

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра
(назва освітнього ступеня)

на тему: **Дослідження впливу пластифікаторів, що сповільнюють**
тужавіння на міцність бетону

Виконав: студент 6 курсу, групи МБ_{нм}-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Бондар В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Конончук О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Данильченко С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бондару Владиславу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу пластифікаторів, що сповільнюють тужавіння на міцність бетону

Керівник роботи Конончук Олександр Петрович, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Дослідити вплив добавок, що сповільнюють тужавіння бетонного розчину на експериментальних зразках у вигляді кубів. В якості добавок використати найбільш вживані на ринку матеріали

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз останніх публікацій та огляд літературних джерел за темою досліджень; методика проведення експериментальних досліджень; результати експериментальних досліджень; аналіз результатів експериментальних досліджень; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Добавки, що сповільнюють твердіння; процес виготовлення бетонних зразків; гідравлічний прес П-50; фіксація та характер руйнування зразків; графік зміни міцності бетонного зразка КБ-1 з добавкою СП-1; графік зміни міцності бетонного зразка КБ-2 з добавкою СП-2; графік зміни міцності бетонного зразка КБ-3 без добавок; зведений графік зміни міцності зразків в залежності від часу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний розділ	Конончук О.П., к.т.н., доц.		
Охорона праці	Каспрук В.Б. к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М. ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	07.11.2020	
2	Постановка мети та задач досліджень	01.12.2020	
3	Виготовлення експериментальних зразків	05.12.2020	
4	Дослідження експериментальних зразків у віці 7 діб	07.12.2020	
5	Дослідження експериментальних зразків у віці 14 діб	14.12.2020	
6	Дослідження експериментальних зразків у віці 28 діб	28.12.2020	
7	Дослідження експериментальних зразків у віці 60 діб	29.01.2021	
8	Статистична обробка результатів	25.04.2021	
9	Аналіз отриманих результатів	28.04.2021	
10	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.05.2021	
11	Загальні висновки	04.05.2021	

Студент _____
(підпис)

Бондар В.О.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Конончук О. П.
_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	8
1.1 Актуальність застосування добавок у сучасному будівництві	8
1.2 Принцип дії сповільнювачів схоплення та твердіння бетону	12
1.3 Класифікація та види добавок	15
1.4 Огляд наукових робіт та досліджень	18
Висновок до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2	24
2.1 Програма досліджень.....	24
2.2 Розрахунок кількості компонентів матеріалів для виготовлення зразків	28
2.3 Опис та виготовлення зразків	34
2.4 Опис експериментальних досліджень бетонних зразків руйнівним методом	39
Висновки до розділу 2	42
РОЗДІЛ 3	43
3.1 Аналіз результатів, які приведені у журналі випробувань	43
3.2 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-1	45
3.3 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-2	48
3.4 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-3	50
3.5 Узагальнення результатів проведених досліджень на вплив хімічних добавок, що сповільнюють твердіння бетону, на міцність бетону	52
Висновок до розділу 3	55
РОЗДІЛ 4	56

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1 Охорона праці.....	56
4.1.1 Стан безпеки праці в Україні на сьогодні. Перелік основних законодавчих та нормативно правових актів про охорону праці.	56
4.1.2 Вплив цементу і цементного пилу на організм людини.....	58
4.1.3 Правила з техніки безпеки при роботі з бетономішалкою	60
4.1.4 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ТНТУ ім. І. Пулюя	Error! Bookmark not defined.
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	62
4.2.1 Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
БІБЛЮГРАФІЯ.....	70

ВСТУП

Введення у склад бетонного розчину добавок, що сповільнюють схоплення бетонного розчину зумовлене потребою у монолітності бетонованих несучих конструкціях при зведенні будівель житлового, а також промислового фонду, тобто у подовженні часу рухливості бетонної суміші та забезпечення міцності бетонної суміші у потрібні строки. Без додавання добавок обходились при виконанні робіт малого обсягу та при зведенні конструкцій відносно простої форми. В інших випадках не обійтись без зупинки бетонування, що спричиняло утворення в цих місцях робочих швів, послаблення, які впливали на міцність усієї конструкції. Місце для утворення робочого шва вибирають так, щоб шов утворився у січені, де стик нового та старого бетону не впливає на загальну міцність та несучу здатність конструкції.

Актуальність теми роботи визначається тим, що на разі вплив сучасних добавок на міцність бетону не достатньо досліджений. При розвиненні будівельної галузі та інфраструктури міст, зростає і поверховість будівель, що зумовлює ріст товщин заливки конструкцій, саме це і виправдовує використання добавок, що сповільнюють схоплення бетону. Також не завжди доцільно зводити бетонний завод ближче до будівельного майданчику, практичніше буде додати до складу бетону добавки, що дозволить транспортувати його на великі відстані.

Мета і задачі роботи. Дослідження ставлять на меті визначити та описати вплив різного роду добавок, що сповільнюють тужавіння, на міцність бетону у віці 7, 14, 28 та 60 діб методом руйнівного контролю.

Для того, щоб досягти мету було складено список *задач*:

– розробити та удосконалити методику програми експериментальних досліджень кубової міцності бетону, де в складі присутні сповільнювачі тужавіння;

- провести експерименти по виявленню зміни міцності у бетонних зразків, в складі яких є сповільнювачі тужавіння, шляхом проведення випробувань за допомогою пресу П-50;
- проаналізувати отримані експериментальні дані та встановити залежність у кубової міцності бетонних зразків у віці 7, 14, 28 та 60 діб, беручи до уваги вид добавки, що сповільнює його схоплення;
- підсумувати та розібрати отримані в ході досліджень результати та зробити висновки на рахунок впливу сповільнювачів на ріст міцності у бетонних зразків у віці 7, 14, 28 та 60 діб.

Об'єктом дослідження є бетонні куби розміром 10×10×10 см.

Предметом дослідження є зміна кубової міцності у бетоні, в залежності від добавок які сповільнюють його тужавіння.

Методи дослідження. Аналіз доступної теоретичної бази, статистичний аналіз, натурний експеримент.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота по дослідженню виявлення впливу сповільнювачів тужавіння на набір міцності бетонних зразків виконана за напрямком наукових досліджень кафедри будівельної механіки ТНТУ.

Наукова новизна одержаних результатів:

- методика досліджень бетонних кубічних зразків з розмірами граней 10x10x10 см, в складі яких наявні сповільнювачі схоплення розчину, отримала подальший розвиток;
- отримано нові дані по впливу добавок, що сповільнюють схоплення розчину, у бетонних зразків на їх міцність у віці 7, 14, 28 та 60 діб.

Практичне значення одержаних результатів.

Визначені в ході роботи дані доцільно враховувати при проектуванні залізобетонних та бетонних виробів, схоплення яких буде відбуватись при підвищеній температурі (вище +25°) навколишнього середовища чи як компенсаційні заходи прискорюючого ефекту від інших добавок. Також дане дослідження буде актуальне при виготовлянні бетону високих марок, так як в

ньому присутня підвищена кількість в'язучої речовини, що провокує прискорене схоплення розчину.

Апробація результатів магістерської роботи. Результат роботи опубліковано на міжнародній науковій конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження), 28-30 вересня 2020 року, у м. Тернопіль.

Публікації. Результат роботи опубліковано в збірнику тез доповідей міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження), 28-30 вересня 2020 року, у м. Тернопіль, В.О.Бондар «Дослідження впливу на міцність бетону пластифікаторів, що сповільнюють тужавіння».

Ключові слова: добавка до бетону, сповільнення тужавлення, бетон, вплив на міцність, суперпластифікатор.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Актуальність застосування добавок у сучасному будівництві

Практичне використання бетону в якості будівельного матеріалу залежить від того, що він у свіжозмішаненому стані є пластичним, а згодом набирає міцність ставши твердим.

Зміна його фізичних властивостей зумовлена хімічною реакцією між цементом і водою, даний процес носить назву гідратація. Він передбачає хімічні зміни, а не просте випаровування води і висихання матеріалу. Цей процес є незворотнім, але реакція відбувається поступово, спочатку відбувається застигання бетону, а після йде набирання міцності, який може тривати дуже довго.

Сьогодні при зведенні будівель житлового та промислового призначення не часто, коли трикомпонентний бетон використовують без використання різноманітних добавок. Так як вони відчутно модифікують стартові характеристики бетонного розчину, їх називають модифікаторами. При заливці конструкції в умовах підвищених температур навколишнього середовища (на рис. 1.1), коли в результаті дії високих температур з'являється ризик пересихання бетону доцільним буде використання добавок, що провокують сповільнення схоплення бетонного розчину.



Рисунок 1.1 – Заливка бетонної суміші при підвищеній температурі

На теперішній час разом з покращенням будівельної сфери, змінюються і вимоги до транспортування та властивостей самого бетонного розчину. Часом не зовсім доцільно будувати новий бетонний завод поближче до будівельного майданчику, так як витрати на будівництво вищі за витрати на добавки. Зі збільшенням поверховості проєктованих будівель також росте і товщина заливки бетонних конструкцій, що також робить доцільним використання сповільнювачів.

При виконанні заливки у великих об'ємах бетону високої марки необхідно використовувати сповільнювачі схоплення, так як у вмісті бетонів такої марки присутня велика кількість в'язучої речовини, що провокує швидке схоплення.

При формуванні архітектурного оформлення бетонних елементів часто використовують функцію уповільнення твердіння, яка виникає при додаванні у розчин відповідних добавок. Це викликається нанесенням добавки, яка спричиняє сповільнення схоплення розчину на внутрішню стінку формуючої форму опалубки, яка контактує з тією поверхнею, на якій потрібно показати заповнювач. Після зняття опалубки зовнішній шар бетону вичищають, оголяючи крупний заповнювач, що надає бетонній поверхні текстуру заповнювача (на рис.1.2).

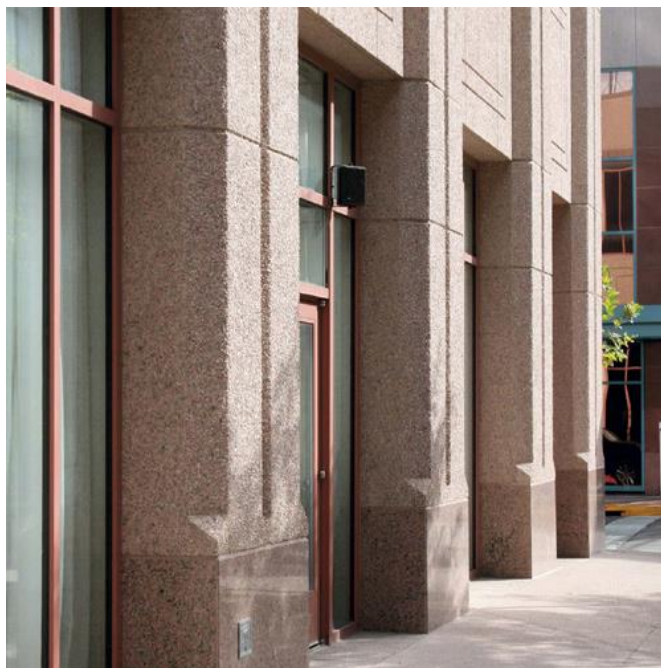


Рисунок 1.2 – Фасад із збірного залізобетону

Також при значних обсягах робіт або заливці конструкцій складних форм потрібно досягти монолітності конструкції для їх максимальної міцності та довговічності, але уникнути перерв у бетонуванні без добавок неможливо. Раніше на будівельних площадках вдавалися до такого прийому як влаштування «робочих швів»(див. рис.1.3). Даний термін являє собою послаблення у місці стику нового та старого бетону, тому їх намагаються влаштувати в січеннях, де це не вплине на несучу здатність всієї конструкції. Він утворюється тоді, коли свіжий бетон заливають на попередню заливку, де процес схоплення вже відбувся, що запобігає вібруванню двох заливок для утворення в єдиний моноліт. Зазвичай це трапляється при заливці великого об'єму або при зведенні складних конструкцій, коли після першої партії наступні заливаються з великою перервою у часі. За цей період часу перша партія бетону не тільки втрачає рухливість суміші, але й починає схоплюватися так, що на неї більше не впливає дія вібратора. Причиною утворення робочих швів також можуть слугувати затримки або поломки на об'єкті, які необхідно враховувати при плануванні графіку доставки матеріалів. Подача готового розчину може бути перервана внаслідок поломки обладнання чи дорожньо-транспортної пригоди. Для отримання міцного зчеплення старого і нового шару бетону виконують цілий комплекс заходів, які вимагають значних часових та робочих затрат, з самого початку попередній шар затверділого бетону виконують з нерівною поверхнею, далі видаляються з поверхні забруднення, цементна плівка, оголюється крупний заповнювач, зачищається дротяними щітками, обов'язково очищається арматурний прокат. Після виконання всіх підготовчих заходів всю підготовлену поверхню покривають цементним розчином. Весь цей комплекс робіт може бути не потрібний, якщо бетонувати безперервно або з перервами, протягом яких в раніше залитому бетоні процес схоплення суміші не встигає завершитись. Проте можна використати добавки, що сповільнюють схоплення бетону, які можуть відтермінувати початкове схоплення на 24 години.

Сповільнювачі схоплення не зменшують екзотермічний ефект або пікову температуру маси бетону. Вони лише стримують початок екзотермічних реакцій,

які виникають внаслідок процесу гідrataції[1]. Якщо гідrataція сповільнюється, тепло виробляється або на більш пізньому етапі (затримка захоплення) та/або з більш повільною швидкістю (затримка затвердіння).

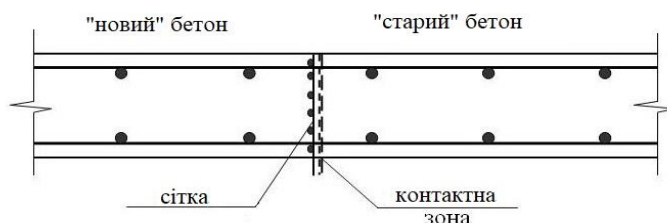


Рисунок 1.3 – Робочий шов

На рис. 1.4 продемонстровано як впливає додавання до бетону сповільнювачів на швидкість виділення тепла в порівнянні з еталонним зразком класичного складу без добавок. На графіку помітно, що зразок з сповільнювачем захоплення (2) виробляє тепло пізніше еталонного зразка (1), але нахили кривих паралельні (рівні dQ/dt). В той час як зразок з уповільнювачем зміцнення (3) починає виробляти тепло разом з еталонним зразком (1), але нахил менш крутий (нижчий dQ/dt) [8]. Одним з ефективних способів боротьби з екзотермічними реакціями є використання менш реакційно-здатних сполучних речовин, таких як пилоподібна зола-виносу або подрібненого гранульованого доменного шлаку. Охолоджена вода для змішування або охолодження заповнювача також є ефективними способами зниження пікової температури.

Випадкове передозування сповільнюючої добавки може суттєво затримати затвердіння та розвиток міцності. Як тільки помилка буде виявлена, слід виконати такі дії:

- захистіть поверхню від випаровування шляхом дотримання заходів для догляду за бетоном;
- відновлюйте бетон до моменту початкового захоплення, щоб запобігти тріщинам при осіданні;

– зверніться до виробника домішки, щоб отримати пораду щодо ймовірного часу затримки при використаному дозуванні.

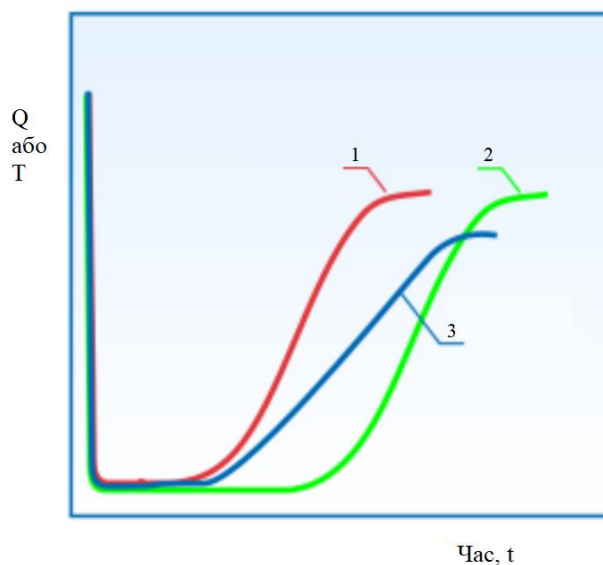


Рисунок 1.4 – Вплив сповільнювачів твердіння на швидкість виділення тепла Q (Вт/кг) або температуру T ($^{\circ}\text{C}$) під час гідратації цементу (пояснення в тексті)

Якщо не було здійснено крайнє передозування, то більша частина бетону зазвичай схоплюється та набирає міцності протягом 3-5 днів. По проходженню 5 днів вірогідність того, що бетон не набере повної міцності значно збільшується.

1.2 Принцип дії сповільнювачів схоплення та твердіння бетону

Коли вода вперше змішується з цементом, відбувається початкова швидка реакція гідратації, після якої утворення додаткових гідратів є незначним протягом 2-3 годин зазвичай. Час коливається в залежності від типу цементу і температури оточуючого середовища [1]. Цемент з водою утворюють тісто навколо заповнювача (див. рис. 1.5.(а)), далі внаслідок хімічної реакції між цементом та водою з цементного тіста утворюються кристали (див. рис. 1.5.(б)). Зерна, які кристалізуються, нарощуються один на одного, генеруючи таким чином цементний камінь, міцність бетону при тому та його довговічність забезпечена (на

рис. 1.5.(в)).

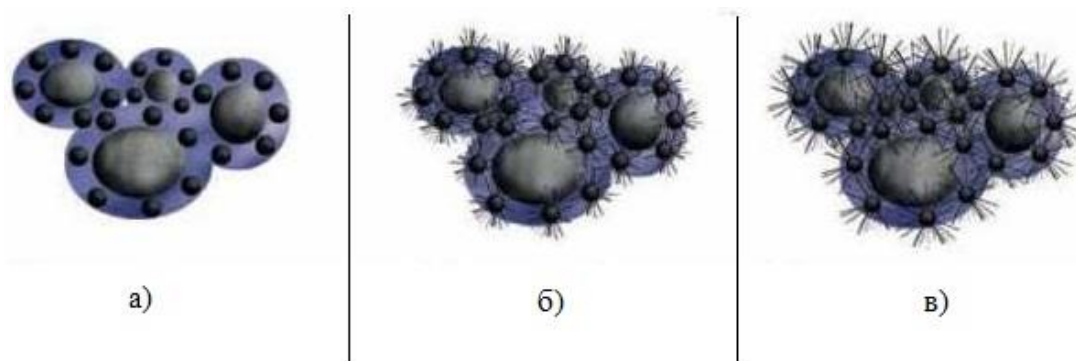


Рисунок 1.5 – Гідратація бетону (пояснення в тексті)

Саме в уповільненні процесу зближення зерен, тобто гідратації, полягає мета не дати зблизитись зернам і перетворитись пластичній масі у цементний камінь і полягає принцип роботи добавок. Також спостерігається уповільнення з'єднання або згущення частинок колоїдної системи при їх зіткненні у розчині та виділення вільного вапна. В результаті це дає сповільнення інтенсивності схоплення клінкерних матеріалів, що вже зв'язані водою.

Також швидкість схоплення змінюється не лише завдяки використанню добавок, які уповільнюють схоплення. Існують добавки, дія яких зосереджена на вільному вапні, а саме його зв'язуванні, коли воно виділяється з мінералу аліт (C_3S), не втручаючись у приєднання молекул води до молекул або іонів розчиненої речовини. Вплив деяких електролітів також може призвести до сповільнення процесу схоплення розчину, але при дотриманні певного їх змісту у цементному тісті, перешкоджають процесу коагуляції гідратним новоутворенням та колоїдного розчину.

Існує два типи сповільнювачів за походженням дії:

- Фізичні. Дані сповільнювачі утворюють важко проникну плівку на поверхні зерен цементу, що призводить до підвищення адгезії та вологозахисту, проте це ж тягне за собою зниження міцності.

- Хімічні. Вони ґрунтуються на сповільненні росту кристалічної решітки в бетонному розчині, що дозволяє їй більш рівномірно розподілитись та робить складнішою. Що провокує ріст кінцевого значення міцності бетону та

продовжує час рухливості до 5 годин. Дуже важливим є дотримання точного дозування при використанні даного типу добавок, так як його надлишок у бетоні призведе до суттєвого зниження кінцевої міцності бетонного виробу.

Проте механізм схоплювання цементу до кінця не вивчений, і це впливає на наше розуміння того, як діють уповільнюючі добавки. Ймовірно, тут задіяні два основних процеси:

- Блокуючий механізм, при якому добавка сильно концентрується на поверхні цементу, сповільнюючи утворення силікатних гідратів.
- Хелатування іонів кальцію в розчині, що запобігає осадження гідроксиду кальцію (портландіта).

В залежності від обраного типу добавки можуть бути задіяні один або обидва ці процеси. Останній, ймовірно, більш важливий для більшості типів сповільнювачів схоплювання і запобігає схоплення, але не втрату рухливості. Це важливо розуміти, якщо необхідні характеристики повинні бути досягнуті за рахунок уповільнюючої добавки.

Але якщо брати за основу представлення, які заявлені у [2, 3, 4], де наявний у портландцементі гіпс, функція якого полягає у регулюванні термінів схоплення, вступає у хімічну реакцію з водою одразу після замішування. Тоді наявні луги, сульфат і гідроксид кальцію переходять в перенасичений щодо гашеного вапна ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) розчин, який виділяється при гідролізі аліту. У воді, в якій був здійснений заміс, дисоціюються лужні солі та сульфат кальцію на відповідні їм іони. Далі після замішування проходить декілька хвилин і утворюються перші гідратні фази, що осідають з розчину – гідроксид кальцію та еттрінгіт.

Механізм схоплення цементного тіста, як описано в [4, 5, 6], відбувається через скорочення відстані між частинками в результаті збільшення об'ємів продуктів гідратації, це протікає до тих пір, поки не почнуть виникати сили когезії, які пропорційні числу частин, котрі доторкаються одна з одною.

Також існує альтернативний погляд на протікання процесу схоплення, в [7] він розділений на три фази.

Під першою фазою розуміють мимовільне тонке подрібнення та розподіл

цементних частинок, особливо мінералу аліту (C_3S). Після диспергування виникає коагуляційна тиксотропна структура із частинок цементу та продуктів гідратації. В останній, третій, фазі з'являється структура, яка утворилась внаслідок кристалізації перенасиченого розчину. Схоплювання відповідає коагуляційній структурі, зміцнення якої викликає подальше твердіння цементного тіста.

В науковому суспільстві є розбіжності на рахунок ролі гідратних фаз у схоплюванні. Автори [3, 4] впевнені у тому, що провідна роль належить алюмінатній фазі, а той час як інші наводять дані про вирішальний вплив гідратації аліту.

Використання поверхнево-активних речовин (ПАВ), як добавки сповільнювачі, через їхню здатність адсорбуватись як на гідратних новоутвореннях, так і на зернах в'язучого, розглянуто в [6]. Сама здатність адсорбції ПАВ є одним з головних факторів в їхній сповільнюючій дії на процес схоплення. Як зазначають автори у [6], в її результаті сповільнюється розпад зерен та підвищується дифузійний опір, також вона сприяє подрібненню та розподілу зерен бетону, тобто їх розпаду до частинок колоїдних розмірів та стабілізації водно-цементної суспензії. Це перешкоджає коагуляції. Диспергування доволі сильно впливає на клінкер (C_3S) та в меншій мірі на алюмінат (C_3A). Часом, в результаті використання деяких високо алюмінатних цементів може не спостерігатись помітного гальмування гідратації цементу. Причина в тому, що послаблюється бар'єрна функція новоутворень в результаті зміни умов і кінетики кристалізації нової фази. ПАВ можуть міняти співвідношення між швидкостями процесів розчинення алюмінату (C_3A) і кристалізації гідратів на користь першого з них, що викликає збільшення чинного перенасичення.

1.3 Класифікація та види добавок

У сучасній науковій класифікації добавок в основу покладений кристалізаційний механізм гідратаційного твердіння в'язучих, який передбачає

розчинення початкової і виділення кінцевої фази з перенасиченого розчину.

Добавки, що сповільнюють тужавіння бувають виготовлені з органічного та неорганічного матеріалу.

Органічний матеріал може складатись з:

- неочищених кальцію (Ca), натрію (Na), амонію (NH₄) ;
- солей лігносульфонових кислот;
- гідроксікарбонових кислот;
- вуглеводів.

Неорганічний матеріал складається з:

- оксидів свинцю (Pb) та цинку (Zn);
- фосфатів;
- солей магнію;
- фторидів та боратів.

Як описується у [10, 11] використовувані сповільнювачі являють собою лігносульфонові кислоти і гідроксильовані карбонові кислоти, які належать до добавок класу D (уповільнюючі та водоредукуючі добавки).

В наведеній нижче таблиці 1.1, описаний вплив температури оточуючого середовища на сповільнення часу схоплення.

Таблиця 1.1 – Температура повітря і уповільнення початкового часу схоплювання

Тип суміші	Опис	Уповільнення початкового часу схоплення (г:хв) при температурі		
		30°C	40°C	50°C
D	Гідроксилова кислота	4:57	1:15	1:10
D	Лігнін	2:20	0:42	0:53
D	Лігносульфонати	3:37	1:07	1:25
B	На основі фосфатів	---	3:20	2:30

В [5] представлена та описана одна з перших класифікацій сповільнювачів схоплення. До неї віднесені добавки, які утворюють напівпроникну плівку, яка оточує частинки цементу, а також зменшує розчинність алюмінатів. Прискорювачі ж навпаки піднімають розчинність алюмінатів та силікатів та понижають концентрацію гідроксильних іонів. Часом, в залежності від дозування добавленої речовини, залежить і її вплив на бетонну суміш, наприклад, при незначних дозах хлориду кальцію він виступає в якості сповільнювача, проте при більшій його концентрації, він виступає в ролі прискорювача твердіння. Його здатність до сповільнення гідратації пояснюється утворенням подвійної солі $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$, дія якої має такий же ефект, як і гідросульфоалюмінат.

Згідно з [6] добавками, що сповільнюють тужавіння розчину, можуть слугувати добавки першого, другого та четвертого класів.

Добавки першого класу, відповідно до класифікації, включають у свій склад різноманітні хімічні сполуки, наприклад, електроліти, які здатні змінювати розчинність в'язучих речовин. Їх можна рахувати сповільнювачами тільки, якщо вони знижують вірогідність виникнення зародків нових фаз.

Другим класом називають добавки, які мають сильний вплив на механічну міцність, тому їх ще називають «руйнівниками». До їх складу можна віднести, бура – це натрієва сіль борної кислоти, різні цукри та гумусові речовини. Згідно з авторами [5] до другого класу також належать і продукти взаємодії протеїнів з триетаноламінових солей або альбумінами з розчинними кальцієвими солями лігносульфонової кислоти. Проте варто зазначити, що згідно з дослідженнями та практичним досвідом, як зазначено у [9], добавки зі значним впливом на механічну міцність, при оптимальному дозуванні доволі успішно можна використовувати для сповільнення схоплення бетонних розчинів.

Утворення малодисоційованих або складнорозчинних з'єднань при реакції з в'язучими речовинами є характерною ознакою добавок другого класу. Також при певних умовах електроліти здатні до хімічної реакції з мінералами цементного клінкеру та продуктами їх гідратації. До цього класу можна також віднести

органічні кислоти (оцтова кислота, мурашина кислота, лимонна кислота, тощо) аміни, спирти. Появою на поверхні екрануючих плівок характеризується сповільнюючий ефект добавок даного класу. Одним з прикладів може слугувати фосфат натрію, він вступаючи в реакцію з в'язучими, утворює плівку з важкорозчинного двозамещеного фосфату кальцію, маючи різну щільність та проникливість. Для досягнення максимального сповільнення швидкості гідратації потрібно ввести таку кількість даної добавки, щоб досягти оптимального співвідношення між товщиною та щільністю плівки. Якщо відхилитись від оптимального співвідношення, відбудеться погіршення його сповільнюючого ефекту. Також на здатність сповільнювати процес гідратації добавкою мають вплив габітус поверхні зерен, кристалографічна близькість плівки з новоутвореннями, тощо.

До четвертого класу відносять поверхнево-активні речовини (ПАВ), як було описано в підпункті 1.2, через їхній мимовільний процес збільшення концентрації розчиненої речовини біля розподілу двох фаз.

1.4 Огляд наукових робіт та досліджень

Для того, щоб зрозуміти, які напрямки, методи, добавки та способи випробувань були використанні у минулих дослідженнях до початку роботи над цією темою, потрібно провести аналіз доступних у відкритому доступі досліджень та теоретичної бази.

У [12] описують та розглядають так зване «запізніле» введення, сутність якої полягає у введенні добавок у два етапи. Під час першого етапу для збільшення часу рухливості суміші, що актуально при транспортуванні розчину на великі відстані або при високих навколишніх температурах, вводять у склад сповільнювачі твердіння та пластифікатори. Незабаром до вкладання суміші в опалубку, цей момент розцінюється як другий етап, вводиться вдруге доза суперпластифікаторів (СП) та прискорювачів твердіння, так як це допомагає

відновити рухливість суміші при додаванні малої кількості води, яка є в робочому розчині добавки.

Автори роблять припущення, що метод поетапного добавляння добавок, можливо вдосконалити шляхом використання різних типів добавок, які вводяться поступово. Саме дозування можна розділити на первинну порцію, де вводять у склад суміші суперпластифікатор та сповільнювач під час її приготування та вторинну, де добавки вводять безпосередньо перед укладанням і твердінням суміші. В умовах транспортування на великі відстані зберегти параметри суміші без уповільнення процесу твердіння є важкою задачею. Рішенням може виступити почергове введення добавок. Використовують пластифікуючі поверхнево-активні речовини (надалі будемо використовувати аббревіатуру ПАР) , включаючи суперпластифікатори, для контролю технологічних властивостей суміші. Проте спостерігається швидка втрата рухливості розчину, при додаванні добавок у його склад, тому їх добавляють порційно.

Метою даного дослідження є підвищення збереженості бетонного розчину та регулювання кінетики затвердіння бетону в процесі поступового введення добавок. Нижче, на рис. 1.6, представлена зміна часу пластичної міцності цементних паст із звичайним (1) введенням добавок в порівнянні з багаторазовим (2), а також при додатковому введенні комплексної добавки (суперпластифікатор в парі з прискорювачом твердіння (3)).

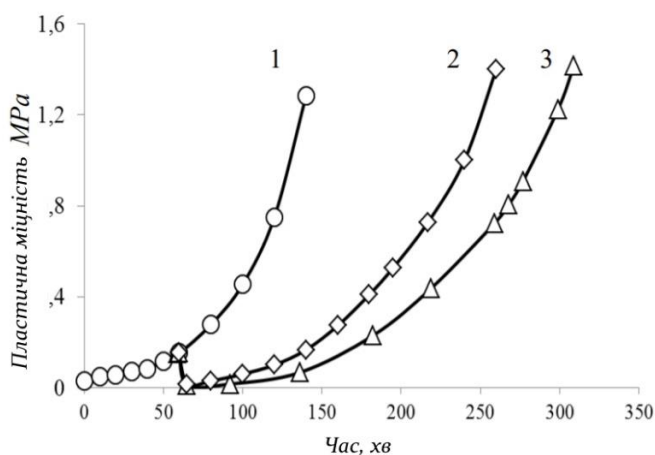


Рисунок 1.6 – Кінетика пластичної міцності з поетапним введенням добавок

У висновку своєї роботи автори вказують, що запропонований ними двоступеневий метод введення добавок актуальний для транспортування на великі відстані та при високих температурах навколишнього середовища. Також використання даного методу дозволяє уникнути надходження надмірної кількості води в змішувач, для відновлення рухливості суміші, яка була втрачена під час транспортування, що дозволяє не знизитись класу міцності бетону.

У наступному досліді [13] мають на меті розглянути можливість використання цукру в якості сповільнювача твердіння та вплив цукрового розчину на час схоплення звичайного портландцементу, а також його вплив на міцність бетону на стиск. У дослідженні згадується [14], що швидке випаровування води спричиняє утворення пластичних усадок в бетоні, а подальше охолодження розчину викликає розтягуючі напруження, які можуть призвести до утворення тріщин на поверхні готового бетонного виробу. Щоб досягти мети дослідження, потрібно визначити відсотковий вміст (%) цукру від маси цементу та визначити граничну міцність на стиск бетону з цукром у своєму складі. Цукор, який був використаний під час експерименту, був кристалами сахарози ($C_{12}H_{22}O_{11}$), його використовували у концентраціях 0, 0,05, 0,06, 0,08, 0,10, 0,20, 0,40, 0,60, 0,80, 1% від маси цементу. Міцність бетонних зразків заміряли у віці 3, 7 та 21 день. Кристали цукру зважували та розчиняли у необхідній кількості води перед змішуванням. Самі матеріали дозували за вагою та перемішували вручну.

Отримані результати (див. табл. 1.2) після проведення досліджень, вказують на те, що добавляння цукру у склад цементного розчину впливає на час схоплювання.

Таблиця 1.2 – Вплив цукру на встановлення часу цементної пасти

Вміст цукру в % маси цементу	Початковий час схоплення: год(хв)	Кінцевий час схоплення: год(хв)
0.00	1.92 (115)	5.12 (310)

Продовження табл. 1.2

0.05	2.62 (157)	6.48 (389)
0.06	3.25 (195)	7.10 (426)
0.08	2.67 (160)	6.62 (397)
0.1	2.25 (135)	5.22 (313)
0.2	1.73 (104)	3.13 (188)
0.4	1.33 (68)	1.63 (98)
0.6	1.32 (79)	---
0.8	0.18 (11)	0.33 (20)
1.00	0.13 (8)	0.18 (11)

Як видно з таблиці, збільшення початкового та кінцевого часу твердіння були вже помітні при вмісті цукру 0,06%, жодного негативного впливу на цементний розчин не спостерігалось при такій концентрації. Затримка в часі схоплення бетону при такому вмісті цукру може бути корисною при запобіганні утворенню холодних стиків. Скорочення часу твердіння почалось з 0,08% цукру. Проте у межах 0,2% - 1% ми можемо спостерігати приклад того, як концентрація цукру міняє його вплив на розчин, тобто у цих межах спостерігається пришвидшення твердіння суміші. Це характеризувалось тріщинами на поверхні.

Таблиця 1.3 – Вплив цукру на фізичні властивості бетону

Вміст цукру на % ваги цементу	Середня міцність на стиск (Н/мм ²)			Коефіцієнт ущільнення	Усадка (мм)
	3 дні	7 днів	28 днів		
0.00	12.67	17.58	34.10	--	--
0.05	12.69	17.47	35.00	0.89	54
0.06	12.06	17.61	35.20	0.90	53
0.08	12.35	17.59	30.00	0.91	51
0.1	11.77	17.46	29.00	0.91	57

Продовження табл 1.3

0.2	5.65	11.25	27.93	0.91	55
0.4	0.00	1.17	27.30	0.86	59
0.6	0.00	0.00	25.18	0.86	54
0.8	0.00	0.00	23.64	0.92	52
1.00	0.00	0.00	11.35	0.90	56

Відповідно до результатів наведених у табл. 1.3, а саме значень міцності на стиск бетонних кубів, можна зробити висновок, що збільшення міцності досягають свого максимуму при 0,05% вмісту цукру через 3 дні та при 0,06% вмісту цукру через 7 та 28 днів відповідно. Повна втрата міцності на ранніх термінах спостерігалась через 3 і 7 днів при вмісті цукру 0,4-1%. Втрата міцності через 28 днів була значною із вмістом цукру 0,08 - 1%. Не було значного впливу цукру на значення осаду та коефіцієнта ущільнення свіжого бетону.

Отже, за даними, які були отримані в ході досліджень були зроблені висновки, що найбільш ефективне дозування цукру від маси цементу становить 0,06%, час затримки становить 1,33 год; відсутній вплив на оброблюваність та ущільнення з боку цукру як домішки цементу; цукор при правильно підібраній концентрації у складі бетону позитивно впливає на міцність.

Висновок до розділу 1

1. Вивчено стан питання щодо призначення у будівництві та актуальності у сучасних реаліях добавко, що сповільнюють тужавіння бетону.
2. Проаналізовано механізм впливу різних видів добавок на проходження процесу гідратації у бетонному розчині.
3. Розглянуто історією утворення класифікації добавок та перелік існуючих видів на ринку.

4. Описано дослідження, які вивчали добавки, які сповільнюють схоплення бетону та проаналізовані отримані в ході експериментів результати.

5. Виходячи з теми та мети роботи та після ознайомлення з доступною теоретичною базою сформульовано задачі для власних досліджень.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма досліджень

Провівши огляд доступних проектних рішень та документацій, ознайомившись з літературою можна зробити висновок, що бетон за класом міцності С16/20, за рахунок свого співвідношення міцності та ціни, набув широкого розповсюдження. Цей клас бетону зазвичай застосовують у таких несучих елементах як: балки, перекриття, покриття, колони, фундаменти, сходи, підпірні стіни, тощо. Тому опираючись на вищесказане, було обрано, що саме цей клас бетону підійде для проведення досліджень на міцність. Також було визначено, що використання чистих сповільнюючих добавок у будівництві не є доцільним через їхній негативний вплив на набір міцності у період до 7 днів. В конструкціях, які мали у своєму складі такі добавки спостерігалась нижча від 30% міцність, ніж у звичайного бетону. Тому виробники використовують компенсуючі цей недолік добавки у складі сповільнювачів та продають це як комплексну добавку, яка сповільнює схоплення бетонного розчину та не втрачає, а навіть набирає більшої міцності від звичайного бетону. Також в силу того, що у відкритому доступі для придбання їх не було знайдено. Було прийняте рішення досліджувати наявні у продажі сповільнювачі. Добавки, які були обрані для добавляння їх у склад бетону є доволі поширені та представлені на ринку для загального користування, далі дані добавки будуть називатись СП-1 (див. на рис. 2.1,а) та СП-2 (див. на рис. 2.1,б).



а)



б)

Рис. 2.1 – Добавки для сповільнення схоплення (пояснення в тексті)

Добавка СП-1 – являє собою універсальну комплексну добавку, яка володіє сповільнюючими властивостями схоплення бетонного розчину і дає можливість збільшити час транспортування і обробки. Використання даної добавки дозволяє досягти такі переваги ,як: просторове диспергування мілких частин цементу та заповнювача, підвищення замочуваності та розділення цементу, понижене тертя між усіма компонентами, зменшення потреби у воді під час змішування, довготривалість добавки. Її механізм роботи лежить у тому, що уповільнюються утворення та ріст кристалогідратів та гідроліз клінкерних мінералів. Тут представлений блокуючий вид механізму дії добавки, тобто вона концентрується на поверхні цементу, сповільнюючи утворення силікатних гідратів і тим самим утворюючи важко проникну плівку на поверхні зерен. Дозування виробу різняться в залежності від застосування:

- як пластифікатор 0,2 – 0,7% від ваги цементу;
- як суперпластифікатор 0,7 – 2% від маси цементу.

Агрегатний стан матеріалу – темно-коричневого кольору рідина.

Добавка СП-2 – це пластифікатор, призначення якого полягає у регулюванні властивостей готових бетонних розчинів. Область застосування його розповсюджується на всі види будівельних робіт такі як монолітне будівництво,

кладочні роботи, тощо. Дія цієї добавки спрямована на зниження водопотреби у суміші до 15% та на збільшені рухливості суміші шляхом сповільнення схоплення, що відбувається за рахунок зниження міцності, підвищення щільності та водонепроникливості готових виробів. Оптимальна температура наколишнього середовища та самого розчину, в який вводять добавку, повинен становити в межах від +5°C до +30°C. Її добавляють до складу розчину одночасно з водою замісу, але не потрібно забувати одночасно перемішувати суміш для рівномірного розподілу добавки. Призначення готової суміші, мінеральний склад самого цементу та характеристики наповнювача напряду впливають на витрату, але за виробником встановлено 0,25 - 0,5 л на 50 кг цементу.

Для проведення всіх дослідів потрібно виготовити три партії бетонних кубів з розмірами стінок 10x10x10 см, по чотири зразки в кожній партії для їх дослідження у віці 7 діб, 14 днів, 28 днів та 60 днів та по три кубики для одного типу в одному дослідженні. Відтак, загальна кількість зразків становить 36 штук.

Для виконання головної мети роботи було сформовано програму дослідів, яка включає в себе випробування трьох серій зразків (табл. 2.1), а саме досліди двох серій з добавками СП-1 та СП-2 відповідно та еталонний зразок без будь-яких добавок у своєму складі. Всі серії були виготовлені з декількох замісів. Розміри граней у зразків становлять 10x10x10 см. Було обрано руйнівний метод на гідравлічному пресі в науково-випробувальній лабораторії ТНТУ.

Таблиця 2.1 – Опис програми досліджень

Марка Зразка	Номер серії та вид зразка	Характеристика і розміри зразків (см)	К-сть зразків	Предмет дослідження
1	2	3	4	5
КБ-1	Серія 1 С 16/20 з добавкою СП- 1	Бетонні куби 10×10×10	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
КБ-2	Серія 2 С 16/20 з добавкою СП- 2	Бетонні куби 10×10×10	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50
КБ-3	Серія 3 С 16/20 без добавок	Бетонні куби 10×10×10	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50

Підготовка дослідних зразків до практичних дослід проводилася згідно із журналом випробувань (табл. 2.2), де вказані всі терміни та порядок проведення досліджень.

Таблиця 2.2 – Журнал випробувань зразків

№ п/п	Перелік робіт	Дата	Місце проведення дослід	Результати випробувань	Приміт.
1	2	3	4	5	6
1	Виготовлення усіх дослідних зразків бетону класу С16/20 з добавками СП-1, СП-2 та без добавок	01.12.2020	Науково- випробувальна лабораторія ТНТУ	Результати випробувань див. в розділі 3 таблиця 3.1, 3.2, 3.3, 3.4	
2	Дослідження першої серії (7діб) зразків бетону з добавками СП-1, СП-2 та без добавки	07.12.2020	Науково- випробувальна лабораторія ТНТУ		
3	Дослідження другої серії (14 діб) зразків бетону з добавками СП-1, СП-2 та без добавки	14.12.2020	Науково- випробувальна лабораторія ТНТУ		

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
4	Дослідження третьої серії (28 діб) зразків бетону з добавками СП-1, СП-2 та без добавки	28.12.2020	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ	Результати випробувань див. в розділі	
5	Дослідження четвертої серії (60 діб) зразків бетону з добавками СП-1, СП-2 та без добавки	29.01.2021	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ	3 таблиця 3.1, 3.2, 3.3, 3.4	

2.2 Розрахунок кількості компонентів матеріалів для виготовлення зразків

Для того, щоб правильно виготовити зразки потрібно правильно розрахувати кількість та співвідношення матеріалів у бетоні класу С16/20. Правильне дозування усіх компонентів дозволить найбільш ефективно використати всі матеріали, досягти проектної міцності та інших властивостей. Згідно з таблицею 4.7 у [22] для класу міцності бетону на стиск С16/20 міцність, яка повинна вийти у бетонних кубах, має становити $f_{ck.cube}=20$ МПа. В якості в'язучого був використаний портландцемент М500 (рис. 2.2) з такими характеристиками:

- насипна густина в сухому стані $\rho_{nc} = 1300$ кг/м³;
- активність $R_c = 42,5$ МПа;
- дійсна густина (густина матеріалу без врахування повітря у порах матеріалу) становить $\rho_c = 3100$ кг/м³.



Рисунок 2.2 – Портландцемент М500

Дрібним заповнювачем виступив пісок мілкий (рис. 2.3), характеристики якого наступні:

- насипна густина в сухому стані $\rho_{\text{нп}} = 1650 \text{ кг/м}^3$;
- модуль крупності $M_k=1.52$;
- дійсна густина рівна $\rho_{\text{п}} = 2600 \text{ кг/м}^3$.

Для наших досліджень крупним заповнювачем було обрано гранітний щебінь фракції 5-10 мм. Його характеристики є наступними:

- насипна густина в сухому стані $\rho_{\text{нщ}} = 1380 \text{ кг/м}^3$;
- дійсна густина щебню $\rho_{\text{щ}} = 2700 \text{ кг/м}^3$.



Рисунок 2.3 – Пісок мілкий

Водоцементне відношення – це відношення ефективного водовмісту до вмісту цементу за масою у свіжоприготовленій бетонній суміші. Розрахунок ведеться по формулі 2.1 [22].

$$B/\text{Ц} = \frac{A \cdot R_{\text{ц}}}{f_{\text{см}} \cdot 0,5 \cdot A \cdot R_{\text{ц}}} = \frac{0,55 \cdot 42,5}{20 \cdot 0,5 \cdot 0,55 \cdot 42,5} = 0,73 \quad (2.1)$$

де A – коефіцієнт, що враховує якість компонентів бетону (табл. А.1,[7]).

Далі для того, щоб визначити витрату цементу, потрібно скористатись формулою 2.2, наведеною у додатку А[22]. Для обрахунку витрати цементу потрібно використати вже відомі нам величини, а саме витрата води та водоцементне відношення. Відповідно до таблиці А.2 [22], потрібно визначитись з розміром крупного заповнювача (10 мм) та осадкою конуса (2 - 4см). Тому в нашому випадку, згідно з даними витрата води становить $B = 200 \text{ л/м}^3$.

$$\text{Ц} = \frac{B}{B/\text{Ц}} = \frac{200}{0,73} = 274 \text{ кг/м}^3 \quad (2.2)$$

Витрату крупного заповнювача, щебню (рис. 2.4), на 1 м^3 бетону визначаємо за формулою (2.3), але для її розв'язання потрібно перше визначити пустотність щебню ($V_{\text{пуст}}$) за формулою (2.4).

$$\text{Щ} = \frac{1}{\alpha \cdot V_{\text{пуст}} / \rho_{\text{нщ}} + 1 / \rho_{\text{щ}}} = \frac{1}{1,31 \cdot 0,49 / 1380 + 1 / 2700} = 1205 \text{ кг/м}^3, \text{ де} \quad (2.3)$$

$\rho_{\text{i.г}}^{\text{щ}}$ – істинна густина зерен щебню, кг/дм^3 ;

$\rho_{\text{с.г}}^{\text{щ}}$ – середня густина зерен щебню, кг/дм^3 ;

$V_{\text{пуст}}$ – пустотність щебню, частки одиниці;

α – коефіцієнт розсування зерен у бетонних сумішах і він залежить від пластичності (жорсткості) та від кількості цементу (приймається по табл. А.3, [7]).



Рисунок 2.4 – Щебінь

$$V_{\text{пуст}} = 1 - \frac{\rho_{\text{нщ}}}{\rho_{\text{щ}}} = 1 - \frac{1380}{2700} = 0,4889 \approx 0,49 \quad (2.4)$$

Витрати піску для приготування 1 м^3 бетону розраховуються за формуло 2.5:

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{В}}{\rho_{\text{в}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right] \cdot \rho_{\text{п}} = \left[1 - \left(\frac{274}{3100} + \frac{200}{1000} + \frac{1205}{2700} \right) \right] \cdot 2600 = 670 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2.5)$$

Після проведення усіх вищеперерахованих розрахунків, ми отримаємо наступний перелік матеріалів та їх потрібної кількості для виготовлення 1 м^3 бетонного розчину класу С16/20:

- Цемент – 274 кг/м^3 ;
- Вода – 200 кг/м^3 ;
- Пісок – 670 кг/м^3 ;
- Щебінь – 1205 кг/м^3 .

Загальна вага суми матеріалів складає 2349 кг , що підтверджує класифікацію бетону С16/20, як важкого бетону, згідно з пунктом 3.1.6 [22].

Всі матеріали доставлялись на базу науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ТНТУ та зберігались у сухих та

теплих приміщеннях. Тому проводити розрахунок з врахування вологи не є доцільним.

Далі потрібно визначити кількість матеріалів для виготовлення 36 бетонних зразків з бетонного розчину класу С16/20 з розмірами граней 10x10x10 см. Так як вище був проведений розрахунок з визначенням кількості компонентів для виготовлення одного 1м³ бетонного розчину, то визначення кількості матеріалів буде розраховане за формулами 2.6 – 2.9.

$$Ц_{36} = \frac{Ц \cdot V_6}{1000} = \frac{274 \cdot 36}{1000} = 9,86 \approx 10 \text{ кг, або } 10 \div 1,3 = 7,70 \text{ л;} \quad (2.6)$$

$$В_{36} = \frac{В \cdot V_6}{1000} = \frac{200 \cdot 36}{1000} = 7,20 \text{ кг або } 7,2 \text{ л;} \quad (2.7)$$

$$П_{36} = \frac{П \cdot V_6}{1000} = \frac{670 \cdot 36}{1000} = 24,12 \approx 24,5 \text{ кг, або } 24,50 \div 1,65 = 15 \text{ л;} \quad (2.8)$$

$$Щ_{36} = \frac{Щ \cdot V_6}{1000} = \frac{1205 \cdot 36}{1000} = 43,38 \approx 43,50 \text{ кг, або } 43,50 \div 1,38 = 31,50 \text{ л,} \quad (2.9)$$

де $Ц_{36}, В_{36}, П_{36}, Щ_{36}$ – це потрібна кількість цементу, води, піску та щебню для приготування 36 бетонних зразків, а V_6 – це необхідна кількість бетонного розчину для приготування 36 зразків для дослідів.

Згідно з таблицею 9.2[22] допустимий відхил від допустимого дозування у компонентів, які необхідні для виготовлення 36 бетонних зразків становить :

- цементу – $\pm 1\%$;
- води – $\pm 1\%$;
- рідкої хімічної добавки – $\pm 1\%$;
- заповнювача – $\pm 1\%$.

Цементи, заповнювачі, сухі порошкоподібні мінеральні добавки необхідно дозувати за масою.

Воду для змішування, легкі заповнювачі, робочий розчин рідкої хімічної добавки можна дозувати як за масою, так і за об'ємом.

Тому виходячи з вищеописаного, потрібно визначити коефіцієнт виходу бетону β , який є відношенням об'єму готової бетонної суміші V_6 до суми всі сухих компонентів $V_{ц} + V_{п} + V_{щ}$:

$$\beta = \frac{V_6}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}} = \frac{36}{7,70 + 15 + 31,50} = 0,67 \quad (2.10)$$

Номинальний склад бетонної суміші по об'єму рівний:

$$\frac{Ц_{з6}}{Ц_{з6}} : \frac{П_{з6}}{Ц_{з6}} : \frac{Щ_{з6}}{Ц_{з6}} = \frac{7,70}{7,70} : \frac{15,00}{7,70} : \frac{31,50}{7,70} = 1 : 1,95 : 4,09 \quad (2.11)$$

Номинальний склад бетонної суміші по масі рівний:

$$\frac{Ц_{з6}}{Ц_{з6}} : \frac{П_{з6}}{Ц_{з6}} : \frac{Щ_{з6}}{Ц_{з6}} = \frac{10}{10} : \frac{24,50}{10} : \frac{43,50}{10} = 1 : 2,45 : 4,35 \quad (2.12)$$

Для досліджень необхідно виготовити три партії зразків, з добавкою СП-1, з добавкою СП-2 та еталонну партію без добавок. Тому під час приготування бетонного розчину для виготовлення зразків потрібно загальну кількість цементу, яка потрібна для всього об'єму розчину, розділити на три партії. Рекомендації щодо використання добавки СП-1 наголошують, що дозування добавки складає від 0,2% до 1,5% від маси цементу. Оптимальне дозування складає 8% від маси цементу або – 170 мл на один мішок цементу вагою в 25 кг. У вказівках по дозуванні, виробник не рекомендує перевищувати дозування понад 1,5% від маси цементу або – 330 мл на 25 кг цементу, так як це може призвести до уповільнення термінів схоплення і тужавіння. Також не варто використовувати дану добавку до сумішей, в яких є велика кількість води замішування – це спричинить сегрегацію компонентів та призведе до розшарування суміші. На рахунок дозування добавки СП-2 наступні рекомендації: її варто використовувати у кількості 0,25 – 0,5 л на 50 кг цементу. Чинники, від яких залежить дозування: вимоги до розчину, умови

навколишнього середовища, температура. Діапазон температур, при яких ведуться роботи лежить у межах від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$.

2.3 Опис та виготовлення зразків

Процес приготування бетону відбувається за допомогою бетонозмішувача гравітаційного типу БРС 130 (див. рис. 2.5). Згідно з його паспортом (на рис. 2.6), технічні характеристики у нього наступні:

- об'єм баку – 130 л;
- максимальний об'єм розчину – 110 л;
- довжина – 1,2 м;
- ширина – 0,8 м;
- висота – 1,2 м;
- вага – 50 кг;
- перемінний однофазний струм – 220 V;
- потужність двигуна S6-25% – 750 W.



Рисунок 2.5 – Бетонозмішувач БРС 130



Рисунок 2.6 – Паспорт бетонозмішувача БРС 130

Компоненти використовуються у тих пропорціях, які вказані у формулах 2.11 та 2.12.

Для формування кубічної форми у бетонних зразків потрібна опалубка. Для проведення даного дослідження була виготовлена опалубка з OSB плити. Перед початком роботи з опалубкою її потрібно пофарбувати з всіх сторін олійною фарбою проти її набрякання в процесі твердіння бетонних зразків (див. рис. 2.7 б). Також це полегшить процес знімання опалубки. Всі розміри повинні бути звірині на відповідність із тими, що записані у дослідженнях (див. рис. 2.7 а, в).



а)



б)



в)

Рисунок 2.7 – Опалубка для заливки зразків

Перед початком робіт виконувалось нанесення маркування на стінках опалубки для того, щоб в подальшому можна було ідентифікувати партії бетонних зразків.

На початку замісу, після запуску бетонозмішувача, у його робочий барабан було залито від 15% до 20% необхідної кількості води для приготування бетонного розчину (див. на рис. 2.5 а). Проте відповідно до рекомендацій по застосуванню та дозуванню добавки, що сповільнює схоплення бетонного розчину СП-1 потрібно розраховану та зважену на вагах (див. на рис. 2.5 б) кількість розчину ретельно розвести у половині від загальної кількості води, яка потрібна для приготування бетонного розчину, а далі поступово добавляти її у склад бетонного розчину. Важливим пунктом є забезпечення рівномірного розподілу добавки через перемішування всього розчину. Залишок води потрібно поступово добавляти у розчин для доведення його до необхідної пластичності. Тоді як добавки СП-2 (див на рис. 2.5 в) добавити відміряну на вагах її кількість у воду та перемішати разом з сухими компонентами, а саме з піском, щебнем та цементом, до отримання її однорідної консистенції (див на рис. 2.5 г, д, е).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 2.5 – Початок замісу бетону (пояснення в тексті)

Відповідно до рекомендацій по приготуванню бетонного розчину, які представлені у [23], потрібно перемішувати усі компоненти від 45 до 120 с або візуально спостерігати поки не відбудеться огортання заповнювачів (див. на рис. 2.5 е). Після цього потрібно залити отриману бетонну суміш в опалубку, а також необхідно ущільнити за допомогою вібростолу. Проте ущільнення даним способом досліджуваних зразків з малими розмірами граней несе загрозу осідання крупного заповнювача до низу. Тому в даній ситуації було вирішено скористатись ущільненням за допомогою арматурного стержня, тобто проштрикуванням.



а)



б)



в)

Рисунок 2.6 – Заливка в опалубку (пояснення в тексті)

Як можна побачити на рис. 2.6 в на стінки опалубки нанесені різні позначення, такі як КБ-1, КБ-2, КБ-3, це зроблено для того, щоб не сплутати різні партії кубиків для проведення досліджень на стиск. Позначці КБ-1 відповідають кубики, до складу яких входить добавка СП-1, до КБ-2 відносять зразки з добавкою СП-2, а до КБ-3 – еталонні зразки. Як тільки весь об'єм розчину залитий в опалубку, підписані номери на її стінках, тощо, потрібно забезпечити нормальне проходження процесу гідратації та захистити поверхню бетону від потрапляння зайвих речовин чи предметів. Задля цього було поерито поверхню опалубки поліетиленовими плівками (див. на рис. 2.7 а), так як при поєднанні з водою зерен в'язучого (цементу) відбувається процес гідратації, який супроводжується виділенням великої кількості теплоти, що в свою чергу призводить до швидкого випаровування води [2, 3, 4]. Але самої плівки мало, потрібно зволожувати зразки, їх поверхню водою, так як при нестачі води можуть з'явитись усадочні тріщини. Тому протягом 5 днів потрібно регулярно зволожувати зразки (див. на рис. 2.7 б).



а)



б)

Рисунок 2.7 – Догляд за зразками (пояснення в тексті)

Після п'яти днів догляду за зразками, був проведений демонтаж опалубки. Як видно з рис. 2.8 а, б), потрібно бережно знімати опалубку, не пошкодивши зразки, зачистити її від залишків бетону, для наступного використання. Також

потрібно перенести маркування з бокових граней опалубки на верхні грані кубів, щоб при встановленні зразків у прес, знати якими гранями розташувати їх, щоб коректно і правильно розподілити навантаження по бетону (див. на рис. 2.7 в).



а)



б)

Рисунок 2.8 – Розбирання опалубки та готові зразки (пояснення в тексті)

2.4 Опис експериментальних досліджень бетонних зразків руйнівним методом

Випробування були проведені на базі науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ТНТУ, використовуючи гідравлічний прес П-50 (рис. 2.9 а, б), який призначений якраз для випробувань зразків будівельної продукції та матеріалів на стиск і перевірки стандартних зразків бетонів по ГОСТ 10180, цегли та інших будівельних матеріалів за ГОСТ 12801, ASTM C 109, ISO 9001, ASTM C 39, DIN 18501, EN 196-1, DIN 51220, DIN 51223 та ін.



а)



б)

Рисунок 2.9 – Гідравлічний прес П-50 (пояснення в тексті)

Робота гідравлічного пресу ґрунтується на законі Паскалі о гідростатиці. Суть його у тому, що рідина передає однакові зусилля у всіх напрямках рівномірно. Саме тому у гідравлічних пресах застосовується масло або рідше рідина, через її низьку густину, в якості головного діючого елемента.

Прес П-50 складається з двох частин: власне сам прес та насосної установки з силовимірювальним пристроєм та пультом керування. Основою для даного пресу слугує станина, в якій зроблені вирізи для установки і регулювання положення колон. Дана основа входить до складу пристрою навантаження, окрім неї туди ще входять: траверса, дві колони, робочий циліндр та плити, на яких розміщуються зразки. Торсійний силовимірювач, розміщений у верхній частині корпусу, пов'язаний з гідравлічною системою за допомогою гідроциліндрів, які поперемінно включаються, з вимірювальними поршнями. Різна площа поршнів дозволяє на одній шкалі визначати навантаження від 200 і до 500 кН. Ціна поділки – 100 кг.

Перед початком практичної частини досліджень та запису даних, був проведений огляд зразків на наявність сторонніх включень, порожнин, сколів та

тріщин глибиною від 0,5 - 1 см, тощо. Якщо все ж вищеперераховані деформації будуть виявлені у зразка, то він відбраковується. Після огляду потрібно провести контрольні заміри граней кубиків за допомогою лінійки (див. на рис. 2.10), а результати заносяться у журнал досліджень.



КБ-1 – кубик з добавкою СП-1; КБ-2 – кубик з добавкою СП-2; КБ-3 – кубик без добавок.

Рисунок 2.10 – Контрольні заміри зразків

Далі відбулось встановлення зразків чітко по діагоналях, які накреслені на нижній плиті гідравлічного пресу, для того, щоб куб встав рівно по середині і навантаження розподілялись в ньому рівномірно (див. на рис. 2.11). Розташування кубів відіграє важливу роль, так як потрібно, щоб бічна грань була донизу так, щоб шари укладки бетонної суміші знаходилися паралельно напрямку прикладання навантаження. Так як бетон у зразках міцніший у нижніх шарах кубика, ніж на верхніх, виходить розташування бічною поверхнею донизу дозволить забезпечити рівномірний опір прикладеному навантаженню, саме в цьому і є пояснення таких вимог до розташування зразків. Після розташування кубика по гранях нижньої плити, він фіксується верхньою плитою, яка підвішена на ходовому гвинті за допомогою кульового шарніру з установочними болтами. Далі запустивши прес, верхня плита поступово навантажуючись, рівномірно тисне на зразок до руйнації останнього. Навантаження, яке зафіксоване при руйнації зразка вважається руйнівним і записується у журнал досліджень. Важливим є і очищення плити після кожного досліду від рештків попередніх зразків, так як будь-який залишок може спричинити спотворення результатів.

По закінченню кожного випробовування зразка були проведені ще одні візуальні обстеження для аналізу їхньої руйнації, а саме як пішли тріщини, які порожнини об'ємом від 1см^3 є у зразку та чи є вони взагалі, якого характеру руйнування, тощо. Якщо все ж було виявлено хоч якийсь дефект у зразку, його бракують (див. на рис. 2.11 *а*, *б*). Було проведено порівняння результатів досліджень з теоретичним матеріалом з [24].



а)

б)

Рисунок 2.11 – Фіксація та огляд руйнації зразків

Висновки до розділу 2

1) Удосконалено методику та розроблено програму експериментальних досліджень кубової міцності бетону, що містить добавки, які сповільнюють його тужавіння.

2) Виконано розрахунок складу бетонної суміші досліджуваних зразків з бетону, клас міцності якого відповідає С16/20.

3) Проведені експериментальні дослідження зразків, яких було три типи, руйнівним методом та визначено міцність кожного з них у віці 7, 14, 28 та 60 діб.

4) Правила техніки безпеки в науково-випробувальній лабораторії були враховані при роботі над зразками.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Аналіз результатів, які приведені у журналі випробувань

В ході роботи були дослідженні бетонні куби з бетону, клас міцності яких відповідає С16/20, в загальній кількості 36 зразків по три партії, а саме:

- перша партія кубиків з маркуванням КБ-1, в склад якої входила добавка, що сповільнює схоплення бетонного розчину СП-1;
- друга партія кубиків з маркуванням КБ-2, в склад якої входила добавка, що сповільнює схоплення бетонного розчину СП-2;
- третя партія кубиків з маркуванням КБ-3, яка була «традиційного» трикомпонентного складу з крупного та мілкового заповнювача, в'язучого;

Усі зразки були перевірені на наявність дефектів при виготовленні, таких як усадочні тріщини, відколи, раковини тощо. На початку роботи було прийняте рішення, що кубики будуть виготовлятися розмірами граней 10x10x10 см, контрольні заміри показали, що відхилення в розмірах не перевищує 2%, що є допустимим. Перед кожним наступним запуском пресу, його нижня плата зачищалась від залишків попередніх зразків та робились контрольні заміри граней по схемі, яка представлена на рис. 3.1. Результати замірів представлені у табл. 3.1.

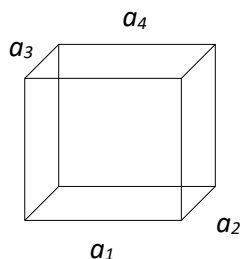


Рисунок 3.1 – Схема розмірів граней

Таблиця 3.1 – Дані про фактичні розміри граней бетонних зразків

Марка зразка	Розміри граней, см				Площа граней, см ²	
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₁ ×a ₂	a ₃ ×a ₄
1	2	3	4	5	6	7
Дослідження у віці 7 діб						
КБ-1	9.80	9.80	10.00	10.10	96.04	101.00
	10.20	9.80	9.90	9.90	99.96	98.01
	10.00	9.70	10.20	9.90	97.00	100.98
КБ-2	9.70	10.10	9.90	10.00	97.97	99.00
	9.90	10.00	9.90	10.10	99.00	99.99
	9.80	10.00	10.10	10.00	98.00	101.00
КБ-3	9.70	10.10	9.90	10.20	97.97	100.98
	9.70	10.10	10.30	10.00	97.97	103.00
	9.80	10.00	9.90	9.90	98.00	98.01
Дослідження у віці 14 діб						
КБ-1	9.70	9.80	10.00	10.20	95.06	102.00
	9.90	10.10	10.00	9.70	99.99	97.00
	9.80	10.00	10.10	9.90	98.00	99.99
КБ-2	9.80	10.00	9.70	9.90	98.00	96.03
	9.70	10.00	9.60	10.20	97.00	97.92
	9.90	10.00	9.80	9.90	99.00	97.02
КБ-3	9.80	10.00	10.10	10.00	98.00	101.00
	9.70	10.20	10.10	9.90	98.94	99.99
	9.60	10.20	9.80	10.10	97.92	98.98
Дослідження у віці 28 діб						
КБ-1	9.60	10.00	9.60	9.70	96.00	93.12
	9.70	10.00	9.70	9.80	97.00	95.06
	9.80	10.00	10.10	9.90	98.00	99.99
КБ-2	9.60	10.00	10.00	9.80	96.00	98.00
	9.60	9.90	9.90	9.80	95.04	97.02
	9.70	10.10	9.90	9.90	97.97	98.01
КБ-3	9.70	10.10	10.10	9.90	97.97	99.99
	9.70	10.10	9.60	10.20	97.97	97.92
	9.80	10.20	10.00	9.80	99.96	98.00
Дослідження у віці 60 діб						
КБ-1	9.70	10.10	9.80	9.70	97.97	95.06
	9.80	10.00	9.70	9.80	98.00	95.06
	9.90	10.00	10.20	9.90	99.00	100.98
КБ-2	9.70	10.20	10.00	9.80	98.94	98.00
	9.70	9.90	9.90	9.80	96.03	97.02
	9.80	10.00	9.90	9.90	98.00	98.01
КБ-3	9.80	10.10	10.10	10.00	98.98	101.00
	9.70	10.10	9.60	9.80	97.97	94.08
	9.80	9.90	10.00	9.80	97.02	98.00

3.2 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-1

Згідно з зазначеною метою у роботі, були проведені дослідження зразків у віці 7, 14, 28 та 60 діб для кращого розуміння впливу добавок на набір міцності бетоном в часі. Після завершення усіх досліджень проведено аналіз всіх отриманих даних та результатів. У таблиці 3.2 представленні дані по зразку КБ-1, у складі якого була присутня добавка СП-1.

Таблиця 3.2 – Результати випробувань першої партії зразків КБ-1 з добавкою СП-1

Марка кубика	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
Дослідження у віці 7 діб			
КБ-1	238	23.80	23.67
	222	22.20	
	250	25.00	
Дослідження у віці 14 діб			
КБ-1	336	33.60	29.47
	272	27.20	
	276	27.60	
Дослідження у віці 28 діб			
КБ-1	280	28.00	31.7
	311	31.10	
	360	36.00	
Дослідження у віці 60 діб			
КБ-1	354	35.40	34.67
	338	33.80	
	348	34.80	

В кінці усіх досліджень проведений розрахунок, для визначення фактичної міцності зразків, щоб упевнитись у достовірності результатів. Для розрахунку потрібно використати фактичні розміри граней та результати випробувань даної партії, які були представлені у таблиці 3.1 та 3.2 відповідно.

Після запису та аналізу результатів досліджень був виконаний розрахунок статистичної обробки даних у 28 денному віці, для виконання якого потрібно визначити розмах одиничних показників міцності досліджуваних кубів у кожній

партії. Вона визначається за формулою 3.1 і представлена як різниця між максимальним f_{max} та мінімальним f_{min} значеннями міцності:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 36,00 - 28,00 = 8,00. \quad (3.1)$$

Далі за допомогою коефіцієнта α , який враховує, скільки зразків беруть участь у дослідженнях, згідно з [25, табл. 1], а в даному випадку для трьох кубів він становить $\alpha = 1,69$, враховано значення середньоквадратичного відхилення S_m . Розрахунок проводився за формулою 3.2:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{8,00}{1,69} = 4,73 \quad (3.2)$$

Коефіцієнт кореляції за формулою 3.3 становить:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{4,73}{31,7} = 0,149, \quad (3.3)$$

де f_m – середня міцність партії із трьох кубиків, МПа.

Згідно [26] при визначенні гарантованого класу міцності бетонних зразків проводиться розрахунок з врахування перевідного коефіцієнта для кубів з розмірами граней 10x10x10 см. Також необхідно при розрахунку ввести коефіцієнт надійності $g = 0,95$. Розрахунок проведений за формулою 3.4:

$$\begin{aligned} f_{ck,cube} &= f_m (1 - 1,64 \times V) \times \beta = 31,7 \times (1 - 1,64 \times 0,149) \times 0,95 = \\ &= 22,76 \text{ МПа}, \end{aligned} \quad (3.4)$$

де β – масштабний коефіцієнт, який згідно з [26, табл. 5] становить 0,95 для бетонних кубиків з гранями розміром 10x10x10 см.

Згідно з даними про характеристики міцності та деформативності бетону класу C16/20, що становлять $f_{ck,cube} = 20$ МПа, був зроблений підсумок, що результати розрахунку на гарантійну міцність зразків КБ-1 у віці 28 днів є

більшими. Проте це пов'язано з тим, що виробник добавки СП-1 в описі до свого товару вказує, що даний розчин підвищує частково міцність бетонних виробів через те, що використання добавки сповільнюючої дії супроводжується зниженням міцності бетонного розчину від 30% при віці до 7 днів. Виробник компенсує це добавлянням до складу розчину прискорювачів. Також можливі похибки у виготовленні компонентів бетону, але дане відхилення не впливає на мету та поставленні задачі дослідження так, як партії виготовлялися із дотриманням кількості компонентів. Дотримуючись рекомендацій [26] зразок КБ-1 відповідає необхідному класу бетону С16/20.

По даних, які були представлені у табл. 3.2, був побудований графік зміни міцності від часу у бетонних зразках КБ-1 (див. рис. 3.1). З графіку помітно, що міцність до віку 7 днів набирається доволі стрімко, це зумовлено дією компенсаторів негативного впливу на міцність сповільнювачів схоплення бетонного розчину.

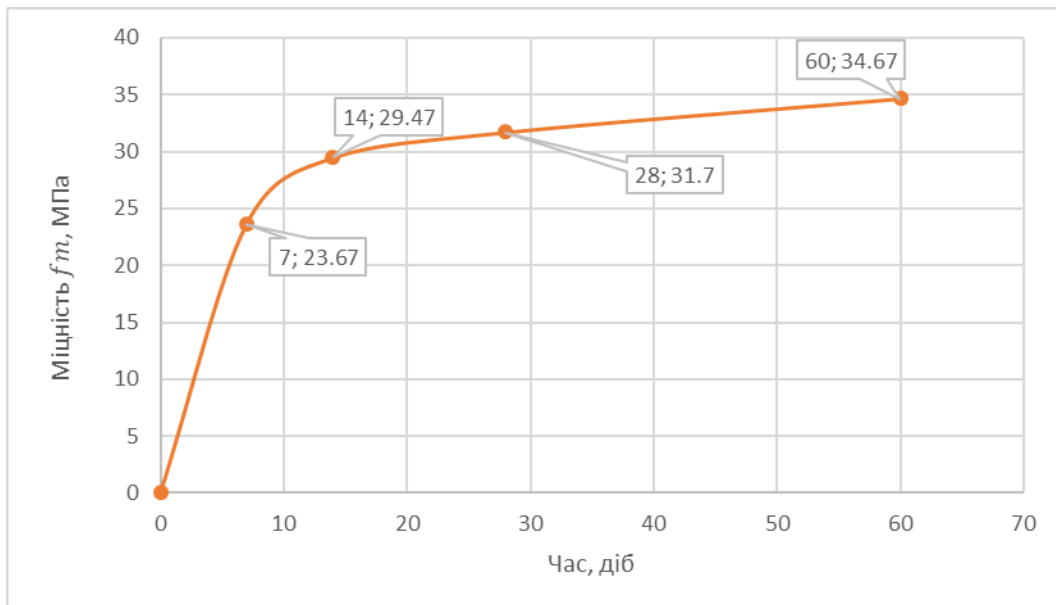


Рисунок 3.1 – Графік залежності міцності від часу зразка КБ-1, у складі якого присутня добавка СП-1

3.3 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-2

Після проведення досліджень над зразками марки КБ-2, в складі якого присутня добавка СП-2, усі результати були проаналізовані та представлені у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати випробувань другої партії зразків КБ-2 з добавкою СП-2

Марка кубика	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
Дослідження у віці 7 діб			
КБ-2	240	24.00	24.0
	239	23.90	
	241	24.10	
Дослідження у віці 14 діб			
КБ-2	289	28.90	27.76
	256	25.60	
	288	28.80	
Дослідження у віці 28 діб			
КБ-2	322	32.20	31.67
	303	30.30	
	325	32.50	
Дослідження у віці 60 діб			
КБ-2	354	31.60	34.1
	338	36.00	
	348	34.70	

Так само як і після отримання результатів дослідження над зразками КБ-1, була проведена статистична обробка зразків КБ-2 у віці 28 діб.

Розмах одиничних показників міцності розрахований за формулою 3.5:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 32,50 - 30,30 = 2,20. \quad (3.5)$$

Значення середньоквадратичного відхилення розрахований за формулою 3.6:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{2,20}{1,69} = 1,30 \quad (3.6)$$

Коефіцієнт кореляції розрахований за формулою 3.7:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{1,30}{31,67} = 0,041, \quad (3.7)$$

Визначення гарантованого класу міцності бетонних зразків. Враховується коефіцієнт надійності $g = 0,95$ та масштабний коефіцієнт $\beta = 0,95$. Розрахунок проведений за формулою 3.8:

$$f_{ck,cube} = f_m(1 - 1,64 \times V) \times \beta = 31,67 \times (1 - 1,64 \times 0,041) \times 0,95 = 28,06 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

По даних, які представлені у табл. 3.3, було побудовано графік залежності зміни міцності від часу у бетонних зразках КБ-1 (див. рис. 3.2).

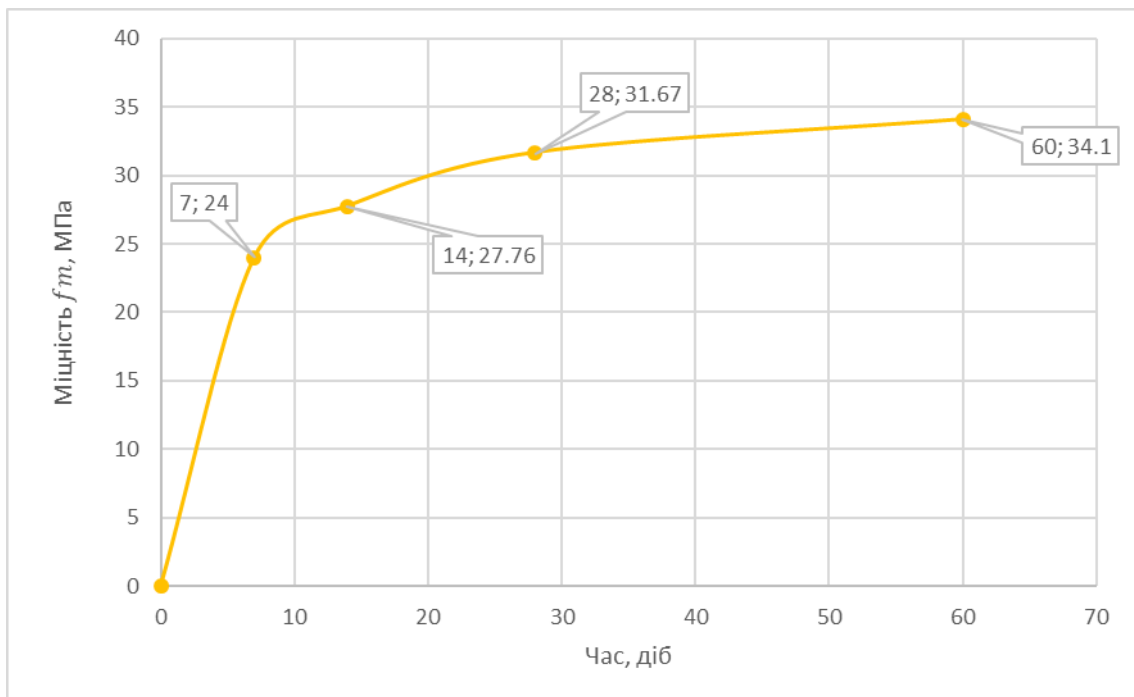


Рисунок 3.2 – Графік залежності міцності від часу зразка КБ-2, у складі якого присутня добавка СП-2

Згідно з даними про характеристики міцності та деформативності бетону класу міцності С16/20, що становлять $f_{ck,cube} = 20$ МПа, можна зробити висновок, що зразок КБ-2 не відповідає класу міцності, який прописаний у меті досліджень. З графіку помітно, що ріст міцності також доволі швидкий у віці 7 днів та за характером зростання співпадає з попереднім графіком. Інтенсивність набору міцності також схожа до рис. 3.1. Фактичний клас бетону С20/25.

3.4 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків КБ-3

Після проведення досліджень над зразками марки КБ-3, в складі якого відсутні будь-які добавки, тобто це еталонний зразок для порівняння зі кубиками КБ-1 та КБ-2. Усі результати були проаналізовані та представлені у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати випробувань третьої партії зразків КБ-3

Марка кубика	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
Дослідження у віці 7 діб			
КБ-3	211	21.10	22.63
	240	24.00	
	228	22.80	
Дослідження у віці 14 діб			
КБ-3	243	24.30	25.17
	281	28.10	
	231	23.10	
Дослідження у віці 28 діб			
КБ-3	324	32.40	29.87
	282	28.20	
	290	29.00	
Дослідження у віці 60 діб			
КБ-3	354	32.10	32.33
	338	32.10	
	348	32.80	

На основі результатів досліджень був проведений розрахунок для визначення фактичної міцності зразків, щоб упевнитись у достовірності результатів та перевірити з результатами попередніх двох партій для аналізу і висновку, який все ж вплив добавки СП-1 та СП-2 мають на міцність бетону. Для розрахунку були використані фактичні розміри граней та результати випробувань даної партії.

Розмах одиничних показників міцності розрахований за формулою 3.9:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 32,40 - 28,20 = 4,20. \quad (3.9)$$

Значення середньоквадратичного відхилення розрахований за формулою 3.10:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{4,20}{1,69} = 2,485 \quad (3.10)$$

Коефіцієнт кореляції визначений за формулою 3.11:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{2,485}{29,87} = 0,0832, \quad (3.11)$$

Визначення гарантованого класу міцності бетонних зразків. Враховується коефіцієнт надійності $g = 0,95$ та масштабний коефіцієнт $\beta = 0,95$. Розрахунок проведений за формулою 3.12:

$$\begin{aligned} f_{ck,cube} &= f_m(1 - 1,64 \times V) \times \beta = 29,87 \times (1 - 1,64 \times 0,0832) \times 0,95 = \\ &= 24,50 \text{ МПа} \quad (3.12) \end{aligned}$$

По даних, які представлені у табл. 3.4, було побудовано графік залежності зміни міцності від часу для бетонних зразків КБ-3 (див. рис. 3.3).

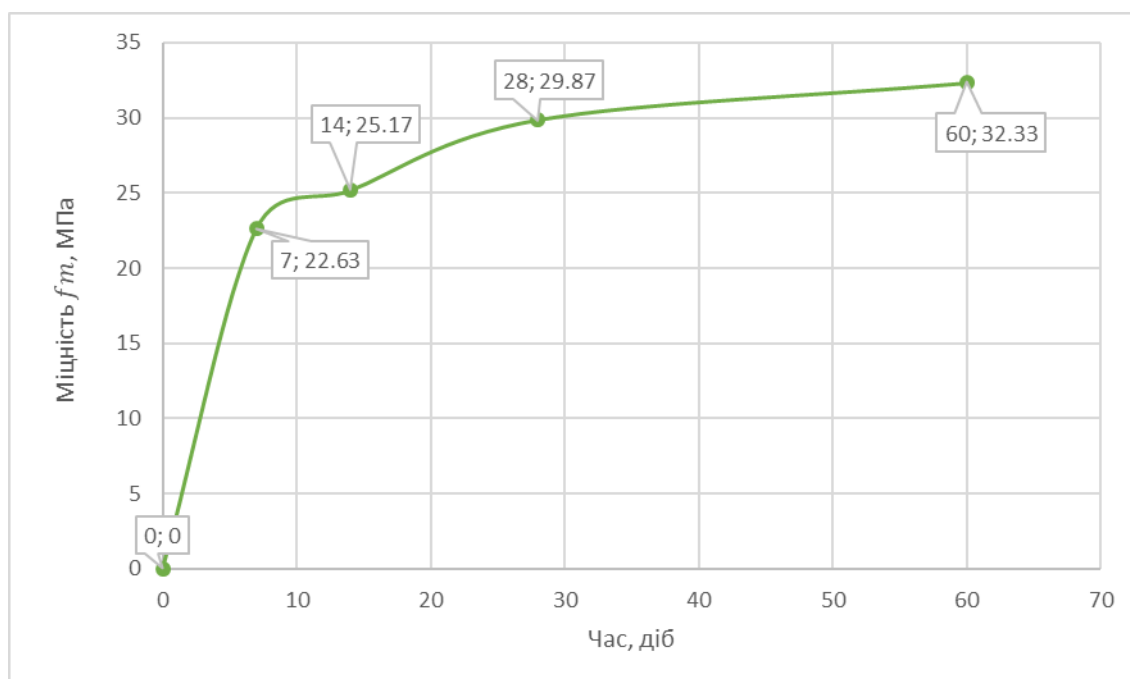


Рисунок 3.3 – Графік залежності міцності від часу зразка КБ-3

Згідно з таблицею про характеристики міцності та деформативності бетону класу міцності С16/20 [28, табл. 3.1], можна зробити висновок, що результати розрахунку на гарантійну міцність зразків КБ-3 у віці 28 днів є завищеними. Це можливо через похибки у виготовленні компонентів бетону, але дане відхилення не впливає на мету та поставленні задачі дослідження так, як партії виготовлялися із суворим дотриманням кількості компонентів. Дотримуючись рекомендацій [26] зразок КБ-3 відповідає необхідному класу бетону С16/20.

3.5 Узагальнення результатів проведених досліджень на вплив хімічних добавок, що сповільнюють твердіння бетону, на міцність бетону

Відповідно до програми досліджень, де було вирішено провести дослідження для виявлення впливу на міцність бетону, існуючих на сьогоднішньому ринку будівельних матеріалів, добавок СП-1 та СП-2, що сповільнюють схоплення бетонного розчину та порівняти їх з третьою, еталонною партією бетонних зразків, які замішані по «класичній» трикомпонентній схемі, КБ-3. Випробування були проведені у віці 7, 14, 28 та 60 діб. У кожній партії було

по три зразки. Усі отримані дані були проаналізовані та оброблені, результати в роботі представлені вигляді таблиць 3.2, 3.3, 3.4. В них зазначені усі показники міцності кожного зразка та розрахована середня міцність партії на кожному проміжку часу. На основі цих результатів були побудовані графіки (рис. 3.1, 3.2, 3.3), вони показані як залежність міцності бетонного зразка від часу твердіння розчину. Далі для кращого візуального огляду та порівняння усіх даних потрібно всі результати звести в одну таблицю 3.5 та на її основі побудувати графік (див. рис. 3.4).

Таблиця 3.5 – Зведені результати випробувань усіх трьох партій зразків бетонних кубиків після випробувань на гідравлічному пресі П-50

Марка зразка	Проектний клас бетону	Фактичний клас бетону	Міцність бетону за результатами випробувань на пресі П-50			
			7 діб	14 діб	28 діб	60 діб
КБ-1	C16/20	C16/20	23,67	29,47	31,70	34,67
КБ-2	C16/20	C20/25	24,00	27,76	31,67	34,10
КБ-3	C16/20	C16/20	22,63	25,17	29,87	32,33

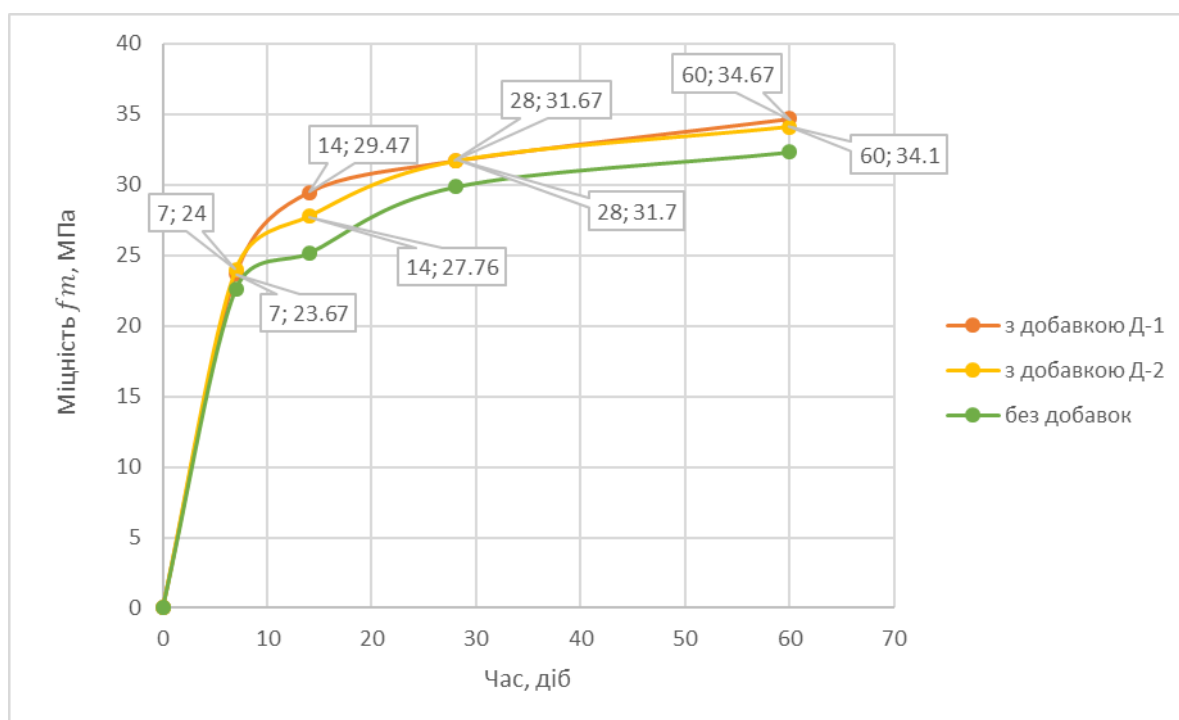


Рисунок 3.4 – Зведений графік зміни міцності зразків в залежності від часу

Для кращого розуміння масштабів впливу досліджуваних добавок на міцнісні характеристики бетонного розчину був побудований графік на рис. 3.5. Для побудови графіку міцність еталонної партії бетонних зразків КБ-3 було присвоєно значення 100%, так як це величина, відносно якої ми визначаємо приріст або спад значення міцності у зразках КБ-1 та КБ-2, в складі яких присутні добавки СП-1 та СП-2 відповідно. Як можна побачити з графіку на кожному етапі замірів, а саме у віці 7, 14, 28 та 60 діб добре виражений приріст міцності зразків партій КБ-1 та КБ-2 відносно еталонного зразку КБ-3. Найбільша різниця у показниках з партією звичайного бетону спостерігається у віці 14 діб, різниця між КБ-1 та КБ-3 складає 17,08%, а між КБ-2 та КБ-3 – 10,29%. Для порівняння візьмемо показник міцності у віці 28 діб для КБ-1 і КБ-3, значення будуть 106,13% та 100% відповідно, тобто приріс міцності склав 6,13%. Приріст для КБ-2 практично не відрізняється від КБ-1 і складає 6,03%.

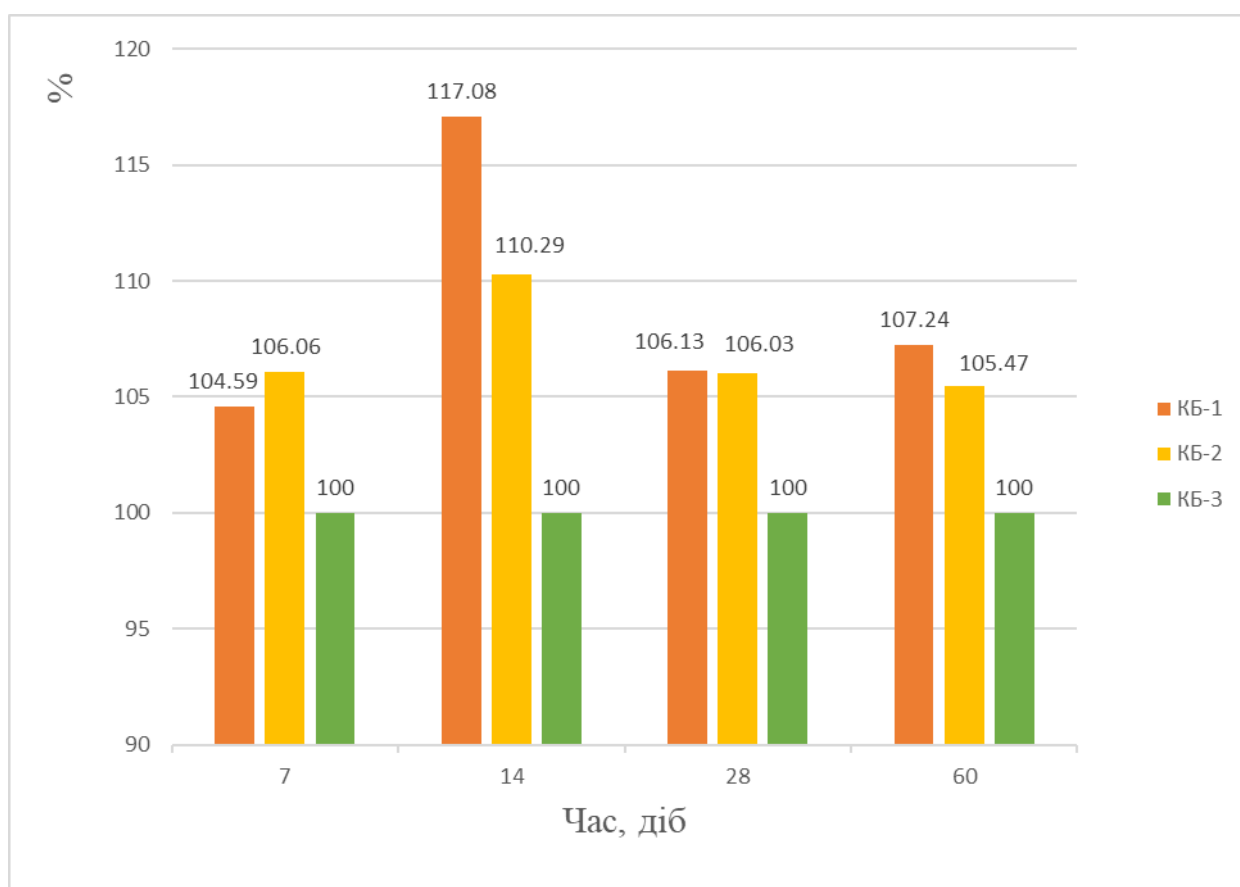


Рисунок 3.5 – Зведений графік приросту міцності зразків

Висновок до розділу 3

1) Провівши експериментальні дослідження та проаналізувавши отримані дані, помітно, що партії кубиків з добавками набирають міцність в перші 7 діб не набагато більшу, як і ті що без добавок.

2) Міцність бетону експериментальних зразків, що містять добавки СП-1 та СП-2, починаючи з 7 діб і надалі, має більше значення ніж еталонна партія зразків. Партія КБ-1 з добавкою СП-1 досягла на 4,59% вищу міцність ніж КБ-1, а КБ-2 з добавкою СП-2 – 6,06%. Це зумовлене тим, що по технологічній карті використання чистих сповільнювачів призводить до втрати міцності бетонних конструкцій від 30% у віці до 7 діб. Тому виробники до своєї продукції добавляють компенсуючі прискорювачі.

3) Після проходження віку у 28 діб, відповідно до теорії про набір міцності бетоном, зразки продовжують набирати міцність, проте у значно меншій мірі, ніж до того.

4) Згідно з графіком 3.4 можна спостерігати, що зразки із добавкою СП-2 та еталонні зразки подібні за характером набору міцності, проте зразки досліджень з добавкою СП-1 мають відмінний від інших характер росту міцності. Починаючи з 28 діб, набір міцності бетону зразками з добавкою СП-1 мають тенденцію до стрімкого збільшення і вже при віці 60 діб міцність даних зразків складає 34.67 МПа, що в дану чергу перевищує міцність зразків із добавкою СП-2 - 34.1 МПа, хоча на більш ранніх стадіях картина була протилужна.

5) Результати досліджень доводять, що введення у склад бетону добавок, що сповільнюють його тужавіння, призводить до збільшення його міцності, починаючи з 7 діб, в порівнянні із еталонними зразками. Такий напрямок росту спостерігається протягом усього терміну твердіння бетону, який в даних дослідженнях склав 60 діб.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Стан безпеки праці в Україні на сьогодні. Перелік основних законодавчих та нормативно правових актів про охорону праці

В основі всіх нормативно-правових актів про охорону праці в Україні лежить Конституція України.

Згідно з Законом України “ Про охорону праці ” (далі – Законом) (ст.4) визначені основні напрямки реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров’я в процесі трудової діяльності:

- пріоритет життя і здоров’я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань та інші.

Іншим важливим законом в галузі охорони праці є Кодекс законів про працю, що регулює трудові відносини між працівником і роботодавцем. Відповідно до даного Кодексу права працівників на охорону праці під час трудової діяльності охороняються всебічно.

На сьогодні в Україні існує велика кількість нормативно-правових актів з охорони праці. До них відносяться, згідно зі ст. 27 Закону: правила, норми, положення, стандарти, регламенти, інструкції та інші документи, обов’язкові до виконання. Зазначимо, що вищесказані нормативно-правові акти повинні регулярно переглядатися – не рідше одного разу на десять років.

До нормативно-правових актів, що діють, наприклад, в будівництві, включають:

- нормативно-правові акти, що поширюються на декілька видів економічної діяльності;
- нормативно-правові акти, що поширюються на будівництво;
- нормативно-правові акти, що поширюються на вироблення електроенергії, газу, тепла;
- охорона надр.

Крім вище наведених нормативно-правових актів охорона праці в будівництві регламентована державними будівельними нормами – ДБН, основними з яких є:

- ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва;
- ДБН А.3.2-2-2009. ССБТ. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення;
- ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки.

Згідно із ст.13 Закону роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а також зобов'язаний створити на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення цих вимог. У свою чергу працівник зобов'язаний знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей, проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди (ст.14). Працівник несе особисту відповідальність за порушення зазначених вимог.

Достойна праця – безпечна праця. Міжнародний досвід засвідчує, що вдосконалення законів в охороні праці та методів забезпечення безпеки праці, боротьба з травматизмом, крім гуманістичного характеру, має ще й чітко виражений економічний аспект. Безпека праці виступає одним із важливих

факторів, які забезпечують високу продуктивність праці та безпосередньо впливає на підвищення ефективності виробництва.

4.1.2 Вплив цементу і цементного пилу на організм людини

Пил – це поняття, що визначає фізичний стан речовини, подрібненої на маленькі частки.

Бетон – найпоширеніший штучний будівельний матеріал, який за своїм складом абсолютно не шкідливий для здоров'я людини. Але цемент, що слугує в'язучим компонентом бетону, негативно впливає на організм людини. Шкідлива дія цементу – виникає, в першу чергу, під час виробництва даного неорганічного в'язучого на цементних заводах, а також під час приготування бетонної суміші на спеціалізованих підприємствах або безпосередньо на будівельному майданчику.

До складу цементу зазвичай входять домішки, які являють собою різні хімічні сполуки, що і визначають, в значній мірі, шкідливу дію на організм людини. При роботі з цементом завжди виникає пил, що піднімається в повітря.

Виробничий пил-це завислі в повітрі тверді частинки речовини, тобто аерозоль, у якому дисперсною фазою є тверді частинки речовини, а дисперсним середовищем – повітря. Дія пилу на організм людини залежить від його фізико-хімічних властивостей, тривалості впливу та концентрації. Дані про концентрацію пилу дають уяву про ступінь забруднення повітря і про ймовірність фіброгенної, подразнюючої і токсичної дії пилу на організм людини.

Органічний пил надходить у повітря в процесі шліфування й полірування виробів.

Органічний пил виділяється при ручному завантаженні сушильних камер і зсипка висушеного литтєвого матеріалу в мішки. Ще одне джерело небезпеки – здатність деяких органічних пилів вибухати і поширювати полум'я, яка викликає багатонещасних випадків у промисловості. На щастя, такі випадки можливі лише при великих концентраціях пилу.

Важливе значення мають токсичність та розчинність пилу: токсичний і добре розчинний пил швидше проникає в організм і викликає гострі отруєння (пил марганцю, свинцю, миш'яку), ніж нерозчинний, який призводить лише до місцевого механічного пошкодження тканини легенів. Навпаки, розчинність нетоксичного пилу сприятлива, так як в розчиненому стані речовина легко виводиться з організму без жодних наслідків.

Вважається, що заряджені частинки в 2-8 разів більш активно затримуються в дихальних шляхах та інтенсивніше фагоцитуються.

Діяння пилу на організм людини найбільше позначається на органи дихання, особливо якщо крупність частинок перевищує 10—15 мкм.

При вдиханні такого пилу разом з повітрям частинки затримуються у верхніх дихальних шляхах і спричиняють їх роздратування і навіть запалення.

Пил може чинити вплив на органи зору, спричиняти запальні процеси (кон'юнктивіти), професійні катаракти, викликати сильну сенсibiliзуючу дію на слизову оболонку і роговицю ока.

Пил проникає в організм людини з повітрям. Подразнюючи слизову оболонку дихальних шляхів, цементний пил викликає біль, сухість в носі і горлі, у людини з'являється кашель. При тривалій подразнюючій дії пилу слизова оболонка дихальних шляхів поступово тоншає, стає сухою і втрачає здатність затримувати пил. Цементний пил при попаданні в бронхи викликає зміну легеневої тканини, що, у свою чергу, приводить до необоротних функціональних змін легенів – пневмокониозу.

Дія пилу на шкірний покрив зводиться в основному до механічного подразнення. Внаслідок чого виникає невелике свербіння, неприємне відчуття, може з'явитися почервоніння і деяка припухлість шкірного покриву, що свідчить про запальний процес.

Пилінки можуть проникати в пори потових і сальних залоз, закупорюючи їх і тим самим ускладнюючи їх функції. Це призводить до сухості шкірного покриву, іноді з'являються тріщини, висипи. Мікроби, що потрапили разом з пилом, можуть розвиватися в закупорених протоках сальних залоз, викликаючи

гнійні захворювання. Закупорювання потових залоз пилом в умовах гарячого цеху сприяє зменшенню потовиділення і тим самим ускладнює терморегуляцію. Пил цементу, осідаючи на слизовій оболонці очей, подразнює її, викликає сльозотечу і свербіж. При довготривалій дії пилу може розвинутися запальний процес слизових оболонок - кон'юнктивіт, який виражається в почервонінні, сльозотечі, іноді припухлості і нагноєнні. У важких випадках може ушкодитись рогівка ока.

Боротьба з виробничим пилом — найважливіше завдання гігієни праці, оскільки в умовах будівництва він негативно впливає на працюючих. Ця боротьба є не тільки гігієнічною, а й економічною.

Головні заходи — це механізація та автоматизація робіт, виведення робітників із зони з підвищеною запиленістю повітря і зменшення фізичних зусиль, що знижує вентиляцію легень, тобто зменшує попадання пилу у повітроносні шляхи.

Боротьба за зниження рівня запиленості і профілактика захворювань має бути комплексною і включати заходи технологічного, санітарно-технічного, медико-біологічного і організаційного характеру.

Отже, проаналізувавши усе вищесказане, для безпечних умов праці потрібно дотримуватись гігієни на робочих місцях, робити вологе прибирання та часте провітрювання приміщень, носити спеціальний одяг та взуття.

4.1.3 Правила з техніки безпеки при роботі з бетономішалкою

Порушення правил техніки безпеки при використанні технологічного обладнання, електроустановок та безпосередній контакт з струмовідвідними частинами обладнання, що знаходяться під напругою, створює небезпеку ураження електричним струмом. Під час роботи з електроустановками потрібно дотримуватись вимог НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Бетономішалка є обладнанням підвищеної небезпеки. Користуючись бетономішалкою, щоб не наражатися на небезпеку ураження струмом, травми або виникнення пожежі, слід суворо дотримуватися таких основних правил техніки безпеки:

- перед включенням слід перевірити, чи відповідає напруга живлення бетономішалки мережевій напрузі, справність кабелю, вилки і розетки, в разі несправності цих частин подальша експлуатація забороняється;
- при роботі з бетономішалкою у вологих місцях обов'язково використовувати гумові рукавиці та спеціальне взуття;
- забороняється працювати з бетономішалкою під час дощу, вода, що потрапила в бетономішалку, значно підвищує ризик ураження струмом;
- електрошнур бетономішалки потрібно тримати подалі від високої температури, масляних рідин, гострих граней або рухомих частин, забороняється тягнути за шнур при витягуванні вилки з розетки;
- при використанні бетономішалки поза приміщенням потрібно використовувати спеціальні електроподовжувачі.

4.1.4 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ГНТУ ім. І. Пулюя

Правила з охорони праці і техніки безпеки пов'язанні з особливостями роботи в лабораторії та спрямовані на попередження небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основні вимоги під час роботи в лабораторії та правила техніки безпеки такі:

- студенти допускаються до роботи в лабораторії тільки після інструктажу з техніки безпеки, що підтверджується підписом студента і викладача, що провів інструктаж в спеціальному журналі. Студенти, які пройшли інструктаж повинні строго дотримуватися правил техніки безпеки;

- робота студентів в лабораторії дозволяється в години, відведені за розкладом, а також в додатковий час, узгоджений з викладачем під наглядом викладача;
- працювати в лабораторії потрібно тільки в халатах та рукавицях. Без спецодягу працювати студенту не дозволяється;
- в приміщенні лабораторії зберігати порядок та чистоту;
- не допускається загроможувати вхід (вихід) будь-якими предметами, матеріалами чи обладнанням;
- не дозволяється покидати робоче місце під час проведення досліду та залишати без нагляду увімкненні прилади та обладнання;
- ручний інструмент (молотки, гайкові ключі, плоскогубці, викрутки) використовувати тільки за призначенням;
- при роботі з бетонозмішувачем :
 1. перед початком роботи обов'язково перевірити справність заземлення;
 2. забороняється вивантажувати бетонну суміш з барабану на ходу;
 3. після закінчення роботи бетонозмішувач відключити від електромережі, а барабан – очистити від залишків бетонної суміші (воду із цементним розчином забороняється виливати в побутову каналізацію);
- після роботи розкласти всі інструменти та прилади по своїх місцях, виключити все електрообладнання, прибрати робоче місце, очистити від пилу та бруду спецодяг та винести будівельне сміття.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час

З переліку основних завдань цивільного захисту (ЦЗ) можна виділити збереження та підвищення стійкості роботи підприємств, об'єктів та одиниць

національної економіки, а саме будівельної галузі, у період військових дій. На сьогоднішній день, коли у розпорядженні людей є зброя масового знищення, ураження промислових потужностей умовного противника виходить на провідне місце у переліку першочергових завдань. Так як виведення економіки з ладу може призвести до того, що країна не зможе продовжувати активні бойові дії задля захисту своїх кордонів та підтримувати життєдіяльність населення. Через бойові дії на сході України (війни на Донбасі), проблема підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі актуальна як ніколи.

Продукція такої галузі економіки як будівництво створює умови та базу для усіх галузей національної економіки. Будівництво є свого роду показником та рушійною силою економіки і здатне впливати як на розвиток супутніх будівництву виробництв, так і на всі інші сторони життєдіяльності суспільства, в тому числі і соціальні. Тому досить важливо підвищувати стійкість роботи підприємств будівельної галузі.

Організаційні заходи передбачають розробку ефективних дій керівного складу, служб та формувань ЦЗ, спрямованих на захист виробничого персоналу, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, а також відновлення виробництва.

Будівельне підприємство – підприємство будівельної галузі, яке являє собою відокремлену та самостійну гілку економіки, що спеціалізується на виконанні будівельної продукції (будинків, промислових об'єктів, споруд) та будівельних послуг (ремонтно-будівельних робіт). Діяльність будівельних підприємств забезпечується наявністю в їх розпорядженні необхідних ресурсів: людських, фінансових, матеріальних, енергетичних, за допомогою яких створюється продукція. Одним з основних показників виробничо-господарської діяльності будівельного підприємства є продукція будівельного підприємства - це матеріальні цінності, створені в результаті діяльності будівельного підприємства.

Під стійкістю роботи підприємств будівельної галузі розуміють їх здатність за умов дії надзвичайних ситуацій виробляти продукцію в запланованих обсягах та номенклатурі, а при одержанні слабких чи середніх руйнувань чи порушенні

постачання сировини відновлювати своє виробництво в мінімально короткі терміни. Щоб забезпечити нормальну роботу під час війни промислових об'єктів будівництва, скоротити можливі матеріальні втрати, необхідно ще в мирний час виконати великий комплекс різних заходів, які забезпечили б їхнє функціонування. Ці заходи спрямовані на зниження можливих втрат і руйнувань від сучасних засобів ураження і створення умов для нормальної роботи підприємств як у воєнний, так і в мирний час.

Основними шляхами забезпечення стійкої роботи підприємства будівельної галузі у воєнному стані є:

1. Забезпечення захисту людей та їх життєдіяльності. Створення на об'єкті надійної системи оповіщення про загрозу нападу противника, радіоактивне, хімічне забруднення і біологічне зараження, загрозу стихійного лиха і виробничої аварії. Організація розвідки і спостереження за радіоактивним, хімічним забруднення і біологічним зараженням; гідрометеорологічне спостереження за рівнем води, напрямком і швидкістю вітру, рухом і поширенням хмари радіоактивного забруднення.

2. Захист цінного й унікального устаткування. Захистити цінне і унікальне устаткування можна завдяки проведенню інженерно-технічних заходів, щоб зменшити небезпеку пошкодження і руйнування цінного й унікального устаткування, станків з програмним керуванням, шліфувальних, токарних, розточних, зубофрезерних, пресових станків, автоматичних конвеєрних ліній та іншого устаткування. Варіантами такого захисту є розміщення зазначеного устаткування в заглиблених приміщеннях а також використання спеціальних захисних пристосувань, закріплення станків на фундаментах, застосування контрфорсів для підвищення стійкості проти перекидання обладнання.

3. Підвищення стійкості мереж комунального господарства. Для забезпечення стійкості роботи об'єктів повинні проводитись інженерно-технічні заходи на мережах комунального господарства з метою захисту джерел тепла із заглибленням у ґрунт комунікацій. Котельні слід розміщувати в спеціальному окремо розміщеному приміщенні. Теплова мережа має будуватися за кільцевою

системою з прокладанням труб у спеціальних каналах зі з'єднанням паралельних ділянок. Для відключення пошкоджених ділянок мають бути встановлені запірно-регулюючі засувки, вентилі та ін. Ці пристосування необхідно розміщувати в оглядових колодязях, на території, що не завалюється при руйнуванні будівель.

4. Забезпечення стійкості роботи паливно-енергетичного комплексу і водопостачання. Створення резерву енергетичних потужностей за рахунок автономних пересувних електростанцій, а також місцевих джерел електроенергії. Підготовка автономних електростанцій до роботи за спеціальним режимом (графіком) для забезпечення технологічних процесів виробництва, для яких неможливі тривалі перерви в електропостачанні. З метою попередження аварій на електричних мережах необхідно установити автоматичну систему відключення при виникненні перенапруги. Повітряні лінії електропостачання замінити на підземно-кабельні. Створення необхідних запасів (резервів) паливно-мастильних матеріалів та інших видів палива й організація їх безпечного зберігання. Щоб не допустити зупинки підприємства через дефіцит палива, необхідно підготуватись для роботи на різних видах палива: нафта, вугілля, газ.

Для підвищення стійкості забезпечення водою слід провести такі заходи. Необхідно створити основні і резервні джерела водопостачання. Як резервне джерело краще мати артезіанську свердловину, яку необхідно підключити до системи водопостачання. Крім того, воду можна брати з близько розміщеної природної водойми або спорудити штучну водойму чи резервуари з обладнанням пристроїв для збору і перекачування води. Всі ділянки водопостачання повинні бути заглиблені в ґрунт з обладнанням пожежних гідрантів і пристроїв для відключення пошкоджених ділянок. Локальні мережі водопостачання окремих великих підприємств варто з'єднати із загальноміською системою водопостачання в єдине кільце.

5. Забезпечення стійкого постачання будівельного об'єкта. Для забезпечення виробництва продукції необхідні електроенергія, паливо, мастила, профілактичні й лікувальні препарати медицини, запасні частини, сировина та інші матеріально-технічні засоби. Забезпечення об'єктів цими ресурсами дасть можливість

випускати необхідну продукцію в надзвичайних умовах мирного і воєнного часу. Тому повинні проводитись такі заходи, які б забезпечили стійкість постачання і сприяли підвищенню захисту мережі електро-, водо-, газопостачання, транспортних комунікацій і джерел постачання всім необхідним для забезпечення функціонування будівельної галузі в надзвичайних умовах. З метою попередження аварій на електричних мережах необхідно встановити автоматичну систему відключення перенапруги. Повітряні лінії електропостачання слід замінити на підземно-кабельні.

6. Забезпечення збереження й відновлення будівель і споруд. Оцінка можливих ступенів руйнування будівель і споруд підприємства, населеного пункту. Визначення обсягу невідкладних ремонтних робіт, потреби в будівельних матеріалах. Розрахунок сил і засобів для проведення невідкладних ремонтних та інших робіт, а також знезаражування приміщень, виробничих ділянок і території. Створення і підготовка спеціальних формувань для ремонтно-відновних, будівельних та інших робіт на об'єкті.

7. Забезпечення надійності системи управління і зв'язку. Організація захищеного пункту управління, оснащення його засобами зв'язку, які б дали можливість швидко доводити сигнали ЦЗ до всіх виробничих підрозділів і населення у місцях проживання. Розробка документів, які регламентують чіткі дії персоналу для забезпечення сталої роботи об'єкта в надзвичайних умовах. Підготовка необхідного резерву кадрів спеціалістів, будівельників і керівних працівників для зміни тим, які будуть мобілізовані.

При вирішенні проблеми підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі, а також інших об'єктів народного господарства, керуються єдиними принциповими положеннями:

- завчасне проведення заходів цивільного захисту, спрямованих на зниження можливих втрат та руйнувань у разі застосування збоку противника зброї масового ураження і на створення умов для швидкого відновлення виробництва після часткового руйнування;

- комплексний підхід в розробці і здійсненні заходів для всіх напрямків діяльності підприємства;
- узгодження цих заходів з територіальними і військовими органами управління.

Заходи з підвищення стійкості плануються з урахуванням місцевих умов, ступеня важливості об'єкта, його географічного положення, економічної доцільності проведення заходів. На мирний час планують, в основному, трудомісткі заходи, які потребують значних матеріальних витрат і часу, а на період загрози виникнення НС – такі заходи, які не потребують значних затрат часу чи проведення яких не є доцільним при нормальному функціонуванні. Також при проведенні заходів з ЦЗ потрібно враховувати і внутрішні фактори, що впливають на стійкість: масштаби виробництва, виду продукції, що випускається, чисельність працівників, рівень їх дисциплінованості і компетентності, особливості технології виробництва, системи постачання виробництва сировиною, технічною і питною водою, газо- та електроенергією.

Контроль за виконанням вимог згаданих норм покладається на структурні підрозділи з питань цивільного захисту та надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1) Ознайомившись з наявною науковою літературою та дослідженнями різних авторів, що стосувались впливу сповільнювачів на характеристики бетонного розчину, було виявлено, що використання чистого сповільнювача не є доцільним, так як погіршується міцність бетонної конструкції на 30% в термін до 7 діб. Тому використання комбінованого сповільнювача є більш доцільним.

2) Удосконалено методику та розроблено програму експериментальних досліджень кубової міцності бетону, що містить добавки які сповільнюють його тужавіння. Проведені експериментальні дослідження зразків з двома видами добавок, які сповільнюють тужавіння та еталонних зразків руйнівним методом і визначено міцність кожного з них у віці 7, 14, 28 та 60 діб.

3) Провівши експериментальні дослідження та проаналізувавши отримані дані, помітно, що партії кубиків з добавками набирають міцність в перші 7 діб аналогічно, як і ті що без добавок.

4) Міцність бетону експериментальних зразків, що містять добавки починаючи з 7 діб і надалі має більше значення ніж еталонна партія зразків. Партія КБ-1 з добавкою СП-1 досягла на 4,59% віщу міцність ніж КБ-1, а КБ-2 з добавкою СП-2 – 6,06%. Це зумовлене тим, що по технологічній карті використання чистих сповільнювачів призводить до втрати міцності бетонних конструкцій 30% у віці до 7 діб. Тому виробники до своєї продукції добавляють компенсуючі прискорювачі.

5) Після проходження віку у 28 діб, зразки продовжують набирати міцність, проте у значно меншій мірі, ніж до того, що відповідає класичній теорії набору міцності бетоном.

6) Крива набору міцності бетонних зразків з добавкою СП-2 відповідає характеру набору міцності зразків без добавки, але в той же час зразки з добавкою СП-1 мають дещо інший характер набору міцності. Починаючи з 28 діб набір міцності бетону зразками з добавкою СП-1 мають тенденцію до стрімкого

збільшення і вже у віці 60 діб міцність даних зразків (34.67 МПа) перевищує міцність зразків із добавкою СП-2 (34.1 МПа), хоча на більш ранніх стадіях була зворотня тенденція.

7) Експериментальні дослідження показали, що додавання в структуру бетону добавок, що сповільнюють його тужавіння, призводить до збільшення його міцності починаючи з 7 діб в порівнянні із еталонними зразками. Така тенденція спостерігається на всьому протязі твердіння бетону, який в даних дослідженнях склав 60 діб.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. A set of advanced concrete technologies: Chapter 4 - Impurities for concrete, grout and adhesive-cement, John Dransfield Butterworth-Heinemann publication.
2. Горчаков Г.І., Орендліхер Л. П., Савін В. І. та ін. Склад, структура і властивості цементних бетонів. – М.: Стройиздат, 1976. – 145с.
3. Грін Т. К. Реакції гідратації портландцементу на ранніх стадіях. - В кн .: Четвертий міжнар. конгр. з хімії цементу. М., 1964. с. 275-281.
4. Колоусек Г. Л. Процеси гідратації на ранніх стадіях твердіння цементу (основна доповідь). - В кн. Четвертий міжнар. конгр. з хімії цементу. М., 1976, т. 2, кн. 2, с. 65-79.
5. Лі Ф. М. Хімія цементу і бетону. – М.: Стройиздат, 1961. - 642 с.
6. Ратинов В. В., Розенберг Г. М. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1973. - 207 с.
7. Ребіндер П. А. Поверхнево-активні речовини. – М.: Знання, 1961. - 214 с.
8. Удосконалені цементуючі матеріали. Контроль розвитку гідратації. Сповільнюючі домішки для бетону. Роар Мирдал на замовлення Норвезької державної адміністрації доріг. – 2007. – 23 с.
9. Осипов А. Д. Транспортування бетонної суміші на великі відстані. - М.: Енергія, 1980. - 80с.
10. Chemical Admixtures for Concrete, ACI Committee 212.3R-91 Report.
11. Chemical and Air Entraining Admixtures for Concrete, ACI Education Bulletin No. E4-95.
12. Савченко С.В., Коваль С.В. Аналіз впливу поетапного введення добавок на збереження рухливості бетонної суміші для монолітного домобудування // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – № 78, 2020, ст. 118-125.
13. Usman, N. D.; Chom, H. A.; Salisu, C.; Abubakar, H. O. ,Gyang, J. B. The Impact of Sugar on Setting -Time of Ordinary Portland Cement (OPC) Paste and

Compressive Strength of Concrete. FUTY Journal of the Environment Vol. 10 No. 1 November, 2016.

14. Neville, A.M. and Brooks, J. J. (2006). Concrete Technology. India: Dorling Kindersleg, New Delhi.

15. Usman, N. D., Idusuyi, F. O., Ojo, E. B. and Simon, B. M. (2012). The Use of Sawdust and Palm Kernel Shell as substitute for Fine and Coarse Aggregates in Concrete Construction in Developing Countries. Journal of Chemical, Mechanical and Engineering Practice, 2 (3) 51 - 62.

16. H. Justnes, F. Wuyts and D. Van Gemert (2008) . Hardening retarders for massive concrete.

17. Mwaluwinga, S., Ayano, T. and Sakata, K.: “Influence of Urea in Concrete”, Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 5, 1997, pp. 733-745.

18. Justnes, H. and Petersen, B.G.: “Counteracting Retardation of Cement Setting by Other Admixtures with Calcium Nitrate”, Proceedings of 5th CANMET/ACI International Symposium on Advances in Concrete Technology (Editor V. Malhotra), July 29 – August 1, 2001, Singapore, ACI SP 200-3, pp. 39-49.

19. Justnes, H. and Petersen, B.G.: “Counteracting Plasticizer Retardation of Cement Setting with Calcium Nitrate”, Proceedings of the International Conference Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction, Dundee, Scotland, 9-11 September, 2002, p. 259-267.

20. De Weerd, K. and Reynders, D.: “Combining Plasticizers/Retarders and Accelerators”, MSc Thesis delivered at Katholieke Universiteit te Leuven, Heverlee, Belgium, June 2006.

21. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009.- 18 с.

22. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.– 109 с.

23. Бетони і будівельні розчини : Підруч. для студ. спец. "Технологія буд.

конструкцій, виробів і матеріалів" вищ. навч. закл. / В. І. Гоц; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. - К. : ТОВ УВПК "ЕксОб": КНУБА, 2003. - 467 с. - Бібліогр.: с. 464-466. - укр.

24. Конспект лекцій з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. Частина 1 / Укладачі: Й.Й. Лучко, О.П. Конончук – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 221 с.

25. ДСТУ Б В.2.7 224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 23 с.

26. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками». – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с.

27. Іванов Ф. М. Добавки в бетон і перспективи застосування суперпластифікаторів. - В кн .: Бетони з ефективними суперпластифікаторами / НИИЖБ. М., 1979, с. 6-21.

28. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні контрукції. – К.: Мінбуд України, 2011. – 67 с.

29. Кайсер Л. А., Чехова Р. С. Цементи і їх раціональне використання при виробництві збірних залізобетонних виробів. – М.: Стройиздат, 1972. - 80 с.

30. Дворкін Л. І., Шестаков В. Л., Кизима В. П. Зміна мікроструктури цементного каменю Суперпластифікатори. – В кн .: Крат. тез. доп. на VI Всесоюз. наук. техн. спів. з хімії цементу. М., 1982, с. 136.

31. Горчаков Г.І., Орендліхер Л. П., Савін В. І. та ін. Склад, структура і властивості цементних бетонів. – М.: Стройиздат 1976. - 145 с.

32. Грін Т. К. Реакції гідратації портландцементу на ранніх стадіях. – В кн .: Четвертий міжнар. конгр. з хімії цементу. М., 1964. с. 275-281.

33. Добролюбов Г. І., Ратинов В. Б., Розенберг Т. І. Прогнозування довговічності бетонів з добавками. - М.: Стройиздат, 1983. – 213 с.

34. Хатторі К. Нові добавки для зменшення В/Ц при приготуванні високоміцних бетонів. – 1976, т. 29, №8, с. 10-21.

35. Реология бетонных смесей и її технологичні завдання: Тез. доп. IV Всесоюз. сімпоз. Юрмала. 1982. – 411 с.
36. Сизов В. П. Проективання складів важкого бетону. - М.: Стройиздат, 1980. – 144 с.
37. Ткач Е.В. Модификаторы в строительной технологии.
38. Химические добавки для модификации бетона : монография / В.С.Изотов, Ю.А.Соколова.
39. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”// Ковальчук Я.О., Крамар Г.М., Мещерякова О.М., Тернопіль, 2020. – 56 с.
40. Construction Materials. Their nature and behaviour. Fourth edition. Edited by Peter Domone and John Illston. 2010. – 584 с.
41. Батраков В. Г. Иванов Ф. М., Силіна Е. С., Фалікман В. Р. Застосування суперпластифікаторів в бетоні / ВНИИС. – М., 1982, с. 22-23.
42. Батраков В. Г. Щурань Р., Вавржіна Ф. Р. Застосування хімічних добавок в бетоні / ВНИИЭСМ. - М., 1982. с. 15-16.