. Між собою хімічні елементи з'єднуються хімічними зв'язками, а мономери між собою ковалентними.

Кількість полімерних груп може бути досить різноманітною (найчастіше від 1000 до 100000 і більше).

До складу пластмас, крім полімерної основи, можуть входити ще такі компоненти: наповнювачі; армуючі короткі та довгі волокна, тканини; отверджувачі, пластифікатори, стабілізатори, пігменти, антипірени та інші.

Пластмаси та їхні вироби поділяють на декілька груп по різних класифікаційних ознаках:

- розмірами молекул або їхньою молекулярною масою, яка визначає будову, форму, ступень полімерізації і, відповідно, ступень пластичності або жорсткості;

- по способу отримання - на полімеризаційні (коли полімер має той же хімічний склад, що і вхідні мономери) і поліконденсаційні (полімер відрізняється складом внаслідок виділення при реакції полімерізації побічних продуктів - води, інші);

- по відношенню до температурного впливу - на термопластичні (здатні багаторазово розм'якшуватись та твердіти при кожному нагріванні та охолодженні) і термореактивні (тільки один раз переходять в пластичний стан при нагріванні і внаслідок цього стають твердими);

- по призначенню - оздоблювальні, для підлог, конструкційні, гідроізоляційні, покрівельні, герметичні, теплоізоляційні, труби, клеї.

Пластмаси розрізняють в залежності від виду полімерної основи та складових компонентів, що загалом і визначає властивості, види виробів та застосування.

Найчастіше в якості полімерної основи використовують такі полімери: поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен, полівінілхлорид, полівінілацетат, полістирол, фенолформальдегідні полімери, епоксидні полімери, поліуретан, кремнійорганічні полімери, каучуки та інші. Розрізняють такі найбільш поширені вироби з пластмас: склопластики, рулоновані, плівки, плитки, пінопласти, труби, великогабаритні вироби, бетони, розчини, мастики, клеї, погонажні вироби, інші.

1 Методика виконання роботи

Досліджувані матеріали і вироби: лінолеуми, плитки, плівки, труби, склопластики, пінопласти, опоряджувальні вироби, поліізобутилен, каучук, гума.

Лабораторна робота виконується в такій послідовності:

Детально розглядають зразки виробів з пластмас і розподіляють їх по призначенню, дають найменування. Находять характерні ознаки, які визначають приналежність зразка до того чи іншого виду виробів та відрізняють від інших.

Використовуючи підручники, учбові посібники, технічні умови, визначають можливий вид полімерної основи, можливі домішки та встановлюють їхнє призначення.

Потім послідовно знаходять відповіді на такі питання: найменування використаного полімеру, способи його виробництва, вихідний мономер, шляхи створення пластмаси з полімеру.

За допомогою літературних джерел встановлюють властивості і області раціонального використання.

Всі результати досліджень заносять до таблиці і роблять висновки.

Таблиця 11.1

Результати досліджень

№ п/п	Найменування виробу	Можливий вид полімерної основи	Можливі домішки, їхнє призначення	Вихідний мономер, способи одержання полімеру	Технологія виробництва пластмас	Властивості застосування
-------	---------------------	--------------------------------	-----------------------------------	--	---------------------------------	--------------------------

Контрольні питання.

1. Що являють собою пластмаси?
2. Яке призначення складових компонентів пластмас, можливі види домішок?
3. Шляхи виробництва полімерів і пластмас?
4. Чим відрізняються полімери між собою та від пластмас?
5. Які види виробів з пластмас застосовують в будівництві?
6. По яким ознакам класифікують вироби з пластмас?
7. Шляхи послідовного переходу мономеру в пластмасу?
8. Характерні властивості пластмас?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Мета роботи: виявити визначальні особливості видів та властивостей теплоізоляційних матеріалів і виробів, їхню відносну ефективність, області використання.

Теплоізоляційні матеріали - особливий вид будівельних матеріалів, що відрізняються великою пористістю (переважно дрібною та закритою). Теплоізолюючі показники зростають з підвищенням пористості і знижуються в разі ущільнення та зволоження.

Всі теплоізоляційні матеріали та вироби з них поділяються на декілька видів:

- по виду сировини - на органічні та неорганічні;
- по величині густини - особливо легкі (ОЛ) марок від Д15 до Д100; легкі (Л) марок від Д125 до Д350; важкі (В) марок від Д400 до Д600;
- по структурі - волокнисті, ніздрюваті (ячеїсті), сипкі;
- по формі - мати, плити, безформна вата, плитки, цегла, фасонні вироби, сипкі;
- по виду в'язучого - на керамічних, полімерних, бітумних, портландцементі, в'язучих рідкому склі, рослинних клеях;
- по стискаємості - м'які (М), напівжорсткі (ПЖ), жорсткі (Ж).

Ефективність теплоізоляційних матеріалів і виробів оцінюють коефіцієнтом теплопровідності, який пов'язаний з величиною пористості і, в свою чергу, з величиною густини. Тому на практиці для оцінки теплоізолюючих властивостей використовують показник марки по густині Д.

Взаємозв'язок між теплопровідністю та величиною марки по густині показано на рис.12.1.

Лабораторна робота складається з трьох частин:

- а) визначення особливостей теплоізоляційних матеріалів і виробів;
- б) групування досліджуваних матеріалів по маркам густини,

температурній стійкості, застосуванні;
в) оцінка ефективності.

Методика роботи

Матеріали для досліджень:

- мінеральна та скляна вата;
- діатомова цегла;
- газосилікатбетон;
- керамзит та аглопорит;
- спучений перлит;
- мінераловатні та скляноватні вироби - мати, плити різної жорсткості, азбест, азбошнур, пінопласт, пінополістирол, ДСП та ін.

Визначення особливостей кожного виду теплоізоляційних матеріалів та виробів проводиться:

- а) візуальним вивченням структури;
- б) вимірами та обчисленням густини і встановленням марки по густині;
- в) за допомогою учбової та спеціальної літератури виявляють властивості та застосування;
- г) відносною оцінкою ефективності матеріалів по критеріям температуростійкості та матеріаломісткості матеріалів рівновеликої теплоізолюючої величини.

Результати проведених досліджень заносять до таблиці 12.1.

Таблиця 12.1

Визначальні властивості теплоізоляційних матеріалів і виробів.

№ зразку	Особливість структури	Форма та зовнішні ознаки	Д, кг/м ³	Температуростійкість, оС	λ, Вт/м	Можливий вид матеріалу та виробу	Область застосування
----------	-----------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	---------	----------------------------------	----------------------

За результатами досліджень всі матеріали та вироби групують по маркам густини згідно рис.12.2, та визначають їхню відносну матеріаломісткість.

Групи теплоізоляційних матеріалів по величині густині

Марки матеріалу по густині Д, кг/м ³						
Д15...Д100	Д100	Д200	Д200...Д300	Д300...Д400	Д400...Д500	Д500...Д700

Ефективність теплоізоляційних матеріалів оцінюють, порівнюючи товщину та матеріаломісткість ізоляції при умові забезпечення однакових витрат тепла, які вираховують по формулі:

$$q = \frac{\lambda \cdot (t_{в.із} - t_{з.із})}{\delta},$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/м °С ;
 $t_{в.із}$ - температура внутрішньої поверхні ізоляції (стінки ізолюємого об'єкту), °С;
 $t_{з.із}$ - температура зовнішньої поверхні ізоляції, °С;
 δ - товщина ізоляційного шару, мм.

Для визначення ефективності умовно вважають, що виконується ізоляція теплопроводу з температурою поверхні $t_{в.із} = 100$ °С мінеральними матами марки Д150 і товщиною 80 мм. Температура зовнішнього середовища, тобто зовнішньої стінки $t_{з.із} = 0$ °С.

За даними таблиці знаходять коефіцієнт теплопровідності та середню щільність кожного виду матеріалу.

За формулою вираховують товщину та витрати кожного матеріалу в порівнянні з мінеральними матами.

Результати розрахунків зводять у вигляді таблиці 12.3, на основі яких роблять відповідні висновки.

Таблиця 12.3.

Порівняльна ефективність теплоізоляційних матеріалів (при ізоляції теплопроводу з температурою поверхні 100 °С та температурою навколишнього середовища 0 °С)

№ п/п	Вид матеріалу	Марка густини	Вт/м · °С	Товщина шару ізоляції, мм	Витрати матеріалу на 1 м ² поверхні ізоляції, кг
-------	---------------	---------------	-----------	---------------------------	---

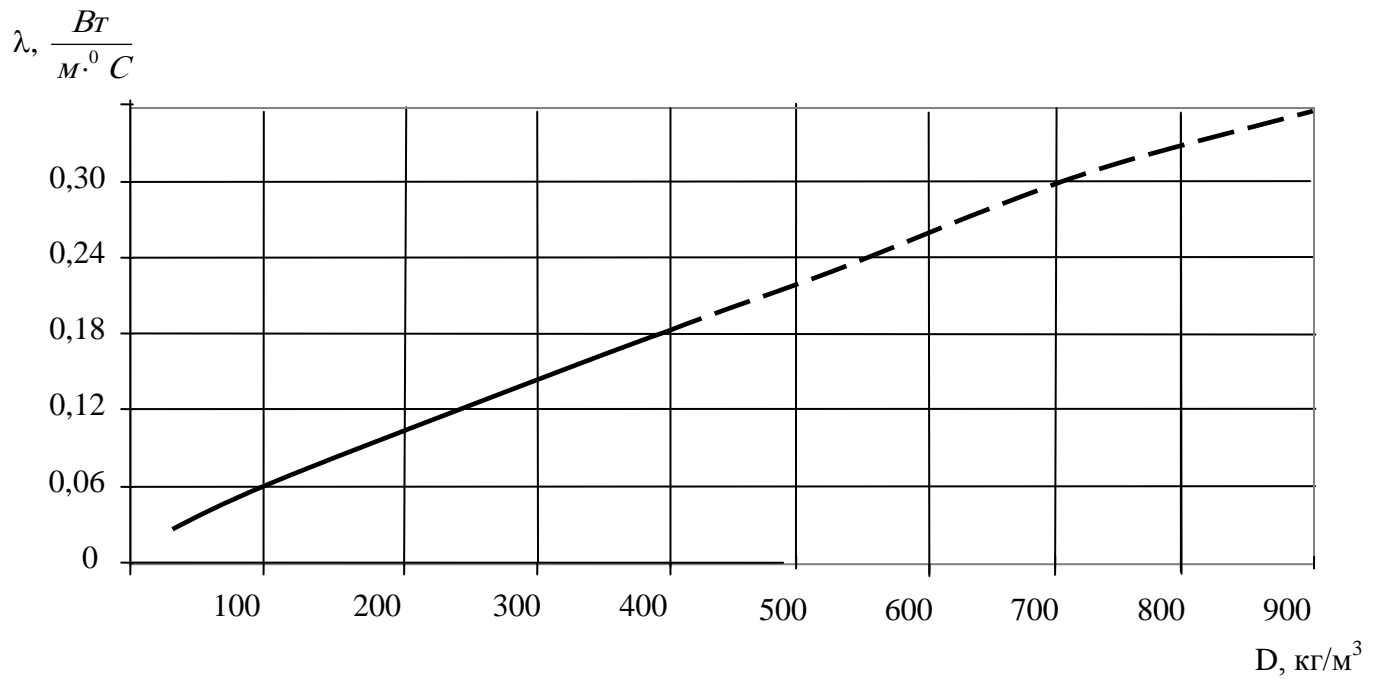


Рисунок 12.1 Залежність коефіцієнта теплопроводності від марки густини матеріалу

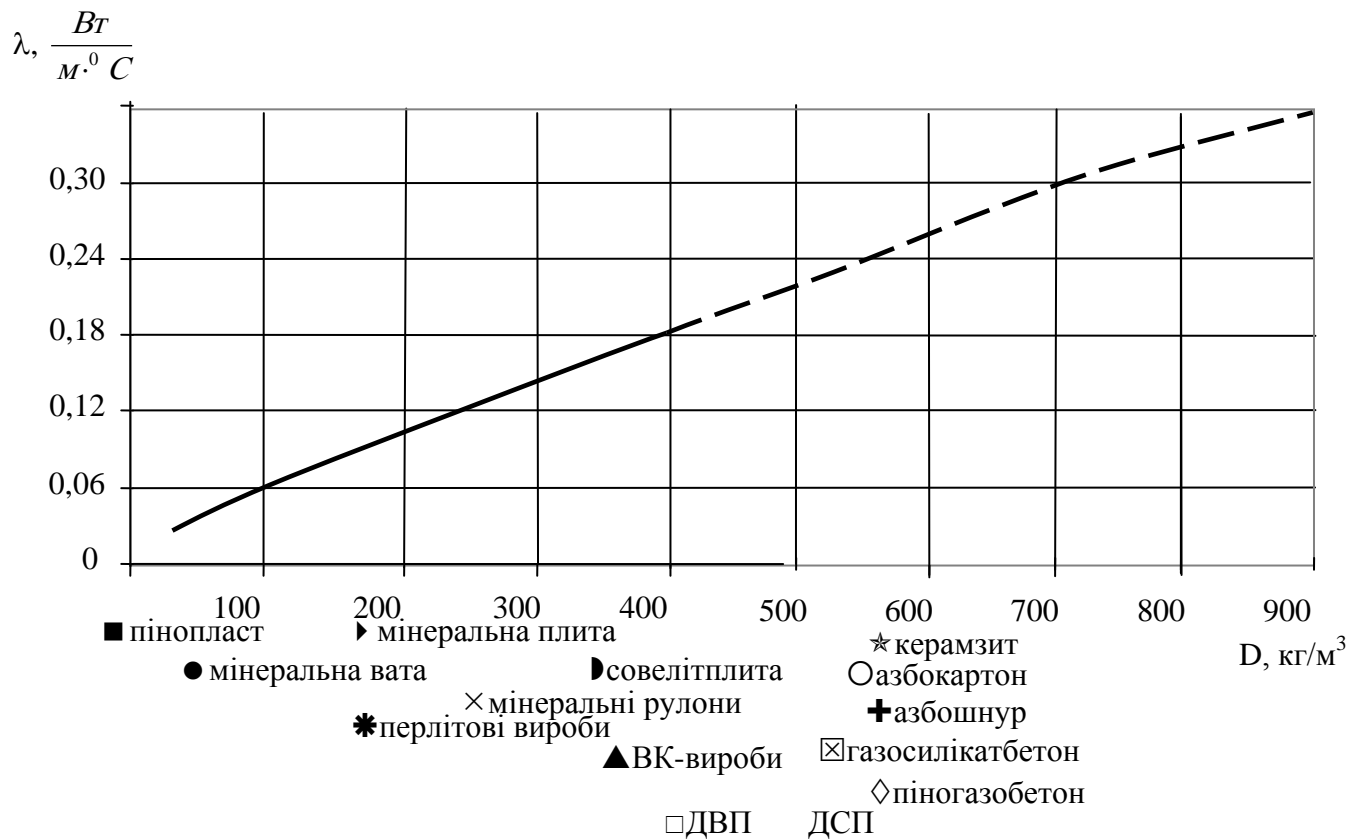


Рисунок 12.2 - Групування теплоізоляційних матеріалів по характерним ознакам

Примітка: на криву залежності наносять умовні позначення у відповідності з визначеними показниками.

Контрольні питання.

1. Що являють собою теплоізоляційні матеріали ?
2. Умови стабілізації властивостей теплоізоляційних матеріалів.
3. По яких ознаках можна визначити ефективність теплоізоляційних матеріалів ?
4. Види теплоізоляційних матеріалів.
5. Чому теплоізоляційні матеріали мають різну теплоізоляційну властивість ?

УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

Мета роботи: виявити особливості виробництва, складу та властивостей лакофарбових матеріалів; навчитися оцінювати їхні властивості.

Лакофарбові матеріали - рідков'язкі суміші, в складі яких знаходиться в'язуча основа в рідкому стані з добавками або без добавок пігментів, наповнювачів, інших за призначенням речовин. Звідси видно, що неодмінною умовою утворення лакофарбових матеріалів є наявність в їхньому складі в'язучої основи в розрідженому стані, яка внаслідок висихання переходить в твердий стан і створює тонку плівку на поверхні.

Використовуючи різні в'язучі, пігменти, добавки та технологічні способи, одержують різноманітні лакофарбові матеріали. Їх поділяють на декілька видів по різних класифікаційним принципам:

- а) по призначенню - ґрунти, шпакльовки, підмазка, емалі, лаки, розчинники і розріджувачі, пігменти;
- б) по виду зв'язуючої основи - неорганічні (вапняні, рідкоскляні, цементні); органічні (масляні, бітумні), синтетичні - перхлорвінілові, хлорвінілові, алкідкі, гліфталеві, фенолформальдегідні, епоксидні, кремнійорганічні, каучукові та інші;
- в) по наявності або відсутності пігментів - на емалі та лаки;
- г) по стану зв'язуючої основи (розчинена чи тонкодисперсна) - на розчинені, водоемульсійні, вододисперсні;
- д) по способу твердіння - висихаючі, полімеризуючі;

Виконання роботи складається з трьох частин:

- 1) дослідження процесів утворення лакофарбових матеріалів;
- 2) дослідження властивостей;
- 3) дослідження сфери використання лакофарбових матеріалів.

Методика роботи

1 визначення процесу утворення лакофарбових матеріалів.

Прилади, пристосування та матеріали:

терези, змішувальний пристрій, полімерний матеріал, пензлі, пластини з чорної жести розміром 40×150 мм та 50×150 мм (товщиною 0,25...0,30 мм), скляні пластини 90×120 мм.

Беруть наважку 10 г полімерної речовини (наприклад, полістиролу) і засипають у скляну колбу місткістю не менше 200 мл; доливають розчинника 80 г. Суміш перемішують до повного розчинення полімеру (похитуванням колби та дерев'яною паличкою) та утворення однорідного розчину.

В одержаний розчин додають 3...4 г пігменту та 3...4 г наповнювача, які завчасно просушують до постійної маси та просівають через сито 0.08.

Одержану суміш оцінюють на однорідність, в'язкість та роблять відповідні висновки.

З одержаного матеріалу готують зразки для подальших досліджень, для чого за допомогою пензля на поверхню завчасно знежирених пластин наносять покриття.

Для цього покривають три скляні пластини, одну металеву пластину розміром 70×150 мм та 12 металевих пластин розміром 50×150 мм. При цьому фіксують час нанесення кожного покриття.

2 Визначення властивостей лакофарбових матеріалів

1) Дослідження часу і ступеня висихання.

Висихання - процес перетворення тонкого шару лакофарбового матеріалу в тверду (відносно) плівку.

Розрізняють дві стадії висихання: від "пилу" (коли утворюється тільки поверхневий твердий шар плівки) і повне (коли вся товщина має достатню міцність та твердість і здатна протистояти механічним впливам).

Згідно ГОСТ 19007-73 розрізняють сім ступенів висихання (табл.13.1).

Для визначення часу висихання "від пилу" (ступінь 1) на скляну пластину з лакофарбовим покриттям з висоти 30...50 мм насипають 0,5 г скляних кульок розміром 100...355 мкм. Після витримки 60 с пластину нахилиють під кутом $20...50^\circ$, скляні кульки легко змітають м'яким пензлем. Якщо всі кульки видаляються і не пошкоджують поверхневого шару, то наступило висихання 1 ступеню.

Характеристика ступеня висихання

Ступінь висихання	Умови випробування	Результати випробування
1	Насипання скляних кульок.	Скляні кульки повністю виділяють м'яким волосяним пензлем, не пошкоджуючи поверхні плівки
	Вантаж масою, г :	
2	20	- папір не прилипає до поверхні;
3	200	- те саме;
4	2000	- папір не прилипає до покриття, на поверхні покриття утворюється слід від навантаження;
5	2000	- папір не прилипає і не залишає слідів від навантаження;
6	20000	- папір не прилипає до покриття, залишається слід від навантаження;
7	20000	- папір не прилипає, на поверхні покриття не залишається слідів.

Для визначення більш високого ступеню висихання (від 2 до 7) на пофарбовану пластину поміщують аркуш паперу, тримаючи його за один вільний кінець. На листок паперу накладають гумову пластину, на середину якої встановлюють гирю масою згідно таблиці 13.1. Через 60 с знімають гирю та гумову пластину. Пофарбовану пластину з аркушем паперу ребром вільно кидають з висоти біля 30 мм на дерев'яну поверхню. Допускається видалення паперу будь-яким способом, що не приводить до помітних пошкоджень плівки.

Після зняття паперу проводиться оцінка стану плівки та ступеню прилипання паперу, чим визначається час висихання до певного ступеню.

Результати занотують та роблять висновки.

2) Визначення адгезії.

Визначення проводять методом гратчатих надрізів. Для цього на випробуваному покритті, яке нанесено на металеву пластину розміром 40 × 150 мм, роблять не менше 5 паралельних надрізів до підкладки за допомогою бритвеного леза або скальпеля по лінійці. Надрізи роблять на відстані 1...2 мм один від одного і стільки ж аналогічних, перпендикулярних до перших.

Утворену сітку надрізів очищають пензлем від штаточків плівки, що відлущилась. Адгезію покриття оцінюють за чотирьохбальною шкалою:

- краї надрізів гладенькі і відсутні відшаровані шматочки - 1;

- незначне відшарування покриття у вигляді крапок уздовж лінії надрізів або в місцях їх перетину (до 5% кожного шматочка) - 2;
- відшарування покриття уздовж лінії надрізів або смуг (до 35% поверх-ні з кожного шматочка) - 3;
- повне або часткове відшарування покриття смугами або квадратами вдовж лінії надрізів (більш 35%) - 4;

в) Визначення міцності покриття на згин.

Визначення проводять за допомогою пристрою, який включає 12 сталевих стрижнів, закріплених на панелі. Дев'ять з них закріплені нерухомо, а три стержні знімаються для встановлення стержнів іншого діаметру. Стержні мають діаметр: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 16 і 20 мм. Замість стержнів 1; 4 і 6 мм при необхідності встановлюють стержні більшого діаметра: 25, 30, 40 і 55 мм.

Для визначення використовують металеві пластини 50 × 150 мм з нанесеним покриттям.

Випробування починають з стрижня найбільшого діаметру. Для цього пластинку накладають на стержень, покриттям назовні, міцно притискають і плавно згинають протягом 1...2 с на 180° навколо стержня.

Покриття на місці згину розглядають у лупу для визначення тріщин та відшарування. Якщо дефекти не виявилися, пластину згинають послідовно на стержнях меншого діаметра щоразу у новому місці. Випробування проводять доти, поки з'являться дефекти, видимі в лупу при 4...10-кратному збільшенні.

За результат випробувань приймають мінімальний розмір діаметру стержня, на якому випробуване покриття залишається не пошкодженим. При цьому повинні співпадати результати не менше двох зразків.

На основі результатів всіх досліджень роблять відповідні висновки.

г) Визначення в'язкості.

В'язкість лакофарбових матеріалів визначають за допомогою віскозиметрів ВЗ-1, ВЗ-4, кулькового або лінійкою "НІЛХ".

В даній лабораторній роботі визначають в'язкість рідкого скла (для спрощення та безпеки дій).

Рідке скло розглядають як один з видів лакофарбових матеріалів. Визначення проводять за допомогою віскозиметра ВЗ-4.

Для проведення досліджень закривають отвір чаші віскозиметра і наливають рідке скло врівень з краями чаші. Одночасно відкривають отвір чаші і за секундоміром починають відрахунок часу початку витікання рідини. Час закінчення витікання встановлюють в момент появи розривів в струмені рідини. Час виміру в секундах, від початку до закінчення виходу, і являється показником в'язкості досліджуваної рідини.

3 Визначення можливого виду лакофарбових матеріалів

Виконання роботи проводиться шляхом послідовного визначення таких питань:

- які речовини можуть бути зв'язуючою основою?
- за допомогою яких речовин та прийомів можна перевести зв'язуючу речовину в рідкий стан?
- які додаткові речовини (домішки) можуть бути введені до рідкої зв'язуючої основи?
- яке можливе призначення одержаних сумішей?
- яка можлива назва одержаних матеріалів?

Таблиця 13.2

Можливі варіанти створення лакофарбових матеріалів

№ п/п	Речовини для створення зв'язуючої основи	Спосіб перетворення зв'язуючої речовини в рідкий стан	Можлива назва	Область застосування
-------	--	---	---------------	----------------------

Контрольні питання

1. Що являють собою лакофарбові матеріали?
2. В чому полягає особливість лакофарбових матеріалів ?
3. Які речовини можуть бути використані в якості зв'язуючої основи лакофарбових матеріалів?
4. Яким чином зв'язуючу речовину можна перевести в рідкий стан?
5. З якою метою зв'язуюче переводять в рідкий стан?
6. З якою метою до складу лакофарбових матеріалів вводять різні домішки?
7. Які речовини можуть входити до складу лакофарбових матеріалів в якості домішок?
8. Які бувають види лакофарбових матеріалів за призначенням?
9. Як визначити призначення лакофарбового матеріалу?
10. По яких ознаках відрізняються лакофарбові матеріали?
11. Які фактори визначають вид та призначення лакофарбового матеріалу?
12. Які бувають лакофарбові матеріали в залежності від складу?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривенко та інші «Будівельне матеріалознавство» Київ: ТОВ УВПК, 2004 –704 с.
2. Строительные материалы. Под ред. Г.И.Горчакова. - М.: Высшая школа, 1982, 352 с.
3. Чехов А.П., Глушенко В.М. Строительные материалы. Лабораторные занятия. - Киев: Вища школа, 1981, 208 с.
4. Попов Л.Н. Справочник. Лабораторный контроль строительных материалов и изделий. - М.: Стройиздат, 1986, 349 с.
5. Єрмоленко Н.Г., Іскра Л.Н. Справочник по гидроизоляционным материалам для строительства. Издание 3-е, перераб. и доп. - Киев: "Будівельник", 1984, 120 с.
6. В.А.Воробьев, А.Г.Комар - Строительные материалы - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М., Стройиздат - 1976, 473 с.
7. А.П.Чехов, А.М.Сергеев, Г.Д.Дибров - Справочник по бетонам и растворам. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Киев, "Будівельник" 1979, 255 с.

З М І С Т

№	УЧБОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	Стор.
п/п		
1	ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	3
2	ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ	13
3	ДЕРЕВИНА	18
4	КЕРАМІКА	26
5	ВАПНО	32
6	ГПСОВІ В'ЯЖУЧІ	35
7	ЦЕМЕНТИ	41
8	ДРІБНІ ЗАПОВНЮВАЧІ	50
9	КРУПНІ ЗАПОВНЮВАЧІ БЕТОНУ	55
10	ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ НАФТОВОГО БІТУМУ	63
11	ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ	72
12	ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ	74
13	ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ	78
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
	ЗМІСТ	84