Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Кафедра технології будівельних виробів і матеріалознавства

**03-09-42**

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з навчальної дисципліни
**"Технологія виробництва будівельних матеріалів та виробів"**
для здобувачів вищої освіти першого рівня (бакалавр) денної та заочної форм навчання за спеціальністю
133 "Галузеве машинобудування"

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовано науково-методичною комісією зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
Протокол № 3 від 06.11.2018 р.

Рівне – 2018

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки для лабораторних занять з дисципліни „Технологія виробництва будівельних матеріалів та виробів” для здобувачів вищої освіти першого рівня (бакалавр) денної та заочної форм навчання за спеціальністю 133 "Галузеве машинобудування / О. М. Бордюженко – Рівне: НУВГП, 2018. – 46 с.

Упорядник: О. М. Бордюженко, канд. технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Л. Й. Дворкін, д-р технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

## ЗМІСТ

**Лабораторна робота № 1**. Структурно-фізичні властивості будівельних матеріалів……...4
**Лабораторна робота № 2**. Гідрофізичні властивості будівельних матеріалів…….....8
**Лабораторна робота № 3.** Визначення властивостей повітряно-гідравлічних в’яжучих……..12
**Лабораторна робота № 4**. Визначення якості заповнювачів для бетону та марки бетону…….....18
**Лабораторна робота № 5.** Визначення властивостей бетонної суміші, бетону та розчинів……...24
**Лабораторна робота № 6.** Проектування складу важкого бетону…….29
**Лабораторна робота № 7.** Визначення якості керамічної цегли та її марки……...36
**Лабораторна робота № 8.** Властивості нафтових бітумів……..…42
**Рекомендована література**…….46

© О. М. Бордюженко, 2018
© НУВГП, 2018

Національний університет
водного господарства
та природокористування

## Вступ

Мета викладання навчальної дисципліни «Технологія виробництва будівельних матеріалів та виробів» – дати студентам необхідні знання з питань технології будівельних матеріалів та виробів, їх властивостей і застосування у будівництві, що дозволяють випускникові успішно працювати в обраній сфері діяльності, володіти професійними компетенціями, які сприяють його соціальної мобільності і стійкості на ринку праці.

Методичні вказівки включають опис та методику виконання лабораторних робіт, що виконують студенти спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" відповідно до робочої програмси навчальної дисципліни.

В результаті виконання лабораторних робіт студенти мають оволодіти базовими знаннями з властивостей будівельних матеріалів, набути навичок з визначення основних властивостей будівельних матеріалів, методів їх дослідження, сучасними методиками визначення властивостей будівельних виробів.

Тематика лабораторних робіт тісно пов’язана з лекційним матеріалом, тому студентам під час підготовки до лабораторної роботи необхідно ґрунтовно вивчати відповідний теоретичний матеріал. Крім того, готуючись до лабораторної роботи, студенти мають ознайомитися з методичними вказівками, вивчити методики дослідження.

За результатами виконання кожної лабораторної роботи студенти готують звіт відповідно до вимог, які наведено в кінці вказівок до кожної роботи. Студент має подати викладачеві звіт та захистити його до наступного лабораторного заняття. Під час підготовки до захисту слід орієнтуватися на перелік контрольних запитань

Національний університет
водного господарства
та природокористування

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## СТРУКТУРНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІь БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Д о с л і д 1 . 1 . Визначення густини будівельних матеріалів**

*Засоби випробування:* електрошафа сушильна, терези, ексикатор, пікнометри місткістю 50…100 мл, скляні мірні циліндри об'ємом 250…500 мл, металеві мірні ємності об'ємом 1 та 5 л, металева лінійка, ступка фарфорова з товкачиком, сита з сіткою №0,063, баня водяна або піщана, вода дистильована, парафін.

**Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми.** Середню густину визначають не менше ніж на трьох зразках правильної геометричної форми з мінімальним розміром 50 мм. Зразки очищають від пилу, висушують до постійної маси в електрошафі при температурі 105±5 $^0$С 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 трьох вимірів. Діаметр зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох розмірів, які отримані вимірюванням двох взаємно перпендикулярних діаметрів на кожній паралельній площині циліндра. Висоту зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох вимірів – по два виміри на взаємно перпендикулярних площинах, які проходять через вертикальну вісь циліндра.

Середня густина окремого зразка ($\rho_0$) в кг/м$^3$ дорівнює

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \cdot 1000,$$

де $m$ – маса висушеного зразка, г; $V$ – об'єм зразка, см$^3$.

Середню густину матеріалу ($\rho_0$) визначають як середнє арифметичне середньої густини усіх окремих зразків з точністю до 10 кг/м$^3$.

**Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми.** Середню густину пористих матеріалів визначають на парафінованих зразках (масою не менше 200 г). Зразки висушують до постійної маси в електрошафі при

температурі 105±5$^0$С і зважують. Парафінування проводять шляхом зануренням зразка в розплавлений при температурі 80±50С 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 лабораторних терезах. Визначають масу парафіну на зразку. Далі наливають у мірний циліндр визначену кількість води та занурюють парафінований зразок. Приріст об'єму рідини відповідає об'єму парафінованого зразка в см$^3$.

Середню густину окремого зразка ($\rho_0$) в кг/м$^3$ обчислюють за формулою

$$\rho_0 = \frac{m}{V_n - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000,$$

де $m$ – маса висушеного зразка, г; $V_n$ – об’єм парафінованого зразка, см$^3$, $m_n$ – маса парафінованого зразка, г; $\rho_n$ – густина парафіну, яку приймають рівною 0,93 г/см$^3$.

Об’єм зразка неправильної форми також можна визначити за втратою маси при зважуванні на гідростатичних терезах. У цьому випадку середню густину зразка обчислюють за формулою

$$\rho_0 = \frac{m}{m_n - m_n' - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000,$$

де $m_n'$ – маса парафінованого зразка при зважуванні у воді, г.

Середню густину матеріалу ($\rho_0$) визначають як середнє арифметичне результатів визначення середньої густини усіх окремих зразків.

**Визначення дійсної густини.** Дійсну густину визначають на пробі, яка відібрана не менше ніж від трьох зразків. Підготовлену пробу подрібнюють до повного проходження через сито №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 з порошку пікнометр із вмістом кип'ятять протягом 15…20 хв. на водяній або

Національний університет
водного господарства
та природокористування

піщаній бані (рис. 1.1). Повітря можна також видалити шляхом вакуумування в ексикаторі. Після видалення повітря пікнометр заповнюють водою до мітки і зважують. Після зважування пікнометр звільняють від вмісту, промивають, заповнюють водою до мітки і знову зважують.

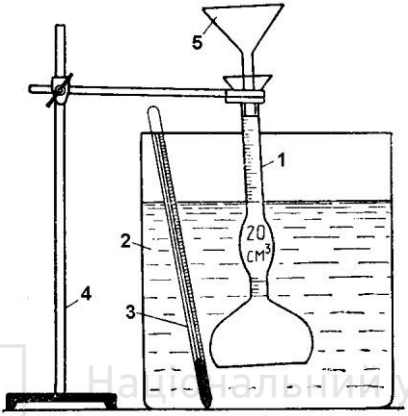


Рис. 1.1. Визначення дійсної густини пікнометричним методом:
1 – пікнометр; 2 – посудина з водою;3 – термометр;
4 – штатив; 5 – воронка

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Для визначення дійсної густини речовин, які взаємодіють з водою, застосовують іншу, інертну по відношенню до матеріалу, рідину.

Дійсну густину наважки ($\rho_i$) в г/см$^3$ обчислюють за формулою:

$$\rho_i = \frac{(m_2 - m_1)\rho_p}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)},$$

де $m_1$ – маса пікнометра, г; $m_2$ – маса пікнометра з наважкою, г; $\rho_p$ – густина інертної рідини (для дистильованої води приймають 1,0 г/см$^3$); $m_3$ – маса пікнометра з наважкою і рідиною, г; $m_4$ – маса пікнометра з рідиною, г.

Дійсну густину речовини ($\rho$) визначають як середнє арифметичне результатів випробування двох наважок з точністю до 0,01 г/см$^3$. Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна перевищувати 0,02 г/см$^3$.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

**Визначення насипної густини.** При визначенні насипної густини дрібнозернистих матеріалів застосовують мірний циліндр об'ємом 1 л, а для крупнозернистих беруть мірні циліндри об'ємом 5 л (при крупності зерен матеріалу до 20 мм) та більше. Визначення ведуть таким чином: із спеціальної лійки (рис. 1.2) або просто із совка з визначеної висоти насипають матеріал в попередньо зважений мірний циліндр таким чином, щоб у ньому був деякий надлишок матеріалу. Цей надлишок потім знімають металевою лінійкою врівень з краєм циліндру, який після цього зважують.

Насипну густину (в кг/м$^3$) обчислюють за формулою:

$$\rho_н = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000,$$

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

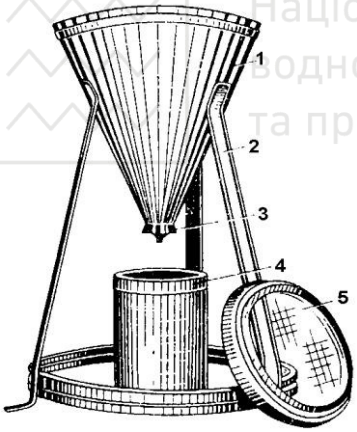


Рис. 1.2. Прилад для визначення насипної густини дрібнозернистого матеріалу:
1 – воронка; 2 – підставка; 3 – засувка; 4 – мірний циліндр; 5 – сито

Національний університет
водного господарства
та природокористування

**Д о с л і д 1. 2. Визначення пористості та міжзернової пустотності**

Визначення проводять розрахунковим методом за формулою

$$П = \frac{V_{пор(пуст.)}}{V} \cdot 100\% = \frac{\rho - \rho_0(\rho_н)}{\rho} \cdot 100\%.$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

# Л А Б О Р А Т О Р Н А  Р О Б О Т А  № 2

## ГІДРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

### Д о с л і д  2 . 1 .  Визначення змочуваності

*Засоби випробування:* проекційний ліхтар, екран, дротяний тримач, скляні пластинки, кювета з водою, піпетка, міліметровий папір.

Мірою змочуваності є к р а й о в и й  к у т  θ, який утворюється краплею рідини на твердій поверхні (рис. 2.1).

Крайовий кут можна визначити проекційним методом. Непорошкоподібний матеріал у вигляді пластинки з гладкою поверхнею поміщують на спеціальний дротяний тримач, закріплений в проекторі (рис. 2.2.). 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 можна виміряти так само, проектуючи на екран сформовану краплю води, нанесену на рівну поверхню проби порошку (приблизно через 3 хвилини після завершення її формування).

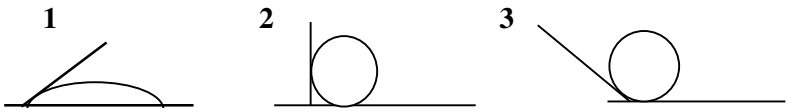


Рис. 2.1. Краєві кути:
1 – змочування ($\theta < 90^0$); 2 – перехідний випадок ($\theta = 90^0$);
3 – незмочування ($\theta > 90^0$)

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

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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

**2-ий 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.

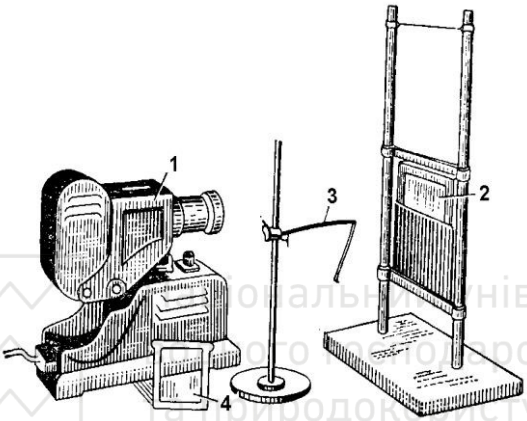


Рис. 2.2. Визначення крайових кутів змочування проекційним методом:
1 – проектор; 2 – екран; 3 – дротяний тримач;
4 – скляна кювета з водою

### Дослід 2.2. Визначення водопоглинання

*Засоби випробування:* посудина з гратками, електрошафа сушильна з автоматичним регулюванням температури в межах 40±5°С і 105±5°С, терези.

**Визначення водопоглинання у воді при температурі 20±5°С.** Дослідні зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі 105±5°С і зважують. Зразки на основі або із застосуванням гіпсу висушують до постійної маси при температурі 40±5°С.

Висушені зразки укладають на ґратки в посудину з водою температурою 20±5°С в один ряд за висотою із зазорами між ними

Національний університет водного господарства та природокористування

не меншими 20 мм так, щоб рівень води був вищий за верх зразків на (20…100) мм. Тривалість витримування у воді 48±1 год, водостійких гіпсових зразків - 2 год. Насичені зразки виймають із води, обтирають вологою губкою або м'якою тканиною і зважують повторно. Масу води, яка витекла на шальку терезів, включають у масу зразка, насиченого водою. Водопоглинання зразка (*W*) у відсотках за масою обчислюють за формулою:

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

де $m_1$ – маса насиченого водою зразка, г; $m$ – маса висушеного зразка, г.

**Визначення водопоглинання в киплячій воді.** Зразки укладають в посудину з водою так як у попередньому досліді, нагрівають до температури кипіння води (приблизно протягом 1 год), кип'ятять 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.

**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. Після занурення і витримування зразка у воді протягом 5 хв його обережно обтирають та зважують. Водопоглинання за масою визначають за формулою

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

а за об'ємом за формулою:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V\rho_в} \cdot 100\% = W_m \cdot \rho_0 / \rho_в ,$$

де $V$ – об'єм зразка, см$^3$; $\rho_0$ – середня густина матеріалу, г/см$^3$; $\rho_в$ – середня густина води, г/см$^3$.

### Дослід 2.3. Визначення водостійкості

*Засоби випробування:* посудина з гратками для насичення зразків, гідравлічний прес.

Для виконання завдання частину зразків насичують водою протягом двох діб, інші зберігають у повітряно-сухому стані. Потім на гідравлічному пресі усі зразки випробовують на стиск,

Національний університет водного господарства та природокористування

визначають межі міцності насиченого водою зразка ($R_н$) та висушеного ($R_с$) і коефіцієнт розм'якшення за формулою:

$$K_р = \frac{R_н}{R_с}$$

**Дослід 2.4. Визначення водонепроникності**

*Засоби випробування:* прилад для визначення водонепроникності, зразки рулонних матеріалів.

Для зміни гідростатичного тиску використовують прилад (рис. 2.3), який працює за законом сполучених посудин. Зразок рулонного матеріалу поміщують в обойму приладу між гумовими 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, пергаміну – 0,05 МПа, поліетилену - більшою 0,5 МПа.

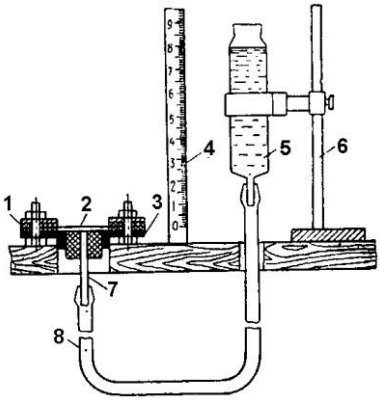


Рис. 2.3. Прилад для визначення водопроникності рулонних матеріалів:
1 – гумові прокладки; 2 – зразок; 3 – перфорований фланець з отвором ∅ 50 мм; 4 – лінійка; 5 – скляна посудина; 6 – штатив;
7 – скляна трубка;
8 – гумова трубка

Національний університет
водного господарства
та природокористування

# Л А Б О Р А Т О Р Н А  Р О Б О Т А  № 3

## ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВІТРЯНО-ГІДРАВЛІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ

### Д о с л і д  3 . 1 . Визначення нормальної густоти гіпсового тіста

*Засоби випробування:* віскозиметр Суттарда, лінійка, чаша, мірний циліндр, мішалка.

Для визначення нормальної густоти 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 (рис. 3.1).

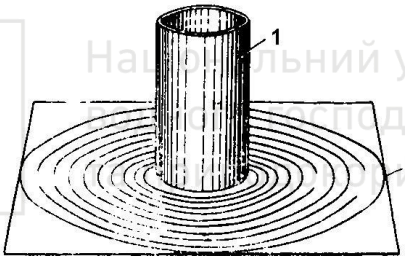


Рис. 3.1. Віскозиметр Суттарда:
1 – латунний циліндр; 2 - шкала

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

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

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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 консистенції тіста.

### Д о с л і д 3 . 2 . Визначення строків тужавлення гіпсового тіста

*Засоби випробування:* прилад Віка з голкою, чаша, мірний циліндр, секундомір, мішалка.

Для випробувань використовують прилад Віка (рис. 3.2). При визначені строків тужавлення кільце і пластинку приладу попередньо змащують машинним маслом.

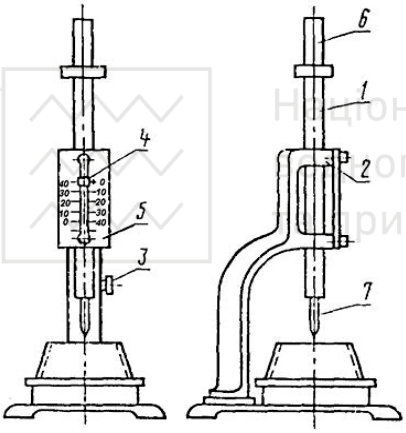


Рис. 3.2. Прилад Віка:
1 - циліндричний металевий стрижень;
2 - обойма станіни;
3 - стопорний пристрій;
4 - покажчик; 5 - шкала;
6 - товкач; 7 - голка

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 200 г, готують тісто нормальної густоти, відмічаючи момент всипання в'яжучого 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. Закріпляють стержень і через кожні 30 с вимірюють глибину занурення голки в тісто. Голку кожного разу опускають так, щоб вона потрапляла в інше місце. Час початку і кінця тужавлення визначають у хвилинах (табл. 3.1).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 3.1

Групи гіпсових в'яжучих за строками тужавлення

| Група | Початок тужавлення | Кінець тужавлення |
|---|---|---|
| швидкотужавіючі (А) | не менше 2 хв | не більше 15 хв |
| нормальнотужавіючі (Б) | не менше 6 хв | не більше 30 хв |
| повільнотужавіючі (В) | не менше 30 хв | не нормується |

**Д о с л і д 3 . 3 . Визначення марки будівельного гіпсу**

*Засоби випробування:* прилад МИИ-100, гідравлічний прес, форма для виготовлення зразків-балочок, чаша, мірний циліндр, терези, мішалка, лінійка.

Для виконання досліду формують три 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 заповняють 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 з форми і зберігають до випробувань. Через 2 год після виготовлення за допомогою приладу МИИ-100 (чи аналогічного) визначають межу міцності трьох балочок на згин, завантажуючи балочку по одноточковій схемі (відстань між опорами 100 мм). Одержані шість половинок використовують для визначення межі міцності на стиск на гідравлічному пресі. При цьому зразки розміщують між двома металевими пластинками таким чином, щоб бокові грані балочок, які при виготовленні прилягали до металевих стінок форми, знаходились на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої рівної грані балочки.

Межу міцності на згин окремих зразків визначають безпосередньо за показами приладу МИИ-100. За межу міцності на згин будівельного гіпсу приймають середнє арифметичне результатів випробувань трьох зразків.

Межа міцності на стиск (МПа) окремого зразка дорівнює

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$R_{cm} = 10 \cdot P / F ,$$

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

Межу міцності на стиск будівельного гіпсу визначають як середнє арифметичне результатів випробувань шести зразків, відкинувши найбільше і найменше значення. Марку гіпсу визначають, користуючись таблицею 3.2.

Таблиця 3.2

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-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 |

Національний університет
водного господарства
та природокористування

### Д о с л і д 3 . 4 . Виготовлення зразків для визначення марки цементу

*Засоби випробування:* мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, струшуючий столик і форма-конус, штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок, вібромайданчик, штангенциркуль, терези, мірний циліндр.

**Виготовлення цементного розчину.** Для 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 (В/Ц = 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

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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 (рис. 3.3) 30 разів протягом 30±5 с. Після цього штангенциркулем вимірюють діаметр конуса по нижній площині в двох взаємоперпендикулярних 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.

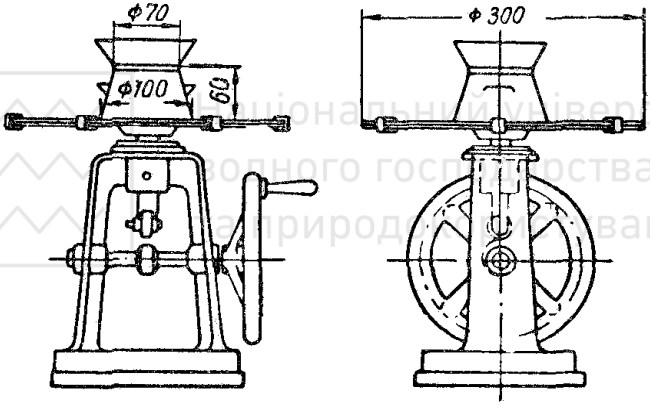


Рис. 3.3. Струшуючий стіл з формою-конусом для визначення нормальної консистенції цементно-піщаного розчину

**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

Національний університет водного господарства та природокористування

майданчик виключать. 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 $24 \pm 2$ 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 $20 \pm 2°C$. Загальний строк зберігання - 28 діб, після чого зразки випробовують.

**Визначення межі міцності на згин.** Випробування проводять на приладі МИИ-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. Випробовування зразків проводять відповідно до інструкції, яка додається до приладу і згідно вказівок викладача чи лаборанта.

Межу міцності на згин вираховують як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробувань трьох зразків.

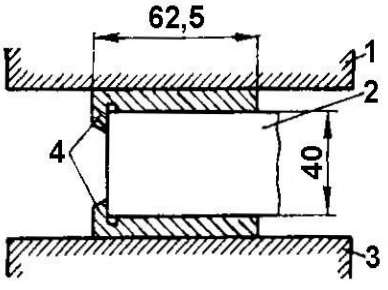


Рис. 3.4. Схема випробування зразків-балочок на стиск:
1 – верхня плита преса; 2 – половинка балочки; 3 – нижня плита преса; 4 – пластинки

**Визначення межі міцності на стиск.** На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі (рис. 3.4). Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які при виготовлені прилягали до стінок форми, знаходились на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа опирання зразків на пластини складає 25 $см^2$.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Для визначення межі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200…250 кН. Середня швидкість росту навантаження при проведенні випробувань повинна бути $2 \pm 0{,}5$ МПа. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування і визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

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

$$R_{cm} = 10 \cdot F / A,$$

де $F$ – руйнуюче навантаження, кН, $A$ – площа стиску, м$^2$.

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних напівбалочок. Результати досліду записують у робочий журнал. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу.

## Л А Б О Р А Т О Р Н А  Р О Б О Т А  № 4

## ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ БЕТОНУ ТА МАРКИ БЕТОНУ

### Д о с л і д  4 . 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 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 ( $a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$ ) у % і повні залишки - це сума залишків на даному і більш крупних ситах, що входять у комплект для просіювання ($A_i$) 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. 4.1). Криві просіювання будують за результатами досліду, відкладаючи у масштабі по осі абсцис

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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.

Критерієм крупності піску є модуль крупності, під яким розуміють суму повних залишків при просіюванні дрібного заповнювача на стандартних ситах, %, поділену на 100:

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

Піски поділяють на крупні ($M_{кр}$ = 3,5...2.5), середні ($M_{кр}$ = 2,5...2) та дрібні ($M_{кр}$ = 1,5...2).

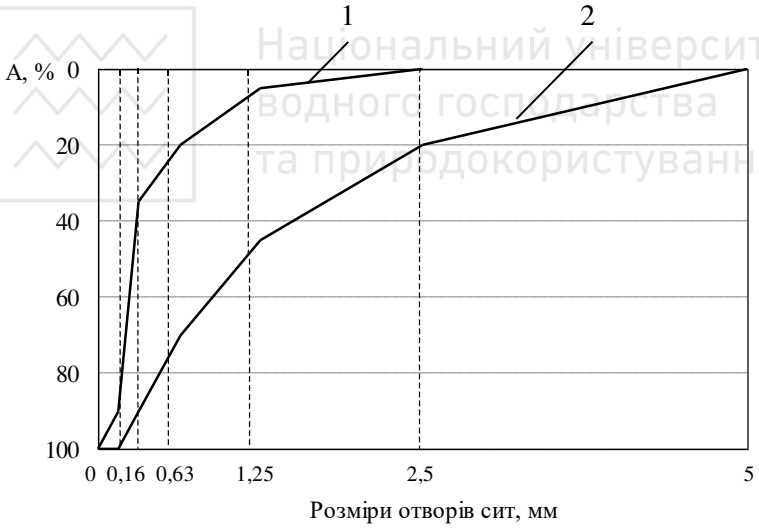


Рис. 4.1. Рекомендований зерновий склад пісків для бетону:
1- нижня межа допустимого зернового складу ($М_к$=1,5);
2 - верхня межа допустимого зернового складу ($М_к$=3,15)

Національний університет водного господарства та природокористування

### Д о с л і д 4.2. Визначення наявності у піску шкідливих домішок і їх впливу на пластичність розчину

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. Суть 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.

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 В/Ц=const (задає викладач);
- визначають на струшуючому столику пластичність розчину за розпливом конуса.

### Д о с л і д 4.3. Вибір оптимального співвідношення фракцій щебеню

Зерновий склад щебеню для забезпечення мінімальної порожнистості повинен знаходитись у області, вказаній у таблиці 4.1. Для забезпечення оптимального зернового складу крупний

Національний університет
водного господарства
та природокористування

заповнювач звичайно поділяють на окремі фракції, які потім змішують у рекомендованих співвідношеннях згідно таблиці 4.2.

Таблиця 4.1

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

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

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 4.2

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 | 5...40 | 60...75 | - | - | - |
| 40 | 5...25 | 20...35 | 40...65 | - | - |
| 70 | 0...20 | 15...25 | 20...35 | 35...55 | - |
| 120 | 5...10 | 10...20 | 15...25 | 20...30 | 30...40 |

Для бетону гідротехнічних споруд кількість відмулюваних 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 %.

Дослід проводять у наступній послідовності:

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

Національний університет водного господарства та природокористування

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

- за результатам просіювання визначають найбільшу ($D_{найб}$) і найменшу крупність ($D_{найм.}$) щебеню різних кар'єрів будують криві просіювання щебеню та область, встановлену стандартом;

- оптимальне співвідношення між фракціями щебеню встановлюють шляхом порівняння їх сумішей, 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 таблиці 3.

### Д о с л і д 4.4. Виготовлення зразків-кубів

*Засоби випробування:* форми-куби, лабораторний вібромайданчик.

З відкоригованого замісу бетонної суміші виготовляють серію зразків, яка складається з трьох кубів. Розміри зразків залежать від найбільшої крупності заповнювача (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3

Залежність розміру бетонних кубів від крупності щебеню

| $Д_{найб.}$, 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

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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 розпалубки – в спеціальній камері, де створюють вологість W>90% і температуру 20±2 ºС. При відсутності такої камери зразки після розпалубки 27 діб можна зберігати у вологій тирсі або у вологому піску.

**Д о с л і д 4 . 5 . Визначення межі міцності бетону на стиск**

*Засоби випробування:* гідравлічний прес, щупи, перевірочні лінійки, прилад для визначення неплощинності опорних поверхонь зразків.

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 $см^2$ .
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 г/$см^3$.

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса і прикладають навантаження, швидкість росту якого 0,6±0,2 МПа. Зразки доводять до повного руйнування. Межу 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 приводять до міцності

Національний університет
водного господарства
та природокористування

зразка стандартного розміру 200×200×200 мм для гідротехнічного бетону і 150×150×150 мм для звичайного важкого бетону, множачи на відповідний коефіцієнт. Для зразків розміром 100×100×100 мм перевідний коефіцієнт К=0,85 для гідротехнічного бетону і К=0,95 для важкого бетону.

Знаючи вік випробуваних зразків і їх межу міцності на стиск, можна орієнтовно знайти марку 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 ($n \geq 3$).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

## ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОННОЇ СУМІШІ ТА РОЗЧИНІВ

Національний університет
водного господарства
та природокористування

### Д о с л і д 5.1. Приготування бетонної суміші та визначення її рухливості

*Засоби випробування:* конус, металева лінійка, кельма, штиковка, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не менше 700х700 мм.

Для дослідного замісу зважують матеріали з розрахунку отримання 7 л бетонної суміші. Зважену кількість піску розмішують, добавляють необхідну кількість цементу та перемішують до отримання однорідної суміші. Потім добавляють 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.

Рухливість бетонної суміші характеризується величиною осадки конуса (рис. 5.1), 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

Національний університет водного господарства та природокористування

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.

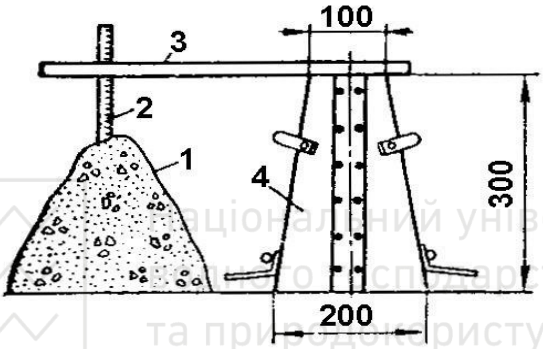


Рис. 5.1. Визначення осадки конусу бетонної суміші:
1 – конус бетонної суміші; 2 – лінійка з поділками;
3 – металева лінійка; 4 – форма-конус

Якщо рухливість бетонної суміші буде меншою за необхідну, то замість 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.

**Д о с л і д 5 . 2 . Визначення жорсткості бетонної суміші**

*Засоби випробування:* прилад для визначення жорсткості, лабораторний вібромайданчик, конус, металева лінійка, кельма, штиковка, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не менше 700х700 мм.

Національний університет водного господарства та природокористування

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.

**Д о с л і д 5 . 3 . Визначення рухливості розчинної суміші**

*Засоби випробування:* прилад для визначення рухливості (рис.5.2), частина якого занурюється в розчин і закінчується еталонним конусом із масою 300±2 г, ємності для зберігання проби (не допускаються вироби з алюмінію або оцинкованої сталі).

Рухливість свіжопідготовленого розчину характеризує його здатністю розтікатися під дією власної ваги. Вона визначається глибиною занурення еталонного конуса в розчин. Об’єм проби повинний бути не меншим 3 л.

Залежно від рухливості розчинні суміші поділяються на марки згідно таблиці 5.1.

Для дослідження свіжопідготовлений розчин перемішують, наповняють ємність, приблизно на 1 см нижче її країв, ущільнюють 25 разів шляхом штикування сталевим стержнем діаметром 10-12 мм і струшують ємність 5-6 разів легким постукуванням об стіл.

Прилад для визначення рухливості встановлюють на горизонтальній поверхні (столі) і перевіряють свободу ковзання стержня конусу в тримачі. Вістря конусу приводять у положення зіткнення з поверхнею розчину в ємності, закріплюють стержень конусу пусковим гвинтом і записують перший відлік по шкалі. Потім відпускають пусковий гвинт, надаючи конусу можливість

Національний університет водного господарства та природокористування

вільно занурюватися в розчин, і по закінченні занурення конуса записують другий відлік по шкалі. Глибина занурення конуса в розчин, см, визначається як різниця між другим і першим відліком.

Таблиця 5.1.

Марки розчинної суміші за рухливістю

| Марка розчинної суміші за рухливістю | Рухливість, см | Призначення розчинної суміші |
|---|---|---|
| П4 | Від 1 до 4 включно | Бутова кладка, ущільнена вібруванням |
| П8 | Вище 4 до 8 включно | Бутова кладка звичайна з порожнистої цегли і каменів, монтаж стін з крупних блоків і панелей, розшивання горизонтальних і вертикальних швів в стінах з панелей і блоків, облицювальні роботи |
| П12 | Вище 8 до 12 включно | Кладка із звичайної цегли і різного виду каменів, штукатурні і облицювальні роботи |
| П14 | Вище 12 до 14 включно | Заповнення порожнин в бутовій кладці |

Національний університет водного господарства та природокористування

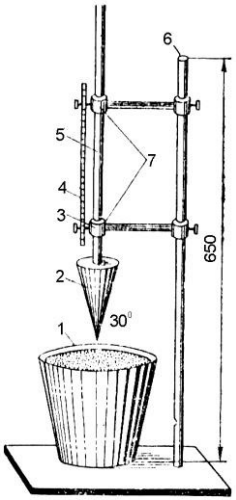


Рис. 5.2. Прилад для визначення рухливості розчинної суміші (конус СтройЦНИЛа):
1 – посудина для розчинної суміші; 2 – конус; 3 – затискний гвинт; 4 – шкала; 5 – ковзаючий стержень; 6 – стійка; 7 – тримачі

Національний університет
водного господарства
та природокористування

## Дослід 5.4. Визначення розшаровуваності

*Засоби випробування:* прилад для визначення розшарування (рис. 5.3.), лабораторний вібромайданчик, прилад для визначення рухливості, ємності для зберігання розчинної суміші.

Розшаровуваність розчинної суміші повинна бути не більшою 10%. Її визначають за допомогою приладу, який представляє собою циліндричну сталеву форму, що складається з трьох частин однакової висоти: двох кілець і циліндру (з дном і фланцями), зібраних на гумових прокладках і стягнутих двома тягами.

Форму заповнюють свіжоприготовленим розчином в один прийом врівень з краями, закривають кришкою, потім піддають вібрації на вібромайданчику протягом 30 с., після чого кришку знімають. Амплітуда коливань вібромайданчику в завантаженому стані повинна бути 0,35...0,5 мм, а частота – 2800...3000 коливань за хвилину.

Після вібрування розчин, який знаходиться у верхньому кільці та циліндрі викладають в окремі ємності. Розчин, який знаходиться в нижньому кільці, для дослідів не використовують. Потім з кожної ємності, після ретельного перемішування протягом 30 с беруть пробу для визначення рухливості розчину.

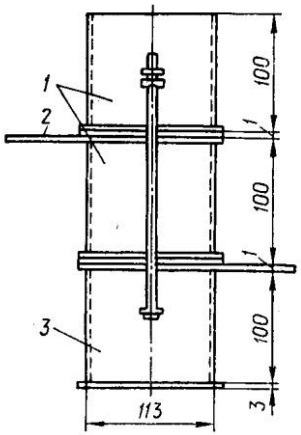


Рис. 5.3. Прилад для визначення розшарування розчинної суміші:
1 – форми-кільця; 2 – платформи для зсування форм-кілець з розчином; 3 – форма-циліндр

Національний університет
водного господарства
та природокористування

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

## ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ ВАЖКОГО БЕТОНУ

### Розрахунково-експериментальний метод визначення складу важкого бетону нормального твердіння

Для розрахунку складу важкого бетону необхідно мати наступні дані: задану середню міцність бетону на стиск (марку бетону) $R_б$, необхідну легкоукладальність бетонної суміші, яку характеризують осадкою конуса (*ОК*, см), або жорсткістю (*Ж*, с), а також характеристику вихідних матеріалів: вид і активність цементу $R_ц$, насипну густину складових $\rho_{нц}$, $\rho_{нп}$, $\rho_{нщ}$ (кг/м$^3$) та їх дійсну густину $\rho_ц$, $\rho_п$, $\rho_щ$ (кг/м$^3$), 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 водоцементне відношення, витрату води, витрату цементу, після чого визначають витрату крупного та дрібного заповнювачів на 1 м$^3$ бетонної суміші.

Водоцементне відношення (*В/Ц*) обчислюють, виходячи з вимог до міцності бетону і з урахуванням активності цементу, виду та якості складових за наступними формулами:

- для бетонів з водоцементним відношенням *В/Ц > 0.4*

$$R_б = A \cdot R_ц \cdot (Ц/В - 0{,}5);$$

- для бетонів з водоцементним відношенням *В/Ц < 0.4*

$$R_б = A_1 \cdot R_ц \cdot (Ц/В + 0{,}5).$$

де $R_б$ - міцність бетону, МПа; $R_ц$ – активність цементу, МПа;

$A$, $A_1$ - коефіцієнти, які враховують якість матеріалів (табл. 6.1.)

Таблиця 6.1

Коефіцієнти, які враховують якість матеріалів для бетону

| Якість заповнювачів і цементу | А | $А_1$ |
|---|---|---|
| Висока | 0.65 | 0.43 |
| Рядова | 0.6 | 0.4 |
| Понижена | 0.55 | 0.37 |

До високоякісних матеріалів відносять щебінь зі щільних гірських порід високої міцності, пісок оптимальної крупності і

Національний університет
водного господарства
та природокористування

портландцемент високої активності без добавок або з мінімальною кількістю гідравлічної добавки в його складі, заповнювачі повинні бути чисті і фракційні. до рядових матеріалів відносять заповнювачі середньої якості, у тому числі гравій, портландцемент середньої активності, або високомарочний шлакопортландцемент.

До матеріалів пониженої якості відносять крупні заповнювачі низької міцності і дрібні піски, цементи низької активності.

Після розв'язання відносно *В/Ц* наведені вище формули матимуть вигляд

$$В/Ц = \frac{A \cdot R_ц}{R_б + 0{,}5 \cdot A \cdot R_ц} > 0{,}4;$$

$$В/Ц = \frac{A_1 \cdot R_ц}{R_б + 0{,}5 \cdot A_1 \cdot R_ц} \le 0{,}4.$$

Витрату води (водопотребу бетонної суміші), л/м$^3$, орієнтовно визначають, виходячи з даної легкоукладальності бетонної суміші за таблицею 6.2, яка складена з урахуванням виду та крупності зерен заповнювача.

Витрату цементу на 1м$^3$ бетонної суміші обчислюють за вже відомими водоцементним відношенням та витратою води

$$Ц = \frac{В}{В/Ц}.$$

Витрату заповнювачів (піску, щебеню або гравію), кг/м$^3$ бетону обчислюють, виходячи з двох умов:

1. Сума абсолютних об'ємів всіх компонентів ущільненої бетонної суміші дорівнює 1 м$^3$:

$$Ц/\rho_ц + В/\rho_в + П/\rho_п + Щ(Г)/\rho_{щ(г)} = 1,$$

де $Ц, В, П, Щ(Г)$ – витрата цементу, води, піску і щебеню (гравію), кг/м$^3$, $\rho_ц, \rho_в, \rho_п, \rho_{щ(г)}$ – дійсна густина цих матеріалів, кг/м$^3$; $Ц/\rho_ц$, $В/\rho_в$, $П/\rho_п$, $Щ(Г)/\rho_{щ(г)}$ – абсолютні об'єми матеріалів, м$^3$.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 6.2

Орієнтовна витрата води на 1м$^3$ бетонної суміші *

| Марка суміші | Жорсткість за ГОСТ 1 0181.1-81, с | Рухливість, см | Витрата води, л$^3$/м при крупності, мм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Гравію | | | | Щебеню | | | |
| | | | 10 | 20 | 40 | 70 | 10 | 20 | 40 | 70 |
| $Ж_0$ | ≥31 | — | 50 | 35 | 25 | 20 | 20 | 60 | 50 | 35 |
| $Ж_1$ | 30…21 | — | 60 | 45 | 30 | 25 | 70 | 65 | 60 | 40 |
| $Ж_2$ | 20…11 | — | 65 | 50 | 35 | 30 | 75 | 65 | 50 | 55 |
| $Ж_3$ | 10…5 | — | 75 | 60 | 45 | 40 | 85 | 75 | 60 | 55 |
| $П_1$ | — | 1…4 | 90 | 75 | 60 | 55 | 00 | 90 | 75 | 70 |
| $П_2$ | — | 5…9 | 00 | 85 | 70 | 65 | 10 | 00 | 85 | 80 |
| $П_3$ | — | 10…15 | 15 | 05 | 90 | 80 | 25 | 15 | 00 | 90 |
| $П_4$ | — | 12…16 | 25 | 20 | 05 | 95 | 35 | 30 | 15 | 05 |

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Примітка: * – суміші на цементі з нормальною густиною тіста 26…28% та піску з $М_{кр}$=2. При зміні нормальної густини цементного тіста на кожний відсоток в меншу сторону витрату води треба зменшувати на 3…5 л/м$^3$, у більшу - збільшувати на те ж значення. У випадку зміни модуля крупності піску у меншу сторону на кожні 0,5 його значення необхідно збільшувати, а в більшу сторону - зменшувати витрату води на 3…5 л/м$^3$.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 6.3

Значення поправочного коефіцієнта $К_п$ до водовмісту бетонних сумішей при застосуванні пластифікуючих добавок

| Рухливість бетонної суміші, см | Цементно-водне відношення | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 |
| 1…4 | 0,95/0.90 | 0,93/0.87 | 0,91/0.85 | 0,90/0.83 |
| 5…9 | 0,94/0.89 | 0,92/0.86 | 0,90/0.84 | 0,88/0.82 |
| 10…15 | 0,92/0.87 | 0,90/0.80 | 0,88/0.81 | 0,87/0.79 |
| 12…16 | 0,91/0.85 | 0,89/0.81 | 0,87/0.79 | 0,85/0.78 |

П р и м і т к а : У чисельнику наведенні значення $К_п$ при використанні добавки ЛСТ 0,25% від витрати цементу, а в знаменнику - добавки С-3 у кількості 0,7%.

2. Цементно-піщаний розчин заповнює пустоти у крупному заповнювачі з деяким розсуванням зерен, тобто

$$Ц / \rho_ц + В / \rho_в + П / \rho_п = \alpha \cdot V_{П.Щ(Г)} \cdot \frac{Щ(Г)}{\rho_{нщ(г)}},$$

де $V_{П.Щ(Г)}$ – пустотність щебеню (гравію) у пухконасипаному стані, виражена в долях одиниці; $\alpha$ – коефіцієнт розсуву зерен щебеню (гравію), який приймається за таблицею 6.4.

Таблиця 6.4

Значення коефіцієнта $\alpha$ для пластичних бетонних сумішей

| Витрата цементу, кг/м$^3$ | Коефіцієнт $\alpha$ при В/Ц, рівному | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 250 | — | — | 1,26 | 1,32 | 1,38 |
| 300 | — | 1,3 | 1,36 | 1,42 | — |
| 350 | 1,32 | 1,38 | 1,44 | — | — |
| 400 | 1,4 | 1,46 | — | — | — |

П р и м і т к и : 1. При інших значеннях Ц і В/Ц коефіцієнт $\alpha$ знаходять інтерполяцією. 2.Значення коефіцієнта $\alpha$ наведені при водопотребі піску 7%. Якщо водопотреба використаного дрібного піску більша 7%, коефіцієнт $\alpha$ зменшують на 0,03 на кожний відсоток збільшення водопотреби піску; якщо водопотреба крупного піску менша 7%, коефіцієнт $\alpha$ збільшують на 0,03 на кожний відсоток зменшення водопотреби піску.

Національний університет водного господарства та природокористування

Розв'язавши спільно ці дві рівності, отримаємо вираз для визначення витрати щебеню (гравію), у кг на 1 м$^3$ бетонної суміші:

$$Щ(Г) = \frac{1}{\alpha \cdot V_{ПЩ(Г)} / \rho_{нщ(г)} + 1 / \rho_{щ(г)}}.$$

Після визначення витрати щебеню (гравію) розраховують витрату піску, кг/м$^3$, як різницю між проектним об'ємом бетонної суміші та сумою абсолютних об'ємів цементу, води та крупного заповнювача:

$$П = \left[1 - \left(Ц / \rho_ц + В / \rho_в + Щ(Г) / \rho_{щ(г)}\right)\right] \cdot \rho_п .$$

Визначивши витрату компонентів *Ц, В, П, Щ(Г)* на 1 м$^3$ бетонної суміші, обчислюють її розрахункову густину $\rho_{см} = Ц + В + П + Щ(Г)$, кг/м$^3$, та коефіцієнт виходу бетону діленням об'єму бетонної суміші в ущільненому стані (1м$^3$) на суму об'ємів сухих складових, витрачених на її виготовлення:

$$\beta = \frac{1}{V_ц + V_п + V_{щ(г)}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{нц}} + \frac{П}{\rho_{нп}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{нщ(г)}}},$$

де $V_ц + V_п + V_{щ(г)}$ – об'єм сухих складових, витрачених на виготовлення 1 м$^3$ бетонної суміші, м$^3$; $\rho_{нц}$, $\rho_{нп}$, $\rho_{нщ(г)}$ – насипна густина сухих матеріалів, кг/м$^3$. Для важких бетонів значення коефіцієнта виходу як правило знаходиться у проміжку 0,6…0,75.

При визначенні виробничого складу враховують вологість заповнювачів і коригують їх витрату, а також витрату води на 1 м$^3$ бетонної суміші. При вологості піску $W_п$ і щебеню $W_щ$(%) відкориговані витрати заповнювачів $П_В$, $Щ_В$ і води $В_В$ (кг/м$^3$) дорівнюватимуть:

$$П_В = П\left(1 + W_П / 100\right),$$

$$Щ_В = Щ\left(1 + W_Щ / 100\right),$$

$$В_В = В - П \cdot W_П / 100 - Щ \cdot W_Щ / 100$$

Національний університет водного господарства та природокористування

Дозування складових бетонної суміші (кг) на один заміс бетонозмішувача з корисним об'ємом барабана $V_{б.сум.}$(л) виконують з урахуванням коефіцієнта виходу бетону за формулами:

$$Ц_д = \beta \cdot Ц \cdot V_{б.сум.} / 1000,$$

$$В_д = \beta \cdot В \cdot V_{б.сум.} / 1000,$$

$$П_д = \beta \cdot П \cdot V_{б.сум.} / 1000,$$

$$Щ(Г)_д = \beta \cdot Щ(Г) \cdot V_{б.сум.} / 1000$$

**П р и к л а д 1 .** Підібрати склад важкого бетону класу В20 ($R_б$=30 МПа для бетонування монолітних балок та колон середнього перерізу (рухливість бетонної суміші ОК=2...4 см) і розрахувати витрату матеріалів на заміс в бетонозмішувачі з корисним об'ємом барабана 1200 л.

Характеристика вихідних матеріалів: портландцемент активністю $R_ц$=46 МПа, насипна густина сухих складових $\rho_{нц}$=1200 кг/м$^3$; $\rho_{нп}$=1500 кг/м$^3$; $\rho_{нщ}$=1600 кг/м$^3$; їх дійсна густина $\rho_ц$=3100 кг/м$^3$; $\rho_п$=2600 кг/м$^3$; $\rho_щ$=2700 кг/м$^3$; пустотність гранітного фракційованого щебеню $V_{п.щ}$=0,41; найбільша крупність зерен щебеню 40 мм; вологість крупного кварцового піску $W_п$=4%; вологість щебеню $W_щ$=1%.

Водоцементне відношення обчислюємо за формулою

$$В/Ц = \frac{A \cdot R_ц}{R_б + 0{,}5 \cdot A \cdot R_ц} = \frac{0{,}65 \cdot 46}{30 + 0{,}5 \cdot 0{,}65 \cdot 46} = 0{,}67$$

Значення коефіцієнта А=0,65 вибране за таблицею 6.1. як для високоякісних матеріалів.

Витрату води на 1 м$^3$ бетонної суміші визначають за таблицею 6.2., враховуючи задану осадку конуса бетонної суміші ОК=2…4 см. Для отримання такої рухливості бетонної суміші з використанням в якості крупного заповнювача щебеню з найбільшою крупністю зерен 40 мм витрата води повинна складати 175 л/м$^3$.

Витрату цементу за формулою

$$Ц = \frac{В}{В/Ц} = \frac{175}{0{,}67} = 261 \ кг/м^3$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Витрата щебеню в сухому стані за формулою

$$ЩГ = \frac{1}{\alpha \cdot V_{ПЩ(Г)} / \rho_{нщ(г)} + 1 / \rho_{щ(г)}} =$$

$$= \frac{1}{1{,}3 \cdot 0{,}41/1600 + 1/2700} = 1422 \ кг/м^3$$

Значення коефіцієнта розсуву зерен $\alpha$=1,3 вибране за табл. 6.4.

Витрата піску в сухому стані становить

$$П = \left[1 - \left(Ц / \rho_ц + В / \rho_в + Щ(Г) / \rho_{щ(г)}\right)\right] \cdot \rho_п =$$

$$= \left[1 - \left(260/3100 + 175/1000 + 1422/2700\right)\right] \cdot 2600 = 566 \ кг/м^3$$

В результаті виконаних розрахунків отримали наступний номінальний (лабораторний) склад бетону, кг/м$^3$:

Цемент ..... 261
Вода ..... 175
Пісок ..... 556
Щебінь ..... 1422
Всього: ..... 2414

Отримана сума витрат компонентів є розрахунковою щільністю (густиною) бетонної суміші, тобто $\rho_{б.см.}$ = 2414 кг/м$^3$.

Коефіцієнт виходу бетону обчислюють за формулою

$$\beta = \frac{1}{V_ц + V_п + V_{щ(г)}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{нц}} + \frac{П}{\rho_{нп}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{нщ(г)}}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{261}{1200} + \frac{566}{1500} + \frac{1422}{1600}} = 0{,}67$$

Перейдемо до виробничого складу бетону з урахуванням фактичної вологості заповнювачів. Витрата цементу залишиться незмінною, а витрату інших компонентів відкоригуємо за формулами

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$П_В = П\left(1 + W_П / 100\right) = 556\left(1 + 4/100\right) = 578 \ кг/м^3,$$

$$Щ_В = Щ\left(1 + W_Щ / 100\right) = 1422\left(1 + 1/100\right) = 1436 \ кг/м^3,$$

$$B_B = B - П \cdot W_П / 100 - Щ \cdot W_Щ / 100 =$$

$$= 175 - 556 \cdot 4/100 - 1422 \cdot 1/100 = 139 \ кг/м^3$$

Остаточний виробничий склад бетону, кг/м$^3$:

Цемент ..... 261
Вода ..... 139
Пісок ..... 578
Щебінь ..... 1436
Всього: ..... 2414

Дозування компонентів на заміс бетонозмішувача виконаємо за формулами (5.12):

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$Ц_д = \beta \cdot Ц \cdot V_{б.сум.} / 1000 = 0{,}67 \cdot 261 \cdot 1200/1000 = 210 \ кг,$$

$$B_д = \beta \cdot B \cdot V_{б.сум.} / 1000 = 0{,}67 \cdot 139 \cdot 1200/1000 = 112 \ кг,$$

$$П_д = \beta \cdot П \cdot V_{б.сум.} / 1000 = 0{,}67 \cdot 578 \cdot 1200/1000 = 465 \ кг,$$

$$Щ(Г)_д = \beta \cdot Щ(Г) \cdot V_{б.сум.} / 1000 = 0{,}67 \cdot 1436 \cdot 1200/1000 = 1155 \ кг$$

## Л А Б О Р А Т О Р Н А  Р О Б О Т А  № 7

## ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ТА ЇЇ МАРКИ

### Д о с л і д 1. Оцінка якості цегли по зовнішньому огляду і обміру

*Засоби випробування:* металева лінійка і кутник, штангенциркуль, еталонна цеглина.

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

Національний університет водного господарства та природокористування

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.

Класифікація виробів залежно від розмірів наведена в табл 7.1.

Таблиця 7.1

Класифікація стінової кераміки за розмірами

| № | Тип виробу | Номінальні розміри, мм за | | | Коефіцієнт перерахунку на умовну цеглу |
|---|---|---|---|---|---|
| | | довжиною | шириною | товщиною | |
| 1 | Цегла звичайних розмірів (умовна) | 250 | 120 | 65 | 1,00 |
| 2 | Цегла потовщена | 250 | 120 | 88 | 1,35 |
| 3 | Цегла модульних розмірів | 288 | 138 | 63 | 1,28 |
| 4 | Цегла модульних розмірів потовщена | 288 | 138 | 88 | 1,79 |
| 5 | Цегла потовщена з горизонтальним розташуванням пустот | 250 | 120 | 88 | 1,35 |
| 6 | Камінь звичайних розмірів | 250 | 120 | 138 | 2,12 |
| 7 | Камінь модульних розмірів | 288 | 138 | 138 | 2,81 |
| 8 | Камінь модульних розмірів укрупнений | 288 | 288 | 88 | 3,74 |
| 9 | Камінь укрупнений | 250 | 250 | 138 | 4,42 |
| 10 | Камінь укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот | 250 | 250 | 120 | 3,85 |

П р и м і т к а : Визначення середньої густини і теплопровідності проводять на виробах, які висушені до постійної маси.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Приклади умовних позначень виробів:

1. Цегла керамічна рядова повнотіла марка за міцністю 100, густиною 1650 кГ/м$^3$, марка за морозостійкістю F-15:

**Цегла КРПр – 1/100/1650/15 ДСТУ Б В.2.7-61-97**

2. Цегла керамічна рядова порожниста марка за міцністю 150, густиною 1480 кГ/м$^3$, марка за морозостійкістю F-15:

**Цегла КРПр – 1/150/1480/15 ДСТУ Б В.2.7-61-97**

3. Камінь керамічний рядовий порожнистий марка за міцністю 100, густиною 1460 кГ/м$^3$, марка за морозостійкістю F-15:

**Камінь КР – 6/100/1460/15 ДСТУ Б В.2.7-61-97**

4. Камінь керамічний рядовий ефективний укрупнений порожнистий з горизонтальним розташуванням пустот марка за міцністю 50, густиною 1390 кГ/м$^3$, марка за морозостійкістю F-15:

**Камінь КР – 10/50/1390/15 ДСТУ Б В.2.7-61-97**

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.2.7-61-97.

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.

Національний університет водного господарства та природокористування

Відхилення від номінальних розмірів і показників зовнішнього вигляду виробів не повинні перевищувати на одному виробі величин зазначених в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2

Вимоги ДСТУ Б В.2.7-61-97 до зовнішнього вигляду стінової кераміки

| Найменування показників | Значення відхилень | | |
|---|---|---|---|
| | для рядових виробів та нелицьових поверхонь лицьових виробів | | Для лицьових поверхонь лицьових виробів |
| | для виробів пластичного формування із лесів, трепелів, діатомітів | для виробів пластичного формування і напівсухого пресування | |
| 1. Відхилення від розмірів, мм не більше: | | | |
| за довжиною | ±7 | ±5 | ±5 |
| за шириною | ±5 | ±4 | ±3 |
| за товщиною – для цегли | ±3 | | +3<br>-2 |
| за товщиною – для каменя | ±4 | | |
| 2. Відхилення від прямолінійності ребер і площинності граней, мм, не більше: | | | |
| за постелею | 4 | 3 | — |
| за ложком | 6 | 4 | 3 |
| за поперечиком | Не нормується | | 2 |
| 3. Неперпендикулярність граней і ребер, що віднесена до довжини 120 мм, мм, не більше | Не нормується | | 2 |
| 4. Відбитості кутів завглибшки від 10 до 15 мм, шт., не більше | 2 | | Не допускаються |

Національний університет водного господарства та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

продовження табл.7.2

| | | |
|---|---|---|
| 5 .Відбитості і притупленості ребер завглибшки не більше 10 мм і завдовжки від 10 до 15 мм, шт., не більше | 2 | Не допускаються |

Водопоглинання рядових виробів, висушених до постійної маси, повинно бути для повнотілої цегли не меншим 8% за масою, порожнистих виробів – не меншим 6% за масою. Водопоглинання лицьових виробів повинно бути не меншим 6% за масою.

**Д о с л і д 2 . Визначення марки цегли**

*Засоби випробування:* прес гідравлічний, пристрій для розколювання цегли на половинки, гумові прокладки, металева лінійка.

Марку цегли за міцністю встановлюють за значенням границь міцності на стиск і згин, каменю – тільки на стиск відповідно до таблиці 9.4.

Схеми випробувань цегли зображені на рис. 7.1. Випробовують по 5 шт. зразків на стиск і на згин. Середнє значення межі міцності визначають як середнє арифметичне. Також записують мінімальний результат випробувань. Результати досліду порівнюють з вимогами ДСТУ Б В.2.7-61-97.

Рис. 7.1. Визначення межі міцності цегли на згин та стиск:
1 – цеглина (половинка цеглини), 2 – прокладки, 3 – пластини преса

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 7.3

Класифікація керамічних виробів за міцністю (маркою)

| Марка виробу | Границя міцності, МПа (кгс/см$^2$) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | на стиск для всіх видів виробів | | на згин для | | | | | |
| | | | повнотілої цегли пластичного формування | | цегли напівсухого пресування і порожнистої цегли | | Потовщеної цегли | |
| | середній для 5 зразків | найменший для окремого зразка | середній для 5 зразків | найменший для окремого зразка | середній для 5 зразків | найменший для окремого зразка | середній для 5 зразків | найменший для окремого зразка |
| 300 | 30,0 (300) | 25,0 (250) | 4,4(44) | 2,2(22) | 3,4(34) | 1,7(17) | 2,9(29) | 1,5(15) |
| 250 | 25,0 (250) | 20,0 (200) | 3,9(39) | 2,0(20) | 2,9(29) | 1,5(15) | 2,5(25) | 1,3(13) |
| 200 | 20,0 (200) | 17,5 (175) | 3,4(34) | 1,7(17) | 2,5(25) | 1,3(13) | 2,3(23) | 1,1(11) |
| 175 | 17,5 (175) | 15,0 (150) | 3,1(31) | 1,5(15) | 2,3(23) | 1,1(11) | 2,1(21) | 1,0(10) |
| 150 | 15,0 (150) | 12,5 (125) | 2,8(28) | 1,4(14) | 2,1(21) | 1,0(10) | 1,8(18) | 0,9(9) |
| 125 | 12,5(125 ) | 10,0 (100) | 2,5(25) | 1,2(12) | 1,9(19) | 0,9(9) | 1,6(16) | 0,8(8) |
| 100 | 10,0 (100) | 7,5(75) | 2,2(22) | 1,1(11) | 1,6(16) | 0,8(8) | 1,4(14) | 0,7(7) |
| 75 | 7,5(75) | 5,0(50) | 1,8(18) | 0,9(9) | 1,4(14) | 0,7(7) | 1,2(12) | 0,6(6) |
| Для цегли і каменів з горизонтальним розташуванням пустот | | | | | | | | |
| 100 | 10,0 (100) | 7,5(75) | — | — | — | — | — | — |
| 75 | 7,5(75) | 5,0(50) | | | | | | |
| 50 | 5,0(50) | 3,5(35) | | | | | | |
| 35* | 3,5(35) | 2,5(25) | | | | | | |
| 25* | 2,5(25) | 1,5(15) | | | | | | |

Національний університет водного господарства та природокористування

# Л А Б О Р А Т О Р Н А  Р О Б О Т А  № 8

## ВЛАСТИВОСТІ НАФТОВИХ БІТУМІВ

### Д о с л і д  1 .  Визначення якості (марки) бітуму

*Засоби випробування:* прилад дуктилометр (рис.8.1), прилад "кільце та куля" (рис.8.2), пенетрометр з голкою (рис.8.3), чаша металева циліндрична з плоским дном внутрішнім діаметром 55±2 мм, висотою 60±2 мм, плоскодонна скляна або металева посудина ємністю не менше 1 л та висотою не менше 15 мм над рівнем чашки, ртутний скляний термометр, водяна баня, ніж для зрізання бітуму, латунні форми для бітуму – "вісімки", тальк, гліцерин, металева чаша, електроплита, скляна пластинка 150·150 мм.

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

**Визначення деформативності.** Деформативність бітумів визначають на приладі дуктилометрі (рис. 7.1.), 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 ºС їх переносять в дуктилометр, закріплюють, видаляють бокові частини форми і розтягують. Вода в ванні дуктилометра на протязі всього часу випробування повинна мати температуру 25 ºС і цілком покривати зразок. Зразки поступово витягуються в нитку, а потім рвуться. В момент розриву відмічають видовження зразка на шкалі в см.

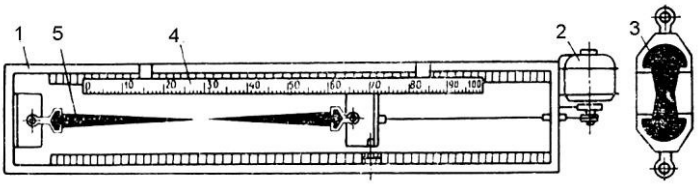


Рис. 8.1. Дуктилометр:
1 – ємність; 2 – електродвигун; 3 – форма, заповнена бітумом;
4 – лінійка; 5 – нитка бітумного зразка в момент розриву

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

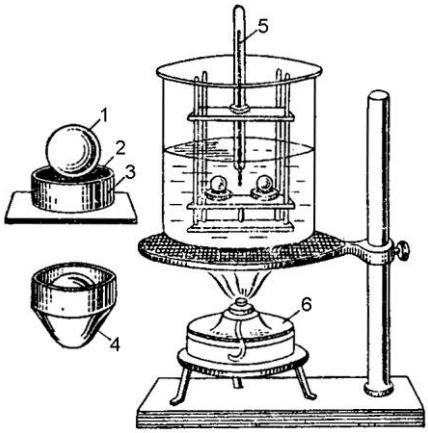


Рис. 8.2. Прилад “кільце та куля:
1 – куля; 2 – бітум;
3 – кільце; 4 – бітум,
видавлений з кільця;
5 – термометр; 6 – спиртівка.

**Визначення температури розм’якшення.** Температуру розм’якшення визначають на приладі “Кільце та куля” (рис. 7.2.), 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 ºС. 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 ºС/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 ºС. В протилежному випадку випробування необхідно повторити.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

**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 (рис. 7.3.).

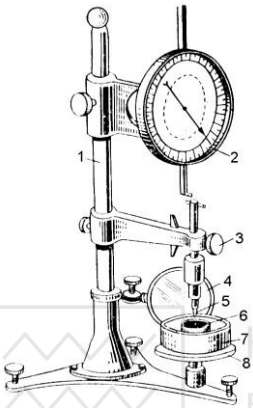


Рис. 8.3. Пенетрометр:
1 – штатив; 2 – диск з циферблатом;
3 – затискний пристрій; 4 – дзеркало;
5 – голка; 6 – бітум, що досліджується;
7 – посуд з водою; 8 – столик

Національний університет
водного господарства
та природокористування

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 натискують 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. 8.1.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 8.1

Фізико-механічні властивості нафтових бітумів

| Марка бітуму | Глибина проникнення голки при 25 $^0$С, 0,1 мм | Розтягуваність при 25 $^0$С, см не менше | Температура | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Розм'якшення, $^0$С не менше | Спалаху, $^0$С не нижче |
| 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 нормується | 40-50 | 240 |
| БНК-90/40 | 35-45 | | 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-60/90 | 61-90 | 50 | 47 | 220 |
| БНД-40/60 | 40-60 | 40 | 51 | 220 |

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

## Рекомендована література

1. Дворкін Л. Й., Гарніцький Ю.В., Шестаков В.Л., Дворкін О.Л., Ніхаєва Л. І. Будівельне матеріалознавство. Курс лекцій і практикум. Рівне : УДУВГП, 2002. 366 с.
2. Дворкін Л. Й., Бордюженко О.М. Будівельне матеріалознавство. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2006. 178 с.
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Бордюженко О. М. Довідник з будівельного матеріалознавства. Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2011. 438 с.
4. Будівельні матеріали / П. В.Кривенко, В. Б.Барановський, М. П.Безсмертний та ін., за ред. П. В.Кривенка. Київ : Вища шк., 1993.
5. Дворкин Л. И. Строительные материалы и детали. Практикум. Київ : Вища шк., 1988.
6. Дворкин Л. И. Строительные материалы для энергетических сооружений. М. : Энергоатомиздат, 1989.
7. Общий курс строительных материалов / И. А. Рыбьев, Г. И. Арефьева, Н. С. Бескаков и др. Под ред. И. А. Рыбьева. М. : Высш. шк., 1987.
8. Примеры и задачи по строительным материалам / Скрамтаев Б. Г., Буров В. Д., Панфилова Н. И., Шубенкин П. Ф. М. : Высш. шк., 1970. 232 с.
9. Чехов А. П. Строительные материалы. Лабораторные занятия. Київ : Вища шк. Головное изд–во, 1974. 176 с.
10. Шихненко И. В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона. Київ : Будівельник, 1989. 296 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування