

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ**

Кафедра «Будівельні конструкції і споруди»

**Методичні вказівки
для виконання
лабораторних робіт з дисципліни
«Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів і конструкцій»**

Для студентів спеціальності 6.100502 «Залізничні споруди та колійне господарство» денної та заочної форми навчання

Київ 2014

Дорошенко О.Ю.

**Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів і конструкцій»
. – К.: ДЕДУТ, 2014. – с.64.**

Методичні вказівки призначені для студентів вищих навчальних закладів залізничного транспорту, що навчаються за спеціальністю 7.100502 «Залізничні споруди та колійне господарство».

В методичних вказівках для виконання лабораторних робіт викладено основні уявлення про дисперсні системи; процеси структуроутворення і методи регулювання структурно-механічними властивостями матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин.

Методичні вказівки є посібником для вивчення розділів курсу „Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів і конструкцій” для студентів вищих навчальних закладів залізничного транспорту.

*Рекомендовані на засіданні кафедри (протокол № 6 від 22.12.2010 року)
та узгоджені з методичною комісією факультету (протокол № 6 від 26.01.2011 року).*

Укладачі: О.Ю. Дорошенко, канд. техн. наук, доц.,

Рецензенти:

Г.М. Талавіра, канд. техн. наук, доц. ДЕДУТ.

Зміст

Лабораторна робота № 1. Отримання дисперсних систем з певною концентрацією твердої фази	
1.1 Загальні відомості.....	2
1.2 Прилади і реактиви.....	3
1.3 Хід роботи.....	3
1.4 Контрольні запитання.....	4
Лабораторна робота № 2. Визначення якості будівельного гіпсу з добавкою-уповільнювача тужавлення	
2.1 Загальні відомості.....	4
2.2 Визначення строків тужавіння гіпсового тіста стандартної консистенції (нормальної густоти) без добавок та з добавками.....	7
2.3 Визначення границь міцності при стиску та при згині.....	9
2.4 Контрольні питання.....	10
Лабораторна робота № 3. Вплив добавок-прискорювачів твердіння на властивості портландцементу, як активної складової бетонної суміші	
3.1 Загальні відомості.....	11
3.2 Визначення нормальної густоти цементного тіста (водопотреби портландцементу).....	12
3.3 Визначення впливу хімічних добавок-прискорювачів твердіння $CaCl_2$ та $CaCl_2 + NH_4NO_3$ на міцність портландцементу.....	13
3.4 Контрольні питання.....	16
Лабораторна робота № 4. Вплив добавки-пластифікатора на властивості портландцементу, як активної складової бетонної суміші	
4.1 Загальні відомості.....	19
4.2 Визначення впливу хімічної добавки-пластифікатора ЛСТ на консистенцію цементно-піщаного розчину та міцність портландцементу.....	19
4.3 Контрольні питання.....	27
Лабораторна робота № 5: Визначення характеристик бітумних емульсій	
5.1 Загальні відомості.....	30
5.2 Технічні вимоги.....	32
5.3 Хід роботи.....	33
5.4 Загальний висновок.....	35
5.5 Контрольні запитання.....	37
Лабораторна робота № 6. Рішення задач.....	37
7 ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	45
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	47

Вступ

Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів (БМ) – це галузь, яка визначає фізико-хімічні фактори, що визначають механічні властивості будівельних матеріалів й їх структуру, і розроблює шляхи і методи використання цих факторів для керування механічними властивостями будівельних матеріалів, а також процесами одержання будівельних матеріалів із заданою структурою і необхідними властивостями.

Розв'язання цієї задачі повинно привести до підвищення міцності і стійкості БМ у різноманітних умовах служби, а також до полегшення, прискорення й поліпшення процесів механічної обробки різних твердих тіл тиском, різанням і здрибнюванням за допомогою спільного використання як фізичних (температури), хімічних, так і механічних факторів. Для розв'язання основної задачі ФХМ необхідна розробка двох проблем:

- вивчення фізико-хімічних закономірностей і механізму деформаційних процесів руйнування твердого тіла залежно від його складу і структури, впливу температури і зовнішнього середовища;
- вивчення процесів структуроутворення, а саме: розвиток просторових структур, що утворюють тверде тіло з заданими механічними властивостями; вивчення кінетики цих закономірностей.

Перша проблема пов'язана з розвитком процесів обробки твердих тіл – тиском, різанням, а також подрібненням і тонким помолом.

Друга проблема пов'язана з теорією утворення нових дисперсних фаз з рідкого середовища – переохолодженого розплаву, пересиченого розчину або шляхом спресовування і спікання спочатку не зв'язаних між собою твердих частинок порошку.

Зараз у промисловому та цивільному будівництві вимагається розробка нових будівельних матеріалів з місцевої сировини та така технологія бетонів, яка забезпечувала б найкраще використання в'язучих речовин – цементів, вапняку, гіпсу. Потенціал цементу використовується в бетоні не більше, ніж наполовину. Розробка науково обґрунтованої технології бетону та виробів на його основі дозволить значно поліпшити використання цементу, підвищити міцність та стійкість готових виробів, дасть можливість перейти до теплоізоляційних бетонів (ніздрювато-пористих) з невеликою об'ємною масою навіть у несучих виробках та конструкціях, знизити витрати цементу в бетоні за рахунок домішків, у тому числі з відходів виробництва.

Велике значення має проблема тонкого подрібнення, на яке потрібно до $\frac{3}{4}$ витрат енергії при сухому способі виробництва цементу. Швидкість процесів з участю речовин у твердому стані пропорційна величині поверхні частинок і тому різко зростає по мірі їх подрібнення.

Лабораторна робота №1

Отримання дисперсних систем з певною концентрацією твердої фази

1.1 Загальні відомості

Дисперсною називається система, яка складається з двох чи трьох фаз, причому, одна фаза є суцільною, безперервною (дисперсне середовище), а інші представляють собою частки певних розмірів (дисперсна фаза).

Отримання колоїдних систем може бути здійснено двома шляхами: або подрібненням крупних частинок на більш дрібні (диспергаційний метод), або створенням умов, в яких атоми і молекули з'єднуються в частинки колоїдних розмірів (конденсаційний метод). Мірою роздробленості дисперсної системи може служити розмір частинок d , або зворотна йому величина $D=1/d$, названа дисперсністю.

Велике значення має дисперсність речовини (ступінь її подрібленості) в різноманітних технологічних процесах. Наприклад, якість цементів залежить від розмірів їх частинок. При виробництві гуми якість вулканізату визначається дисперсністю порошку сірки, що додається. Покриваюча здатність фарби залежить від ступеня подрібленості пігменту. В виробничих умовах на подрібнювання матеріалів витрачається велика кількість енергії. Наприклад, у виробництві цементу сухим методом вартість витраченої енергії на подрібнення і змільчення сировини, вугілля і цементного клінкеру складає приблизно три чверті всіх виробничих витрат. Таким чином, дисперсність речовин має велике значення, як при вирішенні багатьох виробничо-технічних питань, так і для науково-дослідницьких цілей.

До диспергаційних методів отримання дисперсних систем відносять подрібнювання, розпилення і барботаж.

Подрібнення може бути механічним (подрібнення, різання, розпилювання, розколювання, роздавлення, удар, стирання) і фізичним (ультразвукові коливання, дія постійного і змінного електричного поля). В якості механізмів для подрібнювання застосовуються пластинчасті та дискові ножі, струни, вальцьові станки, дернова, дробарки, шарові й дискові млини. Для більш тонкого подрібнювання використовують колоїдні млини ударного або стираючого типів. Після розпилення суцільного рідкого середовища з'являються краплі, які зважені в газовому середовищі. Барботажем називається подавання в рідке середовище газу або повітря, при цьому ударні дії пухирців приводять до диспергування.

Як метод отримання дисперсних систем заміни розчинника застосовується конденсація. Фізична конденсація здійснюється при зниженні

температури газового середовища, яка утримає пари різних речовин. Подібний процес відбувається не тільки в об'ємі газу, але і на охолодженій поверхні, яку розміщують в більш тепловому газовому середовищі.

При хімічній конденсації продукти деяких реакцій формують перенасичений розчин з одночасним виділенням твердого дисперсного середовища (наприклад, при твердінні неорганічних в'язучих). Заміна розчинника призводить до утворення дисперсної системи в тих випадках, коли до розчинника будь-якої речовини додають іншу рідину, яка є для цієї речовини поганим розчинником і разом з тим гарно змішується з вихідним розчинником.

При взаємодії твердої дисперсної фази з відповідним дисперсним середовищем (наприклад, водою) утворюється дисперсія певної концентрації. При цьому необхідно враховувати вологість вихідної речовини, оскільки від неї залежить кількість дисперсійного середовища, необхідного для утворення певної концентрації. При виконанні цих умов можливо отримати дисперсну систему заздалегідь заданої концентрації і необхідними механічними (деформаційними) властивостями.

Однак, одного тільки механічного подрібнювання або фізичної конденсації недостатньо для отримання стійкої колоїдної системи. Необхідний третій компонент-стабілізатор, який створює захисний адсорбційний шар навколо частинок. Такими стабілізаторами можуть бути, наприклад, поверхнево-активні органічні речовини (мила, високомолекулярні сполуки).

1.2 Прилади і реактиви

Технічні ваги; мірний циліндр; бюкс; зразки твердої дисперсної фази; дистильована вода; сушильна шафа; лабораторна склянка; змішувач; стабілізатор.

1.3 Хід роботи

Для отримання дисперсних систем з певною концентрацією твердої фази необхідно визначити масу речовини m з урахуванням її залишкової вологи W за формулою:

$$m = \frac{m_c}{1 - W}, \quad (1.1)$$

де m_c – маса речовини, висушеної до постійної маси, г.

На першому етапі визначаємо залишкову вологість W . Для цього беремо наважку речовини в повітряно – сухому стані, наприклад $m_{nc} = 15$ г і висушуємо її до постійної маси (наприклад $m_c = 10$ г). Встановлюємо скільки води було в цій

наважці $m_e = m - m_c = 15 - 10 = 5$ г, тобто $W = \frac{m_e}{m_c} \cdot 100 = \frac{5}{10} \cdot 100 = 50\%$, що в частках одиниці складає 0,5. Далі за формулою (1.1) знаходимо масу речовини m з урахуванням її залишкової вологості:

$$m = \frac{m_c}{1 - W} = \frac{10}{1 - 0,5} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ г}$$

Розраховану кількість дисперсної фази розміщують у хімічній склянці, заливають відповідною кількістю дистильованої води. Отриману систему розміщують лабораторною мішалкою протягом 5 – 10 хвилин. Для вивчення дії стабілізатора в аналогічно приготовлену систему додають гідрофобізатор. Після перемішування обидві хімічні склянки витримують деякий час (20 – 30 хв) і роблять візуальну оцінку стійкості отриманих колоїдних систем шляхом порівняння швидкості освітлення розчинів.

1.4 Контрольні запитання

- 1 Що таке дисперсність? Що вона характеризує? Значення дисперсності матеріалів у різноманітних технологічних процесах.
- 2 Назвіть методи отримання дисперсних систем.
- 3 Опишіть сутність конденсаційного методу отримання дисперсних систем. Назвіть його види. Наведіть приклади.
- 4 Опишіть сутність диспергаційного методу отримання дисперсних систем. Назвіть його види. Наведіть приклади.
- 5 Охарактеризуйте види диспергаційного методу отримання дисперсних систем. Наведіть приклади.
- 6 Охарактеризуйте види конденсаційного методу отримання дисперсних систем. Наведіть приклади.
- 7 Вкажіть взаємозв'язок між дисперсністю і розміром частинок.

Лабораторна робота № 2

Визначення коефіцієнта в'язкості рідини методом падаючої кульки

1.1 Загальні відомості

Мета роботи: визначити коефіцієнт в'язкості рідини методом Стокса.

При русі рідини між її шарами виникають сили внутрішнього тертя, що діють таким чином, щоб зрівняти швидкість усіх шарів. Природа цих сил полягає в тому, що шари, що рухаються з різними швидкостями, обмінюються молекулами. Молекули з більш швидкого шару передають більш повільному деяку кількість руху, внаслідок чого останній починає рухатися швидше. Молекули з більш повільного шару одержують у швидкому шарі деяку кількість руху і швидкий шар гальмується. Розглянемо рідину, що рухається в напрямку осі ОХ (рис.1). Два шари рідини рухаються з різними швидкостями уздовж осі ОХ. На осі ОУ візьмемо дві точки М та N, що знаходяться на відстані Δy . Швидкості потоку в точках М та N відрізняються на dv . Відношення dv/dx називається градієнтом швидкості і характеризує зміну швидкості потоку в напрямку осі ОУ. Сила внутрішнього тертя (в'язкості) діє між двома шарами, вона пропорційна площі їх зіткнення і градієнту швидкості

$$f = \eta \frac{dv}{dy} \Delta S \quad (2.1)$$

Величина η називається коефіцієнтом внутрішнього тертя або коефіцієнтом динамічної в'язкості.

Якщо вважати, що $\frac{dv}{dy} = 1$ та $\Delta S = 1$, то $\eta = f$, тобто коефіцієнт динамічної в'язкості, чисельно дорівнює силі внутрішнього тертя, що виникає на кожній одиниці поверхні зіткнення двох шарів, які рухаються один відносно іншого з градієнтом швидкості, рівним одиниці

$$[\eta] = \text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$$

Поряд з коефіцієнтом динамічної в'язкості η часто вживається коефіцієнт кінематичної в'язкості ν

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (2.2)$$

де ρ – густина рідини.

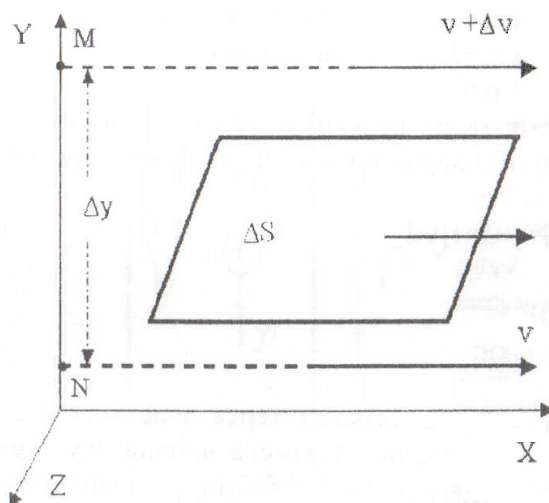


Рис. 1

На тверду кульку, яка падає у в'язкій рідині, діють три сили: відштовхуюча сила за законом Архімеда, вага тіла і сила опору, обумовлена в'язкістю (внутрішнім тертям) рідини. Падаюча кулька змочується рідиною, при цьому найближчий (граничний) до поверхні кульки шар рідини буде рухатися зі швидкістю кульки. З віддаленням від кульки швидкість шарів рідини зменшується до нуля.

За умови повільного руху кульки в широкій посудині з рідиною сила опору рідини виражається формулою, що була отримана Стоксом :

$$F = 3\pi\eta Vd \quad (2.3)$$

де η – коефіцієнт в'язкості;
 V – швидкість руху кульки;
 d – діаметр кульки.

Із зростанням швидкості V сила в'язкості тертя зростає і настає момент, коли ця сила разом із силою Архімеда врівноважує вагу кульки. При цьому кулька буде рухатися рівномірно зі швидкістю V_0 .

За умови рівномірного руху кульки в рідині (коли наступить рівновага трьох вищевказаних сил, що діють на кульку) має місце рівність

$$Vg = (\rho - \rho') = 3\pi\eta Vd \text{ чи } (\rho - \rho') g \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = 3\pi\eta V_0 d \quad (2.4)$$

$$\eta = \frac{d^2(\rho - \rho')g}{18V_0} \dots (2.5)$$

Швидкість рівномірного руху V_0 можна визначити за спостереженням часу t проходження кулькою шляху l , від верхньої мітки шкали, нижче якої рух кульки буде рівномірним, до нижньої

$V=l/t$, тоді

$$\eta = \frac{g(\rho - \rho')}{18l} d^2 t \dots (2.6)$$

де ρ – густина тіла (металева кулька, сталь, свинець);

ρ' – густина середовища (технічний гліцерин, касторова олія);

g – прискорення сили тяжіння

1.2 Прилади і реактиви

Скляна циліндрична посудина з в'язкою рідиною, металевий дріб, секундомір, мікрометр, масштабна лінійка, термометр.

1.3 Хід роботи

Прилад являє собою вертикально розташований скляний циліндр, який наповнено досліджуваною рідиною і має зовнішню шкалу (рис.2). По шкалі визначається деякий відрізок шляху l рівномірного падіння кульки, час руху якого вимірюється секундоміром. Перед опусканням кульки в рідину, кілька разів виміряти діаметр кульки мікрометром.

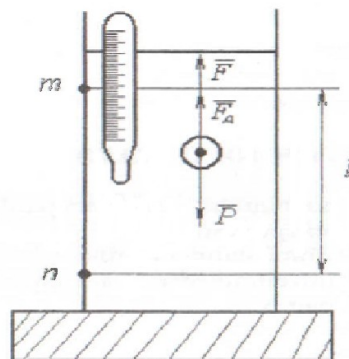


Рис. 2

За допомогою пінцета занурити кульку в рідину вздовж вісі циліндра. Відлік часу починають коли кулька знаходиться проти обраної верхньої мітки шкали «т».

Обрана верхня мітка повинна бути розташована на 5-6 см нижче рівня рідини. У момент проходження кульки через верхню мітку включити секундомір. При проходженні кульки через нижню обрану мітку «п» секундомір зупинити.

У такий спосіб визначається час проходження кулькою шляху l при рівномірному русі кульки.

Дослід повторити кілька разів для одержання середнього результату.

Результати вимірів і обчислень занести в таблицю 1.

Таблиця 2.1

№ п/п	Діаметр кульки $d, м$	Відрізок шляху $l, м$	Час падіння кульки $t, с$	Середня швидкість падіння $V, м/с$	Густина $\rho, кг/м^3$		Коефіцієнт в'язкості $\eta, кг м^{-1}с^{-1}$
					кульки	рідини	
1							
2							
3							
4							
5							
Середнє значення							

Визначення якості будівельного гіпсу з добавкою – уповільнювача тужавлення

3.1 Загальні відомості

Гіпсовою в'язучою речовиною називається матеріал, який складається із напівводного гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) або ангідриту (CaSO_4) та отримується тепловою обробкою вихідної сировини та помелом продукту випалювання.

Гіпс являє собою порошкоподібну мінеральну в'язучу речовину, здатну при змішуванні з водою утворювати пластичну масу, яка набуває, під впливом фізико-механічних процесів визначену міцність та щільність.

В якості сировини використовуються мінерал – двуводний гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гіпсовий камінь), природний ангідрит (CaSO_4) та деякі відходи промисловості (фосфогіпс, борогіпс та ін.)

Гіпсові в'язучі, в залежності від температури теплової обробки гіпсової сировини поділяються на дві групи: *низьковипалювальні* ($80 \dots 160^\circ\text{C}$), які складаються головним чином з $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ та відзначаються швидким твердінням та *високовипалювальні* ($600 \dots 950^\circ\text{C}$), які складаються з CaSO_4 та відзначаються повільним твердінням.

До низьковипалювальних гіпсових в'язучих належать:

- *будівельний гіпс* ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – β модифікації), який застосовують, головним чином, для виробництва гіпсових та гіпсобетонних будівельних виробів для внутрішніх частин будівель та для виробництва сухої штукатурки;

- *формувальний гіпс* відрізняється від будівельного більш тонким помелом, його використовують для виготовлення форм у керамічній та фарфорово-фаянсовій промисловості;

- *високоміцний гіпс* ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – α -модифікації), використовується переважно в металургійній промисловості та в медицині.

До високовипалювальних гіпсових в'язучих належать:

- *ангідритовий цемент* (CaSO_4), який використовують для виготовлення безшовних підлог та підготовок під лінолеум, у розчинах для штукатурення та мурування, отримання штучного мармуру;

- *високовипалювальний гіпс або естрих-гіпс* (CaSO_4) використовують для тих же цілей, що і ангідритовий цемент.

Будівельним гіпсом називається повітряна в'язуча речовина, яка складається переважно із напівводного гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) β - модифікації та отримується випалюванням (дегідратацією) природного гіпсового каменю

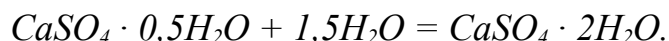
($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) при температурі 80...100°C із подальшим помелом в тонкий порошок.

Виробництво будівельного гіпсу складається з трьох головних операцій: дроблення гіпсового каменю, помелу та випалювання.

Реакція дегідратації двуводного гіпсу при випалюванні відбувається з поглинанням теплоти (на 1 кг напівводного гіпсу витрачається 580 кДж):



При твердінні відбувається процес, протилежний тому, що відбувається при випалюванні:



За умовами випалювання, швидкості тужавіння та твердіння будівельний гіпс належить до низьковипалювальних в'язучих речовин.

Таблиця 3.1

Технічні вимоги до гіпсових в'язучих

Показники якості	Нормативні показники
1	2
Тонкість помелу: максимальний залишок на ситі № 02, % не більше для: грубого помелу середнього помелу (індекс ступеню помелу) тонкого помелу (індекс ступеню помелу)	23 14 (II) 2 (III)
Строки тужавіння гіпсового тіста нормальної консистенції: - початок не раніше, хв. для: швидкотужавіючі (індекс строків тужавіння) нормальнотужавіючі (індекс строків тужавіння) повільнотужавіючі (індекс строків тужавіння) - кінець не пізніше, хв. швидкотужавіючих (індекс строків тужавіння) нормальнотужавіючих (індекс строків тужавіння) повільнотужавіючих (індекс строків тужавіння)	2 (А) 6 (Б) 20 (В) 15 (А) 30 (Б) не нормується
Міцність при стиску / при згині зразків балочок (40x40x160 мм) у віці 2 години у МПа, не менше: для гіпсу марки:	2 / 1,2
Г-2	

Г-3	3 / 1,8
Г-4	4 / 2,0
Г-5	5 / 2,5
Г-6	6 / 3,0
Г-7	7 / 3,5
Г-10	10 / 4,5
Г-13	13 / 5,5
Г-16	16 / 6,0
Г-19	19 / 6,5
Г-22	22 / 7,0
Г-25	25 / 8,0

Приклад умовного позначення гіпсового в'язучого з міцністю 5,2 МПа, строками тужавіння: початок 5 хв, кінець – 9 хв та залишком на ситі № 02 – 9 %, тобто в'язучого марки Г-5, швидкотужавіючого, середнього помелу: Г-5АП.

3.2 Визначення строків тужавіння гіпсового тіста стандартної консистенції (нормальної густоти) без добавок та з добавками

Строки тужавіння характеризують період часу, протягом якого гіпсова в'язуча речовина, при зачиненні водою, ущільнюється та густішає (*початок тужавіння*) та перетворюється у тверде тіло, яке спочатку має малу міцність (*кінець тужавіння*).

Будівельний гіпс – в'язуче, яке швидко тужавіє та твердне. Це викликає ряд незручностей, тому будівельний гіпс зачиняють малими порціями, або добавляють різноманітні добавки, які регулюють строки тужавіння.

Для визначення строків тужавіння використовують гіпсове тісто *стандартної консистенції*.

3.2.1 Прилади і матеріали

Чаша сталева сферичної форми; ручна мішалка; скло діаметром більше 240 мм з нанесеними на нього колами діаметром від 150 до 220 мм через 10 мм, або колами діаметром 170 до 190 мм – через 5 мм; металевий циліндр з полірованою внутрішньою поверхнею; лінійка довжиною 250 мм; ваги; секундомір; питна вода; конічне кільце, прилад Віка (маса рухомої частини 300±2г); пластинка із корозійностійкого матеріалу (100x100 мм), будівельний гіпс.

3.2.2 Хід роботи

А. Визначення стандартної консистенції гіпсового тіста без добавки та з добавкою, які уповільнюють строки тужавіння

Стандартна консистенція (нормальна густота) характеризується діаметром розпливу гіпсового тіста, яке витікає із циліндра при його підйомі.

Діаметр розпливу повинен становити 180 ± 5 мм. Кількість води є основним критерієм визначення властивостей гіпсового в'язучого – строків тужавіння та границі міцності. *Кількість води визначається у відсотках, як відношення маси води, необхідної для отримання гіпсової суміші стандартної консистенції, до маси гіпсового в'язучого у грамах.*

1 У чашку, протерту тканиною, виливають воду, кількість якої залежить від властивостей будівельного гіпсу (назначається викладачем).

2 У воду протягом 2...5 с висипають від 300 до 350 г гіпсу. Масу перемішують ручною мішалкою протягом 30 с.

3 Циліндр та скло протирають тканиною, циліндр встановлюють у центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом, залишки зрізують лінійкою.

4 Через 45 с від моменту засипання гіпсового в'язучого у воду, або через 15 с після закінчення перемішування циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15...20 см та відносять убік.

5 Заміряють діаметр розпливу лінійкою у двох перпендикулярних напрямках та обчислюють середнє арифметичне значення. Якщо діаметр розпливу не відповідає 180 ± 5 мм, визначення повторюють із корегованою масою води.

6 Результати випробувань заносяться у табл. 2.2.

Б. Визначення строків тужавіння гіпсового в'язучого

Початком тужавіння будівельного гіпсу вважається період часу з моменту додавання гіпсу у воду, до того моменту коли голка приладу Віка перший раз не доходить до поверхні пластини.

Кінцем тужавіння будівельного гіпсу вважається період часу з моменту додавання гіпсу у воду, до того моменту коли голка приладу Віка занурюється у гіпсове тісто не більше 1 мм.

1 У стержень приладу Віка закріплюють голку, а на верхній частині стержня розташовують пестик (з метою збереження загальної маси стержня з голкою 300 г). Перевіряють нульове положення стержня приладу.

2 Гіпсове тісто стандартної консистенції укладають у протерте мастилом кільце приладу Віка. Для видалення з тіста повітря кільце з пластинкою 4 – 5 раз струшують. Залишки тіста зрізують, кільце встановлюють на столик приладу під голку.

3 Голку приладу Віка підводять до поверхні тіста, закріплюють стержень стопором, потім звільняють стержень, даючи голці змогу вільно занурюватися у

тісто. Голку занурюють у тісто кожні 30 с, пересуваючи кільце та слідкуючи, щоб голка не попала в те ж саме місце. Після кожного занурення голку треба витирати.

4 Визначають початок та кінець тужавіння.

5 Дані випробувань заносяться в таблицю 2.2.

Таблиця 3.2

Результати випробувань

Показники	Результати		Норми згідно ГОСТ 125-79
	Без добавки	З добавкою	
Нормальна густина, %			
Час затворення гіпсового тіста, год, хв			
Час початку тужавіння, год, хв			
Час кінця тужавіння, год, хв			
Строки тужавіння: початок, хв кінець, хв			

3.3 Визначення границь міцності при стиску та при згині

Міцність виробів із будівельного гіпсу характеризується *границями міцності при стиску, при згині* тощо. Міцність виробів із будівельного гіпсу у великій мірі залежить від кількості води затворення. Підвищити міцність гіпсу можливо додаванням вапна, портландцементу, добавок. Негативний вплив на міцність гіпсу має висока вологість повітря.

Визначення міцності зразків, виготовлених із гіпсового тіста стандартної консистенції, здійснюється **через 2 години** після початку замішування гіпсового в'язучого з водою.

3.3.1 Прилади і матеріали

Чаша сталева сферичної форми; ручна мішалка; лінійка довжиною 250 мм; ваги; мірний циліндр; форма для виготовлення зразків-балочок розмірами 40x40x160 мм; нажимні пластинки; прес (10 – 20 тс); МП-100; будівельний гіпс.

3.3.2 Хід роботи

1 Для виготовлення зразків-балочок необхідно зважити пробу гіпсового в'язучого масою 1,0 або 1,6 кг.

2 Наважку гіпсового в'язучого протягом 5...20 с засипають у чашку з водою (кількість води, яка необхідна для отримання тіста стандартної консистенції).

3 Суміш ретельно перемішують протягом 60 с до отримання однорідного тіста.

4 Гіпсове тісто заливають у форму, одночасно у три гнізда, які попередньо змащують мастилом.

5 Для видалення повітря після заливки форму струшують 5 разів, піднімаючи її за край на висоту 8...10 см та опускаючи. Надлишок тіста знімають лінійкою.

6 Через 15 хв після кінця тужавіння зразки виймають з форми та маркують.

7 Встановлюють зразок-балочку на опорні елементи приладу МП-100, таким чином, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходилися у вертикальному положенні.

8 Включають прилад, після руйнування зразка визначають границю міцності при згині R_{32} за лічильником приладу в кгс/см² (МПа) для одного зразка.

9 Границю міцності при згині визначають як середнє значення із результатів випробувань трьох зразків.

10 Одержані після випробувань при згині шість половинок балочок зразу (почергово) випробовуються при стиску. Для цього половинку балочки встановлюють між двома спеціальними металевими пластинками таким чином, щоб бокові грані зразка знаходились на площинах пластинок.

11 Зразок разом з пластинками встановлюють у центрі опорної плити пресу. Середня швидкість зростання навантаження повинна становити $2,0 \pm 0,5$ МПа за секунду.

12 Границя міцності при стиску R_{cm} зразка в МПа, обчислюється за формулою

$$R_{cm} = P_{cm} / F, \quad (3.1)$$

де P_{cm} – руйнівне навантаження, Н (кгс);

F – площа пластинки, яка дорівнює 25 см².

10 кгс/см² дорівнює 1МПа.

13 *Границя міцності при стиску визначається як середнє арифметичне результатів шести випробувань зразків (половинок балочок) без найбільшого та найменшого результатів.*

14 Результати випробувань заносять у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Результати випробувань

Показники	Результати		Марка в'язучого згідно ГОСТ 125-79
	Без добавки	З добавкою	
Кількість гіпсового в'язучого, г			
Кількість води для отримання тіста нормальної консистенції, г			
Границя міцності при згині $R_{зг}$, МПа			
Середнє значення границі міцності при згині $R_{зг}$, МПа			
Границя міцності при стиску $R_{ст}$, МПа			
Середнє значення границі міцності при стиску $R_{ст}$, МПа			

3.4 Контрольні питання

1. Визначення гіпсового в'язучого.
2. Види сировини для отримання гіпсових в'язучих.
3. Види гіпсових в'язучих.
4. Який в'язучий матеріал називається будівельним гіпсом.
5. Застосування гіпсу.
6. Реакції дегідратації та гідратації гіпсу.
7. Основні властивості гіпсу.

Лабораторна робота № 4

Вплив добавок-прискорювачів твердіння на властивості портландцементу, як активної складової бетонної суміші

4.1 Загальні відомості

Для регулювання процесу твердіння та властивостей цементного бетону, а також для економії портландцементу використовують різноманітні добавки. В якості добавок застосовуються неорганічні та органічні речовини.

Добавки у невеликих кількостях вводять до складу цементу при його помелі або при затворенні водою в процесі виготовлення будівельних розчинів та бетонних сумішей [1].

Необхідно звернути увагу на дотримання строгого режиму дозування добавок (точність дозування добавок-прискорювачів твердіння – 0,5...1 %). Недотримання цих вимог призводить до погіршення властивостей бетону і навіть до його руйнування.

Залежно від *основного ефекту впливу на властивості* бетонних сумішей і бетону, добавки поділяють на види, що наведені в нормативних документах [3, 4].

Вибір добавок визначається основними технологічними вимогами до цементобетонних виробів та конструкцій. Наприклад, для ряду будівельних потреб – заводського виготовлення залізобетонних конструкцій, швидкісного будівництва, будівництва при низьких температурах та ін., необхідно застосовувати портландцемент з інтенсивним приростом міцності, особливо в ранній період твердіння, тобто з використанням добавок-прискорювачів.

Використання хімічних добавок-прискорювачів твердіння є одним із методів прискорення процесу твердіння цементу, поряд з тепловологою обробкою, використанням жорстких бетонних сумішей з малим B/C та ін.

Широке застосування має добавка хлористого кальцію ($CaCl_2$), яка вводиться в кількості 0,5...2 % від маси цементу.

Прискорюючий ефект добавки $CaCl_2$ пов'язаний з утворенням комплексних солей при її взаємодії з клінкерними мінералами цементу (C_3A , C_4AF) та її каталітичною дією на процеси гідратації довготверднучих мінералів портландцементу (C_2S , C_3S).

До недоліків добавки $CaCl_2$ належить можливість корозії сталевих арматур в залізобетоні та зниження стійкості цементного каменю в сульфатному середовищі, що обмежує її застосування у збірному залізобетоні (не більше 2 % від маси цементу) і забороняє її використання у попередньо напружених конструкціях.

Для часткової нейтралізації шкідливого впливу добавки CaCl_2 на арматуру, разом з нею вводять такі інгібітори корозії, як NaNO_3 , NH_4NO_3 та ін.

В останній час широко використовуються комплексні добавки ($\text{CaCl}_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$; $\text{CaCl}_2 + \text{Ni}(\text{NO}_3)_2$; $\text{KCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ та ін.), які відзначаються поліфункціональністю своєї дії, тобто впливають одночасно на декілька характеристик бетону – строки тужавіння, міцність, морозостійкість та ін. Застосування комплексних добавок викликано необхідністю посилити ефект дії однокомпонентної добавки або усунути її шкідливий побічний вплив.

Під час проведення лабораторної роботи вплив хімічних добавок на властивості портландцементу досліджується на зразках цементного тіста та цементно-піщаного розчину.

4.2 Визначення нормальної густоти цементного тіста (водопотреби портландцементу)

4.2.1 Прилади і матеріали

Сито із сіткою № 008; чаша сталева сферичної форми; лопатка для ручного перемішування тіста; скляний мірний циліндр; ваги; прилад Віка; портландцемент; хімічні реактиви - CaCl_2 , NH_4NO_3 .

Нормальною густиною цементного тіста вважають таку його консистенцію, при якій пестик приладу Віка, занурений у кільце, заповнене тістом, **не доходить на 5–7 мм** до пластинки, на якій встановлено кільце.

Нормальна густина **НГ** визначається кількістю води затворення, у відсотках від маси цементу за формулою

$$\text{НГ} = V/\text{Ц} \cdot 100. \quad (4.1)$$

Водопотреба тіста нормальної густоти змінюється в межах: 21...28 % від маси цементу.

4.2.2 Хід роботи

1 Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається стержень приладу Віка, а також нульову позначку приладу, опускаючи пестик на пластинку, на якій розташоване кільце.

Кільце і пластинку необхідно змазати тонким шаром мастила.

Спочатку визначають нормальну густиною цементного тіста без добавок – еталону.

2 Наважку цементу $\text{Ц}=400$ г висипають у сферичну чашу, протерту вологою тканиною.

3 У цементі роблять заглиблення (лунку) і за один раз виливають воду в кількості, необхідній (орієнтовно) для отримання цементного тіста нормальної густоти. Кількість води призначає викладач.

4 Заглиблення засипають цементом, через 30 секунд обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою. Тривалість ручного перемішування і розтирання складає 5 хв з моменту затворення водою.

5 Після перемішування кільце швидко наповнюють (в один прийом) цементним тістом та 5 – 6 раз постукують пластинку об тверду основу.

6 Надлишок тіста у кільці знімають вологим ножом, підводять пестик приладу Віка до поверхні тіста в центрі кільця, закріплюють стержень стопорним гвинтом, а потім швидко звільнюють, даючи можливість вільно зануритися в тісто.

7 Через 30 с з моменту звільнення стержня беруть відлік по шкалі.

8 При невідповідній консистенції цементного тіста змінюють кількість води, знову зачиняють тісто, добиваючись занурення пестика на відповідну глибину. Кількість води для отримання тіста нормальної густоти визначають з точністю до 0,25 %.

9 Готують водні розчини хімічних добавок: розчин $CaCl_2$ беруть орієнтовну кількість води (задану викладачем), необхідну для отримання тіста нормальної густоти, додають $CaCl_2$ у кількості 2 % сухої речовини від маси цементу; розчин $CaCl_2 + NH_4NO_3$ беруть орієнтовну кількість води (задану викладачем), необхідну для отримання тіста нормальної густоти, додають $CaCl_2$ у кількості 1,2 % сухої речовини від маси цементу та NH_4NO_3 у кількості 1,0 % сухої речовини від маси цементу.

При приготуванні водних розчинів, кількість води корегується в бік зменшення порівняно з еталоном у зв'язку з початковим пластифікуючим ефектом добавок (30...50 хв від початку затворення).

10 Готують цементне тісто, окремо з хімічною добавкою $CaCl_2$ та окремо з хімічною добавкою $CaCl_2 + NH_4NO_3$.

11 Визначають нормальну густоту цементного тіста згідно зазначеної методики.

4.3 Визначення впливу хімічних добавок-прискорювачів твердіння $CaCl_2$ та $CaCl_2 + NH_4NO_3$ на міцність портландцементу

Для визначення впливу хімічних добавок-прискорювачів твердіння на міцність портландцементу необхідно визначити: *консистенції цементно-піщаних розчинів та виготовити зразки-балочки з еталонних цементно-піщаних розчинів та з розчинів з добавками.*

4.3.1 Прилади і матеріали

Сито із сіткою № 008; чаша сталева сферичної форми; скляний мірний циліндр; лопатка для ручного перемішування тіста; мішалка для перемішування цементного розчину; ваги; струшуючий столик; форма-конус; штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок; насадка для форм; вібраційна площадка; прилад для випробування зразків на згин – МП-100; гідравлічний прес; пластинки для передачі навантаження; портландцемент; пісок, вода, хімічні реактиви – $CaCl_2$, NH_4NO_3 .

А. Визначення консистенції цементно-піщаних розчинів [2]

4.3.2 Хід роботи

1 Для визначення консистенції цементно-піщаних розчинів роблять наважки: три рази по **1500 г** нормального піску **П**; три рази по **500 г** цементу **Ц**.

Співвідношення піску та цементу становить $Ц:П=1:3$.

2 Наважки цементу та піску **Ц+П** ($500г+1500г$), *почергово*, з інтервалом приблизно $10...20$ хв за вказівкою викладача, висипають у протерті вологою тканиною три сферичні чаші, перемішуючи цемент з піском протягом 1 хв.

3 Готують хімічні розчини та воду для затворення цементно-піщаних сумішей:

- наливають у скляний циліндр **200 г** води ($В/Ц=0,4$; $200/500=0,4$) для приготування еталонного розчину (без добавки);
- готують **200 г** водного розчину добавки $CaCl_2$, добавка береться у кількості **2 %** сухої речовини від маси цементу;
- готують **200 г** водного розчину добавки $CaCl_2 + NH_4NO_3$, добавка $CaCl_2$ береться у кількості **1,2 %** сухої речовини від маси цементу; добавка NH_4NO_3 береться у кількості **1,0 %** сухої речовини від маси цементу.

4 У сухих цементно-піщаних сумішах роблять лунки та *почергово* з інтервалом приблизно $10...20$ хв вливають:

- у першу суміш (еталонну) – воду;
- у другу суміш – водний розчин добавки $CaCl_2$;
- у третю суміш – водний розчин добавки $CaCl_2 + NH_4NO_3$.

5 Через $0,5$ хв після затворення, коли суміші вберуть в себе воду та водні розчини добавок, їх перемішують лопаткою протягом 1 хв.

6 Цементно-піщані розчини по черзі переносять у протерту вологою тканиною мішалку, в якій їх перемішують протягом $2,5$ хв (20 обертів чаші мішалки).

В умовах навчальної лабораторії допускається перемішування лопаткою у чаші протягом 5 хв.

7 Форму-конус, попередньо протерту вологою тканиною, встановлюють у центрі диску струшуючого столика.

8 Після закінчення перемішування кожного цементно-піщаного розчину, ним (*почергово з інтервалом приблизно 10...20 хв*) заповнюють форму-конус на половину висоти і ущільнюють штикуванням металевою штиковкою у кількості 15 разів. Потім заповнюють конус цементно-піщаним розчином з невеликим надлишком і штикують 10 разів. Надлишок зрізують ножом, конус знімають у вертикальному напрямі.

9 Кожний цементно-піщаний розчин струшують на столику 30 раз за 30 с, після чого вимірюють діаметр конусу по нижній основі у двох перпендикулярних напрямках та беруть середнє значення. Розплив конусу при $V/C = 0,4$ повинен бути в межах **106...115 мм**, якщо розплив виявиться меншим за 106 мм, кількість води (розчину добавки) збільшують до одержання розпливу **106...108 мм**. Якщо розплив більше **115 мм**, кількість води (розчину добавки) зменшують до отримання розпливу **113...115 мм**.

Водоцементне відношення (V/C), отримане при досягненні розпливу конусу **106...115 мм**, приймають для проведення подальших випробувань.

10 Результати випробувань заносяться в таблицю 1.2.

З отриманих цементно-піщаних розчинів формують зразки-балочки (4x4x16 см) для визначення границі міцності на розтяг при згині та границі міцності при стиску. Для *одного* випробування (визначення міцності на розтяг при згині) необхідно виготовити 3 зразки. Загальна кількість зразків підраховується залежно від термінів випробувань. Наприклад, для випробування зразків балочок через 1, 3, 7 та 28 діб твердіння з моменту виготовлення необхідно заформувати 12 зразків.

Б. Виготовлення зразків балочок із цементно-піщаних розчинів [2]

4.3.3 Хід роботи

1 Перед виготовленням зразків внутрішню поверхню *трьох металевих форм* злегка змащують мастилом. На форми встановлюють насадки та промашують зовні тонким шаром мастила стик між формою та насадкою.

2 Кожну форму, *почергово*, після закінчення вібрації попередньої форми, розміщують та закріплюють у центрі віброплощадки для ущільнення цементно-піщаного розчину.

3 Форму по висоті наповнюють приблизно на 1 см розчином та включають віброплощадку. Протягом перших 2 хв вібрації всі три гнізда форми рівномірно невеликими порціями наповнюють розчином.

4 Через 3 хв від початку вібрації віброплощадку виключають, форму знімають та зрізають ножем, змоченим у воді, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків нарівні з краями форми та маркірують їх.

5 Після виготовлення зразків їх зберігають 24 години у ванні з гідравлічним затвором.

6 Через вказаний проміжок часу зразки обережно розформовують і розміщують у ванну з питною водою у горизонтальному положенні так, щоб вони не торкались. Вода повинна покривати зразки не менше ніж на 2 см. Воду температурою $20^0 \pm 2^0 \text{C}$ міняють через кожні 14 діб.

7 Після закінчення строку зберігання (3, 7, 28 доба) зразки виймають з води і не пізніше ніж через 30 хв випробовують, попередньо насухо їх протираючи.

В. Визначення границі міцності на розтяг при згині та границі міцності при стиску [2]

4.3.4 Хід роботи

1 Встановлюють зразок-балочку на опорні елементи приладу МП-100, таким чином, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходилися у вертикальному положенні.

2 Включають прилад, після руйнування зразка визначають показник границі міцності на розтяг при згині на лічильнику приладу в $\text{кгс}/\text{см}^2$ для одного зразка.

3 Границю міцності на розтяг при згині визначають як середнє арифметичне значення із двох найбільших результатів випробувань трьох зразків-балочок.

4 Одержані після випробувань на згин шість половинок балочок зразу, почергово випробовуються *на стиск*. Для цього половинку балочки встановлюють між двома спеціальними металевими пластинками таким чином, щоб бокові грані знаходились на площинах пластинок.

5 Зразок разом з пластинками встановлюють у центрі опорної плити пресу. Середня швидкість росту навантаження повинна становити $2,0 \pm 0,5 \text{ МПа}$ за секунду.

6 Границя міцності при стиску R_{cm} зразка в МПа обчислюється за формулою:

$$R_{cm} = P_{cm} / F \quad (3.2)$$

де P_{cm} – руйнуюче навантаження, кгс; F – площа пластинки, яка дорівнює 25 см^2 .

7 Границя міцності при стиску визначається як середнє арифметичне чотирьох найбільших значень випробувань шести зразків (половинок балочок).

Результати випробувань заносять в таблицю 1.2, будують графік залежності міцності цементу від строків твердіння (1, 3, 7 доба твердіння) за результатами випробувань зразків-балочок: без добавок, з добавкою CaCl_2 та добавкою $\text{CaCl}_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$.

4.4 Контрольні питання

1 З якою метою використовуються хімічні добавки у цементному бетоні?

2 Види хімічних добавок та їх основні функції.

3 Відомі комплексні добавки-прискорювачі твердіння цементу та їх переваги порівняно з однокомпонентними.

4 Наведіть приклади добавок, що надають цементному бетону спеціальних властивостей.

5 Недоліки добавки-прискорювача твердіння цементу $CaCl_2$, яка має широке використання у будівництві?

6 Як впливає на строки тужавіння цементу застосування добавки-прискорювача твердіння?

7 Як впливає на міцність цементу (бетону) застосування добавки-прискорювача твердіння?

8 Як впливає на консистенцію цементно-піщаного розчину застосування добавки-прискорювача твердіння?

9 Яка оптимальна кількість добавки-прискорювача $CaCl_2$, як впливає недостатня або перевищена кількість цієї добавки на властивості бетону та залізобетону?

Лабораторна робота № 5

Вплив добавки-пластифікатора на властивості портландцементу, як активної складової бетонної суміші

5.1 Загальні відомості

Використання добавок пластифікаторів дозволяє збільшити рухливість бетонних сумішей та будівельних розчинів без збільшення кількості води та цементу, тобто не знижуючи міцності.

За ефективністю пластифікації (величиною осадки конусу **ОК** бетонної суміші), пластифікуючі добавки поділяються на чотири групи: *суперпластифікатори (I), сильнопластифікуючі (II), середньопластифікуючі (III), слабопластифікуючі (IV)*.

За характером дії в зоні контакту “цементне зерно – вода”, розрізняють *гідрофільно- та гідрофобно пластифікуючі добавки (або відповідно водопротягуючі- та водовідштовхуючі добавки)*.

До недавнього часу найбільш поширеною була добавка **ЛСТ** – відхід переробки целюлози. Вона належить до пластифікуючих добавок гідрофільного типу, тобто сприяє диспергуванню частинок в колоїдній системі цементного тіста і внаслідок цього підвищує його рухливість і текучість.

У даний час в Україні виробляються такі пластифікуючі хімічні добавки: суперпластифікатор “Дофен” (**ДФ**), пластифікатор форміатноспиртовий (**ПФС**), плав дикарбонових кислот (**ПДК**), меласна упарена післядріжджова барда (**УПБ**) та ін. В бетонну суміш добавки-пластифікатори вводяться з водою затворення, у вигляді розчинів різної концентрації в кількості 0,1...2,0 % від маси цементу в перерахунку на суху речовину залежно від виду добавки. Необхідно звернути увагу на дотримання строгого режиму дозування добавок (точність дозування добавок-пластифікаторів – 0,05...0,1%). Передозування добавок-пластифікаторів значно уповільнює процес твердіння цементу, а в деяких випадках припиняє його, що призводить до різкого зниження міцності цементного бетону.

Під час проведення лабораторної роботи, вплив хімічної добавки-пластифікатора на властивості портландцементу досліджується на цементно-піщаному розчині. Визначаються *консистенція цементно-піщаного розчину (пластифікуюча дія) та міцність зразків*, виготовлених з нього.

5.2 Визначення впливу хімічної добавки-пластифікатора ЛСТ на консистенцію цементно-піщаного розчину та міцність портландцементу

У даній лабораторній роботі визначається вплив хімічної добавки-пластифікатора *ЛСТ* на властивості цементу порівняно з еталоном (без добавки), за таких умов:

- ***А. Пластифікуюча дія*** добавки при ***постійному складі цементно-піщаної суміші та постійному В/Ц.***

- ***Б. Підвищення міцності цементу*** внаслідок пластифікуючої дії добавки ***при постійному складі цементно-піщаної суміші та зміні В/Ц*** (зменшення кількості води за умови досягнення нормальної консистенції розчину, тобто розпливу конусу *106...115 мм*).

- ***В. Економія в`яжучого*** внаслідок пластифікуючої дії добавки при ***зміненому складі цементно-піщаної суміші*** (зменшення витрати цементу та води, збільшення витрати піску) та ***постійному В/Ц*** (за умови досягнення нормальної консистенції розчину, тобто розпливу конусу *106...115 мм*).

5.2.1 Прилади і матеріали

Сито із сіткою № 008; чаша сталева сферичної форми; скляний мірний циліндр; лопатка для ручного перемішування тіста; мішалка для перемішування цементного розчину; ваги; струшуючий столик; форма-конус; штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок; насадка для форм; вібраційна площадка; прилад для випробування зразків на згин – МП-100; гідравлічний прес; пластинки для передачі навантаження; портландцемент; пісок, вода, добавка *ЛСТ*.

А. Пластифікуюча дія добавки. Визначення консистенції цементно-піщаних розчинів

5.2.2 Хід роботи

1 Готують хімічний розчин добавки *ЛСТ* та воду для затворення цементно-піщаних розчинів – експериментального (з добавкою) та еталонного (без добавки):

- готують водний розчин добавки *ЛСТ* з розрахунку ***0,2 %*** сухої речовини добавки D_c від маси цементу $C=500$ г;

- наливають у скляний циліндр воду $V=200$ г ($V/C=0,4$) для приготування еталонного цементно-піщаного розчину.

Попередньо проводять розрахунки необхідної кількості добавки та води. Добавка *ЛСТ* може постачатися у вигляді *сухої речовини* або у вигляді *водних розчинів* різної товарної концентрації $K_m = 40...50$ %.

Кількість добавки D_c в сухому стані у грамах обчислюють за формулою

$$D_c = C \cdot C, \quad (4.1)$$

де C – кількість цементу, г; C – кількість добавки ЛСТ, % від маси цементу

$$D_c = 500 \cdot 0,2 / 100 = 1 \text{ г.}$$

Для зручності проведення робіт, лаборант розводить теплою водою добавку *товарної концентрації* ($K_m = 40...50 \%$) до *робочої* концентрації, наприклад, $K_p = 10 \%$.

Кількість добавки D_e у вигляді водного розчину робочої концентрації у мл обчислюють за формулою

$$D_e = \frac{C \cdot C}{K_p \cdot \rho}, \quad (4.2)$$

де C – кількість цементу, г; C – кількість добавки ЛСТ, % від маси цементу; K_p – робоча концентрація водного розчину ЛСТ; ρ – щільність водного розчину ЛСТ, г/см³ (щільність водного розчину ЛСТ 10%-ї концентрації при температурі 20°C становить 1,042 г/см³)

$$D_e = \frac{500 \cdot 0,2}{10 \cdot 1,042} = 9,6 \text{ мл (см}^3\text{)}.$$

Тобто, кількість водного розчину добавки *робочої* концентрації $K_p = 10 \%$ становить $D_e = 9,6 \text{ мл (см}^3\text{)}$.

Водний розчин добавки ЛСТ для замішування експериментальної суміші має становити **200 мл** (збереження постійного $V/C = 0,4$), тому додаткова кількість води ΔB у мл, яка додається до водного розчину *робочої концентрації* D_e , розраховується за формулою

$$\Delta B = 200 - D_e, \quad (4.3)$$

$$\Delta B = 200 - 9,6 = 190,4 \text{ мл.}$$

Тобто, кількість води, яку необхідно додати до водного розчину робочої концентрації D_e , становить $\Delta B = 190,4 \text{ мл}$.

Таким чином загальна кількість водного розчину добавки B_0 для замішування цементно-піщаної суміші становить

$$B_0 = 190,4 + 9,6 = 200 \text{ мл.}$$

1 Для визначення консистенції еталонного та експериментального цементно-піщаних розчинів роблять *по дві наважки*:

- піску Π – по **1500 г**;
- цементу C – по **500 г**.

2 За вказівкою викладача, *почергово*, наважки $C+\Pi$ (500 г+1500 г) висипають у протерті вогкою тканиною дві сферичні чаші, перемішуючи цемент з піском протягом 1 хв.

3 У підготовлені цементно-піщані суміші додають:

- у першу суміш (еталонну) – необхідну кількість води $V = 200 \text{ мл}$;
- у другу суміш (експериментальну) – водний розчин ЛСТ $V_d = 200 \text{ мл}$.

4 Приготування еталонного та експериментального цементно-піщаних розчинів та визначення їх консистенцій, проводиться згідно методики, що наведена у лабораторній роботі № 1 (підпункт 1.3.2, пункт А).

5 Із одержаних цементно-піщаних розчинів (еталонний та експериментальний при $V/C=0,4$) формують зразки-балочки розміром $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$.

6 Виготовлення зразків-балочок та визначення границі міцності на розтяг при згині та границі міцності при стиску проводиться згідно методики приведеної у лабораторній роботі № 1 (підпункт 1.3.2, пункти Б, В).

7 Результати випробувань заносять у таблицю 2.1.

Б. Підвищення міцності цементу

5.2.3 Хід роботи

1 Готують водний розчин добавки ЛСТ робочої концентрації $K_p = 10 \%$ для замішування експериментальної цементно-піщаної суміші:

- кількість води замішування зменшується порівняно з еталоном за вказівкою викладача, наприклад, на 10% від маси води зачинення, ($V_d=200-20=180 \text{ мл}$), при цьому V/C змінюється, тобто змінене V/C становить: $V/C=180/500=0,36$;

- водний розчин добавки ЛСТ робочої концентрації D_e у мілілітрах визначають за формулою (4.2)

$$D_e = \frac{500 \cdot 0,2}{10 \cdot 1,042} = 9,6 \text{ мл} .$$

Водний розчин добавки ЛСТ для замішування експериментальної суміші має становити 180 мл ($V/C = 0,36$), тому додаткова кількість води ΔV у мл, яка додається до водного розчину робочої концентрації D_e , розраховується за формулою (4.3)

$$\Delta V = 180 - 9,6 = 170,4 \text{ мл} .$$

Тобто, кількість води, що необхідно додати до водного розчину робочої концентрації D_e , становить $\Delta V = 170,4 \text{ мл}$.

Таким чином загальна кількість водного розчину добавки V_d для замішування цементно-піщаної суміші становить

$$V_d = 170,4 + 9,6 = 180 \text{ мл} .$$

1 Готують наважку (тільки для експериментальної суміші):

- піску Π – 1500 г;
- цементу \mathcal{C} – 500 г.

2 Висипають наважки ($\mathcal{C}+\Pi$) у протерту вогкою тканиною сферичну чашу, перемішуючи цемент з піском протягом 1 хв.

3 Приготування цементно-піщаного розчину з добавкою *ЛСТ* при зменшеній кількості води (змінене V/\mathcal{C}) та визначення його консистенції, проводиться згідно методики, що приведена у лабораторній роботі № 3. При цьому консистенція цементно-піщаного розчину з добавкою не повинна бути меншою від еталонної.

4 Із одержаного цементно-піщаного розчину з добавкою *ЛСТ* (змінене V/\mathcal{C}) формують зразки-балочки розміром 4x4x16 см.

5 Виготовлення зразків-балочок та визначення границі міцності на розтяг при згині та границі міцності при стиску проводиться згідно методики, приведеної у лабораторній роботі № 3.

6 Результати випробувань заносять у таблицю 4.1.

В. Економія в`язучого

Для визначення економії в`язучого підбирають такий склад цементно-піщаної суміші, в якій зменшення витрати в`язучого (цементу) компенсується збільшенням кількості заповнювача (піску), за умови збереження міцності зразків, виготовлених з експериментальної суміші. Міцність експериментальних зразків повинна бути не менше еталонних.

5.2.4 Хід роботи

1 Зменшення витрати цементу при застосуванні добавки *ЛСТ* встановлюється експериментально і приймається залежно від марки цементу в межах 3...10 %. У даній лабораторній роботі витрату цементу зменшуємо, наприклад, на 5 %.

Зменшену витрату цементу \mathcal{C}_1 у грамах розраховують за формулою

$$\mathcal{C}_1 = \mathcal{C} - \frac{\mathcal{C} \cdot 5}{100}, \quad (4.4)$$

де \mathcal{C} = початкова кількість цементу, г.

$$\mathcal{C}_1 = 500 - \frac{500 \cdot 5}{100} = 475 \text{ г}.$$

2 Розраховують зменшену кількість води затворення V_1 у мл (г), необхідну для збереження постійного водоцементного відношення V/\mathcal{C} за формулою

$$V_1 = \mathcal{C}_1 \cdot V/\mathcal{C}, \quad (4.5)$$

де $\mathbf{Ц}_1$ – зменшена кількість цементу, г; $\mathbf{B/Ц=0,36}$ – водоцементне відношення

$$\mathbf{B}_1 = 475 \cdot 0,36 = 171 \text{ мл.}$$

Тобто загальна кількість води затворення (водного розчину добавки) становить $\mathbf{B}_1 = 171 \text{ мл.}$

При цьому водоцементне відношення

$$\mathbf{B}_1/\mathbf{Ц}_1=171 / 475=0,36.$$

3 Розраховують збільшену кількість піску $\mathbf{П}_1$ у грамах за формулою

$$\mathbf{П}_1 = \mathbf{П}+(\mathbf{Ц}-\mathbf{Ц}_1)+(\mathbf{B}-\mathbf{B}_1), \quad (4.6)$$

де $\mathbf{П}$ – початкова наважка піску, г (1500 г); \mathbf{B} – початкова кількість води, мл (200 г); $\mathbf{Ц}$ – початкова наважка цементу, г (500г)

$$\mathbf{П}_1 = 1500+(500-475)+(200-171)=1554\text{г.}$$

4 Кількість добавки $\mathbf{Д}_e$ у вигляді водного розчину *робочої концентрації* у мілілітрах (г) відносно зменшеної кількості цементу $\mathbf{Ц}_1$ обчислюють за формулою

$$\mathbf{Д}_e = \frac{\mathbf{Ц}_1 \mathbf{С}}{\mathbf{К}_p \rho}, \quad (4.7)$$

де $\mathbf{Ц}_1$ – зменшена кількість цементу, г; $\mathbf{С}$ – кількість добавки *ЛСТ*, % від маси цементу (0,2 %); $\mathbf{К}_p$ – робоча концентрація водного розчину *ЛСТ* (10 %); ρ – щільність водного розчину *ЛСТ*, г/см³ (щільність водного розчину *ЛСТ* 10%-ї концентрації при температурі 20⁰С становить 1,042 г/см³)

$$\mathbf{Д}_e = \frac{475 \cdot 0,2}{10 \cdot 1,042} = 9,12 \text{ мл.}$$

5 Водний розчин добавки *ЛСТ* для замішування експериментальної суміші має становити $\mathbf{B}_1=171$ мл ($\mathbf{B}_1/\mathbf{Ц}_1 = 0,4$), тому додаткова кількість води $\mathbf{\Delta B}$ у мл, яка додається до водного розчину *робочої концентрації* $\mathbf{Д}_e$, розраховується за формулою (4.3)

$$\mathbf{\Delta B} = 171-9,12=161,88\approx 162 \text{ мл.}$$

Тобто, кількість води, яку необхідно додати до водного розчину робочої концентрації $\mathbf{Д}_e$, становить $\mathbf{\Delta B} = 162 \text{ мл.}$

Таким чином загальна кількість водного розчину добавки B_0 для замішування цементно-піщаної суміші становить

$$B_0 = 162,0 + 9,12 = 171,12 \approx 171 \text{ мл.}$$

6 Готують одну наважку піску $П_1$ та цементу $Ц_1$, висипають їх у протерту вогкою тканиною сферичну чашу, перемішуючи цемент з піском протягом 1 хв.

7 Приготування цементно-піщаного розчину з добавкою $ЛСТ$ та визначення його консистенції, проводиться згідно методики, яка приведена у лабораторній роботі № 3.

При невідповідності консистенції цементно-піщаного розчину з добавкою-пластифікатором до нормативних вимог ($PK 106...115 \text{ мм}$) проводять перерахунок співвідношення компонентів $Ц:П$ та $В/Ц$.

8 Із одержаного цементно-піщаного розчину з добавкою $ЛСТ$ формують зразки-балочки розміром $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$.

Виготовлення зразків балочок та визначення границі міцності на розтяг при згині та границі міцності при стиску проводиться згідно методики, приведеної у лабораторній роботі № 3.

9 Результати випробувань заносять у таблицю 4.1.

5.3 Контрольні питання

- 1 З якою метою використовуються добавки-пластифікатори?
- 2 Класифікація добавок-пластифікаторів за величиною OK , за характером дії в зоні контакту “цементне зерно-вода”?
- 3 Як впливають добавки-пластифікатори на консистенцію цементно-піщаного розчину?
- 4 Як впливають добавки-пластифікатори на міцність портландцементу?
- 5 Як впливають добавки-пластифікатори на витрату в'язучого в складі цементного бетону?
- 6 Наведіть приклади добавок-пластифікаторів, що виробляються в Україні.
- 7 Як впливає перевищення оптимальної кількості добавки-пластифікатора на фізико-механічні властивості бетону?

Таблиця 5.2 – Види хімічних добавок до бетонної суміші

Вид добавки	Основна функція добавок	Приклади добавок (умовні марки)
1	2	3
<p>Регулятори властивостей бетонних сумішей (б.с.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>пластифікуючі</i> (I – IV групи) • <i>стабілізуючі</i> • <i>водоутримувальні</i> • <i>покращуючі перекачувальність</i> • <i>регулюючі зберігаємість бетонних сумішей:</i> уповільнювачі тужавлення прискорювачі тужавлення <ul style="list-style-type: none"> • <i>регулюючі пористість:</i> повітровтягувальні піноутворювальні газоутворювальні 	<p>збільшують рухливість б.с.;</p> <p>попереджають розшарування; зменшують водовідділення; прискорюють проходження бет. суміші по трубопроводу;</p> <p>уповільнюють тужавлення; прискорюють тужавлення;</p> <p>створюють у бетоні систему замкнутих пор, підвищують марку бетону;</p>	<p><i>ДФ, С-3, ЛСТ.</i></p> <p><i>ГП, МЦ, ПОЕ.</i></p> <p><i>ГП, МЦ, ПОЕ</i></p> <p><i>ГП, МЦ, ПОЕ</i></p> <p><i>ГП, МЦ, ПОЕ</i></p> <p>.</p> <p><i>ЛСТ, КП, НТФ.</i></p> <p><i>ХК, НК, ННК.</i></p> <p><i>СВП, ГКЖ-10.</i></p> <p><i>С.</i></p> <p><i>ПАК, ПАП-1</i></p>

<p>Регулятори твердіння бетону:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>уповільнювачі твердіння</i> • <i>прискорювачі твердіння</i> 	<p>збільшують міцність бетону на 28 добу твердіння;</p> <p>збільшують міцність бетону до 20 % на 1 добу твердіння;</p>	<p><i>ЛСТ, КП, НТФ, ФЭС.</i></p> <p><i>ХК, НК, ННК.</i></p>
<p>Підвищуючі міцність та (або) корозійну стійкість, морозостійкість бетону:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>водоредуруючі</i> • <i>кольматуючі</i> • <i>газоутворювальні</i> • <i>повітровтягувальні</i> • <i>інгібітори корозії сталі</i> 	<p>зменшують витрату води;</p> <p>збільшують водонепроникність;</p> <p>створюють у бетоні систему замкнутих пор, підвищують марку бетону;</p> <p>підвищують захисні властивості бетону щодо арматури;</p>	<p><i>ДФ, С-3, ЛСТ.</i></p> <p><i>ХЖ, С-89, СЖ</i></p> <p><i>ПАК, ПАП-1</i></p> <p><i>СВП, ГКЖ-10.</i></p> <p><i>НН, КИ-1, БХН</i></p>
<p>Добавки, що надають бетону спеціальних властивостей:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>протиморозні</i> • <i>гідрофобізуючі</i> 	<p>забезпечують твердіння при понижених температурах;</p> <p>зменшують водопоглинання</p>	<p><i>НН, ХН, П, М, ХК, ННК.</i></p> <p><i>ГКЖ-10, АМСР-3.</i></p>

Розшифровка умовних марок добавок, що застосовуються в будівництві:

ДФ – “дофен”; *С-3* – розріджувач; *ЛСТ* – лігносульфонати технічні; *ГП* – гіпан; *МЦ* – метилцелюлоза; *ПОЕ* – поліетіленоксид; *КП* – кормова цукрова патока (меласа); *НТФ* – нітрлотриметиленфосфонова кислота; *ХК* – хлорид кальцію; *НК* – нітрат кальцію; *ННК* – нітрит-нітрат кальцію; *СВП* – смола

повітровтягувальна пекова; ГКЖ-10 – етилсиліконат натрію; С – сульфанол; ПАК, ПАП-1 – пудра алюмінієва; ФЕС – кремнійорганічна рідина; ХЖ – хлорид заліза; С-89 – поліамінна смола № 89; СЖ – сульфат заліза; НН – нітрит натрію; КИ-1 – катапін-інгібітор; БХН – дихромат натрію; ХН – хлорид натрію; П – поташ; М – мочеви́на; АМСР-3 – алюмометилсиліконат натрію.

Лабораторна робота № 6

Рішення задач

Задача 1. Щоб прискорити тверднення бетону, в суміш додають хлористого кальцію. Попередні досліди показали, що бетон, виготовлений на портландцементі марки “300”, твердне за звичайним логарифмічним законом, а добавляння 1,5 % хлористого кальцію (від витрати цементу) підвищує міцність бетону через 3 доби приблизно на 100 %, через 7 діб на 50 % і через 28 діб на 10 %.

Дано: витрата цементу в бетоні 333 кг/м^3 , води 185 л/м^3 , заповнювачі – гравій і дрібнозернистий пісок.

Обчислити міцність у віці 3, 7 і 28 діб бетону без добавляння (№ 1) і з добавленням хлористого кальцію (№ 2). Визначити витрату хлористого кальцію на 1 м^3 бетону, якщо є розчин CaCl_2 густиною $\rho=1,3$ ($0,422 \text{ кг CaCl}_2$ в 1 л розчину).

Розв’язання. Міцність бетону без добавки (№1):

$$R_{28}=0,55R_u \left(\frac{C}{B} - 0,5 \right) = 0,55 \cdot 300 \left(\frac{333}{185} - 0,5 \right) = 200 \text{ кгс/см}^2;$$

$$R_7=R_{28} \frac{\lg 7}{\lg 28} = 200 \cdot \frac{0,845}{1,447} = 117 \text{ кгс/см}^2; R_3=R_{28} \frac{\lg 3}{\lg 28} = 200 \cdot \frac{0,447}{1,447} = 62 \text{ кгс/см}^2.$$

Міцність бетону з добавлянням прискорювача тверднення (№ 2):

$$R_3 = 2 \cdot 62 = 124 \text{ кгс/см}^2; R_7 = 1,5 \cdot 117 = 175 \text{ кгс/см}^2; R_{28} = 1,1 \cdot 200 = 220 \text{ кгс/см}^2.$$

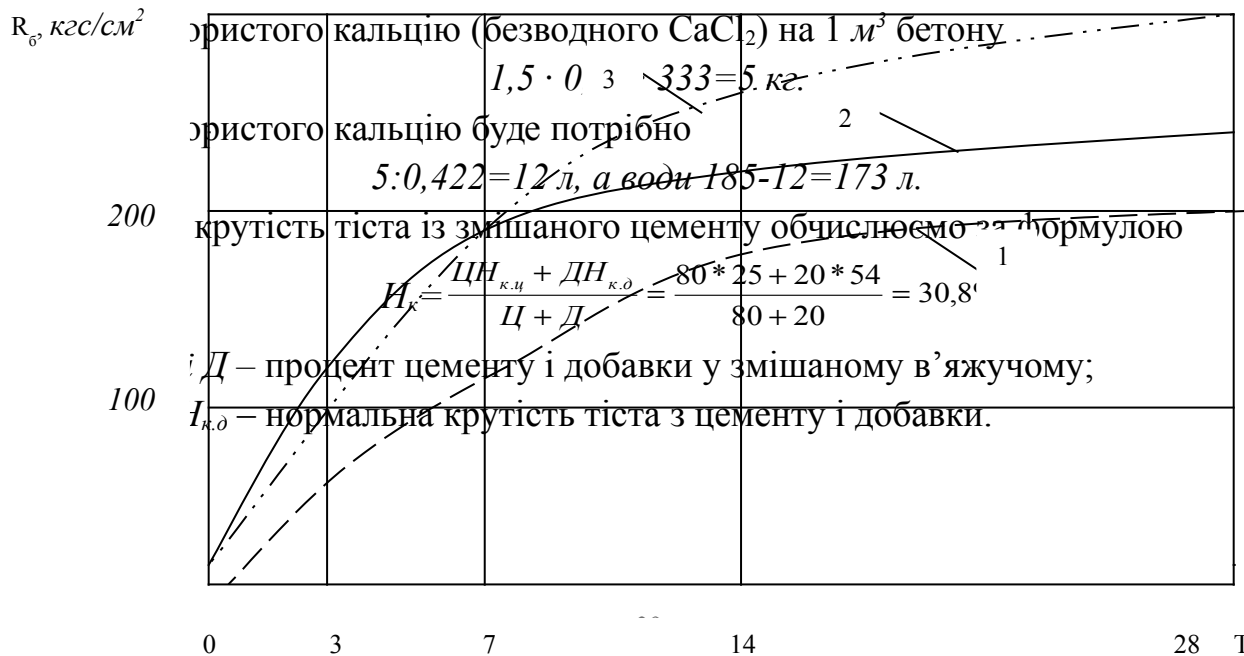


Рис.6.1 – Графік зростання міцності бетону залежно від добавки хлористого кальцію:

- 1 – без добавки; 2 – з добавкою хлористого кальцію (1,5 %);
3 – з добавкою хлористого кальцію (2,0 %).

Задача 2. Визначити: а) додаткову пористість бетону, спричинену додаванням поверхнево активних речовин; б) витрату і вартість добавок на 1 м³ бетону. Витрата цементу становить 300 кг на 1 м³ бетону. Об'ємна маса бетонної суміші 2400 кг/м³. При введенні 0,25 % сульфітно-спиртової барди (ССБ) від кількості цементу об'ємна маса бетонної суміші знижується до 2364 кг/м³, а при добавлянні 0,15% милонафту – до 2304 кг/м³. Вартість 1 кг ССБ – 30 коп., 1 кг милонафту – 50 коп.

Розв'язання. 1. Додаткову пористість, спричинену добавкою визначають за формулою

$$\Delta\Pi = \frac{m_V - m_V'}{m_V} * 100,$$

де m_V – об'ємна маса бетонної суміші без добавки;

m_V' – те саме, з добавкою.

Додаткова пористість бетону, спричинена:

а) додаванням ССБ $\Delta\Pi = \frac{2400 - 2364}{2400} * 100 = 1,5\%$,

що становить $0,015 \cdot 1000 = 15$ л/м³;

б) додаванням милонафту $\Delta\Pi = \frac{2400 - 2304}{2400} * 100 = 4\%$,

що становить $0,04 \cdot 1000 = 40$ л/м³.

2. Витрата добавки ССБ на 1 м^3 бетону становитиме $0,25 \cdot 0,01 \cdot 300 = 0,75 \text{ кг}$ вартістю $30 \cdot 0,75 = 22,5 \text{ коп.}$, а милонафту $0,15 \cdot 0,01 \cdot 300 = 0,45 \text{ кг}$ вартістю $50 \cdot 0,45 = 22,5 \text{ коп.}$

Задача 3. Склад бетону без добавки: $\text{Ц}=250 \text{ кг}$; $\text{П}=750 \text{ кг}$; $\text{Щ}=1250 \text{ кг}$; $\text{В}=200 \text{ л}$. Активність цементу $R_u=470 \text{ кгс/см}^2$.

При додаванні в бетонну суміш вінсолу (0,05 % від витрати цементу) В/Ц знижується на 12 %, а об'ємна маса суміші зменшується на 3 %. Визначити основні характеристики бетону при додаванні вінсолу: об'ємну масу бетонної суміші, склад бетону, витрату матеріалів та об'єм додаткових пор, утворених внаслідок добавляння вінсолу. Обчислити очікувану міцність бетонів з добавкою і без неї. Результати підрахунків звести в таблицю 3.1.

Розв'язання:

1 Об'ємна маса бетонної суміші без добавки :

$$m_V = 250 + 750 + 1250 + 200 = 2450 \text{ кг/м}^3.$$

2 Склад $1:x:y:z = 1:750/250:1250/250:200/250 = 1:3:5:0,8$.

3 Об'ємна маса бетонної суміші з добавкою

$$m_V' = (1 - 0,03)m_V = 0,97 \cdot 2450 = 2375 \text{ кг/м}^3.$$

$$(B/C)' = (1 - 0,12)B/C = 0,88 \cdot 0,8 = 0,7.$$

4 Суміш $1:x:y:z' = 1:3:5:0,7$.

5 Витрата матеріалів на 1 м^3 бетону з добавкою

$$\text{Ц}' = \frac{m_V'}{1 + x + y + z'} = \frac{2375}{1 + 3 + 5 + 0,7} = 245 \text{ кг}.$$

$$\text{П}' = \text{Ц}'x = 245 \cdot 3 = 735 \text{ кг}.$$

$$\text{Щ}' = \text{Ц}'y = 245 \cdot 5 = 1225 \text{ кг}.$$

$$\text{В}' = \text{Ц}'(B/C)' = 245 \cdot 0,7 = 172 \text{ л}.$$

Витрата вінсолу: $245 \cdot 0,05 \cdot 0,01 = 0,123 \text{ кг}.$

6 Додаткова пористість бетонної суміші, утворена добавлянням вінсолу.

$$\Delta\Pi = \frac{m_V - m_V'}{m_V} * 100 = \frac{2450 - 2375}{2450} * 100 = 3\%$$

Додатковий об'єм пор в 1 м^3 бетонної суміші, утворених внесенням добавки, становитиме $0,03 \cdot 1000 = 30 \text{ л}.$

7 Міцність бетону без добавки обчислюємо за формулою

$$R_{\sigma} = AR_u \left(\frac{\text{Ц}}{\text{В}} - 0,5 \right),$$

а з повітровтягуючою добавкою за формулою:

$$R_{\sigma}' = AR_u \left(\frac{\text{Ц}}{\text{В} + \Delta\Pi} - 0,5 \right).$$

Прийнявши $A=0,6$, матимемо міцність бетону без добавки

$$R_0 = 0,6 \cdot 470 \left(\frac{250}{200} - 0,5 \right) = 212 \text{ кгс/см}^2,$$

а з добавкою $R_0' = 0,6 \cdot 470 \left(\frac{245}{172 + 30} - 0,5 \right) = 200 \text{ кгс/см}^2.$

Таблиця 6.1

Характеристики	Одиниця вимірювання	Показник бетонів	
		без добавки	з добавкою
Склад	—	1:3:5:0,8	1:3:5:0,7
В/Ц	—	0,8	0,7
Витрата матеріалів на 1 м ³ бетону:			
цементу	кг	250	245
піску	»	750	735
щебеню	»	1250	1225
води	»	200	172
вінсолу	»	—	0,123
Об'ємна маса	кг/м ³	2450	2375
Додаткова пористість	%	—	3
Розрахункова міцність бетону	кгс/см ²	212	200

Задача 4. Для підвищення морозостійкості бетону та економії цементу в суміш добавлено 0,2 % омиленого деревного пеку від маси цементу. Результати випробувань на морозостійкість бетонів без добавлення і з добавленням пеку подають в таблицю 4.1.

Таблиця 6.2

Бетон	Кількість циклів заморожування (над ризикою) і втрата маси зразків бетону, % під (ризикою) при витраті цементу, кг на 1 м ³ бетону		
	210	250	300
Без добавки	<u>48</u>	<u>84</u>	<u>137</u>
	20	20	20
З добавкою	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>150</u>
	11,3	6,1	1,5

Користуючись експериментальними даними, наведеними в таблиці, обчислити можливу економію цементу за рахунок добавки за умови збереження морозостійкості (за показником втрати маси).

Розв'язання. Бетон з добавленням пеку при витраті цементу 210 кг/см³ має більшу морозостійкість, ніж бетон без добавки при витраті цементу 300 кг/м³, хоч витрата цементу менша на 300-210=90 кг/м³, що становить 90/300 · 100=30 %.

Таким чином, зниження витрати цементу на 30 % при введенні добавки пеку не тільки не знизило морозостійкості бетону, але навіть підвищило її.

Задача 5. Визначити коефіцієнт виходу бетонної суміші та обчислити дозування (витрату матеріалів) на один заміс бетонозмішувача С-355 з завантажувальною ємкістю барабана 500 л. Визначити об'єм бетонної суміші в одному замісі даного змішувача. Склад бетону за масою 1:2:4; при В/Ц=0,5 і витраті цементу Ц=320 кг на 1 м³ бетону. Насипна маса цементу, піску і щебеню відповідно 1,3; 1,55 і 1,5 кг/м³.

Розв'язання. 1 Коефіцієнт виходу β дорівнює відношенню об'єму бетонної суміші до суми об'ємів сухих складових:

$$\beta = \frac{V_{\sigma}}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}}$$

Для 1 м³ бетону

$$\beta = \frac{1000}{Ц \left(\frac{1}{m_{ц}^u} + \frac{x}{m_{п}^n} + \frac{y}{m_{щ}^u} \right)} = \frac{1000}{320 \left(\frac{1}{1,3} + \frac{2}{1,55} + \frac{4}{1,5} \right)} = \frac{1000}{1500} = 0,67.$$

2 Витрати матеріалів на один заміс змішувача з завантажувальною ємкістю барабана $V_{зм}=500$ л:

$$Ц' = \frac{\beta V_{зм}}{1000} \cdot Ц = \frac{0,67 \cdot 500}{1000} \cdot 320 = 104 \text{ кг}$$

$$П' = \frac{\beta V_{зм}}{1000} \cdot П = 0,335 \cdot 320 \cdot 2 = 208 \text{ кг}$$

$$Щ' = \frac{\beta V_{зм}}{1000} \cdot Щ = 0,335 \cdot 320 \cdot 4 = 416 \text{ кг}$$

$$В' = \frac{\beta V_{зм}}{1000} \cdot В = 0,335 \cdot 320 \cdot 0,5 = 52 \text{ кг}$$

Разом 780 кг.

Задача 6. Визначити кількість (у процентах) меленої інертної мінеральної добавки (вапняку) до портландцементу для звичайного бетону нормального тверднення, якщо активність вихідного цементу $R_{ц}=385$ кгс/см² треба знизити на 135 кгс/см², щоб мати змішаний в'язучий матеріал активністю $R_{зм}=250$ кгс/см². Нормальна крутість і вихід тіста з цементу і вапняку мають відповідно близькі значення.

Розв'язання: Процент мінеральної добавки (D), яку вводять, визначають пропорційно потрібному проценту зниження активності цементу (для інертних добавок – розріджувачів цементу), тобто $\frac{R_u - R_{зм}}{R_u} = \frac{D}{100}$, звідки

$$D = \frac{R_u - R_{зм}}{R_u} * 100.$$

Кількість добавки

$$D = \frac{385 - 250}{385} * 100 = 35\%.$$

Кількість цементу

$$\frac{R_{зм}}{R_u} * 100\% = \frac{250}{385} * 100 = 65\%.$$

Задача 7. Визначити кількість меленої мінеральної добавки (опоки) до портландцементу для звичайного бетону нормального тверднення, якщо треба знизити активність вихідного цементу $R_u=430 \text{ кгс/см}^2$ і одержати змішаний в'язучий матеріал активністю $R_{зм}=300 \text{ кгс/см}^2$. Обчислити нормальну крутість тіста із змішаного цементу, якщо нормальна крутість тіста з цементу становить 25 %, з опоки 54 %, а густина ρ їх відповідно 3.1 і 2.4 г/см^3 .

Розв'язання. Коли б цемент і мінеральна добавка мали однакову водопотребу, то змішаний цемент треба було б виготовити з $\frac{300}{430} = 0,7$ частини цементу і $1 - \frac{300}{430} = 0,3$ частини добавки.

Але оскільки водопотреба опоки значно більша, ніж цементу (54%>25%), то кількість введеної добавки, визначену розрахунком на основі прямої пропорційності, треба зменшити множенням на коефіцієнт

$$K = \frac{B_u}{B_o},$$

де B_u – вихід тіста нормальної крутості з 1 г цементу, см^3 ;

B_o – те саме, з 1 г мінеральної меленої добавки, см^3 .

Вихід тіста V_T визначають дослідами або за формулою

$$V_T = \frac{1}{\rho} + H_k,$$

де ρ – густина цементу або меленої добавки;

H_k – водотвердий фактор тіста нормальної крутості (для цементу або добавки).

Вихід тіста буде:

з цементу

$$V_u = \frac{1}{3,1} + 0,25 = 0,572;$$

з опоки

$$V_{\text{оп}} = \frac{1}{2,4} + 0,54 = 0,957.$$

Звідси

$$K = \frac{0,572}{0,957} = 0,6.$$

Отже, вміст добавки опоки у змішаному цементі треба довести до $0,3 \cdot 0,6 = 0,18$. До складу розведеного цементу активністю 300 кгс/см^2 має входити $0,7$ частини цементу $R_{\text{ц}} = 430 \text{ кгс/см}^2$ і $0,18$ частини опоки, тобто

$$\left(\frac{0,7}{0,7 + 0,18} \right) \cdot 100 = 79,6\% \approx 80\% \text{ цементу};$$

$$\left(\frac{0,18}{0,7 + 0,18} \right) \cdot 100 = 20,4\% \approx 20\% \text{ опоки.}$$

Нормальну крутість тіста із змішаного цементу обчислюємо за формулою

$$H_{\text{к}} = (C H_{\text{к.ц}} + D H_{\text{к.д}}) / (C + D) = (80 \cdot 25 + 20 \cdot 54) / (80 + 20) = 30,8 \%,$$

де C і D – процент цементу і добавки у змішаному в'язучому;

$H_{\text{к.ц}}$, $H_{\text{к.д}}$ – нормальна крутість тіста з цементу і добавки.

$$\Delta \Pi = \frac{2400 - 2304}{2400} \cdot 100 = 4 \%,$$

що становить $0,04 \cdot 1000 = 40 \text{ л/м}^3$.

7. ТЕМИ РЕФЕРАТІВ (НАУКОВИХ ДОПОВІДЕЙ)

1. Фізико-хімічні основи модифікації мінеральних в'язучих добавками.
2. Основи фізико-хімії полімерів. Полімери у будівництві.
3. Академік П.А. Ребіндер - основоположник науки фізико-хімічної механіки.
4. Нанотехнології : історія, виникнення і розвиток.
5. Хімізм дії прискорювачів тверднення у бетоні.
6. Суперпластифікатори. Пластифікатори. Хімізм дії добавок.
7. Хімізм дії гідрофобізуючих добавок у бетоні.
8. Уповільнювачі тверднення бетонів. Хімізм дії.
9. Полімерні добавки. Хімізм дії.
10. Протиморозні добавки. Хімізм дії.
11. Повітрявтягуючі добавки. Хімізм дії.
12. Використання дисперсного армування у бетонах (азбестові волокна).
13. Використання дисперсного армування у бетонах (поліпропіленові волокна).
14. Використання дисперсного армування у бетонах (скловолокно).

15. Використання дисперсного армування у бетонах (сталева фібра).
16. Вплив наповнювачів на властивості бетонів.
17. Експлуатаційний вплив на бетон в цементобетонних покриттях.
18. Проблеми довговічності і надійності дорожнього бетону.
19. Проблеми довговічності і надійності гідротехнічного бетону.
20. Проблеми довговічності і надійності жаростійкого бетону.
21. Проблеми довговічності і надійності корозійностійкого бетону.
22. Основні вимоги до структури і властивостей бетону.
23. Фізико-хімічні методи дослідження будівельних матеріалів.
24. Хімізм дії відходів виробництва і побічних продуктів при отриманні в'язучих.
25. Особливості фізико-хімічних процесів формування структури керамічних матеріалів.
26. Особливості формування скловатної і склокристалічної структури і її вплив на властивості отриманих матеріалів.
27. Фізико-хімічних закономірності формування складу і структури мінеральних в'язучих речовин.
28. Історичний огляд розвитку фізико-хімічної механіки будівельних матеріалів.
29. Фізико-хімічна механіка як наукова дисципліна. Її завдання.
30. Основи фізико-хімічної механіки органічних в'язучих речовин.
31. Основи фізико-хімічної механіки асфальто- і дьогтебетону.
32. Дрібнозернистий цементобетон. Технологія виготовлення.
Застосування
33. Кольорові цементобетони. Технологія виготовлення. Застосування
35. Пористий цементобетон. Технологія виготовлення. Застосування
36. Бетон, який проводить світло. Технологія виготовлення.
Застосування.
37. Укочуваний цементобетон. Технологія виготовлення.

8. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1 До роботи в навчальних лабораторіях кафедри БКС допускаються студенти, які ознайомилися з правилами безпечних методів роботи в лабораторіях та поставили підпис у журналі “Правила техніки безпеки”.

2 Студентам дозволяється користуватися приладами та обладнанням тільки в присутності викладача або лаборанта.

3 Студентам забороняється в навчальних лабораторіях вмикати та вимикати електричні прилади.

4 Перед початком роботи на електричному обладнанні або приладах обов'язково необхідно перевірити наявність заземлення.

5 До роботи на обладнанні з частинами, які обертаються, можливо приступати тільки при наявності огороження.

6 У разі попадання цементних розчинів на шкіру або очі, треба змити їх значною кількістю води.

7 При роботі з сипкими матеріалами (цемент, вапно, гіпс та ін.) необхідно дотримуватися обережності під час насипання, перемішування, щоб не допускати пилеутворення.

8 При роботі із скляним лабораторним посудом необхідно дотримуватися обережності, не рекомендується ставити його поряд з металевими предметами, щоб уникнути його пошкодження та не поранитися.

9 Забороняється використання надбитого, тріснутого, з накипом на стінках скляного посуду.

10 При роботі необхідно звертати увагу на написи на упаковках, посуді з хімічними речовинами та застосовувати їх згідно методики проведення лабораторних робіт.

11 Робота з сухими хімічними речовинами повинна проводитися тільки у витяжних шафах. При їх відсутності використовуються тільки водні розчини хімічних речовин.

12 При роботі з хімічними речовинами забороняється:

12.1 використовувати речовини без напису на упаковці, посуді;

12.2 пробувати речовини на смак та на запах;

12.3 залишати речовини в посуді без напису;

12.4 залишати посуд не промитим від хімічних або інших речовин.

13 При проливанні розчинів хімічних речовин необхідно негайно засипати це місце піском, нейтралізувати содою і тільки після цього проводити прибирання.

14 При попаданні хімічних речовин в очі, на шкіру необхідно терміново промити їх сильним струменем води.

15 Після закінчення кожної лабораторної роботи студенти повинні прибрати свої робочі місця, помити руки.

16 У лабораторіях забороняється: палити; смітити; приймати їжу.

17 У випадку виникнення пожежонебезпечної ситуації в лабораторії, студентам необхідно спокійно покинути приміщення та під керівництвом співробітників кафедри прийняти заходи до тушіння пожежі: дзвонити по тел.

01; відключити електроенергію; користуючись піском, вогнегасником або підручними засобами ліквідувати пожежу.

Література

1. ДБН В.2.7-64-97. Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах. – К.: Держбуд України, 1996. – 60 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-65-97. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація. – К.: Держком-містобудування України, 1997.
8. ДСТУ Б В.2.7-46-96. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. – К.: Держкоммістобудування України, 1996. – 15 с.