

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ
ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
для підготовки бакалаврів з комп'ютерних наук
за спеціальністю 7.0925.01 “Автоматизоване
управління технологічними процесами”

Київ 2007

ББК38.6

В52

Укладачі: В. І. Гоц, кандидат технічних наук, професор
В. П. Азутов, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент О. А. Волянський, кандидат технічних наук,
професор

Відповідальний за випуск В. І. Гоц, завідувач кафедри,
кандидат технічних наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри «Технології
будівельних конструкцій і виробів», протокол № 9 від
25 квітня 2007 року.*

Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації:
В52 Методичні рекомендації до виконання лабораторних
робіт /Уклад.: В. І. Гоц, В. П. Азутов. – К.: КНУБА, 2007. –
44 с.

Розглянуто зміст і порядок виконання лабораторних
робіт.

Призначено для студентів спеціальності 7.092501
“Автоматизоване управління технологічними процесами”.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
<i>Лабораторна робота №1. Визначення фізико-механічних властивостей сировинних матеріалів.....</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторна робота №2. Визначення активності мінеральних в'язучих</i>	<i>12</i>
<i>Лабораторна робота №3. Технологія отримання та визначення властивостей бетонної суміші, визначення середньої міцності та класу бетону.....</i>	<i>16</i>
<i>Лабораторна робота №4. Вплив технологічних факторів на властивості бетонної суміші і бетону.....</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторна робота №5. Технологія отримання ніздрюватого бетону.....</i>	<i>27</i>
<i>Лабораторна робота №6. Технологія отримання шлаколузкого пінобетону.....</i>	<i>31</i>
<i>Лабораторна робота №7. Технологія отримання бетонів на основі в'язучого контактного твердіння.....</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторна робота №8. Технологія отримання арболіту.....</i>	<i>36</i>
<i>Лабораторна робота №9. Технологія отримання деревинно-мінеральних плит.....</i>	<i>40</i>

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з робочою програмою курсу “Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації” студенти виконують дев’ять лабораторних робіт загальним обсягом 18 год за такими темами:

1. Визначення фізико-механічних властивостей сировинних матеріалів.
2. Визначення активності мінеральних в’яжучих.
3. Технологія отримання та визначення властивостей бетонної суміші, визначення середньої міцності та класу бетону.
4. Вплив технологічних факторів на властивості бетонної суміші і бетону.
5. Технологія отримання ніздрюватого бетону.
6. Технологія отримання шлаколужного пінобетону.
7. Технологія отримання бетонів на основі в’яжучого контактного твердіння.
8. Технологія отримання арболіту.
9. Технологія отримання деревинно-мінеральних плит.

Метою виконання лабораторних робіт є сприяти більш глибокому розумінню і засвоєнню теоретичного матеріалу курсу з питань технологічних процесів виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, прищепити студентам навички оцінки якості сировинних матеріалів, приготування формувальних сумішей і визначення параметрів їх легкоукладальності, визначення впливу технологічних факторів на властивості формувальних сумішей, формування контрольних зразків і визначення фізико-механічних характеристик матеріалів з використанням лабораторного обладнання і вимірювальної техніки, обробки та оформлення результатів експериментальних досліджень.

Лабораторні роботи виконуються бригадами у складі 5...6 чоловік. Кожна бригада виконує роботу згідно з вихідними даними або завданнями, які видає викладач.

Завдання на кожну наступну роботу студенти отримують на попередньому занятті для того, щоб вони могли самостійно підготуватися з даної теми. При підготовці до роботи студенти повинні вивчити теоретичний матеріал лекції, рекомендовану літературу. На початку кожного заняття викладач перевіряє, наскільки студенти засвоїли матеріал курсу з даної теми. Студент, який показав свою невідповідність при опитуванні, до виконання лабораторної роботи не допускається.

Кожна лабораторна робота складається з трьох частин:

- теоретична підготовка, виконання необхідних розрахунків;
- експериментальна частина;
- аналітична частина, що включає одержання результатів експериментальних досліджень і випробувань, їх обробку, формування висновків і захист робіт.

Закінчену роботу студенти оформляють згідно з вимогами даних методичних вказівок і подають до захисту.

Студент, який не захистив попередню роботу, до виконання наступної не допускається.

Лабораторна робота №1
**Визначення фізико-механічних властивостей
сировинних матеріалів**

Метою роботи є засвоєння основних методів визначення якості сировинних матеріалів.

Завдання роботи – визначити насипну густину гранітного щебеню (гравію) і кварцового піску, пористість, вологість, зерновий (гранулометричний) склад, міцність і т.п.; встановити їх придатність для застосування в формувальних сумішах.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: щєбінь гранітний (гравій) з фракцією 5...20 мм, пісок кварцовий, вага технічна з різновагами, мірні циліндри для заповнювачів.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання

Визначення насипної густини. Висушену до постійної ваги пробу заповнювача насипають з висоти 10 см в мірний циліндр до утворення конуса. Потім конус обережно зрізають металевою лінійкою без ущільнення матеріалу, який випробується, а посуду з матеріалом зважують. Об'єм і розміри мірного циліндра вибирають залежно від максимальної крупності заповнювача: до 5 мм $V=1$ л ($d=h=108$ мм); 10 мм $V=5$ л ($d=h=185$ мм); 20 мм $V=20$ л ($d=h=234$ мм); 40 мм $V=20$ л ($d=h=234$ мм).

Насипну густину, кг/м^3 , обчислюють за формулою:

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

де m_2 , m_1 – маса мірного циліндра відповідно з заповнювачем і порожнього, кг; V – об'єм мірного циліндра, м^3 .

При випробуванні заповнювачів в природному стані насипна густина залежить від їх вологості.

Пористість обчислюють за формулою, %:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_m^{\text{нас}}}{\rho}\right) 100\%,$$

де $\rho_m^{\text{нас}}$, ρ – відповідно насипна та істинна густини заповнювача.

Визначення вологості. Відібрану пробу матеріалу відразу ж зважують, потім висушують до постійної маси. Вологість обчислюють за формулою, %:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%,$$

де m_1 , m_2 – маса заповнювача відповідно в природному і в сухому станах.

Визначення зернового складу. Зерновий склад заповнювача характеризують процентним вмістом в ньому зерен різних розмірів. Пісок просіюють крізь комплект сит, що послідовно розміщені із зменшенням розмірів отворів сітки: 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм. Щебінь (гравій) відповідно: 70, 40, 20, 10,5 мм.

Зерновий склад піску, щебеню (гравію) визначають після висушування проби. При визначенні піску його просіюють крізь сито з отворами діаметром 5 мм. Потім просіюють пробу масою 1000 г з зернами розміром, меншим за 5 мм. Залишки піску на кожному ситі зважують та підраховують часткові залишки на кожному ситі за формулою:

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

де m_i – маса залишку на даному ситі, г; Σm – сумарна маса часткових залишків на ситі, г, яка визначається за формулою:

$$\Sigma m = m_{2,5} + m_{1,25} + m_{0,63} + m_{0,315} + m_{0,14}.$$

Повний залишок A_i визначають в процентах як суму часткових залишків на всіх ситах з більшим розміром отворів плюс залишок на даному ситі за формулою:

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

де $a_{2,5} + \dots + a_i$ – часткові залишки, починаючи з розміру 2,5 мм з врахуванням часткового залишку на даному ситі a_i , %.

Для оцінки зернового складу піску та його придатності для приготування бетону результати просіювання наносять на графік в зошиті для лабораторних робіт (рис.1).

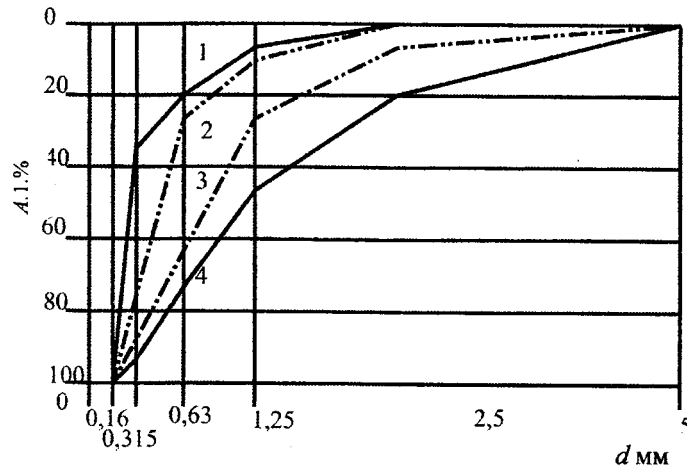


Рис.1. Криві зернового складу піску:

- 1 – допустима границя крупності піску ($M_{кр}=1,5$);
- 2 – нижня границя крупності для бетонів класу B15 і вище ($M_{кр}=2$), що рекомендується;
- 3 – нижня границя крупності для бетонів класу B25 і вище ($M_{кр}=2,5$), що рекомендується;
- 4 – допустима верхня границя крупності пісків ($M_{кр}=3,25$)

Умовними показниками крупності піску є модуль крупності M_k , який знаходять як частку від ділення суми повних залишків у процентах на 100:

$$M_k = \sum = \frac{A_i}{100}$$

При визначенні зернового складу щебеню (гравію) беруть пробу в кількості 5, 10, 20, 30, 50 кг при найбільшій крупності зерен відповідно 10, 20, 40, 70 мм і вищій за 70 мм. Значення a_i і A_i підраховують так само, як і для піску. Конкретні числові значення повних залишків наносять на стандартний графік (рис.2).

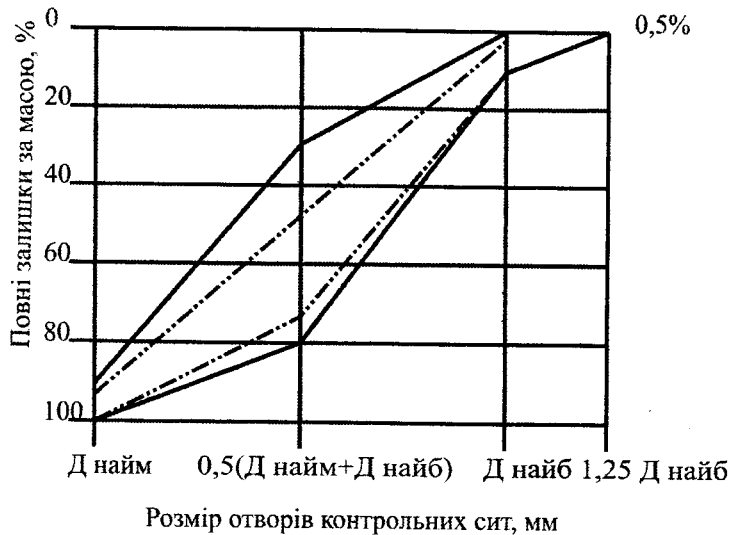


Рис. 2. Графік зернового складу щебеню (гравію):
суцільні лінії – заповнювачі однієї фракції;
пунктирні – сумісні фракції 5...20 мм

Визначення міцності заповнювача. Випробовують п'ять випиленних із породи кубів з ребром 40...50 мм або п'ять вибурених кернів з $d = R = 40...50$ мм.

Зразки випробовують в водонасиченому стані. Межа міцності при стисненні визначається за формулою:

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

де P – руйнуюча сила, т; F – площа поперечного перерізу, $см^2$.

Коли немає можливості виготовити для випробовування зразки у вигляді кубів або циліндрів, міцність щебеню або гравію оцінюють за показниками дроблення при стисненні (роздавлюванні) в циліндрі D_p .

Для визначення D_p відбирають пробу заповнювача однієї фракції масою 3 кг, засипають в сталевий циліндр з внутрішнім діаметром 150 мм і розрівнюють. Потім в циліндр вставляють сталевий плунжер діаметром 148 мм і на гідравлічному пресі

здавлюють засипаний в циліндр заповнювач зусиллям 20 т. В результаті проба заповнювача частково дробиться. Після випробування її просіюють через сито з розміром отворів, вчетверо меншим, ніж мінімальний розмір зерен фракції заповнювача, який випробовується. Таким чином з проби відокремлюють подрібнений дріб'язок, а залишок зважують на ситі. Показник дробимості визначається за формулою:

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

де m_1 – маса проби щебеню (гравію) до стиснення, г; m_2 – маса залишку на ситі після випробування, г.

Марки щебеню за дробимістю:

$D_p=8$ – для бетону марки 300 і вище,

$D_p=12$ – для бетону марки 200 і вище,

$D_p=16$ – для бетону марки 200 і вище.

Порядок виконання роботи

1. Визначення насипної густини піску.
2. Встановлення зернового складу і модуля крупності піску.
3. Розрахунок пористості піску.
4. Визначення насипної густини щебеню (гравію).
5. Встановлення зернового складу щебеню.
6. Розрахунок пористості щебеню.
7. Визначення дробимості щебеню.
8. Складання таблиць 1.1...1.3.
9. Побудова кривих просіювання піску та щебеню.
10. Аналіз отриманих даних, висновки з проведеної роботи.

Таблиця 1.1

Фізико-механічні властивості матеріалів

№ пор.	Показники	Одиниця вимірювання, позначення	Щебінь	Пісок	Примітки
1	Визначення насипної густини: – об'єм мірного циліндру; – маса мірного циліндру; – маса матеріалу циліндру; – середня густина матеріалу	л кг кг кг/м ³			
2	Пористість	%			
3	Модуль крупності	M _к			
4	Дробимість	D _p			

Таблиця 1.2

Зерновий склад піску

Залишок на ситі	Розміри отворів сит, мм					Пройшло крізь сито з сіткою 0,14 мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Частковий, г						
–“–, %						
Повний, %						

Таблиця 1.3

Зерновий склад щебеню

Залишок на ситі	Розміри отворів сит, мм					Пройшло крізь сито з сіткою 5 мм
	70	40	20	10	5	
Частковий, г						
–“–, %						
Повний, %						

Лабораторна робота №2

Визначення активності мінеральних в'язучих

Метою роботи є опанування методики визначення активності в'язучого.

Завдання роботи – визначити основні фізико–механічні властивості в'язучого.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: в'язуче, пісок, прилад “Віка”, столик для струшування, сферична чаша, вода, лужні розчини, випробувальна машина для визначення межі міцності на згин, гідравлічний прес.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання

Визначення нормальної густоти цементного тіста. Нормальна густина цементного тіста визначається приладом “Віка” [1].

Нормальну густоту цементного тіста характеризують кількістю води для замішування в процентах від маси в'язучого.

Для визначення нормальної густоти цементного тіста зважують 400 г в'язучого з точністю до 1 г, засипають в чашку для змішування, попередньо протерту вологою тканиною. Потім роблять у в'язучому заглиблення, куди за один прийом вливають затворювач (воду) Заглиблення засипають в'язучим і через 30 сек після цього обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою. Тривалість перемішування і розтирання складає 5 хв з моменту вливання затворювача (води).

Після закінчення перемішування кільце, поставлене на рівну скляну пластину, швидко наповнюють в один прийом цементним тістом і 5...6 разів струшують його, постукуючи пластиною об тверду основу. Надлишок тіста зрізають протертим вологою тканиною ножем врівень з краями кільця. Негайно після цього приводять товчачик приладу у дотик з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стрижень стопорним пристроєм. Потім швидко звільнюють його, даючи товчачику можливість вільно занурюватися у тісто. Через 30 сек з моменту звільнення стрижня роблять відлік

занурення за шкалою. Якщо консистенція цементного тіста не відповідає вимогам, то замінюють кількість затворювача і спочатку змішують тісто, зменшуючи або збільшуючи кількість затворювача залежно від занурення товкачика. Нормальною густиною цементного тіста вважають таку його консистенцію, за якою товкачик, занурений в кільце, не доходить на 5...7 мм до пластинки, на якій встановлене кільце.

Визначення марки в'язучого. Марку в'язучого визначають випробовуванням на міцність на згин та стиск трьох зразків – балочок розміром 40x40x160 мм із цементного розчину, який вміщує одну частину в'язучого і три частини стандартного піску, при В/Ц відношенні не менше 0,4 до консистенції розчину, яка характеризується розливом конуса на столику для струшування в межах 105...110 мм.

Для визначення консистенції цементної розчинної суміші зважують 1500 г піску і 500 г в'язучого, висипають їх в попередньо протерту вологою тканиною сферичну чашу, змішують в'язуче з піском протягом 1 хв. Потім в центрі сухої суміші роблять заглибину, вливають в неї затворювач в кількості 200 г (В/ц=0,4), дають затворювачу увібратися протягом 0,5 хв і змішують суміш протягом 1 хв.

Приготовлену розчинну суміш переносять в попередньо протерту вологою тканиною чашу стандартного змішувача і змішують протягом 2,5 хв.

Форму–конус встановлюють у центрі диска струшувального столика. Внутрішню поверхню конуса і диска столика перед випробуванням протирають вологою тканиною.

Після закінчення змішування заповнюють форму–конус розчином до половини висоти і ущільнюють штикуванням металевою штиковкою 15 разів. Потім наповнюють конус з невеликим надлишком і штикують 10 разів.

Після ущільнення верхнього шару надлишок розчину зрізають ножем врівень з краями конуса, потім конус знімають у вертикальному напрямку.

Розчинну суміш струшують на столику 30 разів за 30 секунд, після чого штангенциркулем вимірюють діаметр конуса по нижній основі у двох взаємно перпендикулярних напрямках і беруть середнє значення. Якщо діаметр розпливу конуса виявляється меншим 105 мм, то збільшують кількість затворювача, щоб отримати розплив конуса після 30 струшувань в межах 105...110 мм.

Перед виготовленням зразків для визначення міцнісних характеристик в'язучих внутрішню поверхню стінок форми і піддона злегка змащують машинним маслом.

На зібрану форму встановлюють насадку і змащують зовні густим маслом стик між формою і насадкою.

Для ущільнення розчину форму з насадкою міцно закріплюють у центрі віброплощадки з амплітудою коливань 0,35 мм і частотою 2800...3000 коливань/хв. Всі три гнізда форми наповнюють розчином спочатку приблизно на 1 см висоти і вмикають віброплощадку, потім протягом 2 хвилин при вібрації їх рівномірно, невеликими порціями остаточно заповнюють розчином. Через 3 хв від початку вібрації віброплощадку вимикають. Форму знімають з віброплощадки і ножем, змоченим водою, зрізають надлишок розчину, загладжують поверхню зразків врівень з краями форми і розміщують у ванну з гідравлічним засувом. Надалі твердіння проводиться відповідно до ГОСТ 310.4-81.

Після закінчення терміну зберігання зразків визначають межу міцності на згин та стиск. Межу міцності на згин визначають на приладі МІ-100. Із трьох отриманих при випробуванні значень відкидають найменше, із двох найбільших значень знаходять середнє арифметичне.

Отримані після випробування на згин в результаті злому 6 половинок балочок відразу випробовують на стиск. Для передачі навантаження на половини балочок використовуються спеціальні сталеві пластинки розміром 40x62,5 мм. Кожну половину балочки

розміщують між двома пластинками таким чином, щоб бокові грані, які при виготовленні прилягали до повздовжніх стінок форми, знаходились на пластинах, а упори пластин щільно прилягали до торцевої гладкої стінки зразка. Зразок разом з пластинами піддають стиску на пресі. Швидкість нарощення зусилля повинна становити $\pm 0,05$ МПа/с. Межу міцності при стиску окремого зразка вираховують як частку від ділення руйнуючого зусилля на площу робочої поверхні пластинки (25 см²).

Середню межу міцності визначають із чотирьох найбільших результатів випробувань.

Порядок виконання роботи

1. Визначення нормальної густини цементного тіста.
2. Встановлення потрібної консистенції цементно-піщаного розчину.
3. Формування зразків балочок.
4. Випробування балочки на міцність.
5. Складання таблиць 2.1...2.2.
6. Аналіз отримання результатів, висновки з проведеної роботи.

Таблиця 2.1

Визначення тіста нормальної густини

Номер бригади	Вид в'язучого	Кількість в'язучого	Витрата затворювача		З*/В*

З* – затворювач, В* – в'язуче.

Таблиця 2.2

Визначення марки в'язучого

Номер бригади	Види в'язучого	Склад маси, г			Діаметр розпливу, мм	R зг, МПа	Q, т	R ст, МПа	M
		В	П*	З					
	о								

П* – пісок.

Лабораторна робота №3

Технологія отримання та визначення властивостей бетонної суміші, визначення середньої міцності та класу бетону

Метою роботи є засвоєння методики визначення властивостей бетонної суміші і бетону.

Завдання роботи – визначити легкоукладальність, середню густину, об'єм втягнутого в бетонну суміш повітря, коефіцієнт ущільнення бетонної суміші, середню міцність і клас бетону.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: в'язуче, щебінь гранітний фракції 5...20 мм, пісок кварцовий, вага технічна з різновагами, мірні циліндри для затворювачів і заповнювачів, стандартний прилад для визначення жорсткості бетонної суміші, лабораторна віброплощадка, лабораторний бетонозмішувач, сталевий стрижень діаметром 16 мм для штикування суміші в стандартному конусі, металева лінійка, металеві форми для виготовлення зразків – кубів розміром 10x10x10 см, гідравлічний прес для випробовування бетонних зразків.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання

Бетонна суміш являє собою багатокомпонентну систему, що складається з частинок в'язучого, новоутворень, які виникають при взаємодії в'язучого з водою, зерен заповнювача, води, введених в ряді випадків спеціальних добавок, втягнутого повітря. В результаті наявності взаємодії між дисперсними частинками твердої фази і води ця система набуває взаємозв'язку і може розглядатися як єдине фізичне тіло з визначеними фізичними і хімічними властивостями. Ще до початку тужавіння і твердіння в'язучого бетонна суміш утворює просторові структури, яким притаманна пластична міцність і які не змінюють свого стану без застосування енергетичного впливу зовні.

Основну структуроутворювачу роль в бетонній суміші виконує цементне тісто – тонкодисперсна система, яка складається з твердих

частинок в'язучого, спеціально введених тонкомолотих добавок, щитоподібних глинистих домішок в заповнювачах і води. Завдяки величезній площі поверхні розподілу фаз, між частинками виникають сили молекулярного впливу, капілярні сили поверхневого натягу, внутрішнього тертя і т.п. Сили капілярної взаємодії спричиняють стиснення системи, що підвищує зв'язаність і сприяє утворенню умов для пластичної деформації (без розривів і тріщин), а також підвищенню однорідності суміші. До певного значення водомісткості суміш не розшаровується, що залежить від водоутримуючої здатності в'язучого та інших тонкодисперсних компонентів.

В результаті дії цих внутрішніх сил формуються фізико-механічні властивості бетонної суміші, що характеризують її як об'єкт технологічних дій в процесі приготування, транспортування, ущільнення і формозмінення. Бетонні суміші характеризуються широким діапазоном зміни властивостей: залежно від складу, якостей компонентів і, особливо, від водоутримання бетонної суміші, вони бувають різноманітної консистенції і умовно поділяються на високорухливі, рухливі і жорсткі.

Для оцінки технологічних властивостей бетонної суміші в виробничих умовах користуються методами кількісного визначення міри рухливості і жорсткості суміші по ГОСТ 10181-81.

Визначення рухливості суміші. Усічений конус із листової сталі товщиною 1 мм, відкритий з обох сторін, має висоту 300 мм, діаметр нижньої основи 200 мм і верхньої 100 мм (2,3,5,7). Внутрішню поверхню форми-конуса і піддон перед випробуванням змочують водою. Потім конус встановлюють на піддон і заповнюють бетонною сумішшю, яка випробовується в три прийоми (шарами), при ущільненні суміші штикуванням - по 25 разів в кожний шар.

Після ущільнення бетонної суміші з конуса воронку для завантаження знімають і надлишок суміші зрізають кельмою врівень з верхніми краями конуса. Потім конус плавно знімають з відформованої суміші, піднімаючи його за ручки вертикально вгору, і ставлять поряд з нею. Осідання конуса (ОК) визначають, укладаючи

металеву лінійку ребром на верх конуса і вимірюючи відстань від нижньої грані лінійки до верху бетонної суміші з точністю до 0,5 см.

Осідання конуса бетонної суміші вираховують з точністю до 1 см, як середнє арифметичне результатів двох визначень із однієї проби.

Якщо найбільша крупність заповнювача перевищує 40 мм, для визначення рухливості використовують збільшений конус висотою 350, діаметром нижньої основи 300 мм і верхньої основи 150 мм. Кількість штикувань в цьому випадку - 56 разів для кожного шару.

Якщо осідання конуса бетонної суміші дорівнюватиме нулю, суміш визначається як така, якій не властива рухливість, і повинна характеризуватися жорсткістю, що визначається за відповідною методикою.

Визначення жорсткості суміші. Жорсткість бетонної суміші характеризується часом вібрування в секундах, необхідним для вирівнювання і ущільнення попередньо відформованого конуса бетонної суміші в приладі (технічний віскозиметр) для визначення її жорсткості [2; 3; 5; 7].

Жорсткість визначається динамічним випробуванням в спеціальному приладі, основною частиною якого також є усічений конус. Прилад складається із циліндричної посудини з висотою 200 мм, внутрішнім діаметром 240 мм, на якому закріплюється обладнання для замірювання осідання конуса бетонної суміші у вигляді прямого штатива, штанги і металевого диска з шістьма отворами.

Посудину встановлюють і закріплюють на стандартній віброплощині типу 435 (3000 коливань/хв., амплітуда – 0,5 мм). Потім в посудину вміщують стандартну форму – конус з насадкою, яку використовують при визначенні рухливості суміші, закріплюють її і заповнюють в три шари бетонною сумішшю, ущільнюють штикуванням (25 разів кожний шар). Після вирівнювання поверхні суміші форму-конус знімають, повертають штатив, встановлюють на поверхню суміші диск і вмикають

диску, який спускається разом з бетонною сумішшю, не розпочинається виділення цементного тіста. Час вібрування (в секундах) є показником жорсткості бетонної суміші.

Визначення середньої густини бетонної суміші. Бетонну суміш укладають в мірну посудину на 5 л і ущільнюють на лабораторній віброплощині до появи на поверхні цементного "молочка", але не більше 1,5 хв. (амплітуда коливань – 0,5 мм; частота коливань – 3000 коливань/хв). Бетонну суміш під час вібрування заповнюють до верху мірної посудини.

Після закінчення вібрування надлишок бетонної суміші зрізують і поверхню ретельно вирівнюють по краям мірної посудини. Для кожної проби бетонної суміші середню густину кг/м^3 визначають два рази за формулою:

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

де m_1, m_2 – маса мірної посудини відповідно з бетонною сумішшю і порожньою, кг; V – об'єм мірної посудини, м^3 .

Середню густину бетонної суміші визначають як середнє арифметичне результатів двох визначень по кожній пробі.

Розглянемо визначення об'єму втягнутого в бетонну суміш повітря.

При цьому користуються формулою:

$$V_{\text{п}} = \frac{P - P_m}{P} 100\%,$$

де $V_{\text{п}}$ – об'єм втягнутого повітря в процентах до об'єму суміші; P – теоретична середня густина суміші без повітря; P_m – фактична середня густина суміші.

Теоретична середня густина бетонної суміші, кг/см^3 :

$$\rho = \frac{B + \Pi + K_{\rho} + Z}{\frac{B}{\rho_v} + \frac{\Pi}{\rho_n} + \frac{K_{\rho}}{\rho_{\text{кр}}} + \frac{Z}{\rho_z}},$$

де B, Π, K_{ρ}, Z – маса відповідно в'яжучого, піску, крупного заповнювача і затворювача, взятих на заміс, кг; $\rho_v, \rho_n, \rho_{\text{кр}}, \rho_z$ –

густина відповідно в'язучого, піску, крупного заповнювача і затворювача, взятих на заміс, кг.

Визначення коефіцієнта ущільнення бетонної суміші.

При визначенні коефіцієнта ущільнення бетонної суміші користуються формулою:

$$\rho_{уц} = \frac{\rho_m}{\rho},$$

де $\rho_{уц}$ – коефіцієнт ущільнення, який завжди є меншим за одиницю, і для звичайної бетонної суміші без повітрявтягуючої добавки повинен бути не меншим за 0,98.

Визначення середньої міцності бетону. За середню міцність бетону при стисненні приймається середня межа міцності в мегапаскалях при стисненні трьох зразків розміром 15x15x15 см, виготовлених із бетонної суміші робочого складу, що твердіють в нормальних умовах (при температурі (20+2)°C і вологості середовища не менше 90%) і випробуваних в віці 28 діб. Для зразків, підвергнутих тепловій обробці, терміни випробовування зазначаються у спеціальних технічних умовах і відповідних державних стандартах.

Визначення класу бетону. При визначення класу бетону користуються формулою:

$$B = \bar{R} \cdot 0.778,$$

де B – числове значення класу бетону, МПа; \bar{R} – середня міцність бетону, МПа.

Порядок виконання роботи

1. Зображення схеми стандартних приладів для визначення рухливості бетонної суміші (2,3,5,7).
2. Визначення легкоукладальності бетонної суміші.
3. Розрахунок середньої густини бетонної суміші.
4. Розрахунок об'єму втягнутого в бетонну суміш повітря.

5. Визначення коефіцієнта ущільнення бетонної суміші.
6. Формування бетонних зразків розміром 10x10x10 см.
7. Випробування бетонних зразків, визначення середньої міцності та класу бетону.
8. Складання таблиці 3.1.
9. Формулювання висновків, ознайомлення з результатами роботи інших бригад.

Таблиця 3.1

Результати вимірювань і випробувань

Показник	Одиниця	Номер бригади				
		1	2	3	4	5
Витрати матеріалів на 1 м ³ бетону: в'язуче щебінь пісок затворювач добавка	кг кг кг л л					
2. Витрати матеріалів на заміс: в'язуче щебінь пісок затворювач добавка	кг кг кг л л					
3. Результати визначення технологічних властивостей: бетонної суміші: рухливість жорсткість	см с					
4. Середня густина бетонної суміші	кг/м ³					
5. Об'єм втягнутого в бетонну суміш повітря	%					
6. Коефіцієнт ущільнення бетонної суміші						

Закінчення табл.3.1

7. Середня міцність бетону на осьове стиснення $R_{ст}$	МПа						
8. Клас бетону							

Лабораторна робота №4

Вплив технологічних факторів на властивості бетонної суміші і бетону

Мета роботи – придбати практичні навички визначення впливу основних технологічних факторів на властивості бетонної суміші і бетону.

Завдання роботи – визначення впливу водомісткості і величини водоцементного відношення, тривалості змішування суміші і вібраційного ущільнення на властивості бетонної суміші і затверділого бетону.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання ті ж самі, що і в лабораторній роботі №3.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання

Властивості бетонної суміші формуються під впливом ряду технологічних факторів: водовмісту суміші, властивостей і витрати в'язучого, фізико-механічних і геометричних властивостей заповнювачів, параметрів складу суміші, хімічних добавок, температури, фактора часу та ін. Усі ці фактори діють одночасно, що значно ускладнює як прогнозування властивостей бетонної суміші, так і керування ними. Тому управління властивостями бетонної суміші, регулювання її параметрів відбуваються за відповідних обмежень.

Спрямована зміна реологічних характеристик бетонної суміші повинна відповідати можливостям і особливостям технологічних систем для ущільнення і формування суміші при виробництві бетонних і залізобетонних виробів.

Водовміст бетонної суміші в початковій стадії після приготування є важливим фактором формування його реологічних властивостей.

Вода утримується в порах і капілярах бетонної суміші і чинить на систему структуроутворюючу дію завдяки великій поверхні контакту з частинками різної крупності. Система знаходиться під впливом внутрішніх напружень стиснення, що забезпечує її зв'язаність, збереження форм у певних умовах і здатність суміші до пластичних деформацій.

Поряд із фізико-механічною і фізично зв'язаною водою в прошарках між частинками твердої фази бетонної суміші знаходиться вільна вода, яка безпосередньо впливає на реологічні властивості в цілому. Чим товстішими є ці заповнені водою прошарки, тим нижчою є межа опору зсуву і в'язкість, тим більш рухливою і легко укладальною є бетонна суміш. Однак підвищення рухливості суміші шляхом збільшення місткості вільної води є можливим тільки до певної межі, яка називається водоутримувальною здатністю бетонної суміші і залежить від складу суміші і властивостей її компонентів. Вище цієї межі спостерігаються деструктивні явища: зменшуються сили капілярної взаємодії, суміш починає розшаровуватися, стає неоднорідною.

Зміна водомісту бетонної суміші у певних межах є ефективним технологічним прийомом для управління її властивостями.

В технології бетону ефективним способом керування властивостями бетонної суміші є застосування хімічних добавок, в основному це регулятори реологічних властивостей бетонних сумішей.

Поверхнево-активні речовини, що входять до складу цих добавок, адсорбуються на поверхні зерен цементу, ліквідують згинання і зменшують тертя між ними, в результаті чого бетонна суміш стає більш рухливою, тягучою. Витрата пластифікуючих добавок складає 0,15...0,25% від витрати цементу.

Вібраційний вплив на бетонну суміш викликає зміну її фізичного стану, що виявляється у відносному русі шарів структурованого середовища, руйнуванні зв'язків у структурі, зниженні сил твердіння, а також межі текучості. Вібрація ніби пластифікує бетонну суміш.

При відповідності параметрів вібрації (амплітудно-частотна характеристика) реологічним властивостям малорухливої або жорсткої бетонної суміші досягається особливий ефект вібраційного впливу (як фактора легкоукладальності). Енергія вібраційних імпульсів повинна бути достатньою для руйнування первинно початковоствореної в процесі перемішування і транспортування структури бетонної суміші.

При вібруванні зменшується внутрішнє тертя між частками бетонної суміші, а також відбувається зниження в'язкості суміші одночасно з її ущільненням.

Вібрування тим більше впливає на рухливість бетонної суміші, чим ширшим є діапазон крупності зерен заповнювача, втягнутого в коливальний рух, оскільки зернам різної крупності властива неоднакова власна частота коливань.

Вібрування з високою частотою (більше 100 Гц) і малою амплітудою коливань дає високий ефект тиксотропного розрідження цементного тіста і розчину в бетонній суміші. Однак при цьому частки крупного заповнювача слабо втягуються в коливальний рух. В результаті розрідження цементне тісто і розчин швидко стікають донизу, а крупні заповнювачі дуже повільно занурюються в нього, і рухливість суміші в цілому збільшується несуттєво. Тому для підвищення ефективності вібраційного впливу доцільно викликати в бетонній суміші одночасно коливання більш низької частоти - різночастотне вібрування. Декілька накладених одна на одну частот вимушених коливань значно підвищують градієнт швидкості зсувних деформацій.

Якщо бетонну суміш, яка складається з розчину і крупних заповнювачів, буде піддано вібруванню при низьких частотах (порядку 500 хв), то розчин і заповнювачі набудуть практично

резонансу). В результаті заповнювачі будуть коливатися, не викликаючи розрідження розчину.

При збільшенні частоти коливань амплітуда заповнювачів значно зменшується. Майже вся кінетична енергія коливань акумулюється в такому разі в розчині, ефект вібрування значно збільшується, і розрідження розчину призводить до розрідження бетонної суміші в цілому (виникає ніби змащення між зернами крупного заповнювача).

Визначення впливу технологічних факторів на властивості бетонної суміші і затверділого бетону розподіляється між бригадами студентів таким чином:

бригада №1 визначає вплив вмісту і величини водоцементного відношення;

бригада №2 визначає вплив хімічної добавки - пластифікатора;

бригада №3 визначає вплив температури води закривання;

бригада №4 визначає вплив тривалості і умов перемішування;

бригада №5 визначає вплив тривалості вібрування при формуванні дослідних зразків.

Методику визначення властивостей бетонної суміші і бетону наведено в лабораторній роботі №3.

При визначенні впливу вмісту і водоцементного відношення необхідно врахувати, що водоутримувальна здатність бетонної суміші залежить від нормальної густоти (НГ) цементного тіста. Для портландцементу границя водоутримувальної здатності характеризується показником 1,65 НГ. Тому величину даного показника необхідно змінювати в інтервалі 1,50...1,80 Кн.г.

Нормальна густота цементного тіста Нг визначається за методикою, що наведена в лабораторній роботі №2.

Величину водоцементного відношення необхідно змінювати в інтервалі 0,3...0,7.

Для визначення впливу хімічної добавки-пластифікатора необхідно взяти добавку з 1 групи – так званих суперпластифікаторів (СП). Наприклад: С-3, 10-03, ЛСТМ, дофен. Кожна з добавок

повинна вводитися в бетонну суміш у кількості 0,1...1,2% до маси цементу.

Для визначення впливу температури води затворювання бетонної суміші її величину необхідно змінювати в інтервалі 20...80°C.

Для визначення впливу тривалості перемішування бетонної суміші даний період необхідно змінювати в інтервалі 2...6 хв.

Для визначення впливу тривалості вібрування бетонної суміші при формуванні дослідних зразків даний період необхідно змінювати в інтервалі 1,5...4 хв.

Порядок виконання роботи

1. Формування бетонних зразків розміром 10x10x10 см (по три зразки для кожного випробування).
2. Випробування зразків на гідравлічному пресі.
3. Складання табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Результати вимірювань і випробування

Властивості бетонної суміші і бетону	Одиниця вимірювання	Технологічні фактори																					
		Водомісткість л/м ³		Хімічні добавки, кг/м ³		Температура води затворювання, t°C		Час перемішування бетонної суміші		Тривалість віброушільнення													
Рухливість бетонної суміші	см с МПа																						
Жорсткість бетонної суміші																							
Середня міцність бетону																							

4. За результатами вимірювання і випробувань побудова графічних залежностей:

– рухливість (жорсткість) бетонної суміші від водомісткості, водоцементного відношення і тривалості перемішування бетонної суміші;

– середня міцність бетону від величини водоцементного відношення, тривалості і умов перемішування та вібраційного ущільнення при формуванні зразків-кубів.

4. Ознайомлення з результатами, отриманими іншими бригадами.

Лабораторна робота №5

Технологія отримання піздрюватого бетону

Метою роботи є ознайомлення з методикою приготування пінобетонної і газобетонної сумішей.

Завдання роботи – визначити фізико-механічні властивості пінобетонної і газобетонної сумішей, а також властивості піздрюватого бетону.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: портландцемент, молотий кварцевий пісок, піноутворювач, газоутворювач, добавки, вага технічна з різновагами, чаша, мірні циліндри, віскозиметр Суттарда, металеві форми розміром 7х7х7 см, швидкохідний змішувач, гідравлічний прес.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання роботи

Для отримання піздрюватого бетону застосовують портландцемент або шлакопортландцемент, молоте вапно, змішане в'яжуче із цементу і вапна, вапна і молотого гранульованого шлаку, а також шлаколувне в'яжуче із високоосновної золи, розчинного скла, гіпсу і фосфогіпсу. В якості кремнеземного компонента суміші використовують кварцевий або польовошпатний пісок, тонкодисперсні вторинні кремнеземоутримуючі продукти, кислу золу–виносу ТЕС [6].

Пориста структура піздрюватих бетонів утворюється двома способами: механічний, коли тісто в'яжучого змішують з окремо приготованою стійкою піною; хімічним, коли вводяться спеціальні газоутворюючі добавки і в тісті в'яжучого проходять реакції, які супроводжуються виділенням газу.

При підборі складу бетону потрібно установити оптимальну температуру і текучість розчину при відповідному водотвердому відношенні (В/т), величину пористості, співвідношення між кремнеземистим компонентом і в'язучим, витрату пороутворювача, а також витрату матеріалів на заміс ніздрюватого бетону.

Залежно від потрібної середньої густини ніздрюватого бетону приймають текучість розчинної суміші і відповідно їй водотвердого відношення В/Т (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Значення текучості залежно від
середньої густини ніздрюватого бетону**

Задана середня густина ніздрюватого бетону	Діаметр розпливу суміші по Саттарду, см, при звичайному формуванні		
	По цементному, вапняно- цементному, шлаколузному в'язучому	По вапняному, вапняно- шлаковому в'язучому	На високоосновній золі
300	38	30	-
400	34	25	25
500	30	23	23
600	26	21	21
700	22	19	20
800	18	17	18
900	16	16	16
1000	14	14	14
1100	12	12	12
1200	10	10	10

Приготування ніздрюватої бетонної суміші.

А. Пінобетонну суміш готують в такій послідовності. В пінозбивач лабораторного пінобетонозмішувача вливають приготований розчин піноутворювача в кількості 5%...6% об'єму барабана пінозбивача і включають двигун. Час збивання піни, як правило, не перевищує 5...6 хв. Потім розраховану кількість отриманої піни вводять в заздалегідь приготовану суміш в'язучого, кремнеземистої складової та води і безперервно перемішують до отримання однорідної маси.

Визначення фізико-механічних характеристик піни. Після збивання піни її вивантажують в попередньо зважену 10-літрову посудину і визначають її об'єм та масу. Вихід піни (кратність):

$$B = \frac{V_1}{V},$$

де V_1 – об'єм піни, см³, визначений в 10-літровій посудині; V – об'єм робочого складу піноутворювача.

Вихід пор:

$$K = \frac{V_1}{P},$$

де V_1 – об'єм піни, л; P – маса піни, кг.

Стійкість піни визначається на приладі ЦНПС-1, який складається із скляної посудини і трубки, яка закінчується краном. Трубка має шкалу для вимірювання відходу рідини в см³.

Стійкість піни характеризують такі показники: час з моменту отримання піни і початку відокремлення рідини, кількість рідини, яка відокремилась за 1 год, см³. Середня щільність пінобетонної суміші визначається так само, як і для звичайного бетону.

Б. Газобетонну суміш готують в такій послідовності.

Свіжоприготовану водно-алюмінієву суспензію вводять в заздалегідь приготовану суміш в'язучого, кремнеземистої складової і води при безперервному перемішуванні маси протягом 2...2,5 хв. Для депарафінізації пудри і кращого її змішування з водою додають 5% маси пудри поверхнево-активної речовини – каніфольного масла і т.п.

Для визначення середньої щільності газобетонної суміші її укладають у зважені посудини місткістю 0,5...1 л. Після закінчення спучування (через 1 год) ножем відрізають надлишок сполученої піни, зважують посудину із масою, яка залишилася, і обчислюють її середню щільність.

Визначення фізико-механічних властивостей ніздрюватих бетонів. Із ніздрюватих мас виготовляють зразки з розмірами 7,07x7,07x7,07см, по три форми.

Після тепловологої обробки зразків визначають такі властивості ніздрюватих бетонів:

межу міцності на осьове стиснення

$$R = \frac{P}{S},$$

середню густину

$$V_{\text{ср}} = \frac{m_1}{V},$$

водопоглинання

$$\omega = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \cdot 100\%,$$

коефіцієнт розм'якшення

$$F = \frac{R_1}{R_2} \cdot 100\%,$$

де P – навантаження на зразок; S – площа зразка, що випробовується; m_1 – маса висушеного зразка при $t = 105^\circ\text{C}$, V – об'єм зразка; m_2 – маса зразка, який зберігався у воді 48 год, R_2 – межа міцності при стисненні еквівалентного зразка, що зберігався на повітрі.

Порядок виконання роботи

1. Складання таблиці 5.2.
2. Виконання перерахунку компонентів ніздрюватої суміші на I лабораторний заміс.
3. Приготування пороутворювача і визначення його фізико-механічних властивостей.
4. Приготування ніздрюватої бетонної суміші, визначення її фізико-механічних властивостей і формування зразків.
5. Здійснення теплової обробки зразків із ніздрюватого бетону.
6. Визначення фізико-механічних властивостей ніздрюватих бетонів.
7. Складання таблиці 5.3.
8. Побудова графіку залежності середньої густини, міцності, водопоглинення від величини співвідношення кремнеземистого компонента до в'язучого.

9. Аналіз результатів, формулювання висновків по роботі.

Таблиця 5.2

Склад ніздрюватих бетонів

Складові і витрати матеріалів на 1 м ³ ніздрюватого бетону	Одиниця вимірювання	Номер бригади				
		1	2	3	4	5
В'язуче	кг					
Кремнеземистий компонент	кг					
Пороутворювач	кг					
Вода	л					
Добавки	л					

Таблиця 5.3

Результати випробувань

№ бригади	Складові і витрати матеріалів на заміс бетону					Фізико-механічні властивості					
						ніздрюватої суміші		ніздрюватого бетону			
	В'язуче, кг	Кремнеземистий компонент, кг	Пороутворювач, г	Вода, л	Добавки, л	Ф, розпливу	γ, кг/м ³	R _{ст} , кг/м ³	γ, кг/м ³	ω, %	F, %
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											

Лабораторна робота №6

Технологія отримання шлаколужного пінобетону

Метою роботи є оволодіння технологією отримання шлаколужного пінобетону.

Завдання роботи:

– отримати шлаколушний пінобетон з заданою середньою густиною;

– визначити фізико-механічні характеристики шлаколужного пінобетону;

– провести порівняльний аналіз з аналогічними даними для звичайного пінобетону на основі портландцементу.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання:

мірні циліндри, чаша, лопатка, молотий шлак $S_{уд}=300 \text{ м}^2/\text{кг}$, молотий кварцовий пісок, рідке скло $\gamma=1300 \text{ кг/м}^3$, піноутворювач – ПУ-1 і милонафт, швидкохідний змішувач, вага технічна з різновагами, форми розміром $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$, пропарююча камера, сушильна шафа, гідравлічний прес.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання роботи

В технології шлаколужного пінобетону для отримання піни найбільш доцільно використовувати рідинне скло, яке виконує дві функції: з одного боку, в поєднанні з піноутворювачем є компонентом технічної піни, а з другого – компонентом шлаколужного в'язучого.

Технологія виробництва шлаколужного пінобетону принципово відрізняється від виробництва портландцементного пінобетону. Приготування шлаколужної ніздрюватої маси здійснюється в одному пінобетонозмішувачі, а не в трьох, як це має місце при виробництві пінобетону на основі портландцементу.

Об'єм отриманої піни, об'єм розчину ніздрюватої маси і фізико-механічні властивості шлаколужних пінобетонів залежать від технологічних параметрів приготування ніздрюватих мас і частково від режиму збивання піни та наступного її інтенсивного перемішування з молотим гранульованим шлаком і тонкомеленим заповнювачем.

Порядок отримання шлаколужної пінобетонної суміші і визначення фізико-механічних властивостей пінобетону

1. У відповідності з заданою середньою густиною і рецептурою шлаколужного пінобетону виконується перерахунок компонентів легкобетонної суміші на один заміс.

Відповідна робота є продовженням лабораторної роботи №5.

2. В швидкохідний змішувач вливають розраховану кількість складового лужного компонента і перемішують на протязі 2 хв, з піноутворювачем до отримання стійкої піни.

3. В працюючий змішувач додають тонкомелений шлак і пісок (зола-винос) і продовжують перемішувати протягом 2 хв.

4. Визначають середню густину пінобетонної суміші.

5. Приготовану пінобетонну суміш розливають в трьохгніздову форму розміром 7,07x7,07x7,07 см (три форми).

6. Після 16 годин витримування зразки піддають тепловій обробці в однакових умовах.

7. Після теплової обробки всі три зразки висушують до постійної маси при $t=105^{\circ}\text{C}$ і визначають фактичну середню густину отриманого шлаколужного пінобетону; три зразки витримують 48 год у воді і три зразки зберігають на повітрі.

8. Після випробовування усіх зразків на пресі визначають межу міцності на осьове стиснення R , водопоглинання W і коефіцієнт розм'якшення F за формулами лабораторної роботи №5.

Порядок виконання роботи

1. Занесення в табл. 6.1 вихідних даних за рецептурами шлаколужних пінобетонів.

2. Проведення перерахунку компонентів пінобетону на один заміс.

3. Приготування пінобетонної суміші; при зміні інтенсивності перемішування визначення її фізико-механічних властивостей, формування зразків.

4. Здійснення тепловологої обробки зразків із пінобетону.

5. Визначення фізико-механічних властивостей пінобетону.

6. Складання табл. 6.2.

7. Побудова графічної залежності міцності від середньої густини пінобетону, від інтенсивності перемішування пінобетонної суміші.

8. Співставлення фізично-механічних характеристик шлаколужного пінобетону з портландцементним пінобетоном.

9. Аналіз отриманих результатів і формулювання висновків по роботі.

Таблиця 6.1

Рецептури шлаколузких пінобетонів

Складові і витрати матеріалів на 1 м ³ пінобетону	Одиниця виміру	Номер бригади				
		1	2	3	4	5
Мелений шлак	кг					
Кремнеземистий компонент	кг					
Піноутворювач	л					
Лужний компонент	л					

Таблиця 6.2

Результати випробувань отриманих пінобетонів

№ бригади	Загальна середня густина, кг/м ³	Інтенсивність перемішування бетонної суміші, об/хв.	Отримана середня густина, кг/м ³	Межа міцності при стисненні			Водопоглинання, %	Коефіцієнт розм'якшення, F
				R ₁	R ₂	R ₃		
1								
2								
3								
4								
5								

Лабораторна робота №7

Технологія отримання бетонів на основі в'язучого контактного твердіння

Метою роботи є освоєння технології отримання контактноконденсаційного бетону.

Завдання роботи – отримати контактноконденсаційний бетон; визначити вплив пресування сумішей контактного твердіння і їх рецептури та фізико-механічні характеристики.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: силікатвапнякова суміш, попередньо оброблена в автоклаві, нефеліновий шлам, бокситовий шлам, зола-виносу, прес-форма, ваги лабораторні, електроплитка, скляна термостійка склянка, мелений кварцовий пісок, лінійка.

Короткі теоретичні та методика виконання роботи

В'яжучі контактного твердіння або контактено-конденсаційні в'яжучі є дисперсними системами аморфної і нестабільної кристалічної структури, що конденсуються в момент виникнення контактів між складовими її частинами в водостійкі каменеподібні тіла значної міцності, котру вони здатні підвищувати, як на повітрі, так і у воді. Вони можуть утворювати водостійкі структурні зв'язки при зближенні дисперсних частинок на відстані дії властивих їм в нестабільному стані поверхневих сил притягнення [6].

Принциповою відмінністю цих в'яжучих від відомих в'яжучих гідратаційного твердіння є те, що конденсація в каменеподібні водостійкі тіла, як правило, не супроводжується зміною хімічного складу і об'єма твердої фази в'яжучого, а є наслідком тільки зміни їх фізичного стану.

Цементация в'яжучого контактеного твердіння, тобто виникнення достатньо міцних водостійких зв'язків між частинами в'яжучого, здійснюється миттєво в момент виникнення між ними контактів в результаті дії поверхневих сил притягання.

Надалі міцність штучного каменю росте в звичайних умовах. Цей процес розвивається в міру стабілізації кристалічної структури мінералів в'яжучого.

В контактено-конденсаційних бетонах використовуються дисперсні заповнювачі, в тому числі волокнисті. При цьому найкращі "активні" заповнювачі, представлені речовинами аморфної або нестабільної кристалічної структури, або речовинами стабільної кристалічної структури, що забезпечує їх надійні контакти з в'яжучими такої ж структури. Як волокнисті заповнювачі використовують мінеральні волокна, наприклад, некондиційного азбесту, скляного волокна.

За марку бетону умовно приймається межа міцності при стиску зразків-циліндрів діаметром 5 і висотою 3,5 см, відпресованих двобічним пресуванням при прийнятому робочому тиску, що здійснюється протягом 1 хв, із суміші в'яжучого і заповнювача зі складом 1:1 і з вологістю, яка забезпечує отримання відразу після пресування бетону максимальної міцності, підданих двогодинному кипінню у воді і наступній сушці протягом 2 год при температурі (95±5°C).

Порядок виконання роботи

1. Виготовлення при тиску пресування у 20, 40, 100 МПа зразків із сумішей контактного твердіння такого складу:

- силікат-вапняна суміш (бригада 1)
- нефеліновий шлам (бригада 2)
- бокситовий шлам (бригада 3)
- зола-винос (бригада 4)
- молотий кварцовий пісок (бригада 5)

В якості заповнювача використовують скляне волокно.

Кожна бригада виготовляє по два зразки при різному тиску пресування (всього шість зразків). По одному зразку опустити в киплячу воду і витримувати в ній 30 хв. Інші зразки використати для визначення середньої густини і міцності бетону при стисненні.

2. Складання табл. 7.1.

3. Аналіз отриманих результатів і формулювання висновків по роботі.

Таблиця 7.1

Фізико-механічні характеристики бетону контактного твердіння

№ бри-гади	Рецептура бетону	Зусилля пресування	Міцність, МПа		Середня густина, кг/м ³
			відразу після пресування	після кип'ятіння	
1					
2					
3					
4					

Лабораторна робота №8

Технологія отримання арболіту

Метою роботи є освоєння особливості технології отримання арболіту.

Завдання роботи – отримати органо-мінеральний матеріал арболіт; визначити його фізико-механічні властивості.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: портландцемент, мелений граншлак, деревина, дріб'язок, тирса, стружка, лужний компонент, вага технічна з різновагами, мідні

циліндри з розмірами 10x10x10 см, змішувач, гідравлічний прес, хлористий кальцій, рідке скло, металева штиковка діаметром 16 мм.

Короткі теоретичні відомості методика виконання роботи

Арболіт є різновидом легкого бетону. Готують його із суміші органічних целюлозних заповнювачів рослинного походження, дроблених відходів деревообробки, костри конопель, льону, січки стеблевої, стебел бавовника і т.п., мінерального в'язучого, хімічних добавок і води. Арболіт призначено для будівництва малоповерхових сільськогосподарських, промислових, житлових і культурно-побутових споруд [4].

При підборі рецептури арболіту основною вимогою є отримання заданої середньої густини (марка по густині) і межі міцності при стиску (класу міцності) при мінімально можливому розході в'язучого.

Для розрахунку рецептури арболіту використовувати тільки матеріали, що відповідають вимогам стандартів. Попередньо повинні бути встановлені характеристики всіх матеріалів, що використовуються.

Сума витрат всіх матеріалів для арболіту оптимального замісу:

$$\Sigma P = B_1 + Z_1 + V_1.$$

Далі визначається витрата в'язучого B_1 , кг, для приготування арболіту вагою P , кг. Знаючи цю величину, можна визначити, скільки в'язучого треба для виготовлення 1 м³ арболіту заданої густини:

$$\frac{B_1}{\Sigma P} = B \rho_{арб},$$

звідки:

$$B = \rho_{арб} \frac{B_1}{\Sigma P}.$$

Аналогічно знаходять витрату органічного заповнювача і води на 1 м³ суміші:

$$Z = \rho_{арб} \cdot Z_1 / \Sigma P;$$

$$V = \rho_{арб} \cdot V_1 / \Sigma P.$$

Об'єм використаного органічного заповнювача визначають за відношенням ваги заповнювача до його насипної густини в абсолютно сухому стані:

$$V_3 = Z/\rho_3.$$

Запропоновані витрати деревинного заповнювача, портландцементу і води для отримання арболіту наведені в табл. 8.1 – 8.3.

Таблиця 8.1

Мінімальні витрати сухого органічного заповнювача на 1 м³ арболіту (в'яжуче - порландцемент М400)

Заповнювач	Витрати заповнювача на 1 м ³ арболіту, кг, марки				
	5	10	15	25	35
Дріб'язок із відходів лісопилення і деревообробки:					
– хвойних порід	160	180	200	220	240
– змішаних порід	170	190	210	230	250

Таблиця 8.2

Максимальні витрати портландцементу М400 на 1 м³ арболіту

Заповнювач	Максимальні витрати в'яжучого, кг/м ³ , залежно від марки арболіту				
	5	10	15	25	35
Дріб'язок із відходів лісопилення і деревообробки:					
– хвойних порід	260	280	300	330	360
– змішаних порід	290	310	330	360	390

Таблиця 8.3

Максимальні витрати води на 1 м³ арболітової суміші при сухих органічних заповнювачах

Заповнювач	Максимальні витрати в'яжучого, кг/м ³ , залежно від марки арболіту				
	5	10	15	25	35
Дріб'язок із відходів лісопилення і деревообробки:					
– хвойних порід	260	280	300	330	360
– змішаних порід	290	310	330	360	390

Деревинний заповнювач, як і інші органічні заповнювачі, характеризується високою хімічною активністю порівняно з мінеральними в'язучими речовинами. Це викликано наявністю в ньому легкорозчинних, хімічно-активних речовин. Тому при призначенні рецептури арболіту велика увага надається вибору виду і визначенню витрат хімічних добавок – мінералізаторів. Рекомендується використання трьох видів мінералізаторів: хлористого кальцію, рідинного скла, комплексної добавки із сірчаноокислого алюмінію і вапна-пушонки. Рекомендовані витрати добавок на 1 м³ арболіту із деревинного дріб'язку (в перерахунку на суху речовину) складають відповідно 8 кг, 8 кг, (20...25) кг.

Арболітову суміш готують в змішувачах примусової дії. Слід дотримуватися такої послідовності завантаження змішувача: деревинний дріб'язок, розчини хімічних добавок, в'язуче, вода. Тривалість перемішування арболітової суміші – не менше 3 хв.

Арболітова суміш повинна мати жорсткість 20...45 с. за технічним віскозиметром або рухливість не більше 2 см після осідання конуса.

Ущільнення арболітової суміші забезпечується пресуванням з коефіцієнтом ущільнення $K_{ущ}=1,5$ при використанні деревинного дріб'язку і $K_{ущ}=2,0...2,2$ при стружці і тирсі або штикуванням металевою штиковкою в три шари по 15 разів.

Арболіт набуває твердості при $t=(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ і $W_c=(70\pm 10)\%$ протягом 28 діб. Більш ефективною є теплова обробка арболіту при $t=40^{\circ}\text{C}$ і $W_c=50...60\%$ протягом 24 год. Після придбання початкової міцності вироби повинні витримуватися при нормальних умовах зберігання протягом 5...7 діб.

Затверділі зразки висушують до постійної ваги при температурі $105^{\circ}\text{C}...110^{\circ}\text{C}$, а потім визначають середню густину і межу міцності при стисненні арболіту.

Порядок виконання роботи

1. Складання табл. 8.4 вихідних даних по рецептурах арболіту.
2. Виконання перерахунку компонентів арболіту на один заміс.
3. Приготування арболітової суміші і формування зразків.
4. Здійснення теплової обробки зразків із арболіту.
5. Визначення фізико-механічних властивостей арболіту.

6. Складання табл. 8.5.

7. Побудова графічної залежності міцності і середньої густини арболіту від розпаду органічного заповнювача.

8. Аналіз отриманих результатів і формулювання висновків по роботі.

Таблиця 8.4

Рецептура арболіту

Складові і розхід матеріалів на 1 м ³ арболіту	Одиниця	Номер бригади				
		1	2	3	4	5
В'язуче	кг					
Органічний заповнювач	кг					
Хімічна добавка	кг					
Затворювач	л					

Таблиця 8.5

Результати випробувань зразків арболіту

№ бри-гади	Задана марка арболіту	Спосіб ущільнення суміші	Середня густина арболіту		Міцність після сушки, МПа	Примітки
			після теплової обробки	в абсолютно сухому стані		
1						
2						
3						
4						
5						

Лабораторна робота №9

Технологія отримання деревинно-мінеральних плит

Метою роботи є вивчення особливостей технології отримання деревинно-мінеральних плит.

Завдання роботи – отримати деревинно-мінеральні плити; визначити їх фізично-механічні властивості.

Необхідні для роботи матеріали, прилади і обладнання: деревинна стружка, портландцемент, молотий гранульований шлак, сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, біле вапно – гідроксид кальцію $Ca(OH)_2$, рідинне натрієве скло, дисилікат натрію, експериментальні

форми розміром 5x15x1 см, технічні ваги з різновагами, мірні циліндри, змішувач, гідравлічний прес.

Короткі теоретичні відомості та методика виконання роботи

Деревинно-мінеральні плити є пресованим листовим матеріалом, що виготовляється на основі деревинного заповнювача і мінерального в'язучого. В ролі заповнювача найчастіше використовують спеціальну плоску стружку деревини хвойних порід. В ряді випадків можливе використання відходів деревини (тирса, дріб'язок) і сільськогосподарські відходи (костра, кенафа, рисова і соняшникова лузга, очіси льону і бавовника). Плити використовують в промисловому, громадському і сільськогосподарському будівництві як стінові перетинки, підлоги, підвісні стелі, підвіконні дошки, облицювальні деталі інтер'єру та ін.

Деревинна стружка повинна мати довжину 22...35 мм, товщину 0,2...0,4 мм. В молотковій дробарці площинна стружка розділяється на гнучкі вузькі смужки.

Технологія отримання деревинно-мінеральної суміші на основі портландцементу передбачає такий порядок змішування компонентів: деревина – розчин сульфату алюмінію – розчин рідинного натрієвого скла – портландцемент.

Технологія отримання деревинно-мінеральної суміші на основі шлаколужного в'язучого передбачає змішування компонентів в такій послідовності: деревина – розчин дистилікату натрію – мелений шлак.

Загальний час перемішування компонентів деревинно-мінеральної суміші – 10 хв. Вологість формувальної суміші повинно складати 40...43%.

Рекомендовані витрати деревинної стружки, в'язучого, затворювача, хімічних добавок для отримання деревинно-мінеральних плит на основі портландцементу і шлаколужного в'язучого наведені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Витрати компонентів

Вид в'язучого	Склад і витрати компонентів на 1 м ³ деревинно-мінеральних плит						
	Деревинна стружка, кг	Портландцемент, кг	Шлак, кг	Дисилікат натрію, л	Вода, л	Сульфат алюмінію, л	Рідке скло, л
Портландцемент	280	780	–	–	470	11,5	27,0
Шлако-лужне	410	–	500	500	–	–	–

Примітка. Вологість деревини – 12%...18%, густина дисиліката натрію – 1,35 кг/м³.

Отримана деревинно-мінеральна формувальна суміш засипається в форму.

Тиск пресування або стиснення знаходиться в безпосередньому зв'язку з потрібною середньою густиною деревинно-мінеральних плит. При середній густині плити 1200...1300 кг/м³ питомий тиск мусить становити біля 18...25 кг/см² відповідно до товщини плити. Пресування здійснюється протягом 90...120 с. Перед зняттям напруги притискувальні кришки фіксуються затискачами. Після формування вироби в формах витримуються протягом 2 год до термообробки.

Термообробка деревинно-мінеральних плит на основі портландцементу здійснюється таким чином: після попереднього витримування плити піддаються термообробці при температурі 70...80°C й вологості середовища 45...50% протягом 8 год. Потім плити витягуються із форм і відстоюються протягом 7 діб в звичайних умовах. Після відстоювання плити піддаються кліматизації при температурі 115°C протягом 12 год в сушильній камері, а потім охолоджуються після сушки протягом 2...4 год.

Термообробка деревинно-мінеральних плит на основі шлако-лужного в'язучого полягає в наступному: після попереднього витримування плити піддаються тепловій обробці за режимом 1+6+1 при температурі ізотермічного прогрівання 50...55°C. Після тепловологої обробки плити піддаються сушінню при температурі

100...110°C протягом 6 год., потім охолоджуються після сушіння протягом 2...4 год і витягуються із форм. Затверділі зразки висушують до постійної маси при температурі 105...110°C, а потім визначають середню густину, межу міцності при згині і набуханні деревинно-мінеральних плит.

Порядок виконання роботи

1. Виконання перерахунку суміші деревинно-мінеральних плит на один заміс.
2. Приготування деревинно-мінеральної суміші і формування зразків при тиску 10, 20, 30 кг/см².
3. Здійснення теплової обробки зразків із деревинно-мінеральної сировини.
4. Визначення фізико-механічних властивостей деревинно-мінеральних плит.
5. Складання табл. 9.2.
6. Побудова графічної залежності міцності і середньої густини деревинно-мінеральних плит від зусилля пресування.
7. Аналіз отриманих результатів і формулювання висновків по роботі.

Таблиця 9.2

Результати випробувань зразків деревинно-мінеральних плит

№ бригади	Вид в'язу -чого	Зусилля пересування, кг/см ²	Товщина плити, мм	Середня густина деревинно-мінеральних плит, кг/м ³		Міцність при згині, МПа	Набухання, %	Примітка
				після теплової обробки	в абсолютно сухому стані			
1								
2								
3								
4								
5								

Список літератури

1. *Волженский А.В., Буров Ю.С. и др.* Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1981. – 270 с.
2. *Волянський О.А.* Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій. – Ч.І. – К.: Вища шк., 1994. – 271 с.
3. *Горчаков Г.И., Баженов Ю.М.* Строительные материалы. – М.: Стройиздат, 1986. – 96 с.
4. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. – К.: Вища шк., 1987. – 414 с.
5. *Будівельне матеріалознавство /За редакцією П.В. Кривенко.* – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2004. – 313 с.
6. *Рунова Р.Ф., Шейніч Л.О., Гелевера О.Г. и др.* Основы виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. – К.: КНУБА. 2001. – 354 с.
7. *Гоц В.І.* Бетони і будівельні розчини. – К.:ТОВ УВПК “ЕксОб”, К.: КНУБА, 2003. – 472 с.