

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів
і матеріалознавства

03-09-66М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних занять з навчальної
дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для
здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Охорона праці»
спеціальності 263 «Цивільна безпека»
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 1 від 30.08.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до виконання лабораторних занять з навчальної дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна безпека» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2022. – 53 с.

Укладач: Ніхаєва Л. І.– старший викладач кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства.

Відповідальний за випуск – Дворкін Л. Й., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства.

Керівник ОПП

Шталов О. С.

© Л. І. Ніхаєва, 2022
© Національний
університет водного
господарства та
природокористування, 2022

ТЕМА 1

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кожний з будівельних матеріалів має властивості, які відрізняють його від інших матеріалів. До таких властивостей відносять, наприклад, густину, пористість, водопоглинання, міцність, морозостійкість та інші. Властивості визначають якість будівельних матеріалів і можливість або доцільність їх застосування. Властивості матеріалів, як правило, виражають певними показниками.

Основні властивості будівельних матеріалів можна класифікувати на такі основні групи: фізичні, хімічні та технологічні.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення властивостей матеріалів

Дослід 1. Визначення густини

а/ Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми

Середня густина – маса одиниці об'єму матеріалу, включаючи пори і пустоти.

Середню густину визначають на зразках правильної геометричної форми з мінімальним розміром 50 мм. Середню густину визначають не менше ніж на трьох зразках. Зразки очищають від пилу і висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ і зважують. Об'єм зразків визначають за їх геометричними розмірами. Для визначення кожного лінійного розміру зразок вимірюють в трьох місцях – по ребрах і середині грані. За остаточний результат приймають середнє арифметичне значення трьох вимірів.

Діаметр зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох розмірів, що одержані

вимірюванням двох взаємно перпендикулярних діаметрів на кожній паралельній площині циліндра. Висоту зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне значення чотирьох вимірів - по два виміри на взаємно перпендикулярних площинах, що перетинають циліндр за його вертикальною віссю.

Середню густину окремого зразка ($\rho_{0,i}$) в кг/м³ обчислюють за формулою:

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (1.1)$$

де m - маса зразка, висушеного до постійної маси, г; V - об'єм зразка, см³.

Середню густину зразків (ρ_0) визначають як середнє арифметичне результатів визначень середньої густини усіх окремих зразків з точністю до 10 кг/м³.

Вихідні дані і результати визначення середньої густини зразків заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

б/ Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми

Середню густину пористих матеріалів визначають на парафінованих зразках. Зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105 \pm 5^\circ\text{C}$ і зважують. Парафінування проводять зануренням зразка в розплавлений при температурі $80 \pm 5^\circ\text{C}$ парафін. Пухирці або тріщини, які утворюються на парафіновій плівці, видаляють гарячою голкою. Утворена на поверхні зразка плівка парафіну повинна мати товщину близько 1 мм. Парафінований зразок зважують на звичайних лабораторних терезах. Визначають масу і об'єм парафіну на зразку. Далі наливають у мірний циліндр визначену кількість води та занурюють парафінований зразок. Приріст об'єму рідини

відповідає об'єму зразка (парафінованого) в см³.

Середню густину окремого зразка ($\rho_{0,i}$) в кг/м³ обчислюють за формулою:

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{\frac{m_e}{\rho_e} - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000, \quad (1.2)$$

де m - маса зразка, висушеного до постійної маси, г; m_e - маса води, витісненої зразком, г; m_n - маса парафінованого зразка, г; ρ_n - густина парафіну, яку приймають рівною 0,93 г/см³.

Середню густину зразків (ρ_0) визначають як середнє арифметичне результатів визначень середньої густини усіх окремих зразків.

Вихідні дані і результати визначення середньої густини зразків неправильної форми заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

в/ Визначення дійсної густини

Засоби випробування і допоміжні пристрої: електрошафа сушильна, терези, ексикатор, пікнометри місткістю 50...100 мл, ступка фарфорова з товкачиком, сита з сіткою №0,063, баня водяна або піщана, вода дистильована.

Дійсна (істинна) густина - маса одиниці об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані.

Дійсну густину визначають на пробі, яка відібрана не менше ніж від трьох зразків. Приготовлену порошкоподібну пробу подрібнюють до повного проходження через сито з сіткою №0,063 і висушують до постійної маси. Визначення проводять паралельно на двох наважках масою близько 10 г. Відібрану наважку висипають в чистий, висушений і попередньо зважений пікнометр. Пікнометр зважують разом з порошком, який випробовується, потім наливають в

нього воду в такій кількості, щоб він був заповнений приблизно на 50% об'єму. Для видалення повітря із порошку пікнометр із вмістом кип'ятять протягом 15...20 хв. на водяній або піщаній бані. Після видалення повітря пікнометр заповнюють водою до мітки і зважують. Після зважування пікнометр звільняють від вмісту, промивають, заповнюють водою до мітки і знову зважують.

Дійсну густину наважки (ρ_i) в г/см^3 обчислюють за формулою:

$$\rho_i = \frac{(m_2 - m_1)\rho_v}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}, \quad (1.3)$$

де m_1 - маса пікнометра, г; m_2 - маса пікнометра з наважкою, г; ρ_v - густина води (приймається рівною $1,0 \text{ г/см}^3$); m_3 - маса пікнометра з наважкою і водою, г; m_4 - маса пікнометра з водою, г.

Дійсну густину зразків (ρ) визначають, як середнє арифметичне значення результатів випробування двох наважок проби з точністю до $0,01 \text{ г/см}^3$. Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна бути більшою $0,02 \text{ г/см}^3$.

Вихідні дані і результати визначення дійсної густини зразків заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

г/ Визначення насипної густини

Для визначення густини сипучих матеріалів, наприклад, піску чи щебеню, застосовують метод зважування визначеного відомого об'єму сипучого матеріалу. Таку густину називають **насипною**.

При визначенні насипної густини дрібнозернистих матеріалів застосовують мірний циліндр об'ємом 1 л, а для крупнозернистих беруть мірні циліндри об'ємом 5 л та більше, залежно від крупності зерен. Визначення ведуть таким чином: із спеціальної лійки або просто із совка з

визначеної висоти насипають матеріал в попередньо зважений циліндр визначеного об'єму таким чином, щоб у ньому був деякий надлишок матеріалу, який знімають металевою лінійкою врівень з краєм циліндру. Потім циліндр, наповнений матеріалом, зважують. Насипну густину визначаємо за формулою:

$$\rho_n = m/V . \quad (1.4)$$

Результати заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

д/ Визначення пористості, міжзернової пустотності та коефіцієнта щільності

Пористість - ступінь насиченості матеріалу повітряними включеннями (порами).

Міжзернова пустотність - відношення об'єму простору у матеріалі, не зайнятого зернами заповнювача, до загального об'єму матеріалу в насипному стані.

Для визначення пористості та міжзернової пустотності застосовують експериментально-розрахунковий метод, використовуючи попередньо визначенні дослідним шляхом значення густини, які входять у формулу визначення пористості. Міжзернову пустотність визначають для сипучих матеріалів, при цьому середню густину матеріалу беруть у насипному стані.

Коефіцієнт щільності характеризує ступінь заповнення об'єму матеріалу твердою речовиною. Розрахункові формули:

$$P = \frac{V_{\text{пор(пуст.)}}}{V} \cdot 100\% = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \cdot 100\% ;$$

$$K_{\text{щ}} = \frac{\rho_0}{\rho} . \quad (1.5)$$

Дослід 2. Визначення змочуваності

Мірою змочуваності є **крайовий кут** θ , який утворюється краплею рідини на твердій поверхні (рис. 1)

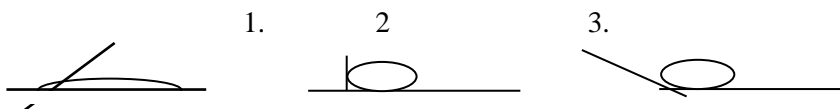


Рис. 1. Краєві кути: 1 – змочування ($\theta < 90^\circ$); 2 - перехідний випадок ($\theta = 90^\circ$); 3 - незмочування ($\theta > 90^\circ$).

Властивість матеріалу змочуватись водою називається **гідрофільністю**, не змочуватись – **гідрофобністю**.

Крайовий кут можна визначити проекційним методом. Непорошкоподібний матеріал у вигляді пластинки з гладкою поверхнею поміщують на спеціальний дротяний тримач, закріплений в проекторі. З допомогою піпетки на зразок наноситься крапля, яка проектується проектором на екран. Проекцію краплі обмальовують на екрані та знаходять величину крайового кута.

Для порошкоподібних матеріалів крайовий кут (критерій змочуваності) можна виміряти так само, проектуючи на екран сформовану краплю води, нанесену на рівну поверхню проби порошку (приблизно через 3 хвилини після завершення її формування).

Для в'язучих матеріалів (цементу, вапна і т.п.) змочуваність можна визначити часом наявності краплі на рівній поверхні порошку. Для гідрофобного в'язучого вода повинна залишатися у вигляді краплі не менше 5 хвилин. Для визначення гідрофобності цементу також застосовують метод професора М.І.Хігеревича.

1 метод. У склянку, наповнену водою, поступово насипають тонкий шар (2...3 г) цементу. Гідрофобний цемент повинен утворювати на поверхні води плівку.

2 метод. У суху склянку насипають гідрофобний цемент і заливають водою або швидко висипають його у

воду. Через 5...10 хв. воду зливають; гідрофобний цемент повинен залишатися сухим та сипучим. Результати записують у робочий журнал.

Дослід 3. Визначення водопоглинання
а/ Визначення водопоглинання у воді при температурі $20\pm 5^{\circ}\text{C}$

Засоби випробування та допоміжні пристрої: посудина з ґратками, електрошафа сушильна з автоматичним регулюванням температури в межах $40\pm 5^{\circ}\text{C}$ і $105\pm 5^{\circ}\text{C}$, терези.

Водопоглинання - здатність матеріалу всмоктувати й утримувати вологу при безпосередньому стиканні з водою. Дослідні зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ і зважують. Зразки на основі або із застосуванням гіпсу висушують до постійної маси при температурі $40\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Висушені зразки укладають на ґратки в посудину з водою температурою $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ в один ряд за висотою із зазорами між ними не меншими 20 мм так, щоб рівень води був вищий за верх зразків на (20...100) мм. Тривалість витримання у воді 48 ± 1 год., водостійких гіпсових зразків - 2 год. Насичені зразки виймають із води, обтирають вологою губкою або м'якою тканиною і зважують. Масу води, яка витекла на шальку терезів, включають у масу зразка, насиченого водою. Водопоглинання зразка (W) у відсотках за масою обчислюють за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% , \quad (1.6)$$

де m_1 - маса зразка, насиченого водою, г; m - маса зразка, висушеного до постійної маси, г.

б/ Визначення водопоглинання в киплячій воді

Зразки укладають в посудину з водою так як у попередньому досліді, нагрівають до температури кипіння

води (приблизно протягом I год.), кип'ять на протязі 4 год. У процесі кип'ятіння воду доливають так, щоб зразки весь час випробування були покриті водою. Потім зразки залишають у воді на 16...24 год. для охолодження до температури повітря в приміщенні. Далі випробування проводять як у попередньому досліді.

в/ Визначення водопоглинання прискореним способом

Водопоглинання можна визначити прискореним способом - методом поступового занурення зразків у воду на 1/4; 1/2; 3/4 висоти та на повну висоту + 2 см. Час витримування зразків після кожного занурення складає 5 хвилин. Зразки після кожного занурення обережно обтирають та зважують. Визначають водопоглинання за масою та за об'ємом за формулами:

$$W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100\% ;$$

$$W_0 = \frac{m_n - m_c}{V} \cdot 100\% = W_m \cdot \rho_0 , \quad (1.7)$$

де m_n , m_c - відповідно маса матеріалу в насиченому водою стані та сухого матеріалу, г; V - об'єм матеріалу, см^3 ; ρ_0 - середня густина, г/см^3 .

Результати досліді записують в робочий журнал, де також будують графік залежності маси води, яку поглинув зразок при кожному зануренні, від часу насичення.

Дослід 4. Визначення водостійкості

Водостійкість - здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості в насиченому водою стані; оцінюється відношенням міцності насиченого водою матеріалу до його міцності в сухому стані і характеризується значеннями, які перевищують 0,8. Критерієм водостійкості є коефіцієнт розм'якшення або водостійкості:

$$K_p = R_n / R_c , \quad (1.8)$$

де R_n - границя міцності на стиск насиченого водою зразка;
 R_c - границя міцності на стиск сухого зразка.

Результати дослідів записують у робочий журнал.

Дослід 5. Визначення водонепроникності

Водонепроникність - здатність матеріалу не пропускати воду при заданому тиску за встановлений час.

Існує три групи методів визначення водонепроникності, основаних на:

- визначенні тиску води, який витримує зразок на протязі встановленого часу без появи ознак фільтрації;
- визначення часу, необхідного для проходження через зразок визначеної кількості води при визначеному та постійному тиску;
- визначення кількості води, яка просочилася через зразок за певний час при встановленому тиску.

Для зміни гідростатичного тиску використовують прилад, який працює за законом сполучених посудин. Зразок рулонного матеріалу поміщують в об'єм приладу між резиновими прокладками та встановлюють нульовий рівень на шкалі. Після цього в скляну трубку наливають воду до рівня 0,1 м та витримують на протязі 5 хв., потім збільшують тиск на 0,1 м водяного стовпа через кожні 5 хв. до тих пір, доки на поверхні зразка не з'являться крапельки рідини. Водонепроникність відповідає максимальному тиску, при якому не з'являються ознаки фільтрації води через зразок. Для покрівельного руберойду водонепроникність повинна бути не меншою 0,07 МПа, пергаменту - 0,05 МПа, поліетилену - більшою 0,5 МПа. Результати дослідів записують в робочий журнал.

Дослід 6. Визначення морозостійкості

Морозостійкість - здатність матеріалів витримувати за конкретних умов певну кількість циклів попереминого

заморожування і розмерзання у межах, встановлених нормативними документами.

Оцінка морозостійкості проводиться за зовнішнім виглядом (ступенем пошкодження) і (або) втратою міцності на стиск, та (або) втратою маси відповідно до вимог діючих нормативних документів на вироби і матеріали конкретних видів. Для визначення морозостійкості відбирають або виготовляють три - п'ять контрольних та стільки ж основних зразків для кожної марки за морозостійкістю, що перевіряється. Контрольні зразки перед випробуванням на міцність, а основні зразки перед заморожуванням насичують водою. Контрольні зразки не пізніше 2 год після виймання із ванни випробовують на стиск. Основні зразки завантажують у морозильну камеру. Початком заморожування вважають момент встановлення у камері температури мінус 16°C. Тривалість одного заморожування зразків при температурі повітря у камері мінус $18 \pm 2^\circ\text{C}$ повинна бути не меншою:

- 2 год. - для плит завтовшки до 25 мм;
- 4 год - для плит завтовшки більше 25 мм, порожнистих каменів і цегли усіх видів.

Зразки після заморожування відтаюють у ванні з водою при температурі $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Тривалість одного відтавання повинна бути не меншою половини тривалості заморожування. При проведенні випробувань на морозостійкість зразки оглядають через кожні 5 циклів, якщо вимагається 15 і 25 циклів поперемінного заморожування і відтавання, і через кожні 10 циклів при 35 і більше циклів безпосередньо після їх відтавання. При цьому контролюють стан зразків: руйнування, появу тріщин, відколів, злушення поверхні, викришування, розшарування. При появі видимих пошкоджень випробування припиняють і в журналі випробувань роблять запис про те, що зразки не відповідають потрібній марці за

морозостійкістю. При оцінці морозостійкості за втратою маси після проведення потрібного числа циклів випробувань зразки із природного каменю і керамічних матеріалів висушують до постійної маси, а зразки з інших матеріалів зважують відразу після відтавання. При оцінці морозостійкості за втратою міцності на стиск основні зразки після проведення потрібного числа циклів випробувань випробовують на стиск. Втрату маси зразка (Δm) у відсотках обчислюють за формулами:

- для зразків із керамічних матеріалів і природного каменю:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\% ; \quad (1.9)$$

- для зразків з інших матеріалів:

$$\Delta m = \frac{m_3 - m_2}{m_2} \cdot 100\% , \quad (1.10)$$

де m - маса зразка, висушеного до постійної маси, г; m_1 - маса зразка, висушеного до постійної маси, після потрібного числа циклів випробувань, г; m_2 - маса зразка, насиченого водою, г; m_3 - маса зразка, насиченого водою, після потрібного числа циклів випробувань, г.

Втрату міцності (ΔR) зразків на стиск у відсотках обчислюють за формулою:

$$\Delta R = \frac{R_k - R_c}{R_k} \cdot 100\% , \quad (1.11)$$

де R_k – середнє арифметичне значення границі міцності на стиск контрольних зразків, МПа; R_c – середнє арифметичне значення границі міцності на стиск основних зразків після потрібного числа циклів випробувань.

Результати випробувань заносять у робочий журнал.

Для прискореної оцінки морозостійкості матеріалу застосовують циклічні випробування в насиченому розчині сірчанокислового натрію з наступним висушуванням при температурі 100...105°C. Тривалість насичення розчином на протязі першого циклу складає 20 год., наступних - 4 год., тривалість висушування - 4 год. За показник стійкості приймають втрату маси висушених зразків, попередньо промитих гарячою водою для видалення сірчанокислового натрію. Зваживши матеріал після випробування в розчині сірчанокислового натрію і визначивши процент втрат, порівнюють отримані результати з табличними даними та роблять висновок про морозостійкість матеріалу.

Контрольні запитання

1. Вказати основні групи властивостей будівельних матеріалів.
2. Дати визначення, формули та розмірності таких фізичних властивостей: густини (середньої, дійсної, насипної), пористості, гігроскопічності, гідрофобності, водонепроникності, водостійкості, водопоглинання, морозостійкості.
3. Назвати методи та намалювати схеми дослідів визначення таких основних властивостей: дійсної густини, середньої та насипної густини, змочуваності, водопоглинання, водонепроникності, водостійкості, морозостійкості.

ТЕМА 2

КЕРАМІЧНІ ВИРОБИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Визначення якості керамічних виробів

Дослід1. Оцінка якості цегли по зовнішньому огляду і обміру

Зовнішнім оглядом встановлюють наявність недопалу чи перепалу в контрольній цеглі, для чого порівнюють відібрані зразки з еталоном (нормально

випалена цегла). Більш світлий колір цегли за еталоном (“яскраво-червона” цегла) та глухий звук при ударі по цеглі молотком на наявність недопалення. Перепалена цегла характеризується оплавленням та вспученням, має бурий колір і, як правило, викривлення. Після зовнішнього огляду вимірюють довжину, ширину і товщину цегли, а також визначають скривлення поверхонь і ребер, наявність та довжину тріщин.

За показником середньої густини вироби ділять на п'ять класів: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.

За теплотехнічними властивостями вироби в залежності від класу середньої густини ділять на п'ять груп, наведених у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Класифікація виробів за класом середньої густини

Група виробів за теплотехнічними властивостями	Теплопровідність виробів, Вт/м·К	Клас середньої густини	Середня густина виробів, кг/м ³
Високої ефективності	<0,24	0,8	<800
Збільшеної ефективності	0,24 – 0,36	1,0	801 – 1000
Ефективні	0,36 – 0,46	1,2	1001 – 1400
Умовно ефективні	0,46 – 0,58	1,4	1401 – 1600
Малоефективні	>0,58	2,0	> 1600

Класифікація виробів залежно від розмірів наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Класифікація виробів залежно від розмірів

Ч. ч.	Тип виробу	Номинальний розмір, мм	Коефіцієнт перерахунку
-------	------------	------------------------	------------------------

		Дов- жина (L)	Ши- рина (B)	Тов- щина (H)	на умовну цеглу НФ
1	Керамічна цегла нормального формату – одинарна	250	120	65	1,00
2	Керамічна цегла "євро" 1	250	90	65	0,75
3	Керамічна цегла "євро" 2	250	85	65	0,70
4	Цегла модульних розмірів одинарна	288	138	65	1,32
5	Цегла потовщена з горизонтальним розташуванням пустот	250	120	88	1,35
6	Цегла потовщена	250	120	88	1,35
7	Цегла модульних розмірів потовщена	288	138	88	1,79
продовження табл.3.2					
Ч. ч.	Тип виробу	Номінальний розмір, мм			Коефіцієнт перерахунку на умовну цеглу НФ
		Дов- жина (L)	Ши- рина (B)	Тов- щина (H)	
8	Камінь звичайних розмірів	250	120	138	2,12
9	Камінь модульних розмірів	288	138	138	2,81
10	Камінь модульних розмірів укрупнений	288	288	88	3,74
11	Камінь укрупнений	250	250	138	4,42
12	Камінь укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот	250	250	120	3,85
13		510	250	219	14,31

	Камінь крупноформатний	398	250	219	11,17
		380	250	219	10,66
		380	255	188	9,34
		380	250	140	6,82
		380	180	140	4,91
		250	250	188	6,02
		250	180	140	3,23
14	Камінь з горизонтальним розташуванням пустот	250	200	70	1,79

Примітка. Визначення середньої густини і теплопровідності проводять на виробах, які висушені до постійної маси.

Лицьові вироби повинні мати дві лицьові поверхні – ложкову та поперечникову. За погодженням із споживачем допускається випускати вироби з однією лицьовою поверхнею.

Тріщини на лицьовій поверхні лицьових виробів, а також тріщини та розшарування по контакту фактурного шару з основною масою виробів не допускаються. На лицьових поверхнях не повинно бути відколів, плям, вицвітів та інших дефектів, видимих на відстані 10 м на відкритому майданчику при денному освітленні.

Колір, рисунок рельєфу і інші показники зовнішнього вигляду лицьової поверхні виробів повинні відповідати затвердженому в установленому порядку або погодженому із споживачем зразку-еталону.

Загальна кількість рядових виробів з дефектами, що перевищують допустимі (наведені вище), включаючи парний половняк, не повинна бути більше 5%. Парним половняком вважають вироби, що складаються із парних половинок або мають тріщини більше допустимих ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Для рядових виробів вапняні включення (“дутики”), які викликають після пропарювання зруйнування виробів або їх поверхонь, або відколи на їх поверхні розміром за найбільшим виміром від 5 до 10 мм у кількості більше трьох штук на одному виробі, не допускаються.

Відхилення від номінальних розмірів і показників зовнішнього вигляду виробів не повинні перевищувати на одному виробі величин зазначених в ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Результати дослідів записують в робочий журнал.

Дослід 2. Визначення марки цегли

Марку цегли за міцністю встановлюють за значенням границь міцності на стиск і згин, каменю – тільки на стиск відповідно до таблиці.

Випробовують по 5 шт. зразків на стиск і на згин. Середнє значення межі міцності визначають як середнє арифметичне. Також записують мінімальний результат випробувань. Результати дослідів порівнюють з вимогами ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

ТЕМА 3

ПОВІТРЯНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Будівельними **в'яжучими речовинами** (або просто **в'яжучими**) називають матеріали, призначені для зв'язування різнорідних компонентів у штучні конгломерати (бетони, розчини, мастики тощо). За складом їх можна розділити на дві групи: мінеральні (неорганічні) та органічні.

Мінеральні в'яжучі - тонкодисперсні речовини, які утворюють при змішуванні з водою або водними розчинами солей пластичну масу, яка поступово твердне та переходить у каменеподібний стан. Залежно від умов твердіння мінеральні в'яжучі поділяють на повітряні та гідравлічні.

Повітряні в'язучі утворюють штучний камінь тільки в повітряно-сухому середовищі, у воді такий камінь руйнується. До повітряних в'язучих відносять будівельний гіпс та будівельне вапно, а також магнезійні в'язучі та рідке скло.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення властивостей повітряних в'язучих

а/ визначення якості будівельного гіпсу

Дослід 1. Визначення тонкості помелу

Тонкість помелу – характеристика дисперсності матеріалу після помелу, яка виражена масовою часткою у відсотках залишку порошку на одному або кількох контрольних ситах чи величиною питомої поверхні порошку.

Для досліді беруть наважку гіпсу масою 50 г, попередньо висушеного на протязі однієї години при температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$ і зваженого з точністю до 0,1 г. Наважку висипають на сито № 02 і просівають. Просіювання вважають закінченим, якщо крізь сито на протязі 1 хв. проходить не більше 0,05 г гіпсу.

Після просіювання залишок на ситі зважують і тонкість помелу визначають у відсотках, як відношення маси гіпсу, що залишився на ситі, до маси його початкової наважки. За величину тонкості помелу приймають середнє арифметичне результатів двох визначень. Результати заносяться в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

Дослід 2. Визначення нормальної густини гіпсового тіста

Нормальною густиною (НГ) тіста умовно називають таку його консинстенцію, при якій тісто має певні пластично-в'язкі властивості, регламентовані стандартом для даного в'язучого. Нормальна густина – величина, що визначає кількість води замішування у відсотках від маси

гіпсу або в частках одиниці, яка потрібна для отримання гіпсового тіста стандартної консистенції:

$$НГ = (В/Г) \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

де В - витрата води, г; Г - маса наважки гіпсу, г.

Для визначення нормальної густини тіста використовують віскозиметр Суттарда, який складається із металевого циліндра висотою 100 мм і внутрішнім діаметром 50 мм та скляної пластинки з концентричними колами від 150 мм до 220 мм.

Для досліду беруть наважку будівельного гіпсу масою 300 г, висипають у чашку, де знаходиться 150 г води (починають працювати з водогіпсового відношення 0,5). Масу перемішують протягом 30 с, починаючи відлік часу від моменту всипання в'яжучого у воду. Після закінчення перемішування циліндр, який встановлюють в центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом (циліндр і скло попередньо протирають вологою ганчіркою). Надлишок тіста в циліндрі зрізують. Через 45 с після моменту всипання в'яжучого у воду циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15...20 см і відводять в бік. Діаметр розпливу тіста вимірюють відразу після підняття циліндра, в двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більше 5 мм і визначають, як середнє арифметичне. Якщо діаметр розпливу не дорівнює 180 ± 5 мм, то випробування повторюють з іншою кількістю води до одержання необхідної консинстенції тіста. Результати випробувань заносять у журнал за формою, яка наведена в додатку.

Дослід 3. Визначення строків тужавлення гіпсового тіста

Для випробувань використовують прилад Віка. При визначенні строків тужавлення кільце і пластинку приладу попередньо змащують машинним маслом.

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 200 г, готують тісто нормальної густини, відмічаючи момент

всіпання в'язучого у воду. Тісто заливають у кільце приладу. Для видалення бульбашок повітря з тіста кільце з пластинкою струшують 4...5 разів, далі зрізають надлишок тіста і ставлять кільце з тістом під голку приладу. За допомогою рухомого стержня голку опускають до зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця. Закріплюють стержень і через кожні 30 с вимірюють глибину занурення голки в тісто. Голку кожного разу опускають так, щоб вона потрапляла в інше місце.

Початок тужавлення – це час від початку замішування в'язучого водою до моменту, коли вільно опущена голка перший раз не доходить до дна на 1...2 мм.

Кінець тужавлення – це час від початку замішування в'язучого водою до моменту, коли вільно опущена голка зануриться в тісто на глибину не більшу 1 мм.

Час початку і кінця тужавлення виражають у хвилинах. Результати випробувань заносяться у журнал за формою, яка наведена в додатку.

Дослід 4. Визначення марки будівельного гіпсу

Для виконання дослідів формують 3 зразки-балочки розміром 40×40×160 мм з тіста нормальної густини. Витрата гіпсу на одну форму (три зразки) становить 1,1 кг. Готують тісто нормальної густини, виливають його у форму, попередньо змащену машинним маслом, комірки форми заповнюють одночасно. Для видалення бульбашок повітря форму з тістом струшують. Залишки гіпсового тіста знімають лінійкою або ножем. Через 15±5хв після закінчення тужавлення зразки виймають з форми і зберігають до випробувань. Через 2 год. після виготовлення за допомогою приладу "МІІІ-100" визначають межу міцності трьох балочок на згин, а одержані шість половинок

використовують для визначення межі міцності на стиск на гідравлічному електричному пресі.

Границя міцності на стиск (МПа) дорівнює $R_{cm} = 0,1P/F$, де P - руйнівна сила, кгс; F – площа пластинки, $F=25\text{см}^2$.

Результати випробувань заносять у журнал за формою, яка наведена в додатку. За результатами випробувань роблять висновки про марку гіпсу.

б/ Визначення якості будівельного вапна

Дослід 1. Визначення сумарного вмісту активних CaO і MgO у вапні

Визначення сумарного вмісту активних CaO + MgO виконують титруванням наважки вапна соляною кислотою HCl до тих пір, поки всі активні частинки лугів CaO + MgO не будуть нейтралізовані кислотою. Для цього негашене грудкове вапно в кількості 4...5 г попередньо розтирають на протязі 5 хв. у ступці. Розтерте вапно в кількості 1 г засипають у конічну колбу ємкістю 250 мл, наливають 150 мл дистильованої води, добавляють 3...5 кусочків скляних палочок (довжиною 5...7 мм), закривають склянню воронкою і нагрівають вміст колби на протязі 5...7 хв., не доводячи до кипіння. Після охолодження до 20...30°C в розчин добавляють 2...3 краплі однопроцентного спиртного розчину фенолфталеїну і титрують при постійному збовтуванні розчином 1N HCl до повного обезбарвлення вмісту. Титрування вважають закінченим, якщо через 8 хв. не змінюється колір забарвлення вмісту колби. Титрування проводять повільно, добавляючи кислоту краплями.

Вміст активних CaO + MgO (A) обчислюють за формулою:

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO} \cdot 100}{m_g}, \quad (3.2)$$

де V - об'єм розчину 1Н соляної кислоти, використаний на титрування, мл; T_{CaO} - титр 1Н розчину соляної кислоти, виражений в грамах CaO ; m_g – маса наважки вапна, г.

Вміст активних оксидів кальцію і магнію в повітряному негашеному вапні повинен бути не менший 90% для вапна першого сорту, не менший 80% для вапна другого сорту, не менший 70% для вапна третього сорту.

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.

Дослід 2. Визначення температури і часу гасіння вапна

Для визначення температури і часу гасіння вапна використовують прилад, який працює за принципом побутового термоса, ємкістю 500 мл і термометр на 100°C, встановлений у корок термосу. Масу наважки вапна розраховують за формулою:

$$m = 1000/A, \quad (3.3)$$

де A - вміст активних $CaO + MgO$ у вапні, %.

З навчальною метою масу наважки беруть 10...20 г, наважку розміщують в посудині Дюара, вливають 20...40 мл води і швидко все перемішують. Посудину закривають корком з встановленим термометром на 100°C і залишають у спокої. Ртутна кулька термометра повина бути повністю занурена в реагуючу суміш. Відрахунок температури реагуючої суміші ведуть через кожну хвилину, починаючи з моменту вливання води. Визначення рахується закінченим, якщо на протязі 4 хв. температура не піднімається на 1°C. За час гасіння приймають час з моменту вливання води до початку періоду, коли ріст температури не перевищує 0,25°C за хвилину.

По часу гасіння розрізняють вапно, яке гаситься швидко (час гасіння до 8 хв.), вапно, яке гаситься середньо (від 8 хв. до 25 хв.), вапно, яке гаситься повільно (більше 25 хв.).

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.

Дослід 3. Визначення вмісту непогашених зерен

Вміст непогашених зерен визначають за прискореним методом. Вапняне тісто, отримане при визначені часу гасіння вапна (дослід 2), розбавляють холодною водою до консистенції вапняного молока і промивають на ситі з сіткою № 063. Залишок на ситі висушують при температурі 140...150°C до постійної маси (m_i). Вміст непогашених зерен (Н.З.) вираховують за формулою:

$$Н.З. = (m_i/m) \cdot 100\% , \quad (3.4)$$

де m - маса негашеного вапна.

Вміст непогашених зерен для негашеного вапна першого сорту повинен бути не більшим 7%, другого - 11%, третього - 14%.

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.

Контрольні запитання

1. Дати визначення будівельного гіпсу, будівельного вапна і перерахувати основні види сировини для їх одержання.
2. Написати реакції одержання будівельного гіпсу та вапна.
3. Намалювати схеми дослідів і описати методики визначення основних якісних властивостей будівельного гіпсу та вапна.
4. Назвати область застосування будівельного гіпсу та вапна.

5. Як підвищити водостійкість будівельного гіпсу і вапна.

ТЕМА 4

ГІДРАВЛІЧНІ В'ЯЖУЧІ

Гідравлічні в'яжучі - порошкоподібні речовини, здатні утворювати штучний камінь, який набуває і підвищує міцність на повітрі та у воді.

Портландцемент - гідравлічне в'яжуче, яке складається, головним чином, із силікатів кальцію, і яке одержують шляхом сумісного тонкого помелу портландцементного клінкеру, двоводного гіпсу та інших добавок. За речовинним складом і міцністю на стиск в 28-добовому віці згідно ДСТУ Б В.2.7-46:2010 цемент поділяють на такі типи і марки:

- Тип I - портландцемент (від 0 до 5% мінеральних добавок), марки 300,400,500;

- Тип II - портландцемент з добавками (від 6 до 35% мінеральних добавок), марки 300,400,500;

- Тип III - шлакопортландцемент (від 36 до 95% доменного гранульованого шлаку), марки 300,400,500;

- Тип IV - пуцолановий цемент (від 21 до 55 % мінеральних добавок), марки 300,400,500;

- Тип V - композиційний цемент (від 30 до 80% мінеральних добавок), марки 300,400,500.

Визначення фізико-механічних властивостей цементу проводять згідно ДСТУБВ.2.7-185-187:2009.

Умовне позначення цементу повинно включати:

- позначення типу цементу і його марку;

- повне або скорочене найменування цементу;

- позначення цементу з високою міцністю в ранньому віці - Р;

- позначення пластифікації; гідрофобізації цементу - ПЛ, ГФ;

- позначення стандарту на цемент.

Приклад умовного позначення портландцементу марки 400 з добавкою 20% шлаку, пластифікованого, з високою міцністю в ранньому віці: **ПЦ II/A-Ш-400Р-ПЛ ДСТУ Б Д.2.7-46:2009**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Визначення тонкості помелу, нормальної густини, строків тужавлення та марки цементу

Дослід 1. Визначення тонкості помелу цементу ситовим методом

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

В роботі використовуються сита №008 і №02. Наважку висушеного цементу в кількості 50 г (точність зважування 0,01 г) переносять на сито №02, розміщене на ситі №008, а під нього підставляють піддон, набір сит накривають кришкою. Цемент розсіюють, використовуючи механічний струшувач або вручну. На ситах і піддоні залишаються фракції 200 мкм, 80...200 мкм і < 80 мкм. Через 5...7 хв. після початку струшування зважують залишок на ситі №02. Просіювання можна закінчити, коли на протязі 1 хв. при ручному струшуванні на кальку (без піддона) через сито №008 проходить не більше 0,05 г цементу. Тонкість помелу цементу T_{008} (%) визначається з точністю до 0,1% як відношення залишку на ситі №008 до початкової маси проби:

$$T_{008} = \frac{m_{008} \cdot 100}{m_0} \quad (4.1)$$

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

Дослід 2. Визначення нормальної густини цементного тіста

Нормальна густина цементного тіста визначається за допомогою приладу Віка, при цьому в нижню частину стержня приладу вставляють металевий товкачик $\varnothing 10 \pm 0,1$ мм.

Нормальною густиною цементного тіста рахують таку консистенцію його, при якій товкачик приладу Віка, занурений в кільце, заповнене тістом, не доходить на 5...7 мм до пластинки, на якій розміщене кільце.

Нормальну густина цементного тіста характеризують кількістю води замішування, вираженою у відсотках від маси цементу. Цей показник для портландцементу коливається в межах 24...30%.

Для приготування цементного тіста відважують 300 г цементу, засипають в чашу, попередньо протерту вологою тканиною. Потім у цементі роблять заглиблення, в яке вливають за один прийом воду в кількості, приблизно необхідній для отримання цементного тіста нормальної густини. Заглиблення засипають цементом і через 30 секунд після додавання води спочатку обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою.

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

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

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

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

Дослід повторюють до тих пір, доки не буде досягнута така глибина занурення товкачика, яка відповідає нормальній густині. При цьому кожен раз готують нову порцію цементного тіста. Результати випробувань заносять у журнал.

Дослід 3. Визначення строків тужавлення

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

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

Після кожного занурення голку витирають. Результати випробувань заносять в журнал.

Початком тужавлення цементного тіста рахують час, який пройшов від початку замішування (моменту додавання води) до того моменту, коли голка приладу Віка не доходить до пластинки на 2...4 мм.

Кінцем тужавлення цементного тіста рахують час від початку замішування до моменту, коли голка занурюється в тісто не більше ніж на 1...2 мм.

На строки тужавлення цементного тіста впливають різноманітні добавки, які використовують при виготовленні цементу або бетонної суміші (наприклад, прискорювачі тужавлення - солі-електроліти: хлорид кальцію, сульфати натрію і алюмінію, поташ, селітра).

Початок тужавлення всіх типів цементу марок 300, 400 і 500 повинен наставати не раніше 60 хв., а кінець - не пізніше 10 год. від початку замішування.

Дослід 4. Виготовлення зразків для визначення марки цементу

Марка цементу визначається в результаті випробувань зразків-балочок у віці 28 діб розміром 40×40×160 мм на згин і утворених при цьому їх половинок на стиск.

Зразки виготовляють із цементно-піщаного розчину складу 1:3 (одна частина цементу і три частини нормального піску Привольського родовища згідно ДСТУ БВ.2.7-189:2009).

Розчин повинен мати нормальну консистенцію.

4.1. Виготовлення цементного розчину

Для визначення консистенції цементного розчину зважують 1500 г піску і 500 г цементу, висипають їх в попередньо протерту мокрою тканиною сферичну чашу, перемішують цемент з піском лопаткою на протязі 1 хв. Потім в центрі сухої суміші роблять ямку, вливають туди

воду в кількості 200 г ($B/C = 0,4$), дають воді всмоктатись на протязі 0,5 хв. і перемішують суміш ще на протязі 1 хв.

Розчин переносять в попередньо протерту вологою тканиною чашу механічної мішалки і перемішують в ній на протязі 2,5 хв. (20 обертів чаші). На струшуючий столик ставлять форму-конус. Диск столика і внутрішню поверхню форми-конуса попередньо протирають вологою тканиною. По закінченні перемішування розчину ним заповнюють форму-конус на половину висоти і ущільнюють 15-ма штикуваннями металевої штиковки. Потім заповнюють конус з надлишком і штикують ще 10 разів. Після ущільнення надлишок розчину зрізають ножем врівень з верхом конуса, потім вертикально знімають конус.

Розчин струшують на столику 30 раз на протязі 30 ± 5 с. Після цього штангенциркулем вимірюють діаметр конуса по нижній площині в двох взаємо перпендикулярних напрямках і знаходять середнє значення. Для тіста нормальної консистенції розплив конуса повинен бути в межах 106...115 мм. Якщо він виявиться меншим 105 мм, кількість води збільшують до отримання розпливу конуса 106...108 мм, якщо більшим 115 мм - кількість води зменшують до отримання розпливу конуса 113...115 мм.

Водоцементне відношення, отримане при розпливі конуса 106...115 мм, приймають для проведення подальших випробувань.

4.2. Виготовлення цементних зразків

Для визначення марки цементу виготовляють 3 зразки в стандартній формі-трійці. Внутрішню поверхню стінок і піддона форми змащують машинним маслом. На зібрану форму ставлять насадку. Зразки-балочки виготовляють із цементного розчину нормальної консистенції. Для ущільнення розчину форму з насадкою закріплюють на вібромайданчику, потім заповнюють розчином по висоті приблизно на 1 см і включають вібромайданчик. На протязі

перших 2-х хвилин вібрації всі три комірки форми рівномірно невеликими порціями заповнюють розчином. Через 3 хв. після початку вібрування майданчик виключають. Форму знімають, зрізують ножем, змоченим водою, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків врівень з краями форми і маркують кожний зразок.

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

У робочому журналі роблять запис із зазначенням кількості води, при якій досягається необхідний розплив конуса; величини В/Ц і розпливу конуса; дату виготовлення зразків.

Вправа 5. Визначення марки цементу.

5.1. Визначення границі міцності на згин

Випробування проводять на приладі МІІ-100 або аналогічному. Зразки встановлюють на дві опори і завантажують посередині. Опорні і передаючі навантаження елементи повинні мати циліндричну форму і розміщуватись строго паралельно. Зразок розміщують на опорних елементах приладу так, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходились у вертикальному положенні. Випробування 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. Результати дослідів заносять у журнал.

5.2. Визначення границі міцності на стиск

На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі. Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які при виготовленні прилягали до стінок форми, знаходились на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа опирання зразків на пластини складає 0,0025 м².

Для визначення межі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200...500 кН. Середня швидкість росту навантаження при випробуванні повинна бути 2±0,5 МПа. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування, визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

Границя міцності на стиск (активність цементу), МПа, дорівнює

$$R_{CT} = 0,001 \frac{F}{A}, \quad (4.2)$$

де F - руйнуюче навантаження, кН, A - площа стиску, м².

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних напівбалочок. Результати дослідів записують у робочий журнал. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу, порівнюючи отримані результати з нормативними показниками ДСТУ Б Д.2.7-46:2009.

Завдання до дослідів 5. Визначити вплив величини В/Ц на міцність зразків.

Проводиться аналіз міцності зразків, виготовлених різними групами студентів на пісках з різним модулем крупності i , відповідно, різною водопотребою та значеннями В/Ц при стандартному розпливі конуса $RK=106...115$ мм.

Будується графік залежності міцності зразків від водоцементного відношення.

Контрольні запитання

1. Який речовинний склад портландцементу і шлакопортландцементу?
2. Перерахувати основні фізико-механічні властивості цементу.
3. Які вимоги стандартів до тонкості помелу цементів?
4. Що таке тужавлення цементу? Які вимоги до строків тужавлення?
5. Що таке нормальна крутість цементного тіста?
6. Як визначається марка цементу? Які бувають марки?
7. Що таке активність цементу? Назвіть фактори, які впливають на активність цементу.

ТЕМА 5

ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ БЕТОНУ

Заповнювачами для бетону можуть бути інертні природні або штучні сипучі матеріали. Займаючи у бетоні 80...85 % його об'єму, заповнювачі утворюють жорсткий каркас бетону і цим зменшують його усадку та ймовірність появи усадочних тріщин. Якість заповнювачів в значній мірі впливає на властивості важкого бетону. Роль дрібного заповнювача в бетонах виконує пісок, а крупного - гравій або щебінь. Технічні вимоги до заповнювачів важкого бетону встановлюють відповідними стандартами.

Пісок - природна або штучна мінеральна суміш зерен розміром 5...0,16 мм. Природні піски залежно від умов залягання можуть бути річкові, морські, гірські (ярові). За

крупністю пісок поділяють на п'ять груп залежно від модуля крупності: підвищеної крупності ($M_{кр}=3...3,5$), середній ($M_{кр}=2,0...2,5$), дрібний ($M_{кр}=1,5...2,0$), дуже дрібний ($M_{кр}=1,0...1,5$).

Щебінь - продукт подрібнення твердих щільних гірських порід розміром зерен 5...150 мм.

Гравій - сипучий матеріал з розміром зерен 5...150 мм, утворений внаслідок природного руйнування (вивітрювання) твердих щільних гірських порід.

Якість заповнювачів визначають за їх структурно-мінералогічною природою, формою і крупністю зерен, вмістом різних фракцій (зерновий склад), наявністю шкідливих домішок. Для крупного заповнювача ставляться також важливі петрографічні особливості та міцність вихідної породи, водостійкість і морозостійкість.

Основні властивості бетону залежать від щеплення цементного каменю з заповнювачами, на величину якого значною мірою впливають форма і характер поверхні зерен заповнювачів, наявність глини, слюди, сполук, які приводять до хімічної корозії.

Зерновий склад заповнювача характеризують процентним вмістом у ньому зерен різного розміру. Крупність заповнювача і його зерновий склад впливають на витрату цементу і щільність бетону. Для визначення зернового складу застосовують ситовий аналіз (метод просіювання і зважування.).

Таблиця 1.

Вимоги до зернового складу дрібного заповнювача

Розмір отворів контрольних сит, мм	Повні залишки на контрольних ситах, %% за масою, для бетону:			
	усіх видів конструкцій,	залізобетонних і бетонних труб		Гідротехнічного (допускається)
		напірних, низько напірних	безнапірних	

	окрім труб			
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 крупно сті	1,5...3,25	2,5...3,25	2,0...3,25	1,5...3,5

Зерновий склад піску повинен відповідати даним, вказаним у табл. 1. При цьому підраховують тільки зерна, які пройшли через сито з крупними отворами діаметром 5 мм.

Зерновий склад щебеню для забезпечення мінімальної порожнистості повинен знаходитись у області, вказаній у табл. 2. Для забезпечення оптимального зернового складу крупний заповнювач звичайно поділяють на окремі фракції, які потім змішують у рекомендованих співвідношеннях згідно табл. 3.

Таблиця 2.

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

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

Таблиця 3.

Оптимальні співвідношення вмісту окремих фракцій
щебеню у суміші

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

Критерієм крупності піску є модуль крупності ($M_{кр}$), під яким розуміють суму повних залишків (A_i , %) при просіюванні дрібного заповнювача на стандартних ситах, поділену на 100:

$$M_{кр} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} \quad (5.1)$$

Повний залишок - це доля матеріалу, крупнішого розміру даного сита в загальній масі проби, тобто сума часткових залишків (a_i) на даному і на більш крупних ситах, які входять у комплект для просіювання. Наприклад, повний залишок на ситі $A_{0,63} = a_{0,63} + a_{1,25} + a_{2,5}$.

Частковий залишок визначається за формулою

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100\%, \quad (5.2)$$

де m_i – маса матеріалу на i -тому ситі, г; m – маса проби.

До шкідливих домішок у заповнювачах відносять глинисті, мулисті і пилевидні частинки слюди, сульфіти,

аморфні різновиди кремнезему. Наявність у заповнювачах органічних домішок (гумусових та інших) негативно впливає на якість бетону, оскільки ці включення виділяють органічні кислоти, які руйнують цементний камінь і цим знижують міцність бетону.

Вміст органічних домішок контролюють методом забарвлення (колориметрична проба).

Заповнювач заливають 3%-ним розчином NaOH і порівнюють його колір через добу з кольором еталона. Забарвлення рідини над заповнювачем повинне бути не темнішим від кольору еталона. При забарвленні, темнішому за колір еталона, потрібно перевірити можливість застосування заповнювача у розчині або у бетоні шляхом пробних замісів.

Кількість у заповнювачі глинистих, мулистих і пилевидних частинок, які збільшують водопотребу бетонних сумішей і обволокуючи зерна заповнювача зменшують його щеплення з цементним каменем, а значить зменшують його міцність і морозостійкість, визначається відмуленням. Сутність цього методу полягає у тому, що вказані частинки розміром меншим 0,05 мм будучи змулені у воді (висота стовпа води над заповнювачем >20 см), не осаджуються протягом 2 хвилин, на відміну від крупніших зерен, які осідають на дно посудини. Через 2 хвилини після змулення воду обережно зливають. Заповнювачі так промивають до того часу, поки вода після чергового промивання не стане прозорою. За зміною маси заповнювача до і після промивання визначають кількість відмулених частинок і виражають результат у %% маси початкової наважки.

Для бетону гідротехнічних споруд кількість відмулених домішок у крупному заповнювачі не повинна перевищувати (за масою): для бетону зони змінного рівня води і надводної зони - 1 %, для підводної і внутрішньої

зони - 2%; у піску - для бетонів зони змінного рівня – 2%, для надводного бетону - 3%, для підводного бетону і бетону внутрішньої зони - 5 %.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 **Визначення якості заповнювачів.**

Дослід 1. Визначення крупності піску і її впливу на пластичність розчину.

Дослід проводять у наступній послідовності:

- з проби пісків різних кар'єрів, просіяних крізь сито з отворами діаметром 5 мм, відбирають навашки (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 % і повні залишки (A_i) у %;

- визначають модуль крупності пісків і роблять висновок про крупність піску кожного кар'єру;

- придатність пісків за зерновим складом для бетонів визначають побудовою кривих просіювання, які повинні знаходитися в області, встановленій стандартом (рис.2). Криві просіювання будують за результатами дослідів, відкладаючи у масштабі по осі абсцис розміри отворів контрольних сит у мм, а по осі ординат - повні залишки на контрольних ситах у %;

- для кожної проби піску виготовляють цементно-піщані розчини складу Ц:П=1:3 (за масою) при постійному В/Ц. Вимірюють розплив конуса з цементно-піщаним розчином на струшуючому столику після 30 струшувань протягом 30 с. роблять висновок про вплив крупності піску на пластичність розчину;

- результати дослідів записують у робочий журнал.

Дослід 2. Визначення наявності у піску шкідливих домішок і їх впливу на пластичність розчину

Дослід проводять у наступній послідовності:

- у пробах піску різних кар'єрів визначають по викладеній вище методиці наявність шкідливих домішок (органічних і відмулених).

- виготовляють цементно-піщані розчини складу Ц:П = 1:3 при $V/C = \text{const}$ (задає викладач);

- визначають на струщуючому столику пластичність розчину за розпливом конуса;

- результати дослідів записують у робочий журнал.

Дослід 3. Вибір оптимального співвідношення фракцій щебеню

Дослід проводять у наступній послідовності:

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

- визначають часткові залишки (m_i) у г, потім часткові залишки (a_i) у % і повні залишки (A_i) у %.

- за результатами просіювання визначають найбільшу ($D_{\text{найб}}$) і найменшу крупність ($D_{\text{найм}}$) щебеню різних кар'єрів (згідно таблиці 2) будують криві просіювання щебеню та область, встановлену стандартом (мал. 3);

- оптимальне співвідношення між фракціями щебеню встановлюють шляхом порівняння їх су-мішей, з яких вибирають ті, які мають найбільшу насипну густину і найменшу порожнистість.

При двох фракціях щебеню вказане визначення виконують так: складають три суміші (за масою): 1-а суміш - 40% дрібної і 60% крупної фракції; 2-а суміш - 50% дрібної і 50% крупної фракції; 3-я суміш - 60% дрібної і 40% крупної фракції.

Складені суміші фракцій щебеню старанно перемішують і визначають насипну густину суміші у пухконасипаному (стандартному) стані, використовуючи методику, описану у досліді № 1г лабораторної роботи № 1. За основу приймають суміш з найбільшою насипною густиною. Якщо насипні густини сумішей виявляться близькими між собою і дрібна фракція дефіцитна, то застосовують суміш з меншим вмістом дрібної фракції. Підбір співвідношення між фракціями проводять, користуючись даними табл. 3.

Результати дослідів записують у робочий журнал.

Контрольні запитання

1. Дати стисле означення піску, щебеню, гравію, вказавши крупність зерен у мм.
2. Навести класифікацію піску за утворенням, за умовами залягання і крупністю зерен.
3. Вказати відмінність між щебенем і гравієм і дати порівняльний аналіз їх впливу на властивості бетону і бетонної суміші.
4. Вказати вимоги стандартів до наявності наступних шкідливих домішок у піску і щебеню та причину їх обмеження:
 - органічних домішок;
 - відмулюваних частинок;
 - сірчистих і сірчаноокислих сполук.
5. Викласти методики визначення:
 - зернового складу заповнювачів;
 - вмісту органічних домішок;
 - вмісту відмулюваних домішок.
6. Написати та розшифрувати формули для оцінки зернового складу заповнювачів.
7. Що є критерієм крупності піску?

8. Як визначають придатність заповнювача за зерновим складом ?

9. За якими даними і для чого будується крива просіювання ?

ТЕМА 6 Б Е Т О Н И

Бетон — штучний камінь конгломератної будови, який одержують внаслідок твердіння ретельно перемішаної і ущільненої суміші мінерального або органічного в'язучого, заповнювачів, води чи водного розчину.

Важкий бетон — бетон з середньою густиною 2200...2500 кг/м³, виготовлений із застосуванням заповнювачів з щільних та міцних гірських порід або відходів виробництва.

Високоміцний бетон — бетон важкий міцністю понад 50 МПа.

Гідротехнічний бетон — бетон, який тривалий час експлуатується в умовах постійного або періодичного омивання водою із збереженням довговічності в таких умовах.

Бетонна суміш — багатокомпонентна система, яку одержуть при змішуванні з водою або водними розчинами в'язучого, заповнювачів та добавок.

Основними показниками якості бетону є:

- середня густина;
- міцність на стиск;
- міцність на осьовий розтяг;
- міцність на розтяг при згині;
- морозостійкість;
- водонепроникність.

Середня густина важких бетонів знаходиться в межах від 2200 до 2500 кг/м³ включно, дрібнозернистого — вище 1800 кг/м³. Міцність бетону у проектному віці

характеризується класами міцності на стиск та розтяг. **Клас бетону** – нижня межа його міцності в МПа на стиск "В" та на осьовий розтяг "В_t" при нормативному коефіцієнті варіації 13,5%. Інколи говорять про марку бетону за міцністю, тобто середню в серії межу міцності на стиск в кгс/см² бетонних зразків-кубів, виготовлених у стандартних умовах та випробуваних через 28 діб твердіння в нормальних умовах.

Для бетону встановлені такі класи:

- за міцністю на стиск: В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60; В65; В70; В80.

- за міцністю на осьовий розтяг: В_t0,4; В_t0,8; В_t1,2; В_t1,6; В_t2,0; В_t2,4; В_t2,8; В_t3,2; В_t3,6; В_t4,0.

- за міцністю на розтяг при згині: В_{tb}0,4; В_{tb}0,8; В_{tb}1,2; В_{tb}1,6; В_{tb}2,0; ... В_{tb}8,0.

Встановлені також марки бетону за морозостійкістю: F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000.

Марки бетону за водопроникністю: W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Визначення марки бетону

Дослід 1. Приготування бетонної суміші

Для дослідного замісу зважують матеріали з розрахунку отримання 7 л бетонної суміші. Зважену кількість піску розмішують, додають необхідну кількість цементу та перемішують до отримання однорідної суміші. Потім додають крупний заповнювач і всю суху суміш старанно перемішують, після чого вливають воду за два рази при енергійному перелопачуванні бетонної суміші до досягнення однорідності. Тривалість перемішування від моменту затворення водою повинна складати 4...5 хв.

Бетонну суміш можна також виготовити в лабораторному бетонозмішувачі.

Дослід 2. Визначення рухливості бетонної суміші

Рухливість бетонної суміші характеризується величиною осадки конуса (в см), сформованого з бетонної суміші. Рухливість визначають з допомогою стандартного конуса висотою 300 мм з внутрішнім діаметром нижньої основи 200 мм і верхньої 100 мм, встановленого на рівній поверхні. Внутрішню поверхню конуса до випробування змочують водою. Укладання бетонної суміші виконують за три прийоми шарами однакової висоти, ущільнюючи суміш кожний раз штикуванням 25 разів штиковкою діаметром 16 мм і довжиною 600 мм. Під час штикування форму притискають до поверхні. Після заповнення конус обережно піднімають на протязі 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 рухливість бетонної суміші буде меншою за необхідну, то заміс коригують, додаючи по 5...10% води і цементу. Коли рухливість більша заданої, то добавляють по 5...10% піску та щебеню (гравію). Після чого суміш знову перемішують на протязі 5 хв., і заново визначають її рухливість. Склад бетону коригують до отримання заданої рухливості.

Дослід 3. Визначення жорсткості бетонної суміші

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

На вібромайданчику встановлюють і закріплюють форму розміром 200×200×200 мм. У форму вставляють конус і заповнюють його бетонною сумішшю, як вказано у досліді 2. Потім конус знімають і вмикають вібромайданчик, одночасно вмикаючи секундомір. Вібрування проводять до тих пір, доки бетонна суміш не заповнить всі кутки форми, а поверхня її не стане горизонтальною. Час (в секундах), необхідний для вирівнювання поверхні бетонної суміші в формі, помножений на 1,5 характеризує жорсткість бетонної суміші. Показник жорсткості обчислюють з точністю до 5 сек. Коригування жорсткості проводять аналогічно коригуванню рухливості.

Дослід 4. Визначення густини бетонної суміші

Густину бетонної суміші, яка характеризується масою одиниці об'єму бетонної суміші, визначають в циліндричному мірному посуді об'ємом 5 або 15 л (в залежності від максимальної крупності заповнювача відповідно 40 та 70 мм).

При ущільненні ручним способом – штикуванням – мірний посуд заповнюють бетонною сумішшю приблизно рівними порціями в три шари. Кожний шар штикують рівномірно по всій площі сталевим стержнем, причому кількість штикування на один шар для посуду 5 та 15 л відповідно дорівнює 16 та 35. Нижній шар бетонної суміші штикують на всю товщину шару, при штикуванні наступних шарів стержень повинен проникнути у лежачий нижче шар на глибину не більше 2...3 см. При ущільненні механічним способом – вібруванням – посуд заповнюють бетонною сумішшю, встановлюють та закріплюють на лабораторному вібромайданчику, після чого вібрують до моменту появи на поверхні бетонної суміші цементного молока. Протягом вібрування в циліндр невеликими порціями додають бетонну суміш. По закінченні

ущільнення вібромайданчик вимикають, надлишок бетонної суміші зрізають сталюю лінійкою і поверхню вирівнюють врівень з краями мірного посуду.

Посуд з бетонною сумішшю зважують з точністю до 1 г і густину $\rho_{б.см.}$ (кг/м³) обчислюють за формулою:

$$\rho_{б.см.} = (m - m_1) / V, \quad (6.1)$$

де m – маса мірного посуду з бетонною сумішшю, г; m_1 – маса мірного посуду без суміші, г; V – об’єм мірного посуду, дм³.

Густину бетонної суміші визначають двічі для кожної проби бетонної суміші і обчислюють з округленням до 10 кг/м³ як середнє арифметичне значення результатів двох визначень густини суміші з однієї проби, які відрізняються між собою не більше, ніж на 5% меншого значення. При більшому розходженні результатів визначення повторюють на новій пробі бетонної суміші.

Дослід 5. Виготовлення зразків-кубів

З відкоригованого замісу бетонної суміші виготовляють серію зразків, яка складається з трьох кубів. Розміри зразків залежать від найбільшої крупності заповнювача (табл. 15).

15. Залежність розміру бетонних кубів від крупності щебеню

$D_{\text{найб.}}$, мм	20	40	70
Найменший розмір ребра зразка, мм	100	150	200

Форми для зразків перед укладкою суміші повинні бути вичищені, міцно скріплені гвинтами, а їх внутрішні поверхні змащені. Форму, заповнену бетонною сумішшю з деяким надлишком встановлюють на вібромайданчик, закріплюють затискачами і вібрують до закінчення осідання суміші, вирівнювання поверхні і появи на ній цементного молока. Час вібрування повинен бути не менший за

показник жорсткості, збільшений на 30 сек. Зразки після ущільнення зберігають першу добу у формах під вологою тканиною, а решту 27 діб після розопалубки - в спеціальній камері, де створюють вологість $W > 90\%$ і температуру $20 \pm 2^\circ\text{C}$. При відсутності такої камери зразки після розопалубки 27 діб можна зберігати у вологій тирсі або у вологому піску.

Дослід 6. Визначення межі міцності бетону на стиск

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

Зразки повинні вийматись з камери нормального твердіння не раніше, ніж за 1 год до моменту їх випробування. Перед випробуванням зразки-куби оглядають, вимірюють та зважують. До виконання обміру визначають робоче положення зразка, вибираючи опорні грані так, щоб стискаюча сила при випробуванні була напрямлена паралельно шарам укладки суміші в форму. Напливи бетону на ребрах опорних граней зчищають напилком.

Для кожного зразка визначають:

1. Робочу площу перерізу зразка (F) см^2 як середнє арифметичне площ обох опорних граней зразка з округленням до $0,1 \text{ см}^2$.
2. Висоту зразка в см, як середнє арифметичне з двох вимірювань по протилежних гранях у робочому положенні зразка з округленням до 1 мм.
3. Об'єм зразка в см^3 , обчислений як добуток робочої площі перерізу на висоту зразка з округленням до 1 см^3 .
4. Масу зразка в грамах з точністю до 10 г.

5. Середню густину зразка з округленням до $0,01 \text{ г/см}^3$.

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса і прикладають навантаження, швидкість росту якого $0,6 \pm 0,2 \text{ МПа}$. Зразки доводять до повного руйнування. Межу міцності бетону на стиск ($R_{ст}$ в МПа) кожного зразка обчислюють як кратне від ділення величини руйнівного навантаження (P_{max}) на робочу площу перерізу зразка. Отриманий результат приводять до міцності зразка стандартного розміру $200 \times 200 \times 200 \text{ мм}$ для гідротехнічного бетону і $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$ для звичайного важкого бетону, множачи на відповідний коефіцієнт. Для зразків розміром $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ перевідний коефіцієнт $K=0,85$ для гідротехнічного бетону і $K=0,91$ для важкого бетону.

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

$$R_{28} = R_n \lg 28 / \lg n, \quad (6.2)$$

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

Контрольні запитання

1. Дати визначення бетону і бетонної суміші.
2. Навести класифікацію звичайних важких та гідротехнічних бетонів.
3. Перерахувати вихідні дані для проектування складу бетону.
4. Привести рекомендовані марки цементів для бетонів різної міцності.
5. Навести формулу Болемея-Скрамтаєва та значення коефіцієнтів A і A_1 .
6. Назвати необхідні умови для визначення витрати заповнювачів.
7. Вказати головні відмінності номінального складу бетону від виробничого.

8. Викласти методику визначення та коригування легкоукладальності бетонної суміші.
9. Навести формули для розрахунку виробничого складу бетонної суміші.
10. Навести формули коефіцієнта виходу бетону, витрати матеріалів на заміс.
11. Викласти методику випробування зразків бетону на стиск.
12. Навести залежність міцності бетону від часу.
13. Вказати марки звичайного та гідротехнічного бетону за морозостійкістю, водонепроникністю, міцністю на стиск та розтяг.
14. Перерахувати основні фактори та вказати характер їх впливу на легкоукладальність бетонної суміші та міцність бетону.

ТЕМА 7

ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Визначення якості органічних в'язучих та матеріалів на їх основі

Для визначення якості бітуму необхідно визначити наступні його властивості: деформативність (дуктильність), теплостійкість і в'язкість (твердість, penetрація).

Дослід 1. Визначення якості (марки) бітуму. Визначення деформативності

Деформативність бітумів визначають на приладі дуктилометрі, який являє собою металеву ємність. По всій довжині ящика проходить черв'ячний гвинт з насадженими на нього двох полозок, які пересуваються по направляючому гвинту із швидкістю 5 см/хв. Ємність

споряджена шкалою, по якій ковзає покажчик, закріплений на полозках.

Розтоплений бітум наливають в латунні збірні форми, в яких бітум після охолодження набуває форму видовженої цифри вісім.

Після витримування зразків бітуму на протязі 1-1,5 години в воді при температурі 25 °С їх переносять в дуктилометр, закріплюють, видаляють бокові частини форми і розтягують. Вода в ванні дуктилометра на протязі всього часу випробування повинна мати температуру 25 °С і цілком покривати зразок. Зразки поступово витягуються в нитку, а потім рвуться. В момент розриву відмічають видовження зразка на шкалі в см.

Випробуванню піддаються три зразки і за остаточний результат приймають середнє із трьох значень.

Дослід 2. Визначення температури розм'якшення

Температуру розм'якшення визначають на приладі “Кільце та куля”, який складається з трьох металічних дисків, закріплених на визначеній відстані один від одного металевими стержнями, які проходять через них. В середньому диску є два отвори, в кожний з яких вставляють латунні кільця з внутрішнім діаметром 15,88 мм, висотою 6,25 мм і товщиною стінок 2,38 мм. Посередині верхнього диску є отвір, в який вставляють термометр.

Прилад з кільцями, які заповнені бітумом, ставлять в стакан, наповнений дистильованою водою з температурою 25 °С. Через 15 хвилин прилад виймають, на кожне кільце в центрі поверхні бітуму встановлюють стальну кулю діаметром 9,5 мм і масою 3,45...3,55 г, після чого встановлюють на нагрівальний прилад і нагрівають зі швидкістю 5 °С/хв. При нагріванні бітум розм'якшується і стальна куля разом з бітумом проходить крізь отвір в кільці. Температуру, при якій деформований бітум під дією маси

кулі торкнеться нижнього диску приладу, приймають за температуру розм'якшення; спостереження ведуть одночасно за двома кільцями.

За розрахункову температуру розм'якшення приймають середнє арифметичне з двох значень, якщо різниця між ними не перевищує 1 °С. В протилежному випадку випробування необхідно повторити.

Дослід 3. Визначення в'язкості

Для характеристики в'язкості бітумів (в'язких і твердих) використовують умовний показник твердості – глибину проникнення голки у випробовуваний матеріал. Глибину проникнення визначають на спеціальному приладі – пенетрометрі.

Кожен градус на циферблаті пенетрометра відповідає 0,1 мм. Чашку з бітумом ставлять на столик пенетрометра. Збільшивши стержень підводять голку до поверхні бітуму. Відзначивши початкове положення стрілки на циферблаті, одночасно пускають секундомір і натискають кнопку, даючи можливість голці вільно занурюватися в зразок. Через п'ять секунд кнопку відпускають і відзначають нове положення стрілки. Різниця між другим і першим показниками стрілки дає глибину проникнення голки в бітум в градусах. Голку занурюють не менше трьох разів в різних точках поверхні.

За результатами визначення трьох характеристик – деформативності, температури розм'якшення та в'язкості, роблять висновок про марку бітуму згідно табл. 7.1 та результати записують у журнал.

Таблиця 7.1

Фізико-механічні властивості нафтових бітумів

Марка бітуму	Глибина проник. голки при 25 ⁰ С, 0,1 мм	Розтягуваність при 25 ⁰ С, см не менше	Температура	
			Розм'якшення, ⁰ С не менше	Спада ху, ⁰ С не ниж- че
Будівельні бітуми				
БН-50/50	41-60	40	50	220
БН-70/30	21-40	3	70	230
БН-90/10	5-20	1	90	240
Покрівельні бітуми				
БНК-45/180	140-220	не	40-50	240
БНК-90/40	35-45	нормується	85-95	240
БНК-90/30	25-35		85-95	240
Дорожні бітуми				
БНД- 200/300	201-300	—	35	200
БНД- 130/200	131-200	65	39	220
БНД- 90/130	91-131	60	43	220
БНД- 90/130	61-90	50	47	220

БНД-60/90	40-60	40	51	220
БНД-40/60				

ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л. Й., Лаповська С. Д. Будівельне матеріалознавство : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2016. 448 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4741/>.
2. Будівельне матеріалознавство: підручник / Л. Й. Дворкін, та ін.. Рівне : УДУВГП, 2002. 366 с.
3. Будівельне матеріалознавство: підручник./ П. В. Кривенко, К. К. Пушкарева, В. Б. Барановский та ін. .К. : "Лира–К".2012. 624 с.
4. Дворкін Л. Й., Бордюженко О. М. Будівельне матеріалознавство/ Інтерактивний комплекс навчально- методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2006. 178 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1820/>
5. Дворкін Л. Й. Будівельне матеріалознавство (підручник). Рівне : НУВГП, 2009. 308 с.
6. Будівельне матеріалознавство: Цементи, бетони і розчини : навч. посіб. / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, О. М. Бордюженко та ін. ; за ред. Л. Й. Дворкіна. Рівне : НУВГП, 2007. 226 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2284/> .