

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Лабораторний практикум
для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійних програм
«Промислове і цивільне будівництво»,
«Автомобільні дороги і аеродроми»

Київ 2019

УДК 691-4-047.37:378.147(076.5)

Б 903

Укладачі: С. М. Скребнева – канд. техн. наук, доц;
В. В. Грабовчак – канд. техн. наук, доц.;
А. І. Глушаниця – канд. техн. наук, асист.

Рецензенти: В. М. Першаков – д-р. техн. наук., проф.;
О. А. Гончар – канд. техн. наук, доц.

*Затверджено методично-редакційною радою Національного
авіаційного університету (протокол № 2/18 від 19.06.2018 р.).*

Б 903

Будівельне матеріалознавство : лабораторний практикум /
уклад. : С. М. Скребнева, В. В. Грабовчак, А. І. Глушаниця. – К. :
НАУ, 2019. – 68 с.

Лабораторний практикум містить протоколи для виконання лабораторних робіт, таблиці для експериментальних даних та результати розрахунків. Після кожної роботи наведено питання для допуску і захисту лабораторної роботи та модульного контролю.

Для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійних програм «Промислове і цивільне будівництво», «Автомобільні дороги і аеродроми».

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 4 |
| Модуль 1 | |
| ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ. БУДІВЕЛЬНА КЕРАМІКА. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ. МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ | 5 |
| Лабораторна робота 1. Вивчення правил безпеки поведінки в лабораторії, ознайомлення з лабораторним устаткуванням. | |
| Вивчення натурних зразків будівельних матеріалів | 5 |
| Лабораторна робота 2. Властивості будівельних матеріалів | 6 |
| Лабораторна робота 3. Природні кам'яні матеріали | 16 |
| Лабораторна робота 4. Керамічні матеріали та вироби | 19 |
| Лабораторна робота 5. Матеріали та вироби з мінеральних розплавів..... | 23 |
| <i>Питання для модульного контролю</i> | 27 |
| Модуль 2 | |
| НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ. БЕТОНИ. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ. ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ ТА МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ..... | 28 |
| Лабораторна робота 6. Визначення нормальної густоти, термінів тужавлення гіпсового тіста. Визначення марки гіпсових в'язучих..... | 28 |
| Лабораторна робота 7. Визначення нормальної густоти, термінів тужавлення для цементів різних типів. Визначення марки портландцементу..... | 33 |
| Лабораторна робота 8. Бетони, розрахунок складу важкого бетону | 38 |
| Лабораторна робота 9. Визначення якості заповнювачів для важкого бетону | 40 |
| Лабораторна робота 10. Приготування бетонної суміші легких і важких бетонів. Визначення марки за легкоукладальністю бетонної суміші. Визначення класу бетону | 45 |
| Лабораторна робота 11. Матеріали та вироби з деревини | 49 |
| Лабораторна робота 12. Визначення основних властивостей бітуму: температури розм'якшення, розтяжності, пенетрації..... | 53 |
| Лабораторна робота 13. Полімерні матеріали, їх виготовлення, властивості..... | 57 |
| Лабораторна робота 14. Вивчення олієм'якості і покривності пігменту. Визначення в'язкості оліфи та фарби | 60 |
| <i>Питання для модульного контролю</i> | 64 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 66 |

ВСТУП

Дисципліна «Будівельне матеріалознавство» є однією з основних спеціальних дисциплін, яку вивчають студенти в четвертому семестрі.

Мета лабораторних робіт – поглиблення знань студентів про властивості будівельних матеріалів, набуття практичних навичок визначення показників основних властивостей матеріалів згідно з чинними стандартами та раціональним використанням їх у будівництві.

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які прослухали лекції з відповідних розділів дисципліни «Будівельне матеріалознавство». Перед виконанням кожної лабораторної роботи слід уважно ознайомитись із необхідними приладами і матеріалами, а також із правилами техніки безпеки.

У практикумі зібрано всі лабораторні роботи, які студент має виконати під час вивчення дисципліни, і згруповано їх за модулями; включено протоколи для виконання лабораторних робіт, які містять таблиці для експериментальних даних та результати розрахунків.

Кожну лабораторну роботу виконує група студентів (10–12 осіб), а кожне завдання спільно 3–4 студенти. Під час виконання лабораторних робіт студенти повинні тримати своє робоче місце в чистоті, а після завершення випробувань лабораторний посуд, прилади та механізми привести в належний стан. Після виконання кожного завдання необхідно сформулювати висновок про можливість застосування випробуваного будівельного матеріалу.

Модуль 1

ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ. БУДІВЕЛЬНА КЕРАМІКА. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ. МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Лабораторна робота 1

ВИВЧЕННЯ ПРАВИЛ БЕЗПЕКИ ПОВОДЖЕННЯ В ЛАБОРАТОРІЇ, ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЛАБОРАТОРНИМ УСТАТКУВАННЯМ. ВИВЧЕННЯ НАТУРНИХ ЗРАЗКІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета: ознайомитися з лабораторним устаткуванням, вивчити правила безпеки поведінки в лабораторії будівельних матеріалів, ознайомитись із сучасними методами визначення основних властивостей будівельних матеріалів та поглибити теоретичні знання з номенклатури, особливостей отримання і застосування сучасних і традиційних будівельних матеріалів різного призначення (конструкційних, оздоблювальних, теплоізоляційних, гідроізоляційних, покрівельних, акустичних), набути практичних навичок визначення макроструктури будівельних матеріалів.

Література: [1], гл. 1, с. 13–27; [6].

Завдання 1.1. Ознайомитися з правилами безпеки в лабораторії «Будівельні матеріали».

Завдання 1.2. За допомогою вимірювальної лінійки, штангенциркуля та мікроскопа дослідити зразки одержаних будівельних матеріалів.

Прилади та обладнання: зразок будівельного матеріалу, вимірювальна лінійка, штангенциркуль, мікроскоп.

Порядок виконання роботи

Отримані зразки стінових, в'язучих, гідро-, тепло- та звукоізоляційних будівельних матеріалів дослідити за допомогою вимірювальних приладів та мікроскопа. Результати досліджень занести до табл. 1.1.

Результати досліджень зразків будівельних матеріалів

| № з/п | Матеріал | Ескіз матеріалу | Вид матеріалу | Сировина | Використання в будівництві |
|-------|----------|-----------------|---------------|----------|----------------------------|
| | | | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Що називають будівельним матеріалом?
2. Що таке будівельні вироби?
3. За якими ознаками класифікують будівельні матеріали?
4. На які групи поділяють будівельні матеріали за призначенням? Наведіть приклади.
5. Що таке макроструктура будівельного матеріалу?
6. Назвіть види макроструктур будівельних матеріалів.
7. Назвіть властивості будівельних матеріалів.
8. Від чого залежать властивості будівельних матеріалів?

Лабораторна робота 2

ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета: поглибити знання про властивості будівельних матеріалів, набути практичних навичок визначення основних властивостей будівельних матеріалів і виробів для оцінювання їх якості та галузей раціонального використання.

Завдання 2.1. Визначити густину будівельних матеріалів (істинної, середньої, насипної та відносної).

Прилади та інструменти: електрошафа сушильна, терези, ексікатор, пікнометри місткістю 50...100 мл, скляні мірні циліндри об'ємом 250...500 мл, металеві мірні посудини об'ємом 1 та 5 л, металева лінійка, ступка фарфорова з товкачиком, сита із сіткою № 0,063, баня водяна або піщана, вода дистильована, парафін.

Література: [1], гл. 1, с. 45–80; [7]; [8].

Порядок виконання роботи

Визначення істинної густини твердих матеріалів

Істинна густина – це маса одиниці об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані (без урахувань пор і порожнин).

Істинну густину твердих матеріалів визначають за допомогою приладу Ле-Шательє. Це скляна колба місткістю 120...150 см³ з вузьким горлом, на якому нанесено шкалу з поділками ціною 0,1 см³ (рис. 2.1). Прилад заповнюють до нульової позначки водою або іншою рідиною (V_1), інертною до досліджуваного матеріалу, і зважують (m_1). Зразок матеріалу, що досліджується, подрібнюють до порошкоподібного стану, висушують до постійної маси, відбирають наважку масою 80...100 г і насипають невеликими порціями в колбу доки рівень рідини у приладі підніметься до однієї з верхніх поділок (V_2 , бажано, щоб $V_2 = 20$ см³). Різниця відліків між кінцевим і початковим рівнем рідини ($V_2 - V_1$) відповідає об'єму (V) всипаного порошку матеріалу в абсолютно щільному стані (см³). Зважують прилад Ле-Шательє разом з наважкою досліджуваного матеріалу (m_2).

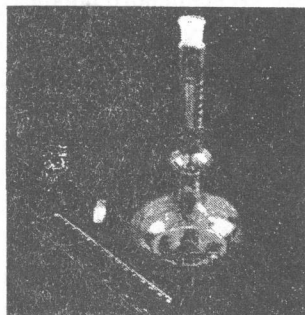


Рис. 2.1. Прилад для визначення істинної густини – об'ємомір Ле-Шательє

Істинну густину проби ρ_i , в г/см³ визначають за формулою

$$\rho_i = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (2.1)$$

де m_1 – маса приладу з рідиною без матеріалу, г; m_2 – маса приладу з рідиною та досліджуваним матеріалом, г; V – об'єм всипаного порошку матеріалу, см³.

Істинну густину матеріалу ρ_i визначають як середньоарифметичне значення результатів випробування двох наважок проби, розраховане з точністю до 0,01 г/см³.

Визначити істинну густину піску, гранітного щебеню, портландцементу.

Завдання виконують за наведеною вище методикою, вихідні дані та результати випробувань заносять до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Визначення істинної густини матеріалу

| Показники | Номер наважки | |
|---|---------------|---|
| | 1 | 2 |
| Маса пікнометра з рідиною без матеріалу m_1 , г | | |

| Показники | Номер наважки | |
|---|---------------|---|
| | 1 | 2 |
| Маса пікнометра з рідиною та досліджуваним матеріалом m_2 , г | | |
| Об'єм всипаного порошку матеріалу, см^3 | | |
| Істинна густина зразка ρ_i , $\text{г}/\text{см}^3$ | | |
| Істинна густина матеріалу ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$ | | |

Визначення істинної густини рідких матеріалів

Істинну густину рідини визначають за допомогою ареометра (денсиметра), що працює за принципом поплавка. Він має форму скляної трубки, запаяної з обох кінців. У нижній частині цієї трубки міститься металевий дріб, а у верхній – шкала з поділками

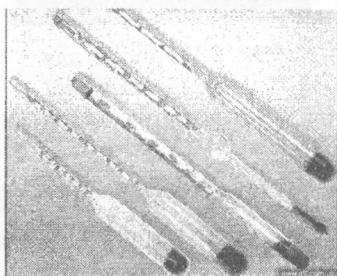


Рис. 2.2. Прилади для визначення істинної густини рідких матеріалів – ареометри

(рис. 2.2). Ареометр опускають у скляний циліндр з досліджуваним рідким матеріалом, при цьому він занурюється в рідину на певну глибину. Показник істинної густини визначають за рівнем занурення ареометра по шкалі.

Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми

Середня густина ρ_m – це маса одиниці об'єму матеріалу у природному стані (разом з порами і пустотами).

Для визначення середньої густини зразки матеріалів правильної форми попередньо висушують до постійної маси і зважують із похибкою, яка залежить від маси зразка (наприклад, якщо маса зразка 20...1000 г, похибка при зважуванні має бути не більшою ніж 1 г, якщо 1000...10000 г – не більшою за 5 г). Потім вимірюють його лінійні розміри за допомогою металевої лінійки або штангенциркуля (кубів і циліндрів з похибкою не більшою 0,1 мм, інших зразків – не більшою ніж 1 мм). Середню густину зразка ρ_m , $\text{кг}/\text{м}^3$, обчислюють за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V} \cdot 1000,$$

де m – маса зразка, висушеного до постійної маси, г; V – об’єм зразка, см^3 .

Визначити середню густину матеріалу зразків правильної форми з бетону різних видів, цементно-піщаного розчину, повнотілої та порожнистої керамічної цегли, деревини.

Завдання виконують за наведеною вище методикою, вихідні дані та результати випробувань для кожного матеріалу заносять до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Визначення середньої густини матеріалу

| Показники | Номер зразка | | |
|--|--------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Маса висушеного зразка m , г | | | |
| Геометричні розміри зразка, см: $a \times b \times c$ (або $d \times h$) | | | |
| Об’єм зразка V , см^3 | | | |
| Середня густина зразка ρ_{mi} , кг/м^3 | | | |
| Середня густина матеріалу ρ_m , кг/м^3 | | | |

Визначення насипної щільності

Насипна щільність $\rho_m^{\text{нас}}$ – це відношення маси матеріалу в сипкому стані до його об’єму, включаючи простір між його зернами.

Для визначення насипної щільності дрібнозернистих матеріалів використовують стандартний прилад – лійку Гарі, що включає конус із засувкою та мірний циліндр об’ємом 1 л (1 дм^3) (рис. 2.3), а для великозернистих беруть мірні циліндри об’ємом 5 л (за крупності зерен матеріалу до 20 мм) і більше. Визначення ведуть таким чином: із лійки або просто із совка з визначеної висоти насипають матеріал у попередньо зважений мірний циліндр так, щоб у ньому був деякий надлишок матеріалу.

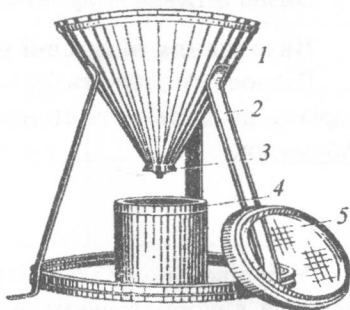


Рис. 2.3. Прилад для визначення насипної щільності дрібнозернистого матеріалу (лійка Гарі): 1 – воронка; 2 – підставка; 3 – засувка; 4 – мірний циліндр; 5 – сито

Цей надлишок потім знімають металевою лінійкою врівень із краєм циліндра, а після цього зважують.

Насипну щільність $\rho_m^{\text{нас}}$, кг/м³, обчислюють за формулою

$$\rho_m^{\text{нас}} = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

де m_1 – маса порожнього мірного циліндра, кг; m_2 – маса мірного циліндра з матеріалом, кг; V – об'єм циліндра, л.

Завдання виконують за наведеною вище методикою, вихідні дані та результати випробувань заносять до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Визначення насипної щільності

| Показники | Номер проби | | |
|---|-------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Маса циліндра m_1 , кг | | | |
| Маса циліндра з матеріалом m_2 , кг | | | |
| Маса матеріалу $m_2 - m_1$, кг | | | |
| Насипна щільність проби $\rho_{n, i}$, кг/л | | | |
| Середня насипна щільність $\rho_m^{\text{нас}}$, кг/м ³ | | | |

Насипну щільність матеріалу $\rho_m^{\text{нас}}$ визначають як середньоарифметичне значення результатів двох паралельних випробувань і розраховують із точністю до 10 кг/м³.

Визначити насипну щільність піску та гранітного щебеню.

Визначення відносної щільності

Відносна щільність (d) – це відношення середньої щільності матеріалу до щільності стандартної речовини, що розраховується за формулою

$$d = \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}}.$$

У будівельному матеріалознавстві як стандартну речовину найчастіше використовують воду, щільність якої дорівнює 1,0 г/см³. Відносна щільність матеріалу є безрозмірною величиною.

Визначити відносну щільність зразків різних матеріалів правильної геометричної форми: повнотілої керамічної цегли, деревини, мармуру.

Завдання 2.2. Визначити водопоглинання.

Водопоглинання – це властивість матеріалу вбирати й утримувати воду. Визначають водопоглинання за масою та об'ємом (у відсотках), як відношення маси або об'єму поглинутої зразком матеріалу води відповідно до маси сухого зразка або його об'єму у природному стані.

Прилади та матеріали: ваги технічні, гирі, посудина для води, стакани хімічні, зразки матеріалу правильної форми (цегла глиняна або силікатна, ракушняк та ін.), ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зразок матеріалу, висушений до постійної маси, зважують із точністю до 0,025 г, вимірюють і записують значення маси сухого матеріалу.

Матеріал занурюють у воду на 1/4 його висоти, витримують протягом 5 хв, зважують і одержують масу G_1 . Доливають воду до 1/2, потім до 3/4 висоти й одержують відповідно маси G_2 , G_3 . Далі доливають воду на повну висоту зразка, витримують ще 10 хв і одержують масу G_4 . Після кожного водовбирання зразок матеріалу обережно витирають ганчір'ям.

Після виконання роботи результати випробувань заносять до табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Результати визначення водопоглинання

| Показники | Глибина занурювання зразка матеріалу | | | | Водопоглинання за масою W_m , % | Водопоглинання за об'ємом W_v , % |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | 1/4 висоти зразка | 1/2 висоти зразка | 3/4 висоти зразка | Повне занурювання | | |
| Тривалість водозбирання t , хв | | | | | | |
| Маса зразка m_1 , г | | | | | | |
| Маса водонасиченого зразка m_2 , г | | | | | | |
| Розміри зразка, см | | | | | | |
| Об'єм зразка V , см ³ | | | | | | |

Водопоглинання визначають за масою та об'ємом за формулами:

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100; \quad W_o = \frac{m_b - m_c}{V \cdot \rho_b} \cdot 100,$$

де m_b і m_c – маса відповідно сухого та насиченого водою зразка, г;
 ρ_b – густина води, г/см³.

Побудувати графік зростання водопоглинання за масою та об'ємом.

Завдання 2.3. Визначити границі міцності.

Міцність – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень. У процесі експлуатації будівель і споруд конструкції в них зазнають різних напружень – стиску, згину, розтягу, кручень, сколювань тощо.

Міцність оцінюють границею міцності R , яка дорівнює максимальному напруженню від дії навантаження, що виникає в матеріалі в момент його руйнування, і вимірюють в мегапаскалях (МПа).

Прилади та матеріали: гідравлічний прес, штангенциркуль, металеві мірні лінійки, зразки матеріалів (бетонні куби, циліндри, балки цементні, гіпсові), щітка, ганчір'я, відро.

Порядок виконання роботи

Методи визначення міцності

Границю міцності під час стискання визначають випробуванням на гідравлічних, механічних або гідромеханічних пресах (рис. 2.4) зразків, форма, розмір і кількість яких є стандартними для відповідних матеріалів. Використовують зразки правильної геометричної форми (куби, циліндри, призми). Для кожного матеріалу згідно зі стандартом установлюють форму зразка, його розмір і кількість випробувань.

Для визначення міцності під час стискання мінеральних в'язучих речовин (портландцементу, гіпсових в'язу-

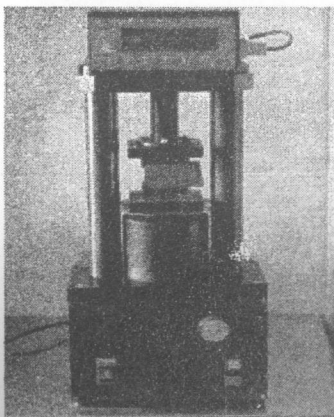


Рис. 2.4. Прес для визначення міцності

чих тощо) використовують половинки стандартно виготовлених зразків-балочок розмірами $4 \times 4 \times 16$ см, що залишаються після випробування міцності на згинання. Для випробування таких зразків застосовують спеціальні металеві пластинки площею 25 см^2 .

На зразках матеріалу (кубах) вибирають протилежно паралельні грані, на які діятиме стискальна сила і заміряють їх площу. Куб установлюють по центру опірної плити гідравлічного преса, перевіряють справність преса, наявність у ньому масла і вибирають шкалу відліку. Після цього встановлюють швидкість навантажень, яка не повинна перевищувати $0,10$ МПа (стрілка силовимірювача повинна рухатись повільно від однієї позначки до іншої).

Руйнівну силу P визначають безпосередньо силовимірювачем, звернувши увагу на одиниці вимірювання поперечного перерізу зразка F у квадратних сантиметрах.

Границю міцності під час стискання $R_{\text{ст}}$, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) обчислюють за формулою:

$$R_{\text{ст}} = \frac{P}{F}, \quad (2.2)$$

де P – руйнівне навантаження (сила), МН (кгс); F – площа поперечного перерізу зразка до випробування, м^2 (см^2).

Після виконання роботи результати випробувань заносять до табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Результати визначення границі міцності під час стискання

| Номер зразка | Матеріал | Площа поперечного перерізу F , см^2 | Показник манометра P , кгс | Границя міцності $R_{\text{ст}}$, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) |
|--------------|----------|--|---------------------------------------|---|
| | | | | |

Для порівняльної оцінки ефективності різних матеріалів використовують коефіцієнт конструктивної якості $K_{\text{к.я}}$, МПа, який характеризується відношенням границі міцності під час стискання (або розтягування) до відносної густини, і розраховують за формулою

$$K_{\text{к.я}} = \frac{R_{\text{ст}}}{d},$$

де $R_{\text{ст}}$ – границя міцності під час стискання; МПа; d – відносна густина матеріалу (див. формулу (2.2)).

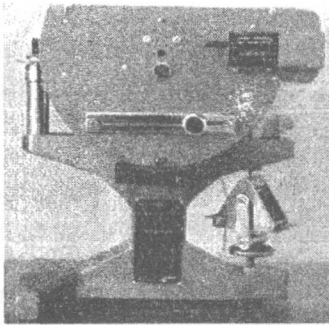


Рис. 2.5. Випробувальна машина «МІІ-100» для визначення границі міцності під час згинання

Найбільш ефективними є матеріали, які є легкими та міцними. Наприклад, усереднені значення $K_{к.я}$, МПа, становлять: для цегли – 11, важкого бетону – 21, сталі – 52, сосни – 95, СВАМ (скловолокнистий анізотропний матеріал) – різновиду склопластику – 225.

Границю міцності під час згинання визначають за допомогою пресів або універсальних випробувальних машин типу «МІІ-100» (рис. 2.5). Для цього використовують зразки матеріалів у вигляді призм квадратного або прямокутного перерізу з розмірами, установленими відповідними стандартами, а також натурні зразки (наприклад, цеглу, черепицю), розміщуючи їх на двох опорах.

Визначаючи міцність під час згинання стандартних зразків-балочок розмірами $4 \times 4 \times 16$ см на універсальних машинах типу «МІІ-100», границю міцності $R_{зг}$ фіксують за показником лічильника ($\text{кгс}/\text{см}^2$) і перераховують отримане значення у мегапаскалі (МПа).

Границю міцності під час згинання $R_{зг}$, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) обчислюють за формулою (2.3).

$$R_{зг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (2.3)$$

де P – руйнівне навантаження (сила); МН (кгс); l – довжина зразка, м; b – ширина, м; h – висота зразка, м.

Зразки балок цементних, гіпсових, кам'яних вимірюють штангенциркулем з точністю до 0,1 см (висоту h , см; ширину b , см) і встановлюють на опорну плиту преса, підклавши під балку дві однакові опори на відстані, що не перевищує $3/4$ довжини балки, а також зверху на середину балки – одну опору, на яку передаватиметься сила стискування.

Після виконання роботи результати випробувань заносять до табл. 2.6.

Результати визначення границі міцності під час згинання

| Номер зразка | Матеріал | Розміри поперечного перерізу, см | | Відстань між опорами l , см | Показники манометра, P , кгс | Границя міцності під час згинання $R_{гг}$, МПа (кгс/см ²) |
|--------------|----------|----------------------------------|-----|-------------------------------|--------------------------------|---|
| | | b | h | | | |
| | | | | | | |

Завдання 2.4. Визначити стирання кам'яних матеріалів.

Прилади та матеріали: машина для стирання, ваги, гирі, штангенциркуль, металеві лінійки, зразки матеріалів у вигляді кубів розміром $7 \times 7 \times 7$ см з мармуру, граніту, бетону, абразивне зерно (суміш із кварцу та наждаку), щітка, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зразки зважують із точністю до 0,01 г, замірюють площу кожної грані з точністю до 0,1 см² і вставляють у тримач машини так, щоб та грань, яка має стиратись, торкалась поверхні шліфувального диска (рис. 2.7).

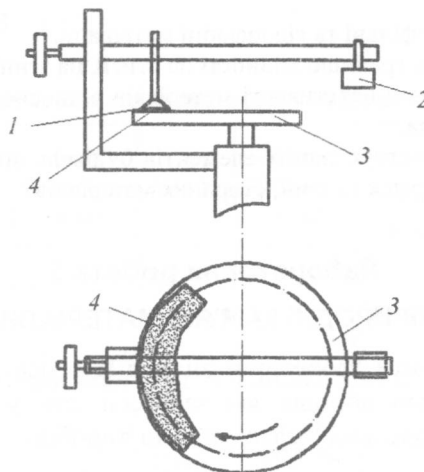


Рис. 2.7. Коло для визначення стирання матеріалів:

- 1 – тримач; 2 – важіль; 3 – гумовий скребок;
2, 3, 4 – шліфувальний диск

Після цього зразок матеріалу навантажують, опускаючи на нього навантажувач, щоб стискання становило 0,06 МПа.

На стиральну доріжку кільцевого диска завширшки 200 мм насипають рівномірно шар абразивного зерна завтовшки 0,4 см на 1 см² поверхні зразка і вмикають машину. Коли диск зробить 30 обертів, машину вимикають, зразок зважують, зі шліфувального диска щіткою знімають залишки стертого абразивного зерна, а кубик матеріалу повертають навколо осі на 90° і знову починають стирати з новою порцією абразивного зерна. Стирання повторюють чотири рази на кожному зразку, повертаючи його на 90° навколо осі.

Після випробування зразок зважують і визначають стирання за формулою

$$G_r = \frac{G_1 - G_2}{F},$$

де G_1 – маса зразка до стирання; G_2 – маса зразка після стирання; F – площа зразка, см².

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення істинної, середньої, насипної та відносної густини.
2. Дайте визначення морозостійкості та водопоглинання.
3. Що означає коефіцієнт конструктивної якості будівельного матеріалу?
4. Назвіть гідрофільні та гідрофобні матеріали.
5. Як визначити границю міцності на стиск, на згин?
6. Назвіть основні властивості матеріалів відносно дії високої температури і тепла.
7. Для яких конструктивних елементів будівель визначають границю міцності на стиск та згин, стирання матеріалів?

Лабораторна робота 3

ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

Мета: поглибити теоретичні знання про основні породотвірні мінерали та гірські породи, які застосовують у будівництві для виготовлення будівельних матеріалів та виробів.

Література: [1], гл. 2, с. 83–125; [28]; [29]; [30].

Завдання 3.1. Визначити зовнішні ознаки зразків основних породотвірних мінералів і гірських порід.

Прилади та матеріали: лупа, мірні лінійки, зразки породотвірних мінералів і гірських порід, щітка, мінерали шкали твердості Мооса, 10 %-й розчин соляної кислоти, фарфорові чашки, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Природними кам'яними матеріалами називають матеріали і вироби, які одержують механічним обробленням (подрібненням, розколюванням, розпилюванням тощо) гірських порід, не змінюючи при цьому їх природної структури та властивостей.

Природні мінерали – це новоутворення, що відрізняються постійним хімічним складом, структурою та властивостями.

Гірські породи – це природні мінеральні утворення, що виникають унаслідок перебігу геологічних процесів у земній корі; складаються з одного або декількох мінералів і мають відносно сталий мінералогічний склад, певну структуру (будову) і властивості.

Спочатку детально вивчають зразки мінералів і гірських порід, визначають їх структуру, колір, істинну густину, твердість, а також установлюють походження гірських порід, які їх містять.

За допомогою лупи встановлюють текстуру мінералу і гірської породи. Після виконання роботи результати дослідження необхідно записати в табл. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1

Характеристика основних породотвірних мінералів

| Номер зразка | Назва мінералу | Хімічний склад | Колір | Істинна густина ρ , г/см ³ | Твердість, номер мінералу | Основна гірська порода |
|--------------|----------------|----------------|-------|--|---------------------------|------------------------|
| | | | | | | |

Таблиця 3.2

Характеристика найголовніших гірських порід

| Номер зразка | Назва гірської породи | Мінералогічний склад | Колір | Середня густина, ρ_c , г/см ³ | Міцність $R_{ст}$, МПа | Використання в будівництві |
|--------------|-----------------------|----------------------|-------|---|-------------------------|----------------------------|
| | | | | | | |

Завдання 3.2. Визначити твердість гірських порід.

Прилади та матеріали: лупа, мірні лінійки, зразки породотвірних мінералів і гірських порід, щітка, мінерали шкали твердості Мооса, 10 %-й розчин соляної кислоти, фарфорові чашки, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Вибирають зразки гірських порід з полірованою поверхнею. Послідовно беруть один мінерал зі шкали Мооса (починають із першого) і наносять подряпини на поліровані поверхні зразка. Порядковий номер мінералу відповідає твердості гірської породи.

Результати досліджень заносять до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати визначення твердості гірських порід

| Номер зразка | Назва гірської породи | Мінерали шкали Мооса | | | | | | | | | | Використання в будівництві |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----------------------------|
| | | Ознака твердості (номер мінералу) | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | | | | | | | | | | | | |

Завдання 3.3. Зарисувати різновиди структур гірських порід (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Основні властивості гірських порід для отримання будівельних виробів різного призначення

| Умови використання матеріалів | Гірські породи | Декоративні властивості (текстура, фактура) | Переваги, недоліки* |
|--|----------------|---|---------------------|
| Конструкційні (стінові) (блоки, камені) | | | |
| Облицювання фасаду (камені, плити) | | | |
| Покриття доріг (плити, бруківка, бортовий камінь) | | | |
| Облицювання стін в інтер'єрі (плити, мозаїка) | | | |
| Покриття підлог та сходів (плити, мозаїка) | | | |
| Архітектурно-будівельні вироби (парапети, баліасини, деталі карнизу, кулі, скульптура) | | | |

*Примітка. Переваги і недоліки гірських порід слід наводити з урахуванням їх фізичних, механічних, екологічних та декоративних властивостей, а також економічної ефективності їх отримання.

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення мінералу і гірської породи.
2. За якими ознаками класифікують гірські породи?
3. Назвіть основні породотвірні мінерали.
4. Що таке шкала Мооса?
5. Назвіть основні властивості гірських порід і мінералів.
6. Назвіть види текстур та структур гірських порід.
7. Поясніть класифікацію гірських порід за умовами їх утворення.
8. Які кам'яні матеріали і вироби застосовують у будівництві?

Лабораторна робота 4

КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

Мета: вивчити різновиди керамічних матеріалів та виробів, їх властивості, особливості одержання та застосування; набути навичок візуально встановлювати якість керамічних стінових виробів (цегли й каменів) відповідно до вимог стандарту.

Керамічними називають матеріали та вироби, які одержують формуванням, сушінням і подальшим випалюванням глинистої сировини з різними домішками або без них.

Головними критеріями класифікації будівельних керамічних матеріалів є показник водопоглинання черепка (матеріалу після випалювання), а також призначення керамічних виробів і спосіб їх формування.

Література: [1], гл. 3, с. 127–175; [27].

Завдання 4.1. Оцінити відповідність ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ) зразків керамічної цегли за зовнішнім оглядом та обміром.

Прилади та матеріали: металева лінійка, кутник, штангенциркуль, еталонна цеглина.

Порядок виконання роботи

Зовнішнім оглядом установлюють наявність недопалу і перепалу в контрольному зразку, для чого його порівнюють з еталонним (нормально випаленим виробом). Недопалений виріб світліший за еталонний, а удар по ньому молотком викликає глухий звук. Перепалені зразки характеризуються плавленням і спученням, мають буре забарвлення і скривлені. Недопалені і перепалені вироби є браком.

Зовнішнім оглядом установлюють також наявність у контрольному зразку вапнякових вкраплень (дутика).

Цеглу або стіновий виріб (камінь) кладуть на рівний стіл, прикладають до перевіреної поверхні металеву лінійку або кутник у такому напрямку, щоб виявити максимальний розмір прогину поверхні (рис. 4.1). Максимальний розмір зазору між ребром лінійки перевіреною поверхнею вимірюють штангенциркулем.

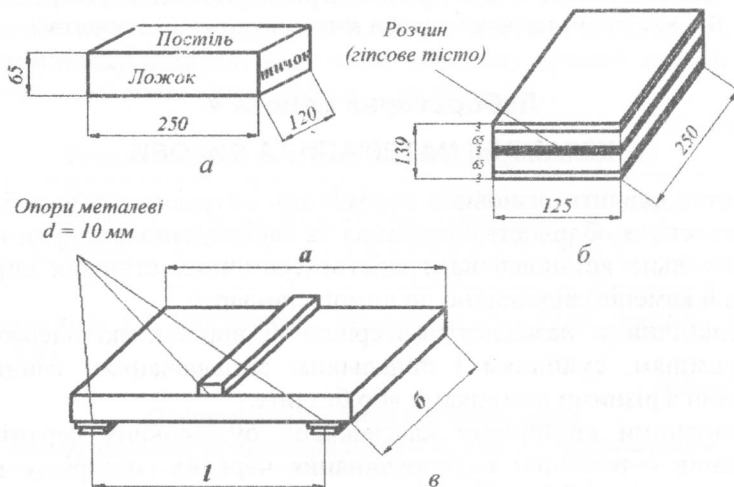


Рис. 4.1. Зразки визначення марки цегли: *a* – зразок цегли; *б* – зразок цегли, закріплений цементно-піщаним розчином або гіпсовим тістом; *в* – цегла, укладена на опори для визначення границі міцності на згин

Відхилення від номінальних розмірів і показників зовнішнього вигляду виробів не повинні перевищувати на одному виробі величин, зазначених у стандарті.

Результати зовнішнього огляду та вимірювання заносять до табл. 4.1 і звіряють із вимогами стандарту.

Таблиця 4.1

Результати зовнішнього огляду й вимірювання стінового виробу

| № з/п | Показник якості цегли | Вимоги ДСТУ Б В.2.7-61:2008 | Результати огляду та обміру | | |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----|---|
| | | | 1 | ... | 5 |
| 1 | Розміри, мм: довжина, ширина, висота | | | | |

| № з/п | Показник якості цегли | Вимоги ДСТУ Б В.2.7-61:2008 | Результати огляду та обміру | | |
|-------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----|---|
| | | | 1 | ... | 5 |
| 2 | Відхилення від прямолінійності граней і ребер, мм, не більше: за постіллю; за ложком | | | | |
| 3 | Відбитості і притупленості ребер та кутів, мм, шт. | | | | |
| 4 | Тріщини завширшки більше ніж 0,5 мм, протяжністю до 30 мм за постіллю, шт. не більше на ложкових гранях; на поперечних гранях | | | | |
| 5 | Недопал або перепал | | | | |
| 6 | Вапнякові вкраплення (дутики) | | | | |

Завдання 4.2. Визначити марку цегли.

Прилади та матеріали: металеві лінійки, косинець, штангенциркуль, ваги з гирями, стінові вироби, гідравлічний прес потужністю 10 т, металеві опори діаметром 10 мм (3 шт.).

Порядок виконання роботи

Марку цегли за міцністю встановлюють за значеннями границь міцності на стиск і згин, каменя – тільки на стиск. Схеми випробувань цегли зображено на рис. 4.1, в. Випробовують по 5 зразків на стиск і на згин. Середнє значення границі міцності визначають як середнє арифметичне. Також записують мінімальний результат випробувань. Результати дослідів порівнюють із вимогами ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Спочатку вибирають цеглу з рівними поверхнями постілі і роблять заміри. Результати заносять до табл. 4.2. Під час підготовки зразків поверхні цегли, що розташовуються перпендикулярно до напрямку стискальної сили, слід вирівняти цементним або гіпсовим розчином. Цеглу або її половинки кладуть постелями одну на одну. Половинки розміщують поверхнями поділу в протилежні боки, щоб одержати половинки цегли, її випробовують на згин. На рис. 4.1 показано розташування зразка цегли на опорній плиті преса для випробування на згин. У місцях спирання цегли і прикладання навантаження поверхню цегли вирівнюють цементним або гіпсовим розчином, шліфуванням або застосуванням прокладки з гумотканинних пластин, картону та інших матеріалів. Зразки, виготов-

лені із застосуванням гіпсового тіста, випробують не раніше, ніж через дві години після початку тужавлення. Зразки з керамічної цегли і каменя пластичного формування виготовляють, з'єднуючи частини і вирівнюючи їх опорні поверхні цементним розчином. До випробувань зразки витримують у вологих умовах протягом 3–4 діб. Зразки цегли напівсухого пресування випробовують без вирівнювання їх поверхонь розчином, тістом чи прокладками. Границю міцності на стиск і згин визначають за формулами: (2.2) і (2.3).

Після виконання роботи результати випробувань керамічних стінових виробів слід занести в табл. 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.2

Результати випробування цегли на згин

| Назва виробу | Розміри виробу, см | | | Відстань між опорами, см | Руйнівна сила P , кгс | Границя міцності на згин $R_{зг}$, кгс/см ² |
|--------------|--------------------|--------|---------|--------------------------|-------------------------|---|
| | довжина | ширина | товщина | | | |
| | | | | | | |

Таблиця 4.3

Результати випробування цегли на стиск

| Назва виробу | Розміри виробу, см | | | Площа, на яку діє навантаження, см ² | Руйнівна сила $P_{ст}$, кгс | Границя міцності $R_{ст}$, кгс/см ² | Марка цегли |
|--------------|--------------------|--------|---------|---|------------------------------|---|-------------|
| | довжина | ширина | товщина | | | | |
| | | | | | | | |

Завдання 4.3. Навести особливості отримання та застосування будівельної кераміки (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вибір керамічних матеріалів та виробів за галузями використання

| Галузі використання керамічних матеріалів та виробів | Вид керамічного матеріалу та виробу | Переваги, недоліки |
|--|-------------------------------------|--------------------|
| Конструкційні (стінові) | | |
| Облицювання фасаду та цоколю | | |
| Покриття доріг | | |
| Облицювання стін в інтер'єрі | | |
| Покриття підлог та сходів | | |
| Улаштування дахів (покрівельні) | | |
| Малі архітектурні форми | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Як класифікується стінова кераміка?
2. Наведіть основні вимоги до зовнішнього вигляду рядкової та лицьової цегли.
3. Як впливає спосіб формування керамічної цегли на її зовнішні ознаки, міцність, морозостійкість?
4. Як пов'язані зовнішній вигляд, міцність та морозостійкість цегли зі ступенем її випалу?
5. Порівняйте ефективність повнотілої та порожнистої цегли за теплопровідністю, міцністю, вартістю.
6. Назвіть основні види облицовальних матеріалів.
7. Назвіть марки цегли за міцністю та морозостійкістю.
8. Охарактеризуйте технологію виробництва керамзитового гравію та алгопоритового щебеню. Яке їх застосування в будівництві?
9. Назвіть основні вимоги до облицовальних плиток, які застосовуються в будівництві.

Лабораторна робота 5

МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

Мета: вивчити різновиди скляних матеріалів, їх властивості, особливості одержання, набути навичок визначення технічних характеристик скла і галузей його застосування за показниками зовнішнього вигляду.

Головними критеріями класифікації будівельних матеріалів та виробів з мінеральних розплавів є вид сировини, її хімічний склад, характер макро- та мікроструктури, а також спосіб формування та призначення матеріалів і виробів.

Залежно від здатності розплавів до кристалізації матеріали за характером мікроструктури поділяють на скляні або аморфні (віконне та вітринне скло), склокристалічні з умістом кристалічної фази до 30 % (марблін, смальта, скляна крихта) та склокристалічні з умістом кристалічної фази понад 30 % (будівельний ситал, шлако-ситал, неопар'є).

За характером макроструктури матеріали на основі мінеральних розплавів поділяють на щільні (скло віконне, марблін), пористо-волокнисті (вироби з мінеральної вати) та ніздрювато-пористі (газо- та піноскло).

За технологією формування розрізняють скло, отримане витягуванням, прокатуванням, литтям, пресуванням, а також флоат-способом.

За призначенням виробу зі скла класифікують як конструкційні (звичайне листове, вітринне, безпечне), конструкційно-теплоізоляційні (склоблок, склопакет, склопрофіліт), теплоізоляційні та акустичні (скловата, мінераловатні вироби, ніздрювате скло), архітектурно-декоративні (вітраж, візерункове скло, дверні полотна з кольорового скла), у тому числі облицювальні (плитки з марблиту, скляна мозаїка, смальта) та спеціальні (увіюльове, теплопоглинальне, термостійке, ситал).

Література: [1], гл. 4, с. 177–225; [9]; [10].

Завдання 5.1. Вивчити властивості скла.

Прилади та матеріали: зразки скла, штангенциркуль, металеві лінійки, розчин лугу, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зразки скла групують за галузями застосування і дають стислу характеристику: вид скла, назва виробу, розміри та допуски за розмірами, спосіб виготовлення, колір, світлопровідність, границі міцності на стиск і розтяг, модуль пружності, твердість, коефіцієнт теплопровідності, теплове розширення та ін. Результати вивчення властивостей скла заносять до табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Результати вивчення властивостей скла

| Властивості скла | Номер зразка |
|---------------------------------|--------------|
| Назва виробу | |
| Розміри та допуски за розмірами | |
| Спосіб виготовлення | |
| Колір | |
| Світлопровідність | |
| Границя міцності на стиск | |
| Границя міцності на розтяг | |
| Модуль пружності | |
| Твердість | |
| Коефіцієнт теплопровідності | |
| Теплове розширення | |

Завдання 5.2. Визначити густину скла і скляних виробів.

Прилади та матеріали: зразки скла, штангенциркуль, металеві лінійки, ваги з гирями.

Порядок виконання роботи

Для визначення густини зразки матеріалів спочатку зважують, а потім вимірюють їх об'єм. Далі за формулою (2.1) визначають середню густину скла та скляних виробів. Після виконання роботи результати заносять до табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Визначення середньої густини скла і скляних виробів

| № з/п | Назва зразка | Маса зразка, m , г | Об'єм зразка, cm^3 | Середня густина, g/cm^3 |
|-------|--------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| | | | | |

Завдання 5.3. Вивчити характеристики матеріалів та виробів з мінеральних розплавів.

Прилади та матеріали: зразки скла і скляних виробів, методичні рекомендації.

Порядок виконання роботи

Для вивчення технічних характеристик та основних властивостей матеріалів і виробів з мінеральних розплавів необхідно ознайомитись із наочними зразками матеріалів та виробів, наявними в навчальній лабораторії. Результати заносять до табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Характеристика матеріалів та виробів з мінеральних розплавів

| Найменування | Особливості технології виготовлення | Технологічні вимоги та основні властивості | Галузі застосування |
|--|-------------------------------------|--|---------------------|
| Скляні конструкції та зовнішнє спорядження | | | |
| Скло листове | | | |
| Безпечне скло: – багатошарове (триплекс) – армоване, загартоване | | | |
| Скло кольорове, візерункове, дзеркальне | | | |
| Скло тепловідбивне | | | |
| Склопакет. Склопрофільт | | | |

| Найменування | Особливості технології виготовлення | Технологічні вимоги та основні властивості | Галузі застосування |
|---|-------------------------------------|--|---------------------|
| Матеріали та вироби зі скла в інтер'єрі | | | |
| Конструкційні (системи скління, двері, перегородки) | | | |
| Вітраж | | | |
| Склоблок | | | |
| Скляна мозаїка, Марблінг Смальта | | | |
| Спеціального призначення | | | |
| Ситал, Шлакоситал | | | |
| Піноскло, Газоскло | | | |
| Мінераловатні плити | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть основну сировину для виготовлення скла.
2. Назвіть основні властивості скла.
3. Які основні операції виготовлення скла?
4. Назвіть основні види скла і вироби з нього.
5. Дайте характеристику скляної мозаїки та армованого скла. Де їх застосовують?
6. Назвіть види і товщину віконного скла.

ПИТАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

1. Дайте визначення основних фізичних величин будівельних матеріалів.
2. Назвіть основні гідрофізичні властивості будівельних матеріалів, наведіть приклади.
3. Наведіть характеристику гірських порід, які складаються з мінералів із групи карбонатів.
4. Назвіть марки керамічної цегли і нарисуйте схеми визначення марки цегли.
5. Поясніть як визначають міцність на стиск і згин кам'яних матеріалів. Побудуйте схеми випробування.
6. Назвіть основні породотвірні мінерали вивержених гірських порід.
7. Побудуйте технологічну схему виготовлення керамічної цегли.
8. Які види захисту природних кам'яних облицювальних матеріалів від корозії ви знаєте?
9. Які основні властивості матеріалів щодо дії тепла? Дайте визначення коефіцієнта теплопровідності. Наведіть приклади.
10. Подайте перелік будівельних матеріалів, виготовлених із природних кам'яних матеріалів, їх застосування в будівництві.
11. Назвіть види санітарно-технічної кераміки, сировини для її виготовлення.
12. Назвіть глибинні гірські породи. Як їх застосовують?
13. Видобуток та оброблення природних кам'яних матеріалів.
14. Виготовлення щебеню. Побудуйте схему і фракції щебеню.
15. Дайте характеристику одного з мінералів, що належить до групи кварцу. Як впливає їх вміст на властивості гірської породи?
16. Назвіть структуру та властивості скла. Яка технологія виготовлення скла?
17. Розкрийте види будівельного скла та скловиробів.
18. Розкрийте технологію одержання ситалів, їх властивості.
19. Розкрийте будову та фізико-механічні властивості металів.
20. Назвіть основні види металевого прокату.
21. Захист металів від корозії.
22. Назвіть кольорові метали та сплави.
23. Розкрийте технологію виробництва сталі.
24. Назвіть класифікацію сталі, використання її в будівництві.

Модуль 2

НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ. БЕТОНИ. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ. ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ ТА МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

Лабораторна робота 6

ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАЛЬНОЇ ГУСТОТИ, ТЕРМІНІВ ТУЖАВЛЕННЯ ГІПСОВОГО ТІСТА. ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ ГІПСОВИХ В'ЯЖУЧИХ

Мета: навчитися визначати технічні характеристики гіпсових в'язучих (нормальну густоту, терміни тужавлення гіпсового тіста, марку будівельного гіпсу).

Гіпсові в'язучі матеріали складаються переважно з напівводного гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ або ангідриту CaSO_4 . Їх одержують тепловим обробленням вихідної сировини та її розмелюванням. Як вихідну сировину для виготовлення гіпсових в'язучих речовин використовують гірські породи – природний гіпс (гіпсовий камінь), що складається з мінералу гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, та ангідрит CaSO_4 .

Залежно від параметрів теплового оброблення гіпсові в'язучі речовини поділяють на дві групи: низьковипалювальні та високовипалювальні.

Технічні характеристики гіпсових в'язучих оцінюються визначенням тонкості помелу, водопотреби, термінів тужавлення, міцності на згин та стиск, водостійкості. Маркують гіпс з урахуванням його міцності, термінів тужавлення та тонкості помелу.

Література: [1], гл. 6, с. 264–276; [14].

Завдання 6.1. Визначити нормальну густоту гіпсового тіста з будівельного гіпсу грубого, середнього та тонкого помелу.

Прилади та матеріали: віскозиметр Суттарда, лінійка, чаша, мірний циліндр, змішувач.

Порядок виконання роботи

Для визначення нормальної густоти тіста використовують віскозиметр Суттарда, який складається з металевого циліндра

заввишки 100 мм і внутрішнім діаметром 50 мм та скляної пластинки з концентричними колами від 150 до 220 мм (рис. 6.1).

Для досліду беруть наважку будівельного гіпсу масою 300 г, висипають у чашку, де міститься 150 г води (водогіпсове відношення – 0,5). Масу перемішують протягом 30 с, починаючи відлік часу від моменту всипання в'язучого у воду.

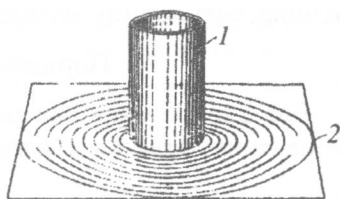


Рис. 6.1. Віскозиметр Сутгарда: 1 – латунний циліндр; 2 – скляна пластина, укладена на концентричні кільця

Циліндр і скло віскозиметра попередньо протирають вологою ганчіркою. Після закінчення перемішування циліндр, який встановлюють у центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом.

Надлишок тіста в циліндрі зрізують. Через 45 с після моменту всипання в'язучого у воду циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15...20 см і відводять у бік.

Діаметр розпливу тіста вимірюють одразу після підняття циліндра у двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більшою ніж 5 мм і визначають як середнє арифметичне.

Якщо діаметр розпливу не дорівнює 180 ± 5 мм, то випробування повторюють з іншою кількістю води до досягнення необхідної консистенції тіста.

Завдання виконують за наведеною методикою, додатково будують графік залежності діаметра розпливу від водогіпсового відношення. Результати заносять у табл. 6.1.

Наважка гіпсу _____ г
 Час засипання гіпсу у воду _____ с.
 Тривалість перемішування _____ с.
 Час наповнення циліндра _____ с.

Таблиця 6.1

Визначення нормальної густоти гіпсового тіста

| № з/п | Ступінь помелу гіпсу | Вода, мл | Водогіпсове відношення | Розплив тіста, мм |
|-------|----------------------|----------|------------------------|-------------------|
| | | | | |

Висновок: _____

Завдання 6.2. Визначити терміни тужавлення гіпсового тіста.

Прилади та матеріали: прилад Віка з голкою, чаша, мірний циліндр, секундомір, змішувач.

Порядок виконання роботи

Для випробувань використовують прилад Віка (рис. 6.2), а для визначення термінів тужавлення кільце і пластинку приладу попередньо змащують машинним маслом.

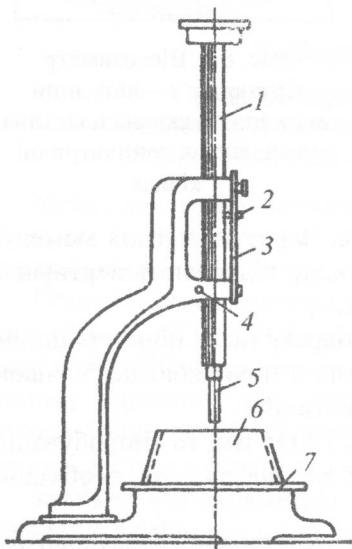


Рис. 6.2. Визначення термінів тужавлення на приладі Віка:

- 1 – станина ; 2 – стрілка відліку; 3 – шкала відліку;
4 – затискний гвинт; 5 – голка;
6 – кільце; 7 – металева пластина

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 200 г, готують тісто нормальної густоти, відмічаючи момент всипання в'язучого у воду. Тісто заливають у кільце приладу. Для видалення бульбашок повітря з тіста кільце з пластинкою струшують 4–5 разів, зрізають надлишок тіста і ставлять кільце з тістом під голку приладу. За допомогою рухомого стрижня голку опускають до зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця.

Закріплюють стрижень і через кожні 30 с вимірюють глибину занурення голки в тісто.

Голку щоразу опускають так, щоб вона потрапляла в інше місце. Час початку і кінця тужавлення виражають у хвилинах.

За часом тужавлення визначають групу гіпсового в'язучого згідно зі стандартом.

Завдання виконують за наведеною методикою, додатково будують графік залежності глибини опускання голки приладу Віка у часі. Результати заносять до табл. 6.2.

| | | |
|-----------------------|----------------------------|----|
| Діаметр голки приладу | _____ | мм |
| Маса стрижня приладу | _____ | г |
| Нормальна густота | _____ | % |
| Час затворення | _____ год _____ хв _____ с | |

Визначення термінів тужавлення гіпсового тіста

| Номер проби | Ступінь помелу гіпсу | Час | | | Показання приладу, мм | Глибина проникнення голки h , мм |
|-------------|----------------------|-----|----|---|-----------------------|------------------------------------|
| | | год | хв | с | | |
| | | | | | | |

Завдання 6.3. Визначити марку будівельного гіпсу.

Прилади та матеріали: Чаша для замішування, лопатка, мірний скляний циліндр, стандартна металева форма (рис. 6.3), секундомір, накладні сталеві пластинки для передавання навантаження на половинки балочок, прилад МІИ-100, гідравлічний прес (див. лабораторну роботу 2).

Порядок виконання роботи

Для виконання досліду формують три зразки-балочки розміром $40 \times 40 \times 160$ мм з тіста нормальної густини. Витрата гіпсу на одну форму (три зразки) становить 1,1 кг.

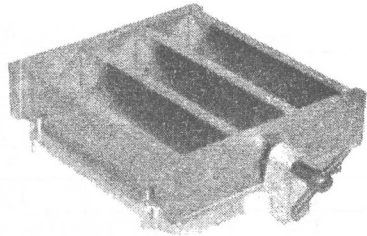


Рис. 6.3. Стандартна металева форма для балочок

Готують тісто нормальної густоти, виливають його у форму, змащену машинним маслом, комірки форми заповнюють одночасно. Для видалення бульбашок повітря форму з тістом струшують.

Залишки гіпсового тіста знімають лінійкою або ножем.

Через 15 ± 5 хв після закінчення тужавлення зразки виймають із форми і зберігають до випробувань. Через 2 год після виготовлення за допомогою приладу МІИ-100 (чи аналогічного) визначають границю міцності трьох балочок на згин, завантажуючи балочку за одноточковою схемою (відстань між опорами – 100 мм). Одержані шість половинок використовують для визначення границі міцності на стиск на гідравлічному пресі. Зразки розміщують між двома металевими пластинками у такий спосіб, щоб бокові грані балочок, які під час виготовлення прилягали до металевих стінок форми, розміщувалися на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої рівної грані балочки.

Границю міцності на згин окремих зразків визначають безпосередньо за показаннями приладу МІИ-100. За границю міцності на

згин будівельного гіпсу беруть середнє арифметичне результатів випробувань трьох зразків.

Границя міцності на стиск (МПа) окремого зразка

$$R_{ст} = 10 P / F,$$

де P – руйнівна сила, кН; $F = 25 \text{ см}^2$ – площа пластинки.

Границя міцності на стиск будівельного гіпсу визначають як середнє арифметичне результатів випробувань шести зразків, відкинувши найбільше і найменше значення.

Марку гіпсу визначають, користуючись табл. 6.3 та 6.4 з урахуванням тонкості помелу і термінів тужавлення.

Таблиця 6.3

Марки гіпсу

| Марка | $R_{ст}$, МПа, не менше | $R_{зг}$, МПа, не менше | Марка | $R_{ст}$, МПа, не менше | $R_{зг}$, МПа, не менше |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Г-2 | 2 | 1,2 | Г-10 | 10 | 4,5 |
| Г-1 | 2 | 3 | Г-4 | 5 | 6 |
| Г-3 | 3 | 1,8 | Г-13 | 13 | 5,5 |
| Г-4 | 4 | 2 | Г-16 | 16 | 6 |
| Г-5 | 5 | 2,5 | Г-19 | 19 | 6,5 |
| Г-6 | 6 | 3 | Г-22 | 22 | 7 |
| Г-7 | 7 | 3,5 | Г-25 | 25 | 8 |

Таблиця 6.4

Визначення марки будівельного гіпсу

| Визначення границі міцності на згин | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---|---|---|---|---|
| Показники | Номер зразка | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| Вік зразка, год | | | | | | |
| Границя міцності на згин, МПа | | | | | | |
| Середнє значення, МПа | | | | | | |
| Визначення границі міцності на стиск | | | | | | |
| Показники | Номер зразка | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Вік зразка, год | | | | | | |
| Площа стиску, см^2 | | | | | | |
| Руйнівне навантаження, кН | | | | | | |
| Границя міцності на стиск, МПа | | | | | | |
| Середнє значення, МПа | | | | | | |

Висновок: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення будівельного гіпсу, будівельного вапна і наведіть основні види сировини для їх одержання.
2. Записати реакції отримання і твердіння будівельного гіпсу та повітряного будівельного вапна.
3. Розкрийте модифікації напівводного гіпсу, умови їх отримання та відмінні властивості.
4. Побудуйте схеми дослідів і опишіть методики визначення основних якісних властивостей будівельного гіпсу та вапна.
5. З якою метою визначають нормальну густоту тіста?
6. Назвіть фактори, які впливають на міцність штучного гіпсового каменю.
7. Як впливає температура випалу на якість будівельного вапна?
8. Де застосовують будівельний гіпс та вапно?
9. Як підвищити водостійкість будівельного гіпсу і вапна?

Лабораторна робота 7

ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАЛЬНОЇ ГУСТОТИ, ТЕРМІНІВ ТУЖАВЛЕННЯ ДЛЯ ЦЕМЕНТІВ РІЗНИХ ТИПІВ. ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Мета: закріпити теоретичні знання про гідравлічні в'язучі речовини та навчитися визначати основні властивості портландцементу.

Портландцемент – гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують спільним помелом клінкеру з гіпсом або іншими домішками. Портландцементний клінкер – продукт випалювання до спікання (за температури 1450 °С) сировинної суміші, що містить приблизно 75 % карбонатних порід і 25 % алюмосилікатних (глини). Як карбонатні породи використовують вапняки, крейду, вапняки-черепашники, вапнякові туфи. Для регулювання термінів тужавлення і підвищення міцності до складу портландцементу вводять двоводний гіпс.

Література: [1], гл. 6, с. 276–317; гл. 8, с. 425–455; [15]; [16]; [17].

Завдання 7.1. Визначити нормальну густоту тіста для цементів різних типів.

Прилади та матеріали: прилад Віка з товкачиком, змішувач механічний для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.

Порядок виконання роботи

Нормальну густоту цементного тіста визначають за допомогою приладу Віка (див. рис. 6.2), у нижню частину стрижня приладу вставляють металевий товкачик $\varnothing 10 \pm 0,1$ мм.

Для приготування цементного тіста відважують 300 г цементу, засипають у чашу, заздалегідь протерту вологою тканиною. У цементі роблять заглиблення, у яке вливають за один прийом воду в кількості, приблизно необхідній для отримання цементного тіста нормальної густини. Заглиблення засипають цементом і через 30 с після додавання води спочатку обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою. Тривалість перемішування і розтирання становить 5 хв з моменту додавання води.

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

Приготоване цементне тісто вкладають у кільце за один прийом і 5–6 разів струшують, постукуючи по твердій основі. Поверхню тіста вирівнюють із краями кільця, зрізуючи надлишок його ножем, протертим вологою тканиною. Негайно після цього товкачик приладу дотикають до поверхні тіста в центрі кільця і закріплюють стрижень стопорним пристроєм.

Потім звільняють стрижень і дають змогу товкачику вільно занурюватись у цементне тісто протягом 30 с і відліковують глибину занурення по шкалі. Кільце з тістом під час відліку не повинне піддаватись поштовхам.

Дослід повторюють доти, доки не буде досягнуто таку глибину занурення товкачика, яка відповідатиме нормальній густоті. При цьому щоразу готують нову порцію цементного тіста. Результати випробувань заносять до табл. 7.1. За наведеною вище методикою визначають нормальну густину цементного тіста.

Додатково будують графіки залежності глибини опускання товкачика приладу Віка від відсоткового вмісту води.

Прилад _____
Діаметр товкачика _____ мм
Тип та марка цементу _____
Наважка цементу _____ г

Таблиця 7.1

Визначення нормальної густоти цементу

| Номер спроби | Кількість води | | Покази приладу, мм | Глибина занурення, мм |
|--------------|----------------|----|--------------------|-----------------------|
| | % | Мл | | |
| | | | | |

Висновок: _____

Завдання 7.2. Визначити терміни тужавлення.

Прилади та матеріали: прилад Віка з голкою, змішувач механічний для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.

Порядок виконання роботи

Дослід проводять за допомогою приладу Віка (див. рис. 6.2), у якому товчачик замінюють голкою діаметром $1,1 \pm 0,04$ мм. Голка має бути виготовлена зі сталюого нержавіючого дроту. Перед випробуваннями перевіряють, чи вільно опускається голка приладу Віка, а також фіксують нульовий показник приладу при дотиканні голки до пластинки, на якій розміщене кільце.

За результатами попереднього дослідження готують тісто нормальної густини, заповнюють ним кільце, яке розміщують під голкою приладу. Закріплюють стрижень стопором так, щоб голка торкалась тіста, потім звільняють його, даючи змогу голці вільно занурюватись у тісто протягом 30 с. Потім роблять відлік за шкалою. Занурення проводять через кожні 10 хв, пересуваючи кільце щоразу так, щоб голка не потрапляла на попереднє місце занурення. Після кожного занурення голку витирають.

За наведеною вище методикою визначають терміни тужавлення цементу. Результати заносять до табл. 7.2.

Прилад _____
 Діаметр товчачика _____ мм
 Марка цементу _____
 Водопотреба цементу _____ %
 Наважка цементу _____ г

Таблиця 7.2

Визначення термінів тужавлення цементу

| Номер спроби | Початок тужавлення, хв | Кінець тужавлення, хв |
|--------------|------------------------|-----------------------|
| | | |

Завдання 7.3. Визначити марку портландцементу.

Прилади та матеріали: змішувач механічний для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, струшувальний столик і форма-конус, штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок, віброплощадок, штангенциркуль, терези, мірний циліндр, прилад МІИ-100.

Порядок виконання роботи

Виготовлення цементних зразків. Для визначення марки цементу виготовляють три зразки в стандартній формі-трійці (див. рис. 6.3). Внутрішню поверхню стінок і піддона форми змащують машинним маслом. На зібрану форму ставлять насадку. Зразки-балочки виготовляють із цементного розчину нормальної густини. Для ущільнення розчину форму з насадкою закріплюють на віброплощадку, потім заповнюють розчином по висоті приблизно на 1 см і вмикають віброплощадку. Протягом перших двох хвилин вібрації всі три комірки форми рівномірно невеликими порціями заповнюють розчином. Через 3 хв після початку вібрування площадку вимикають. Форму знімають, зрізують ножом, змоченим водою, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків урівень із краями форми і маркують кожний зразок.

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

За наведеною методикою з розчину нормальної консистенції виготовляють три зразки у відповідній формі. У робочому журналі роблять запис із зазначенням кількості води, за якої досягається необхідний розплив конуса, водоцементне відношення (В/Ц) і розпливу конуса; дату виготовлення зразків, умови їх зберігання.

Визначення границі міцності на згин. Випробування проводять на приладі МІИ-100 або аналогічному. Зразки встановлюють на дві опори і завантажують посередині (рис. 7.1)

Опорні і передавальні навантажені елементи повинні мати циліндричну форму і розміщуватись паралельно. Зразок розміщують

на опорних елементах приладу так, щоб його горизонтальні під час виготовлення грані мали у вертикальне положення. Випробовування зразків проводять відповідно до інструкції, яка додається до приладу, і згідно вказівок викладача чи лаборанта. Границю міцності на згин вираховують як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробувань трьох зразків.

Визначення границі міцності на стиск. На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин.

Для передавання навантаження на половинку використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі (рис. 7.1). Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які під час виготовлення прилягали до стінок форми, розміщувалися на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа спирання зразків на пластини становить 25 см². Для визначення границі міцності на стиск використовують прес із граничним навантаженням 200...250 кН. Середня швидкість збільшення навантаження під час випробувань має становити $2 \pm 0,5$ МПа. Зразок разом із пластинками розміщують на опорній плиті преса, доводять його до руйнування і визначають руйнівне навантаження за шкалою преса.

Границя міцності на стиск (активність цементу), МПа

$$R_{ct} = 10 F/A,$$

де F – руйнівне навантаження, кН; A – площа стиснення, м².

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних половинок балочок. Результати випробувань заносять до табл. 7.3. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу.

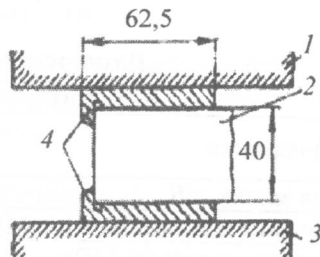


Рис. 7.1. Схема випробування зразків-балочок на стиск:

- 1 – верхня плита преса;
- 2 – половинка балочки;
- 3 – нижня плита преса;
- 4 – пластинки

Визначення марки портландцементу

| Визначення границі міцності на згин | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---|---|---|---|---|
| Показники | Номер зразка | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| Вік зразка, діб | | | | | | |
| Границя міцності на згин, МПа | | | | | | |
| Середнє значення, МПа | | | | | | |
| Визначення границі міцності на стиск | | | | | | |
| Показники | Номер зразка | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Вік зразка, діб | | | | | | |
| Площа стиску, см ² | | | | | | |
| Руйнівне навантаження, кН | | | | | | |
| Границя міцності на стиск, МПа | | | | | | |
| Середнє значення, МПа | | | | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення портландцементу.
2. Наведіть хімічний склад портландцементу.
3. Назвіть основні типи цементів згідно зі стандартом.
4. Які основні мінерали цементного клінкеру? Наведіть методику їх визначення та вимоги стандартів. Що таке активність цементу?
5. Які існують домішки-пластифікатори і для чого їх уводять до складу?

Лабораторна робота 8

БЕТОНИ, РОЗРАХУНОК СКЛАДУ ВАЖКОГО БЕТОНУ

Мета: навчитися самостійно розраховувати склад цементного бетону різних класів, установлювати співвідношення між компонентами бетонної суміші для забезпечення необхідної рухливості або жорсткості суміші.

Література: [1], гл. 7, с. 352–358; [18].

Завдання 8.1. Спроекувати склад важкого бетону для виготовлення залізобетонних конструкцій на підставі вихідних даних за допомогою розрахунково-експериментального методу визначення складу важкого бетону нормального тверднення.

Порядок виконання роботи

Проектування складу бетону виконується в такій послідовності:

- призначення вимог до бетону, виходячи з виду конструкції, умов її експлуатації і технології виготовлення;
- вибір матеріалів для бетону;
- визначення розрахункового складу бетону;
- уточнення складу на пробних замісах;
- призначення виробничого складу бетону.

Підбір складу бетону виконують за ГОСТ 27006 і методичними рекомендаціями для розрахунку складу важкого та легкого бетонів.

Вимоги до міцності бетону, а в деяких випадках відповідно до умов експлуатації, і до інших властивостей бетону (морозостійкості, водонепроникності, корозійної стійкості і т. ін.) указуються в проектно-технічній документації на конструкцію.

Для розрахунку складу важкого бетону необхідно мати такі дані: задану середню міцність бетону на стиск (марку бетону) R_b , необхідну легкоукладальність бетонної суміші, яку характеризують осадкою конуса (см), або жорсткістю (с), а також характеристику вихідних матеріалів: вид і активність цементу R_c , насипну щільність складових $\rho_{пш}$, $\rho_{пш}$, $\rho_{пш}$ (кг/м³) та їх істинну густину $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ (кг/м³), пустотність щебеню або гравію $V_{п.щ.}$, найбільшу крупність їх зерен та вологість заповнювачів $W_{п}$, $W_{щ}$ (%).

Склад бетону для пробних замісів розраховують у такій послідовності: обчислюють В/Ц, витрату води, витрату цементу, після чого визначають витрату великого та дрібного заповнювачів на 1 м³ бетонної суміші.

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Наведіть вихідні дані для проектування складу бетону.
2. Наведіть формулу Болемея–Скрамтаєва та значення коефіцієнтів A і A_1 .
3. Які головні відмінності номінального складу бетону від виробничого?
4. Наведіть формули для розрахунку виробничого складу бетонної суміші.
5. Наведіть формули коефіцієнта виходу бетону, витрати матеріалів на заміс.
6. Розкрийте необхідні умови для визначення витрати заповнювачів.

Лабораторна робота 9

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ВАЖКОГО БЕТОНУ

Мета: навчитися визначати якість заповнювачів для виготовлення цементного бетону.

Література: [4], гл. 9, с.252–270; [24], [25],[26].

Завдання 9.1. Визначити крупність піску і її вплив на пластичність розчину.

Прилади та матеріали: пісок природного або штучного походження, об'ємомір, мірний металевий посуд об'ємом 1 і 5 л, ваги технічні, гирі, скляний мірний циліндр об'ємом 500 мл, сушильна шафа, металеві лінійки, лійка із засувкою, триніг, стандартний набір сит, щітка, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зерновий склад піску для важкого бетону має відповідати даним, указаним у табл. 9.1. При цьому підраховують тільки зерна, які просіялися крізь сито з великими отворами діаметром 5 мм.

Таблиця 9.1

Вимоги до зернового складу дрібного заповнювача

| Розмір отворів контрольних сит, мм | Повні залишки на контрольних ситах, % за масою, для бетону | | | |
|------------------------------------|--|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
| | усіх видів конструкцій, крім труб | залізобетонних і бетонних труб | | гідротехнічного (допускається) |
| | | напірних, низько-напірних | без-напірних | |
| 2,5 | 0...20 | 10...20 | 0...20 | 0...30 |
| 1,25 | 5...45 | 25...45 | 10...45 | 5...55 |
| 0,63 | 20...70 | 50...70 | 30...70 | 20...75 |
| 0,315 | 35...90 | 70...90 | 70...90 | 40...90 |
| 0,16 | 90...100 | 95...100 | 90...100 | 85...100 |
| <0,16 | 10...0 | 5...0 | 10...0 | 15...0 |
| Модуль крупності | 1,5...3,25 | 2,5...3,25 | 2,0...3,25 | 1,5...3,5 |

Дослід проводять у такій послідовності:

— із проби пісків різних кар'єрів, просіяних крізь сито з отворами діаметром 5 мм відбирають наважки (*m*) по 1000 г і просіюють крізь сита з отворами таких розмірів: 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм;

— визначають часткові залишки (m_i) у грамах на кожному ситі, потім часткові залишки (a_i) у відсотках і повні залишки (A_i) у відсотках за такими формулами:

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

де m_i, m — маси залишку на ситі і просіюваної наважки відповідно, г;

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i,$$

де $a_{2,5} + \dots + a_i$ — часткові залишки, починаючи з розміру вічка 2,5 мм і включаючи частковий залишок на ситі a_i , %;

— знаходять модуль крупності пісків і роблять висновок про крупність піску кожного кар'єру

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

— придатність пісків за зерновим складом для бетонів визначають побудовою кривих просіювання, які мають міститися в області, установленій стандартом (рис. 9.1).

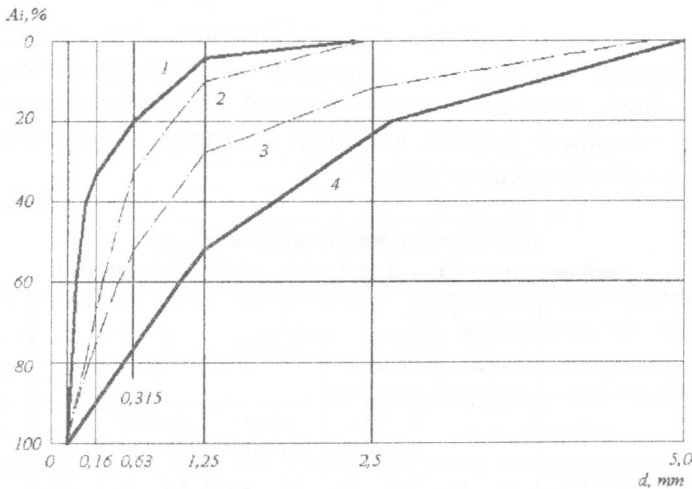


Рис. 9.1. Графік зернового складу піску: 1 — допускається нижня межа крупності піску ($M_{кр} = 1,5$); 2 — рекомендована нижня межа крупності для бетонів класу В15 і вищих ($M_{кр} = 2,0$); 3 — рекомендована нижня межа крупності для бетонів класу В25 і вищих ($M_{кр} = 2,5$); 4 — допускається верхня межа крупності піску ($M_{кр} = 3,25$); d — розміри отворів контрольних сит

Криві просіювання будують за результатами дослідів, відкладаючи у масштабі по осі абсцис розміри отворів контрольних сит у міліметрах, а по осі ординат – повні залишки на контрольних ситах у відсотках;

– результати дослідів записують до табл. 9.2

Таблиця 9.2

Визначення крупності піску

| Розміри отворів сит, мм | m_i , г. | | a_i , % | | A_i , % | |
|-------------------------|---------------|---|-----------|---|-----------|---|
| | Номер кар'єра | | | | | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | | | | | |

Висновок: _____

Завдання 9.2. Вибрати оптимальне співвідношення фракцій щебеню.

Прилади та матеріали: щебінь, ваги технічні, гирі, металеві лінійки, стандартний набір сит, щітка, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зерновий склад щебеню для забезпечення мінімальної пустотності повинен відповідати указаному в табл. 9.3. Для забезпечення оптимального зернового складу великий заповнювач зазвичай поділяють на окремі фракції, які потім змішують у рекомендованих співвідношеннях згідно з табл. 9.3.

Таблиця 9.3

Визначення найбільшого ($D_{\text{найб}}$) і найменшого ($D_{\text{найм}}$) діаметра щебеню у фракції

| Розмір отворів контрольних сит | $D_{\text{найм}}$ для фракції з найменшим розміром зерен, мм | | 0,5 ($D_{\text{найм}} + D_{\text{найб}}$) | | $D_{\text{найб}}$ | 1,25 $D_{\text{найб}}$ |
|-------------------------------------|--|-------------|---|----------------|-------------------|------------------------|
| | 5 (3) | 10 і більше | однієї фракції | суміші фракцій | | |
| Повний залишок на ситах за масою, % | 95...100 | 90...100 | 40...80 | 50...70 | -10 | 0 |

Дослід проводять у такій послідовності:

– із проб щебеню різних кар'єрів відбирають наважки (m) по 5000 г і просіюють крізь сита з отворами 70, 40, 20, 10, 5 мм;

— визначають масові залишки (m_i) у грамах, потім часткові залишки (a_i) у відсотках і повні залишки (A_i) у відсотках.

— за результатами просіювання визначають найбільшу ($D_{\text{найб}}$) і найменшу ($D_{\text{найм}}$) крупність щебеню різних кар'єрів (згідно з табл. 9.3) будують криві просіювання щебеню та ділянку, установлену стандартом (рис. 9.2);

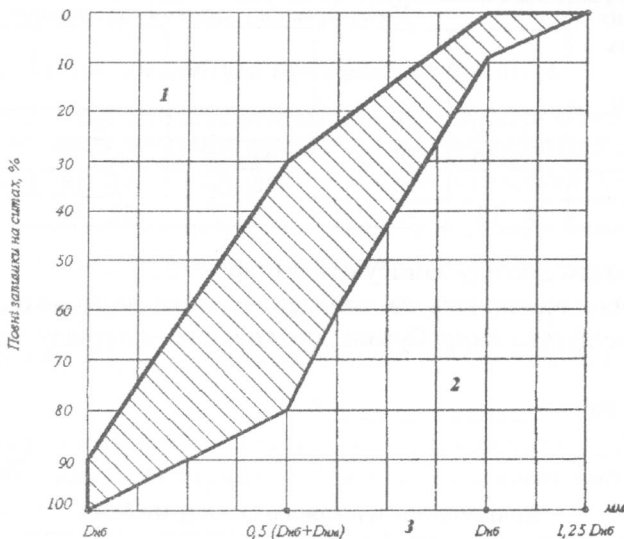


Рис. 9.2. Графік зернового складу щебеню (гравію):
 1 – ділянка дрібного щебеню (гравію); 2 – ділянка крупного щебеню (гравію); 3 – розмір отворів сит

— оптимальне співвідношення між фракціями щебеню встановлюють порівнянням їх сумішей, з яких вибирають ті, які мають найбільшу насипну щільність і найменшу порожнистість.

Для двох фракцій щебеню визначення виконують так: складають три суміші (за масою): перша суміш – 40 % дрібної і 60 % крупної фракції; друга суміш – 50 % дрібної і 50 % крупної фракції; третя суміш – 60 % дрібної і 40 % крупної фракції.

Складені суміші фракцій щебеню старанно перемішують і визначають насипну щільність суміші у рихлонасипному (стандартному) стані. За основу беруть суміш з найбільшою насипною щільністю. Якщо насипна щільність сумішей виявляться близькими між

собою за значенням і дрібна фракція дефіцитна, то застосовують суміш з меншим умістом дрібної фракції. Підбір співвідношення між фракціями проводять, користуючись даними табл. 9.4

Таблиця 9.4

**Оптимальні співвідношення
вмісту окремих фракцій щебеню у суміші**

| Найбільша крупність зерен $D_{\text{наиб.}}$, мм | Уміст фракцій у великому заповнювачі, % | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|-------------|
| | 5...10 мм | 10...20 мм | 20...40 мм | 40...70 мм | 70...120 мм |
| 20 | 25...40 | 60...75 | — | — | — |
| 40 | 15...25 | 20...35 | 40...65 | — | — |
| 70 | 10...20 | 15...25 | 20...35 | 35...55 | — |
| 120 | 5...10 | 10...20 | 15...25 | 20...30 | 30...40 |

Результати дослідів записують до табл. 9.5.

Завдання виконують за наведеною вище методикою, вихідні дані та результати випробувань для кожного матеріалу заносять до табл. 9.5.

Наважка $m =$ _____ г

Метод _____

Таблиця 9.5

Визначення зернового складу щебеню

| Розміри отворів сит, мм | m_i , г | | a_i , % | | A_i , % | |
|----------------------------|---------------|---|-----------|---|-----------|---|
| | Номер кар'єру | | | | | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | | | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення піску, щебеню, гравію, вказавши крупність зерен у міліметрах.
2. Наведіть класифікацію піску за утворенням, за умовами залягання і крупністю зерен.
3. Укажіть відмінність між щебенем і гравієм, наведіть порівняльний аналіз їх впливу на властивості бетону і бетонної суміші.
4. Укажіть вимоги стандартів до наявності шкідливих домішок у піску і щебені та причину їх обмеження: органічних домішок; мулистих частинок; сірчанокислих сполук.

5. Викаладіть методики визначення зернового складу заповнювачів.
6. Що є критерієм крупності піску?
7. Як визначають придатність заповнювача за зерновим складом?
8. За якими даними і для чого будується крива просіювання?
9. Чим відрізняються дрібні заповнювачі, що застосовуються для виготовлення звичайного бетону від заповнювачів, рекомендованих до легкого бетону?
10. Дайте визначення піщано-гравійної суміші та її застосування.

Лабораторна робота 10

ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ ЛЕГКИХ І ВАЖКИХ БЕТОНІВ. ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ ЗА ЛЕГКОУКЛАДАЛЬНІСТЮ БЕТОННОЇ СУМІШІ. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ БЕТОНУ

Мета: навчитися визначати основні властивості бетонної суміші: рухомість, жорсткість та клас бетону.

Література: [1], гл. 7, с. 335–352, с. 358–418; [19]; [20]; [21]; [22]; [23].

Завдання 10.1. Приготувати бетонну суміш та визначити її рухомість.

Прилади та матеріали: конус, металева лінійка, кельма, штиковка, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не меншим за 700×700 мм.

Порядок виконання роботи

Для дослідного замісу зважують матеріали з розрахунку одержання 7 л бетонної суміші. Зважену кількість піску розмішують, додають необхідну кількість цементу і перемішують до утворення однорідної суміші. Потім додають крупний заповнювач і всю суху суміш старанно перемішують, після чого вливають воду за два рази, енергійно перемішуючи бетонну суміш до досягнення однорідності. Тривалість перемішування від моменту затворення водою повинна становити 4...5 хв. Бетонну суміш виготовляють у лабораторному бетонозмішувачі.

Рухомість бетонної суміші характеризується величиною осадки конуса (см), сформованого з бетонної суміші. Рухомість визначають за допомогою стандартного конуса заввишки 300 мм із внутрішнім діаметром нижньої основи 200 мм і верхньої основи 100 мм, установленого на рівній поверхні.

Внутрішню поверхню конуса до випробування змочують водою. Укладання бетонної суміші виконують за три прийоми шарами однакової висоти, ущільнюючи суміш щоразу штикуванням 25 разів штиковкою діаметром 16 мм і заввишки 600 мм. Під час штикування форму притискають до поверхні. Після заповнення конус обережно піднімають протягом 3...5 с строго вертикально і встановлюють поряд з відформованою сумішшю. Осадку конуса бетонної суміші визначають, поклавши металеву лінійку ребром поверх форми і вимірюючи з точністю до 0,5 см відстань від нижньої грані лінійки до верху бетонної суміші.

Якщо рухомість бетонної суміші буде меншою за необхідну, то заміс коригують, додаючи по 5...10 % води і цементу. Коли рухомість більша від заданої, то додають по 5...10 % піску та щебеню (гравію). Суміш знову перемішують протягом 5 хв і заново визначають її рухомість. Склад бетону коригують до досягнення заданої рухомості.

Завдання виконують за наведеною вище методикою (табл. 10.1). Витрату компонентів розраховують на заміс 7 л.

Таблиця 10.1

Визначення рухомості бетонної суміші

| Номер спроби | Витрата компонентів | | | | Ц/В | ОК, см |
|--------------|---------------------|------|-------|--------|-----|--------|
| | цемент | вода | пісок | щебінь | | |
| | | | | | | |

Визначити і порівняти рухомість бетонної суміші з цементно-водним відношенням 1,5; 2,0; 2,5.

Витрату води і частку піску брати постійними. Результати заносять до табл. 10.2.

Таблиця 10.2

Визначення рухомості бетонної суміші з цементно-водним відношенням 1,5; 2,0; 2,5

| Номер спроби | Витрата компонентів | | | | Ц/В | ОК, см |
|--------------|---------------------|------|-------|--------|-----|--------|
| | цемент | вода | пісок | щебінь | | |
| | | | | | | |

Завдання 10.2. Визначити жорсткість бетонної суміші.

Прилади та матеріали: прилад для визначення жорсткості, лабораторний вібромайданчик, конус, металева лінійка, кельма, шти-

ковка, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не меншим за 700×700 мм.

Порядок виконання роботи

Жорсткість бетонної суміші характеризується часом вібрування в секундах, необхідним для вирівнювання та ущільнення попереднього сформованого конуса бетонної суміші в приладі для визначення рухомості. Визначення жорсткості бетонної суміші можна виконати також спрощеним методом за Б. Г. Скрамтаєвим.

На віброплощадці встановлюють і закріплюють форму розміром 200×200×200 мм. У форму вставляють конус і заповнюють його бетонною сумішшю, як вказано у лабораторній роботі 2. Потім конус знімають і вмикають віброплощадку, одночасно вмикаючи секундомір. Вібрування проводять доти, доки бетонна суміш не заповнить усі кутки форми, а поверхня її не стане горизонтальною. Час (у секундах), необхідний для вирівнювання поверхні бетонної суміші у формі, помножений на 1,5, характеризує жорсткість бетонної суміші. Показник жорсткості обчислюють із точністю до 5 с. Коригування жорсткості проводять аналогічно коригуванню рухомості.

Завдання виконують за наведеною вище методикою. Результати визначення заносять до табл. 10.3.

Таблиця 10.3

Результати визначення жорсткості бетонної суміші

| Номер спроби | Витрата компонентів | | | | Ц/В | Жорсткість, с |
|--------------|---------------------|------|-------|--------|-----|---------------|
| | цемент | вода | пісок | щєбїнь | | |
| | | | | | | |

Завдання 10.3. Визначити клас бетону.

Прилади та матеріали: лабораторна віброплощадка, конус, металева лінійка, кельма, штиковка, завантажувальна воронка, стандартні форми-куби.

Порядок виконання роботи

Із відкоригованого замісу бетонної суміші виготовляють серію зразків, яка складається з трьох кубів. Розміри зразків залежать від найбільшої крупності заповнювача.

Форми для зразків перед укладанням суміші повинні бути вичищені, міцно скріплені гвинтами, а їх внутрішні поверхні змащені.

Форму, заповнену бетонною сумішшю з деяким надлишком устанавлюють на віброплощині, закріплюють затискачами і вібрують до закінчення осідання суміші, вирівнювання поверхні і появи на ній цементного молока. Час вібрування має бути не менший за показник жорсткості, збільшений на 30 с. Зразки після ущільнення зберігають першу добу у формах під вологою тканиною, а решту 27 діб після розпалубки – у спеціальній камері, де створюють вологість $W > 90\%$ і температуру 20 ± 2 °С. За відсутності такої камери зразки після розпалубки 27 діб можна зберігати у вологій тирсі або у вологому піску.

Зразки, які зберігались у стандартних умовах визначений час, підлягають випробуванню. Випробуванню не підлягають зразки, які мають на гранях раковини та каверни.

Зразки потрібно виймати з камери нормального твердіння не раніше, ніж за одну годину до моменту їх випробування. Перед випробуванням зразки-куби оглядають, вимірюють та зважують. Перед обмірюванням визначають робоче положення зразка, вибираючи опорні грані так, щоб стискальна сила під час випробування була напрямлена паралельно шарам укладки суміші у форму. Напливи бетону на ребрах опорних граней зчищають напилком.

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса, і прикладають навантаження, швидкість росту якого становить $0,6 \pm 0,2$ МПа. Зразки доводять до повного руйнування. Границю міцності бетону на стиск ($R_{ст}$, МПа) кожного зразка обчислюють як кратне від ділення величини руйнівного навантаження (P_{max}) на робочу площу перерізу зразка. Отриманий результат зводять до міцності зразка стандартного розміру $200 \times 200 \times 200$ мм для гідротехнічного бетону і $150 \times 150 \times 150$ мм для звичайного важкого бетону, множачи на відповідний коефіцієнт. Для зразків розміром $100 \times 100 \times 100$ мм перевідний коефіцієнт $K = 0,85$ для гідротехнічного бетону і $K = 0,95$ для важкого бетону.

Знаючи вік випробуваних зразків і їх границю міцності на стиск, можна орієнтовно знайти клас бетону за формулою:

$$R_{28} = R_n \cdot \lg 28 / \lg n,$$

де R_{28} – марочна міцність; R_n – міцність зразків на стиск у віці n діб ($n \geq 3$).

Визначити і порівняти міцність бетону на стиск трьох серій зразків з різним цементно-водним відношенням.

Результати заносять до табл. 10.4 і будують графік залежності $R = f(C/V)$.

Таблиця 10.4

Результати визначення границі міцності бетону на стиск

| Номер серії, зразка | Тривалість твердіння, діб | C/V | Площа, см ² | Руйнівне навантаження, кN | Міцність на стиск, R _s , МПа | Середня міцність, R _{сер} , МПа | Міцність у віці 28 діб. R ₂₈ , МПа |
|---------------------|---------------------------|-----|------------------------|---------------------------|---|--|---|
| | | | | | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Наведіть визначення бетону і бетонної суміші.
2. Наведіть класифікацію важких бетонів.
3. Які марки цементів рекомендовані для бетонів різної міцності?
4. Наведіть залежність міцності бетону від часу.
5. Викладіть методику визначення та коригування легкоукладальності бетонної суміші.
6. Укажіть марки звичайного бетону за морозостійкістю, водонепроникністю, міцністю на стиск та розтяг.
7. Назвіть основні фактори та вказати характер їх впливу на легкоукладальність бетонної суміші та міцність бетону.

Лабораторна робота 11

МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ

Мета: закріпити теоретичні знання з визначення основних фізико-механічних властивостей деревини і набути практичних навичок випробування деревини згідно зі стандартом.

Література: [1], гл. 10, с. 509–542; [11]; [12]; [13].

Завдання 11.1. Визначити середню щільність основних хвойних і листяних порід дерев.

Прилади та матеріали: штангенциркуль, ваги з гирями, зразок деревини у вигляді прямокутної призми з основою 20×20 мм і довжиною вздовж волокон 30 мм, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зразки деревини спочатку обмірюють, записують довжину, ширину і висоту (у метрах), а потім зважують (у кілограмах).

Середню щільність визначають за формулою

$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w b_w l_w} = \frac{m_w}{V_w},$$

де m_w – маса зразка за вологості W , кг; a_w, b_w, l_w – розміри зразка за вологості W , м; V_w – об'єм зразка за вологості W , м³.

Результати обчислень округлюють до 5 кг/м³, заносять до табл. 11.1 і роблять висновок про застосування даних порід деревини.

Таблиця 11.1

Результати визначення середньої щільності деревини

| Номер зразка | Маса зразка, кг | Порода деревини | Розміри зразка, м | | | Середня щільність у момент випробування, кг/м ³ |
|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------|--|
| | | | товщина, a | ширина, b | довжина, l | |
| | | | | | | |

Завдання 11.2. Визначити породу за основними і допоміжними ознаками деревини.

Прилади та матеріали: зразки деревини, лупа, штанген-циркуль, вимірвальні лінійки.

Порядок виконання роботи

Породу деревини встановлюють згідно з основними і допоміжними ознаками. До основних ознак належать: наявність і загальний вигляд заболоні та ядра; ступінь видимості річних шарів; ступінь видимості серцевинних променів; розміщення судин; наявність вертикальних смоляних ходів.

До допоміжних ознак належать: колір, блиск, запах, середня щільність, міцність.

Користуючись наведеними ознаками, необхідно дати характеристику зразків деревини і записати до табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Результати випробувань деревини

| Номер зразка | Рисунок текстури | Основні ознаки | Допоміжні ознаки | Група і назва породи | Застосування |
|--------------|------------------|----------------|------------------|----------------------|--------------|
| | | | | | |

Завдання 11.3. Визначити кількість річних шарів на 1 см радіуса деревини.

Прилади та матеріали: зразки деревини, лупа, штангенциркуль, вимірювальні лінійки.

Порядок виконання роботи

На поперечному перерізі зразка деревини в радіальному напрямку наносять олівцем лінію і на ній позначками показують межі цілих річних шарів (кілець) $a...a_1$. Відстань між позначками $a...a_1 - l$ вимірюють із похибкою до 0,5 мм.

Кількість цілих річних шарів (кілець) розраховують за формулою

$$n = \frac{N}{l_{a...a_1}},$$

де N – загальна кількість цілих річних шарів (кілець); l – протяжність цілих річних шарів (кілець) у радіальному напрямку, см.

Зарисувати зразок і зробити висновок про застосування деревини у визначеному віці.

Результати визначення кількості річних шарів деревини занести до табл. 11.3.

Таблиця 11.3

Результати визначення річних шарів деревини

| Номер зразка | Порода деревини | Загальна кількість цілих річних шарів (кілець) | Протяжність річних шарів, мм | Загальна ширина пізньої зони $\sum \delta$, мм | Кількість річних шарів в 1 см, n |
|--------------|-----------------|--|------------------------------|---|------------------------------------|
| | | | | | |

Завдання 11.4. Визначити відсотковий вміст пізньої і ранньої деревини.

Прилади та матеріали: штангенциркуль, ваги з наважками з похибкою зважування не більшою ніж 0,1 г, лупа, зразки деревини у вигляді прямокутної призми з основою 20×20 мм і довжиною вздовж волокон 30 мм, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

На поперечному перерізі зразка деревини в радіальному напрямку позначають декілька річних шарів (кілець) точками $b...b_1$ і ви-

міркують відстань між ними з точністю до 0,5 мм. Відлік кілець проводять на косому зрізі по всьому перерізу зразка. Між позначками в кожному річному шарі, користуючись лупою, вимірюють із точністю до 0,1 мм ширину пізньої деревини і розраховують, відсотковий вміст із точністю до 5 % за формулою

$$m = \frac{\sum \delta}{l_{b...b_1}},$$

де $\sum \delta$ – загальна ширина зони пізньої деревини, мм; l – загальна протяжність тих річних шарів, у яких вимірювалась ширина пізньої зони, мм.

Результати визначення заносять до табл.11.4.

Таблиця 11.4

Результати визначення пізньої деревини

| Рисунок зразка деревини | Порода деревини | Ширина пізньої зони, мм | Уміст пізньої деревини, % | Застосування деревини |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | | | |

Завдання 11.5. Визначити міцність деревини за вологості 15 % за емпіричними формулами:

$$R_{ст} = 2,2m + 300 \text{ кгс/см}^2 \text{ (для сосни);}$$

$$R_{ст} = 3,2m + 294 \text{ кгс/см}^2 \text{ (для дуба),}$$

де m – відсотковий вміст пізньої деревини.

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть основні позитивні і негативні властивості деревини.
2. Які види конструкцій виготовляють із таких порід, як дуб, ясень, бук, сосна?
3. Наведіть визначення макро- і мікроструктури деревини і її хімічний склад.
4. Як впливає вміст води на фізичні та механічні властивості деревини?
5. За якими ознаками відрізняють пізню деревину від ранньої?
6. Назвіть породи деревини для виготовлення столярних виробів.
7. Назвіть види пиломатеріалів. Де їх застосовують?
8. Як захистити деревину від біологічного руйнування?
9. Які вироби виготовляють із відходів деревини?
10. Побудуйте технологічні схеми виготовлення шпону, ДВП і ДСП.

Лабораторна робота 12

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІТУМУ: ТЕМПЕРАТУРИ РОЗМ'ЯКШЕННЯ, РОЗТЯЖНОСТІ, ПЕНЕТРАЦІЇ

Мета: навчитися визначати основні фізико-механічні властивості бітумів.

Література: [1], гл. 11, с. 543–554; [32]; [33]; [34]; [35].

Завдання 12.1. Визначити твердість бітуму (пенетрацію).

Прилади та матеріали: прилад пенетрометр (рис. 12.1), металеві чашечки, кристалізатор, електроплити, бітум, гас, ніж, ганчір'я.

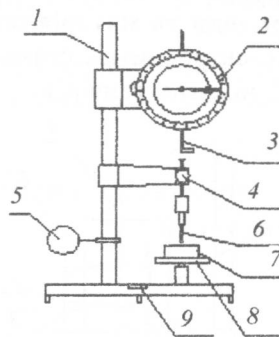


Рис. 12.1. Пенетрометр для визначення в'язкості бітуму:

- 1 – штатив; 2 – циферблат;
- 3 – контактна рейка (кремальєра);
- 4 – стопорна кнопка;
- 5 – дзеркало; 6 – голка;
- 7 – кристалізатор;
- 8 – обертовий столик; 9 – рівень

Порядок виконання роботи

Пенетрацію визначають за глибиною занурення стандартної голки приладу пенетрометра. Спочатку чашечку заповнюють розігрітим бітумом і охолоджують разом з чашею у воді за температури 25 °С. Голку приладу опускають до стискання з поверхнею бітуму і зазначають нульову позначку на циферблаті круглої шкали пенетрометра. Після цього голку опускають у бітум протягом 5 с, натискаючи пальцем на стопорну кнопку приладу. Відлік виконують за круглою шкалою, яка поділена на градуси. Кожний градус відповідає глибині проникнення голки на 0,1 мм (одиниця пенетрації). Такий відлік виконують тричі і щоразу переводять голку на інше місце поверхні бітуму. Розраховують середнє значення показників занурення голки в бітум. Результати випробування заносять до табл. 12.1.

Результати визначення твердості бітуму

| Показники | Досліди | | |
|-----------------------------|---------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Відлік на циферблаті | | | |
| Глибина занурення голки, мм | | | |

Зарисувати схему випробувань.

Зробити висновок про застосування бітуму, урахувавши його твердість.

Завдання 12.2. Визначити температуру розм'якшення.

Прилади та матеріали: прилад «кільце та кулька» (рис. 12.2 і 12.3), електроплитка, стакани термічні, термометр із поділками до 150 °С, ніж, гас, ганчір'я.

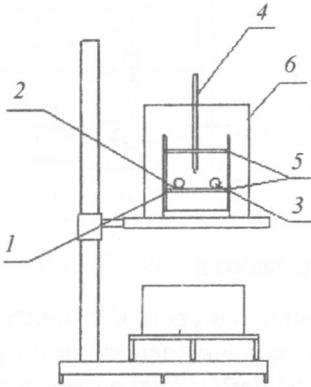


Рис. 12.2. Прилад «кільце та кулька» для визначення температури розм'якшення бітуму: 1 – латунне кільце; 2 – бітум; 3 – металева кулька; 4 – термометр; 5 – металеві пластини; 6 – термостійкий стакан

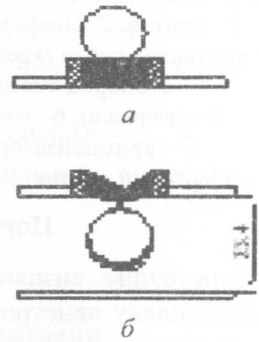


Рис. 12.3. Положення кульки в приладі «Кільце та кулька»: а – початкове; б – кінцеве

Порядок виконання роботи

Спочатку розігрівають бітум і ним заповнюють латунні кільця. Кільця розміщують на гладенькій поверхні, яку посипають порошкоподібним матеріалом, щоб бітум не прилипав до поверхні.

Після того, як бітум затвердіє, на його поверхню кладуть сталеві кульки діаметром 9,53 мм, масою 3,45...3,55 г.

Кільця разом з кульками встановлюють в отвори штативу приладу і ставлять у термостійкий стакан з водою (вода повинна покривати кільця), який ставлять на електроплитку і нагрівають. Швидкість підвищення температури не повинна бути більшою ніж 5 °C за 1 хв.

Контролюють температуру термометром, установленим у приладі.

Під час нагрівання до певної температури бітум у кільці розм'якшується і під тиском кульки витискується через кільце у вигляді краплі.

Температура, за якої краплина торкнеться нижньої пластини, що під кільцем, розміщеної на 2,54 см нижче від кільця, становитиме температуру розм'якшення бітуму.

Необхідно сформулювати висновок про застосування бітуму за температури розм'якшення, а результати занести до табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Результати визначення температури розм'якшення

| Показники | Номер досліду |
|---|---------------|
| Температура води у термічному стакані до початку випробування, °C | |
| Температура розм'якшення, °C | |
| Швидкість підвищення температури | |

Завдання 12.3. Визначити розтяжність бітуму.

Прилади та матеріали: дуктилометр (рис. 12.4), металеві форми вісімки, електроплита, бітум, гас, тальк, ніж, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Випробування проводять за температури 25 °C у воді, яку наливають завчасно в корито дуктилометра, щоб водою були покриті три срезки бітуму.

Спочатку заповнюють розплавленим бітумом металеві форми вісімки, які встановлюють на гладенькі поверхні, посипані тальком або іншим порошкоподібним матеріалом для запобігання прилипанню до поверхні. Після затвердіння бітуму від формочок боковинки-«щічки» і встановлюють форми з бітумом у корито дуктилометра, закріплюючи їх протилежні кінці штирями.

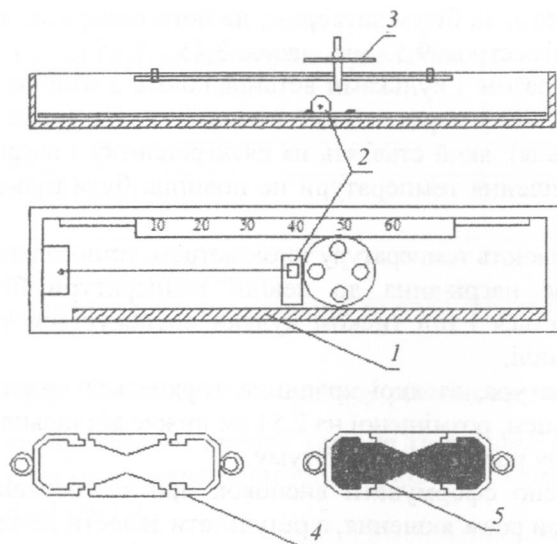


Рис. 12.4. Дуктилометр для визначення розтяжності бітуму:
 1 – черв’ячний гвинт; 2 – візок; 3 – електродвигун;
 4 – латунна збірна форма; 5 – бітум

Умикають прилад, бітум розтягується в «нитку», яка за певної довжини розривається. Момент розриву бітумної «нитки» позначають на боковій лінійці шкали. Довжину розтягу в сантиметрах беруть за міру розтяжності. Результати випробувань заносять до табл. 12.3.

Таблиця 12.3

Результати випробування бітуму на розтяжність

| Показники | Величина |
|---|----------|
| Швидкість розтягування, см/с | |
| Переріз зразка у «шийці», мм ² | |
| Довжина «нитки» зразка, см: | |
| – першого | |
| – другого | |
| – третього | |

Необхідно за формою зробити висновок про застосування випробуваного бітуму.

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. За якими ознаками класифікують бітум?
2. Які є способи виробництва бітумів?
3. Назвіть хімічний склад і основні властивості бітумів.
4. Як виготовляють і де застосовують дьогті?
5. Наведіть визначення бітуму, дьогтю і запишіть їх хімічний склад.
6. За якими показниками визначають марки бітуму, дьогтю й асфальто-бетону?
7. Назвіть марки рідких нафтових бітумів.
8. Назвіть усі види матеріалів, виготовлених на основі бітумів.

Лабораторна робота 13

ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ, ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ, ВЛАСТИВОСТІ

Мета: закріпити теоретичні знання і визначити фізико-механічні властивості полімерів і пластмасових виробів, вивчення різновидів полімерних матеріалів та виробів, особливостей їх виготовлення та застосування.

Полімерними речовинами називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови. Головними критеріями класифікації полімерних речовин є хімічна природа, походження, спосіб синтезу та тверднення, склад основного ланцюга макромолекул та характер їх будови, здатність до пластичних деформацій від циклічної дії температурного фактора.

Література: [1], гл. 12, с. 573–614; [31].

Завдання 13.1. Визначити коефіцієнт спучування бісерного полістиролу і його фізико-механічні властивості.

Прилади та матеріали: бісерний полістирол (100 г), штангенциркуль, термічні стакани, перфорована касета, мірні циліндри, парова баня, лопатка для сипучих речовин, електроплита, парафін, пензлик, сірники, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Спочатку визначають коефіцієнт спучування бісерного полістиролу. Для цього відбирають двадцять окремих гранул, замірюють штангенциркулем їх розмір і обчислюють об'єм кожної гранули.

На плиту ставлять термічний стакан з водою. Потім гранули занурюють у киплячу воду, де відбувається спучування гранул. Через 1...2 хв збільшені в об'ємі гранули виймають лопаткою з води і вимірюють їх діаметр та визначають об'єм спученої гранули.

Коефіцієнт спучування розраховують за формулою

$$K_{\text{спуч}} = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 \%,$$

де V_1 і V_2 – середній об'єм гранули полістиролу відповідно до і після спучування, см^3 .

Спучування відбувається внаслідок того, що в гранулах полістиролу міститься зріджений ізопентан, який переходить у газоподібний стан і здіймає на поверхню киплячої води спучені гранули. Результати визначення коефіцієнта спучування заносять до табл. 13.1.

Таблиця 13.1

Розміри гранул бісерного полістиролу до і після спучування

| Номер гранули | Діаметр гранули, см | | Об'єм гранули, см^3 | |
|---------------|---------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| | до спучування | після спучування | до спучування | після спучування |
| | | | | |

Завдання 13.2. Виготовити теплоізоляційний полістирольний виріб.

Прилади та матеріали: бісерний полістирол (100 г), штангенциркуль, термічні стакани, перфорована касета, мірні циліндри, парова баня, лопатка для сипучих речовин, електроплита, парафін, пензлик, сірники, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Гранули полістиролу в кількості, необхідній для заданої середньої густини ($40...50 \text{ кг/м}^3$) розміщують у завчасно змащену гліцерином або розплавленим парафіном касету, об'єм якої визначають раніше. Бісерний полістирол відмірюють мірним циліндром з урахуванням коефіцієнта спучування. Касету, наповнену бісерним полістиролом, герметично закривають (після того, як закріплюють монтажні петлі, за допомогою яких виріб можна дістати з форми).

Герметично закриту касету ставлять у киплячу воду на 10...20 хв. Розм'якшені гранули, здіймаючись у киплячій воді, злипаються одна з одною і заповнюють об'єм форми. Залежно від ступеня здійснення і кількості гранул полістиролу середня густина отриманого теплоізоляційного матеріалу може змінюватися від 20 до 200 кг/м³. Коефіцієнт теплопровідності може бути в межах 0,03...0,08 Вт/(м*К), водопоглинання – 2...10 %.

Після виготовлення теплоізоляційний матеріал виймають з форми-касети і визначають його середню щільність і реакцію на вогонь. Результати випробувань заносять у табл. 13.2.

Таблиця 13.2

Фізико-механічні властивості полістиролу

| Назва | Середня щільність, кг/м ³ | Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м*К) | Застосування у будівництві |
|----------------------|--------------------------------------|--|----------------------------|
| Пінополістирол | | | |
| Пінополіуретан | | | |
| Пінополівініл-хлорид | | | |
| Міпора | | | |

Висновки

Контрольні запитання та завдання

1. Наведіть визначення пластмас і наведіть їх композиційний склад.
2. Від яких факторів залежить старіння пластмасових виробів?
3. Назвіть основні вимоги до наповнювачів і барвників пластмас.
4. Наведіть визначення процесів полімеризації і поліконденсації.
5. Назвіть термопластичні і термореактивні полімери. Де їх застосовують?
6. Характеристика і застосування погонажних полімерних матеріалів.
7. Від яких факторів залежить старіння пластмасових виробів?
8. Які способи виготовлення полімерних матеріалів, їх переваги і недоліки?
9. Назвіть основні властивості полімерних матеріалів.

Лабораторна робота 14

ВИВЧЕННЯ ОЛІЄМІСТКОСТІ І ПОКРИВНОСТІ ПІГМЕНТУ. ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ОЛІФИ ТА ФАРБИ

Мета: закріпити теоретичні знання з фізико-механічних властивостей фарбувальних матеріалів, навчитися визначати оліємісткість і покривність (фарбувальну здатність) пігменту, визначення в'язкості оліфи та фарби.

Література: [1], гл. 13, с. 623–638; [39]; [40]; [41].

Завдання 14.1. Визначити оліємісткість пігменту.

Прилади та матеріали: скляний посуд, скляні палички, фарфорова чашка, дошка дерев'яна, пензлики волосяні, бюретка з ціною поділок 0,01 мл, пігмент, оліфа натуральна або підбілена олія, скипидар, сикатив, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Зважують 5 г сухого пігменту з точністю до 0,01 г і висипають його у фарфорову чашку. Із бюретки повільно доливають сиру оліфу (чи олію), поступово зменшуючи швидкість струменя: спочатку до 0,3 мл, потім по 2...3 мл і по одній краплі.

Після кожного доливання оліфи (олії) пігмент ретельно перемішують скляною паличкою до утворення суцільної грудочки з блискучою поверхнею. Якщо поверхня блищить, то насичення пігменту олією досягнуто.

Оліємісткість пігменту визначають за формулою

$$Q = (V\rho / m) \cdot 100 \%,$$

де V – кількість витраченої оліфи, мл; ρ – густина оліфи, г/см³; m – маса сухого пігменту, г.

Оліємісткість визначають двічі. Розбіжність результатів випробування не повинна перевищувати 4 %, оскільки що максимальна оліємісткість становить 100 %.

Результати випробувань заносять до табл. 14.1 і роблять висновок про економічність застосування взятого пігменту.

Таблиця 14.1

Результати визначення оліємісткості

| Номер досліджу | Назва пігменту | Наважка пігменту, г | Кількість оліфи, мл | Оліємісткість, % |
|----------------|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| | | | | |

Завдання 14.2. Визначити покривність (фарбувальну здатність) пігменту.

Прилади та матеріали: порцелянова чашка, пензлики волосяні, скляна пластина розміром 20×10 см з нанесеними на одному боці трьома кольоровими смужками завширшки 15 мм кожна (рис. 14.1), пігмент, оліфа натуральна або підбілена олія, скипидар, сикатив, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Покривність вимірюється витратою пігменту на 1 м зафарбованої поверхні, г.

Спочатку на скляну пластину розміром 100×300 мм і завтовшки 2,0...2,5 мм наносять на однаковій відстані одна від одної, по всій довжині пластини, три смужки завширшки по 15 мм кожна: по краях – чорні, а посередині – білу.

Смужки наносять олійними фарбами: чорні – газовою сажею, білу – цинковими білилами (рис. 14.1). Після затвердіння фарбувальної плівки пластину зважують (у грамах).

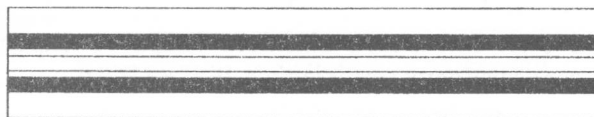


Рис. 14.1. Пластина зі смужками

Після цього готують фарбу на випробуваному пігменті. Для цього зважують 5 г пігменту, додають до нього натуральну оліфу, зтирають до малярної консистенції і за допомогою пензлика наносять цю суміш на зворотний (незабарвлений) бік пластини.

Зафарбовують площу розміром 100×250 мм, залишаючи смужку 50×100 мм для зручності під час фарбування тримати пластину в руках.

Фарбу наносять спочатку вздовж, а потім упоперек пластини доки у пластини, покладеної на лист білого паперу, перестануть бути помітними у відбитому промені кольорові смужки.

Зафарбовану пластинку зважують і визначають витрату фарби відніманням від її маси масу пластини з трьома смужками.

Покривність Π ($\text{г}/\text{м}^2$), визначають за формулою

$$\Pi = (a/F) \cdot 10000,$$

де a – кількість нанесеної фарби малярної консистенції, г; F – площа пластини, призначена для фарбування, см^2 .

Покривність Π ($\text{г}/\text{м}^2$), з урахуванням сухого пігменту визначають так:

$$\Pi = [a(100 - b)/F] \cdot 100 \cdot 10000,$$

де b – уміст оліфи у фарбі малярної консистенції, %.

Покривність визначають двічі. Розбіжність результатів випробування допускається не більше як 5 % для фарб із покривністю до $100 \text{ г}/\text{м}^2$ і не більше як 7 % для фарб із покривністю до $200 \text{ г}/\text{см}^2$, ураховуючи, що максимальна покривність – 100 %.

Результати випробувань заносять до табл. 14.2 і роблять висновок про економічність застосування пігменту.

Таблиця 14.2

Результати визначення покривності (фарбувальної здатності)

| Номер досліду | Назва пігменту | Маса пластини до фарбування, г | Маса зафарбованої пластини, г | Покривність, $\text{г}/\text{м}^2$ |
|---------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | | | |

Завдання 14.3. Визначити в'язкість оліфи та фарби; вивчити властивості лакофарбових матеріалів.

Прилади та матеріали: віскозиметр ВС-4 (рис. 14.2), два мірні циліндри, лійка пластмасова, склянки з мірними поділками; гас або бензин, оліфа, ганчір'я.

Порядок виконання роботи

Умовною в'язкістю лакофарбових матеріалів вважають час у секундах, за який оліфа або фарба перетече через каліброване сопло віскозиметра діаметром 4 мм за температури 20°C . Спочатку під сопло віскозиметра ставлять мірну склянку (рис. 14.2), закривши отвір сопла, наповнюють вщерть циліндричний резервуар віскозиметра місткістю 100 мл, відкривають отвір сопла, одночасно вмикаючи секундомір.

Секундомір зупиняють у момент часу, коли струмінь (оліфи чи фарби, яку випробовують) почне перериватися. Значення в'язкості обчислюють як середнє арифметичне трьох вимірювань. Розбіжність результатів не повинна перебільшувати 5 %.

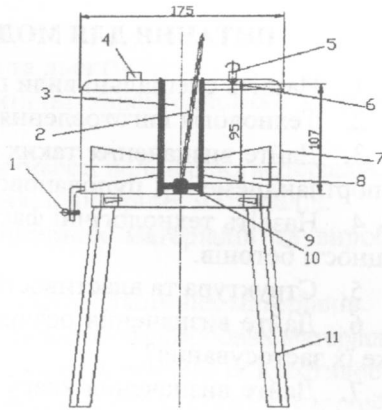


Рис. 14.2. Віскозиметр:

- 1 – кран для зливу води;
 2 – стрижень з кульовим клапаном;
 3 – циліндр; 4 – отвір для
 термометра; 5 – ручки; 6 – кришка;
 7 – бачок; 8 – лопати; 9, 10 – змінні
 вкладиші; 11 – підставка

Результати заносять до табл. 14.3.

Таблиця 14.3

Результати випробування

| Номер досліду | Назва фарби (оліфи) | Умовна в'язкість, с | Застосування |
|---------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | | | |

Висновки: _____

Контрольні запитання та завдання

1. Наведіть визначення лакофарбових матеріалів.
2. Назвіть основні властивості пігментів і зв'язуючих речовин.
3. Які пігменти мають підвищені атмосферостійкість, вогнестійкість і лугостійкість?
4. Назвіть види оліф і наведіть визначення їх основних властивостей.
5. Які пігменти застосовуються в етилатах, водоклейових і водо-емультсійних фарбах?
6. Назвіть основні види фарб, які застосовуються для покриття таких поверхонь: дерев'яних, металевих, штукатурних, бетонних і асфальтобетонних.
7. Назвіть основні допоміжні матеріали, які застосовуються для фарбувальних робіт.
8. Чим відрізняються фарбувальні суміші, що застосовуються для зовнішнього опорядкування стін, від тих, що застосовуються в середині приміщень будівель і споруд?
9. Наведіть визначення: лаків, емалей і фарб. Де їх застосовують?
10. Назвіть основні властивості лакофарбових покриттів.

ПИТАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

1. Назвіть спеціальні види цементів, охарактеризуйте їх.
2. Технологія виготовлення та гашення вапна.
3. Дайте визначення таких матеріалів: портландцементу, шлакопортландцементу, пуцоланового цементу.
4. Назвіть технологічні фактори, що впливають на підвищення міцності бетонів.
5. Структура та властивості цементного каменю.
6. Дайте визначення розчинів. Назвіть основні види розчинів. Яке їх застосування?
7. Дайте визначення класу бетону. Наведіть класи звичайного бетону.
8. Виготовлення і застосування будівельного гіпсу. Напишіть хімічні реакції твердіння гіпсу.
9. Дайте класифікацію в'язучим речовинам.
10. Назвіть основні повітряні в'язучі матеріали. Наведіть технологічну схему виготовлення одного з них.
11. Наведіть класифікацію цементів. Яке їх основне застосування?
12. Як виготовляють і де застосовують розчинне скло і кислоторивкий цемент?
13. Назвіть основні види і класи легких бетонів, їх застосування.
14. Технологічна схема виготовлення бетонної суміші. Дайте визначення жорсткості бетонної суміші.
15. Наведіть види заповнювачів для важкого бетону, їх фракції.
16. Назвіть основні види заповнювачів для виготовлення легких бетонів.
17. Характеристика пористих заповнювачів для бетонів.
18. Назвіть методи оцінювання легкоукладальності бетонної суміші.
19. Визначення марки портландцементу.
20. Види та властивості будівельних сумішей.
21. Методи ущільнення бетонних сумішей.
22. Вимоги стандарту до великих і дрібних заповнювачів для виготовлення бетону.
23. Технологічна схема виготовлення силікатної цегли та її застосування.
24. Які основні фізико-механічні властивості бітумів?

25. Дьогтеві в'язучі речовини.
26. Матеріали на основі бітумів та дьогтів.
27. Основні експлуатаційно-технічні характеристики бітумних покрівельних матеріалів.
28. Основні фізико-механічні властивості полімерних матеріалів.
29. Назвіть способи виготовлення полімерних матеріалів.
30. Наведіть класифікацію полімерних матеріалів та виробів, які використовують у будівництві.
31. Дайте визначення основних гідроізоляційних матеріалів.
32. Основні фізико-механічні властивості лакофарбових матеріалів.
33. Дайте визначення пігментам, назвіть основні їх властивості.
34. Назвіть види оліф і дайте визначення їх основних властивостей.
35. Лаки та емалеві фарби.
36. Клеї на основі полімерів.
37. Назвіть основні фізико-механічні властивості деревини.
38. Наведіть визначення макро- і мікроструктури деревини і її хімічний склад.
39. Назвіть види пиломатеріалів і їх застосування.
40. Основні методи захисту деревини від біологічного руйнування.
41. Використання відходів деревини. Технологія виготовлення ДВП, ДСП.
42. Технологія виготовлення шпону та фанери.
43. Основні способи сушіння деревини.
44. Будова та теплофізичні властивості теплоізоляційних матеріалів.
45. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби.
46. Органічні теплоізоляційні матеріали.
47. Звукопоглинальні матеріали та вироби.
48. Дайте визначення процесів полімерізації і поліконденсації. Назвіть термопластичні й термореактивні полімери, їх застосування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Будівельне матеріалознавство* / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський [та ін.]. – К. : Вища шк., 2012. – 704 с.
2. *Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції: науково-практичний довідник*. – К. : Асоціація «ВСВБМВ», 2012. – 664 с.
3. *В'язучі речовини : підручник* / Р. Ф. Рунова, Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, Ю. Л. Носовський. – К. : Основа, 2012. – 448 с.
4. *Дворкін Л. Й. Будівельне матеріалознавство : курс лекцій і практикум* / Л. Й. Дворкін та ін. – Рівне, 2002. – 366 с.
5. *ДСТУ Б А.1.1-5-94. ССНБ. Загальні фізико-технічні характеристики та експлуатаційні властивості матеріалів. Терміни та визначення.*
6. *ДСТУ Б В.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.*
7. *ДСТУ Б А.1.1-21-94. ССНБ. Скло та вироби зі скла будівельного призначення. Терміни та визначення.*
8. *ДСТУ Б А.1.1-22-94. ССНБ. Скло будівельне листове прокатне. Технологія виготовлення.*
9. *ДСТУ 2152-93. Вади деревини та дефекти обробки. Терміни та визначення.*
10. *ДСТУ Б В.2.7-91-99. Будівельні матеріали. В'язучі мінеральні. Класифікація.*
11. *ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення.*
12. *ДСТУ Б В.2.7-23-95. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.*
13. *ГОСТ 25192-82 (СТ СЭВ 6550-88). Бетони. Классификация и общие требования.*
14. *ДСТУ Б В.2.7-43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови.*
15. *ДСТУ Б В.2.7-47-96. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.*
16. *ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань.*

17. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ)

18. ДСТУ Б В.2.7-17-95. Будівельні матеріали. Гравій, щебінь, пісок штучні пористі. Технічні умови.

19. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.

20. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Будівельні матеріали. Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови.

21. ДСТУ Б В.2.7-61-2008 ((EN 771-1:2003, NEQ)). Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови.

22. ДСТУ Б А.1.1-32-94. ССНБ. Вироби будівельного призначення з природного каменю. Терміни та визначення.

23. ДСТУ Б А.1.1-45-94. ССНБ. Покриття лакофарбові. Терміни і визначення.

24. ДСТУ ISO 6504-3:2015. Фарби та лаки. Визначення покривності.

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Лабораторний практикум
для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійних програм
«Промислове і цивільне будівництво»,
«Автомобільні дороги і аеродроми»

Укладачі:

СКРЕБНЄВА Світлана Миколаївна
ГРАБОВЧАК Валентина Валентинівна
ГЛУШАНИЦЯ Анна Ігорівна

Редактор *Р. М. Шульженко*
Технічний редактор *А. І. Лавринович*
Коректор *О. О. Крись*
Комп'ютерна верстка *Н. В. Чорної*

Підп. до друку 29.10.2019. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 3,95. Обл.-вид. арк. 4,25.
Тираж 100 прим. Замовлення № 179-1.

Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03680. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002