

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 прискорювачів твердіння
на міцність бетону

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

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

_____ Леник В.Б.
(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)

м. Тернопіль – 2021

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 Ленику Віталію Богдановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу прискорювачів твердіння 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 різного роду добавок до бетонів, що пришвидшують його тужавіння

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 для прискорення твердіння; процес виготовлення бетонних кубиків; гідравлічний прес П-50; фіксація та характер руйнування зразків; графік зміни міцності бетонного зразка К-1 без хімічних добавок; графік зміни міцності бетонного зразка К-2 з добавкою Д-1; графік зміни міцності бетонного зразка К-3 з добавкою Д-2; зведений графік зміни міцності зразків в залежності від часу; графік набору міцності для прискорювачів твердіння.

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ОСТАНІХ ПУБЛІКАЦІЙ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
1.1 Основні добавки для прискорення схоплення та твердіння бетонної суміші	9
1.2 Аналіз джерел дослідження	11
1.3 Узагальнення інформації.....	17
1.4 Висновки розділу 1	18
РОЗДІЛ 2	
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1 Вихідні дані для проведення експериментальних дослідів та програма досліджень.....	19
2.2 Визначення складу бетону	23
2.3 Виготовлення бетонних кубиків.....	29
2.4 Методика досліджень бетонних кубів руйнівним методом за допомогою гідравлічного преса П-50.....	33
2.5 Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3	
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	39
3.1 Обробка результатів журналу випробувань	39
3.2 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-1.....	41
3.3 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-2.....	46
3.4 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-3.....	49

3.5 Результати проведених досліджень хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону.....	54
3.6 Висновки до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Охорона праці.....	58
4.1.1 Безпека праці в Україні. Основні законодавчі та нормативно правові акти про охорону праці.....	58
4.1.2 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ТНТУ ім. І Пулюя.....	60
4.1.3 Електробезпека при роботі з бетономішалкою	61
4.1.4 Вплив цементу і цементного пилу на організм людини	62
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	63
4.2.1 Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
БІБЛІОГРАФІЯ.....	70

ВСТУП

Розвитком індустрії будівельної галузі в останні роки відбувається все інтенсивніше в порівнянні з попереднім століттям. І на теперішній час гостро повстає питання раціонального і ефективного використання енергетичних та сировинних ресурсів. Для прискорення твердіння бетонних сумішей ефективно себе показала тепловологісна обробка бетону. Однак даний метод є енерговитратним для отримання пари та досить складний у використанні його у польових умовах. Аналогом даного методу служать спеціальні хімічні добавки, що прискорюють тужавіння бетонної суміші.

Актуальність теми зумовлена в першу чергу тим, щоб запобігти перервам у будівництві в зимовий період і тим самим зменшити час та вартість самого будівництва. Однак цей фактор не є єдиною перевагою використання хімічних добавок у бетонних сумішах. За допомогою прискорювачів твердіння можна корегувати час тужавіння бетону в літній період будівельних робіт. Також дане питання частково доторкається і до видобування даних хімічних добавок із відходів різних промисловостей, що забруднюють навколишнє середовище.

Сьогодні все більше досліджень пов'язані із тим, щоб покращити експлуатаційні властивості бетону а саме: технологічність приготування та досягнення високої ранньої і марочної міцності бетону. Проаналізувавши велику кількість хімічних добавок, які спрямованні на швидкий набір міцності, необхідно дослідити, що відбувається з набором міцності в процесі твердіння.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота з дослідження впливу хімічних добавок на міцність бетону виконана в напрямку наукових досліджень ТНТУ кафедри будівельної механіки.

Мета й задачі роботи. Мета роботи полягає у тому, щоб виявити як впливають різні типи сучасних хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону, на міцність бетону в різний період набору ним міцності.

Для того, щоб досягти цієї мети необхідно виріши наступні *задачі*:

- проаналізувати попередні наукові дослідження за напрямком вивчення хімічних добавок, що впливають на процес тужавіння бетону;
- розробити методику експериментальних досліджень впливу хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону, на процес набору ним міцності в порівнянні із бетоном, що твердів за звичайних умов;
- провести експериментальні дослідження зразків на різних стадіях твердіння бетону 7, 14, 28, та 60 діб;
- проаналізувати отримані експериментальні дані та побудувати графіки залежності зміни міцності бетону від часу твердіння зразків.

Об'єктом дослідження є хімічні добавки, що прискорюють твердіння бетону.

Предметом дослідження вплив хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону, на зміну його міцності.

Методи дослідження. Експериментальний, графічний, порівняльний, теоретико-емпіричний, економіко-статистичний.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримала подальший розвиток методика натурних досліджень бетонних зразків з хімічними добавками;
- отримані нові дані впливу хімічних добавок, що прискорюють твердіння, на міцність бетону та залежності цієї міцності від часу твердіння бетону;

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дослідження можна використовувати при проектуванні залізобетонних елементів конструкції, що експлуатуються в нормальних умовах зовнішнього середовища. Також дані результати можна використовувати для прогнозування ранньої та марочної міцності бетону в будь-який період роботи залізобетонних конструкцій, а також для подальшого вдосконалення цієї теми дослідження впливу прискорювачів твердіння бетону на його міцність в нормальних умовах експлуатації.

Результати досліджень отримано і впроваджено в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ТНТУ ім. Івана Пулюя в м. Тернопіль, свідоцтво про атестацію №РХ-982/10 від 20 грудня 2010р.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати роботи оприлюдненні на міжнародній науковій конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження), 28 – 30 вересня 2020 року в м. Тернопіль та IV-й міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання».

Публікації. Результати даної роботи були опубліковані в збірнику тез доповідей «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України. Матеріали міжнародної наукової конференції, 28-30 вересня 2020 року: збірник тез доповідей. / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2020. – 119 с.», В.Б. Леник «Дослідження впливу на міцність бетону прискорювачів твердіння».

Ключові слова: хімічні добавки, прискорювачі, бетон, міцність, тужавіння, час твердіння, зразок.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОСТАНІХ ПУБЛІКАЦІЙ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Основні добавки для прискорення схоплення та твердіння бетонної суміші

Проводячи аналіз існуючих джерел інформації можна помітити, що прогрес не стоїть на місці і питання швидкості зведення будівель чи споруд є досить актуальним і займає в деяких випадках перше місце при розробці проектною документації. Щоб зменшити час схоплення та твердіння бетону і тим самим скоротити терміни зняття опалубки з залізобетонних чи бетонних конструкцій і за рахунок того пришвидшити їх навантаження, інженери стикаються з питанням пришвидшення тужавіння бетону. Опираючись на [4], наперед відомі такі основні методи прискорення твердіння бетону:

- введення у склад бетонної суміші хімічних добавок, що прискорюють час твердіння бетонної суміші;
- застосування теплової обробки, зокрема тепловологісної яка вже згадувалася раніше;
- застосування портландцементів із дрібною фракцією помолу клінкерного каменю;
- застосування напівсухих сумішей з низьким водо-цементним співвідношенням та ретельним їх ущільненням;

Одним із найбільш ефективних і широко розповсюдженим методом є введення в склад бетону різних хімічних добавок, органічного і неорганічного походження, що прискорюють час схоплення бетонної суміші [25].

На сьогоднішній день у світі існує величезна кількість добавок різного типу і характеру дії, що впливають на швидкість утворення цементного каменю на молекулярному рівні. Існує декілька основних класифікацій прискорювачів, що

базуються на самому процесі гідратації цементу [20]. Якщо ж їх розділити по хімічному складу, то дана класифікація буде виглядати так:

- вуглекислі солі, які в свою чергу поділяються на: вуглекислий Калій, що в побуті зустрічається як поташ, (K_2CO) та Натрій вуглекислий або ж сода (Na_2CO_3);
- сірчаноокислі солі, які поділяються на: сірчаноокислий натрій (Na_2SO), суміш натрій тіосульфат з натрій родоніт, де хімічна формула набуває вигляду ($Na_2S_2O_3+NaCNS$) і гіпс ($CaSO_4$);
- нітрати, використовуються переважно такі: азотнокислий кальцій ($Ca(NO_3)_2$) та натрій азотнокислий ($NaNO_3$);
- амонійні солі, що використовуються тільки у вигляді карбаміду (мочовина) – $CO(NH_2)_2$;
- солі фосфорної кислоти, що також використовується тільки у вигляді тринатрійфосфатів, які у сполученні з водою утворюють кристалогідрат ($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$);
- хлориди, які використовуються для прискорення твердіння бетону бувають такі: хлористий алюміній ($AlCl_3$), хлористе залізо ($FeCl_3$), барій хлористий ($BaCl_3$), магній хлористий ($MgCl_3$), кальцій хлористий ($CaCl_3$), натрій хлористий ($NaCl$), соляна кислота (HCl), хлорокись кальцію;
- комбіновані суміші різних прискорювачів таких, як нітрит-нітрат кальцію (ННК), нітрит-нітрат-хлорид кальцію (ННХК), нітрит-нітрат-хлорид кальцію з мочовиною (ННХКМ), суміш соди, поташу та пластифікатор.

З усього вище переліченого найбільш вживані і найбільш оптимальними для використання залишаються хлориди та усі суміші, що утворюються в результаті комбінування їх властивостей, тому що висока ефективність при малій вартості компонент є запорука масового використання їх у всьому світі [1].

Але не так все просто з хімічними добавками. На рівні їх переваг (швидкий набір ранньої та марочної міцностей, низька температура замерзання води і тд.) проявляються і їх недоліки які необхідно також враховувати при проектуванні

залізобетонних конструкцій [17]. Наприклад, хлорид кальцію активно сприяє утворенню корозії залізних включень, таких як арматура чи будь-які закладні деталі, які напряду контактують з бетоном, і тому кількість цієї добавки обмежується в залізобетонні не більше 2% (рис. 1.1,б), не допускають використання в попередньо напружених конструкціях та в конструкціях з тонкою арматурою, в конструкція, які експлуатуються в агресивних середовищах та з високим ступенем надійності [14]. Сульфат натрію може викликати появу характерних соляних утворень на поверхні бетону та в його мікропорах (рис. 1.1,а), що автоматично потребує передбачати заходи, які будуть запобігати їх появі. У нітрит-нітрат- хлориді кальцію властивості хлориду, який пришвидшує твердіння бетону, у поєднанні з інгібуючими властивостями кальцію ризик появи корозії арматури набагато нижчий, ніж у звичайного хлориду кальцію.

*а**б*

Рисунок 1.1 – Наслідки неправильного використання добавок

1.2 Аналіз джерел дослідження

Про соду, як добавку до бетону знали ще в 1903 році. А.А. Байков, висуваючи свою теорію твердіння бетону, завив, що сода володіє достатньо хорошими властивостями прискорення твердіння бетону [1]. Проводячи різного типу дослідження, встановили залежність, що при додаванні 5% соди від маси цементу може призвести до того, що час початку схоплення скоротиться від 1 год

40 хв до 3 хв., а закінчувалося схоплення бетону через 17 хв. Проаналізувавши отримані дані, дійшли такого висновку, що сода є надзвичайно активною добавкою. І даний фактор ускладнював роботи по вкладанню бетонної суміші в форми, так як не завжди можна встигнути вкласти бетонну суміш вчасно в результаті чого різко знижувалася міцність бетонних виробів.

Пришвидщення твердіння бетонної суміші на початкових етапах твердіння відбувається за рахунок швидкого досягнення кінцевої міцності так, що бетон в якому не було добавко і в якому процес гідратації відбувався у звичайних умовах з часом набирал ту ж саму міцність і згодом міцність звичайного бетону була більшою ніж міцність бетону з добавкою.

Отримані результати однозначно говорять про те, що сода може використовувати в сучасному будівництві, але тільки в тих випадках, коли така швидкість твердіння бетонної суміші буде виправдана і врахована при будівельних роботах та розробці проекту, де необхідно буде враховувати той фактор, що при досягненні кінцевої міцності бетон з прискорювачем твердіння буде мати меншу міцність ніж звичайних бетон.

У своїй роботі автори Р.А. Ібрагімов, В.С. Ізотов [2] показав експеримент, що проводився над прискорювачами твердіння бетону («Sika Rapid 1 та Мобет 1»). Основною ціллю дослідження було визначити, як прискорювач твердіння впливає на фізико-механічні властивості важких бетонів. Для порівняння кінцевих результатів паралельно проводили дослідження над добавками сульфатносодовою сумішшю, сульфатом натрію та сульфтом алюмінію. В якості крупного заповнювача щебінь фракції 20-5 мм, як в'язуче було використано клінкерний цемент, пісок із модулем крупності 2,7. Згідно проведеного дослідження було встановлено, що на початковому етапі тужавіння бетонної суміші найкраще себе проявив сульфат алюмінію. Результати дослідження набули наступної градації: сульфат натрію < сульфатносодова суміш < «Sika Rapid 1» < «Мобет 1» < сульфат алюмінію. Результати впливу на кінець тужавіння бетонної суміші набули наступного вигляду: сульфат натрію < сульфатносодова суміш < «Мобет 1» < «Sika Rapid 1» < сульфат алюмінію.

Наступним етапом дослідження зразків із добавками була перевірка їх міцності на гідравлічному пресі у віці однієї доби. Також варто зазначити, що прискорювачі твердіння бетону вводилися у кількості 1,5-2,0 % від портландцементу . Результати проведеного експерименту відображають в наступній послідовності зростання міцності в порівнянні із бетоном без добавок:

- «Мобет 1» - (8,2-8,3 МПа, середнє збільшення міцності становить 10 %);
- сульфатносодова суміш – (10,1-10,4 МПа, середнє збільшення міцності становить 36,5 %);
- сульфат натрію – (10,1-10,5 МПа, середнє збільшення міцності становить 37 %);
- «Sika Rapid 1» - (9,9-10,7 МПа, приріст міцності становить 38 %);
- сульфат алюмінію – (10,1-10,8 МПа, середнє збільшення міцності становить 40 %).

За результатами проведених досліджень у віці 28-ми діб був зафіксований наступний приріст міцності кожної із випробовуваної добавки в порівнянні із звичайним бетоном:

- «Мобет 1» - (36,8 МПа, середнє збільшення міцності становить 0 %);
- сульфат алюмінію – (37,2 МПа, середнє збільшення міцності становить 1 %);
- сульфат натрію – (37,5 МПа, середнє збільшення міцності становить 2 %);
- сульфатносодова суміш – (40,1-40,5 МПа, середнє збільшення міцності становить 9-10 %);
- «Sika Rapid 1» - (41,2 МПа, середнє збільшення міцності становить 12 %).

Слід зауважити, що висоли (рис. 1.1,*a*) не проявлялися у зразках «Sika Rapid 1» та «Мобет 1».

Ще один автор [3], який досліджував кінематику захоплення і тверднення торкрет-бетону з добавкою без лужних прискорювачів твердіння. В своїй роботі він досліджував такі види добавок: Centrament Rapid 650, MEYCOSA 167 (BASF), Sigunitel-53 (Sika) та РеламиксТоркрет (поліпласт). Після змішування усіх компонентів їх помістили у спеціальні камери, де бетонні зразки зберігалися при

відносній вологості 100% та температурі 20 °С. Випробування бетонних зразків проводили у віці 6 год., 1 доби та 28-ми діб.

Результати досліджень показали, що у віці 6-ти годин міцність контрольного зразка становила 0,4 МПа, Centrament Rapid 650 – 0.7 МПа, MEYCOSA 167 (BASF) – 0.7 МПа, SiguniteL-53 (Sika) – 0,6 МПа та РеламиксТоркрет – 0,55 МПа. Провівши випробування у віці 6-ти діб, стало відомо, що міцність зразка без добавка зросла до 12,6 МПа, Centrament Rapid 650 – 17,0 МПа, MEYCOSA 167 (BASF) – 16,0 МПа, SiguniteL-53 (Sika) – 13,7 МПа та РеламиксТоркрет – 18,0 МПа. І завершені дослідження проводили випробування зразків у віці 28-ми діб: контрольний зразок досягнув 45,3 МПа, Centrament Rapid 650 – 49,0 МПа, MEYCOSA 167 (BASF) – 45,0 МПа, SiguniteL-53 (Sika) – 40,9 МПа та РеламиксТоркрет – 44,5 МПа. По отриманим результатам стало відомо, що термін початкового схоплення бетону зріс у декілька раз і найбільш ефективними добавка виявились Centrament Rapid 650 та SiguniteL-53, а найменш ефективними РеламиксТоркрет. Також міцнісні показники продемонстрували те, що в кінцевому результаті міцність бетону мало чим відрізняється від контрольного зразка. Також варто відмітити, що безлугові добавки прискорення твердіння торкрет-бетону на основі сульфатів і гідроксидів алюмінію при попаданні в робочу суміш через 20 хв після його приготування викликає різкий підйом температури, за рахунок чого пришвидшуються терміни схоплення цементного каменю. Автор дослідження зазначає, що для підвищення ефективності використання можна добавляти в суміш додатковий суперпластифікатор. Суперпластифікуюча добавка покращує процес виділення тепла з тіла бетону. При аналізі теплових виділень помітні взаємні впливи добавок-прискорювачів та пластифікуючих добавок і в результаті міцність їх зростає.

В роботі [5] автори досліджували добавки, що містять в собі по декілька хімічних речовин. В роботі було проведено понад 120 досліджень зразків, які вміщували в собі по декілька комбінацій таких хімічних добавок: карбонат калію з хімічною формулою K_2CO_3 , хлорид кальцію – $CaCl_2$, комбіновані пластифікатори

(С-3), неорганічна сполука (FeCl_3) та ще багато інших видів добавок. В якості зразків дослідження використовувалися кубики розмірами $3 \times 3 \times 3$ із цементного тіста. Добавки які вводилися в суміш становили 1.5% від загальної маси портландцементу. В процесі проведення досліджень було визначено 37 основних комбінацій добавок та їх поодинокого застосування. Зазначено, що комплексні добавки володіють кращою поліфункціональністю впливу, тобто одночасно впливають на властивості бетону. Карбонат калію у парі із комбінованим пластифікатором (С-3) дає суттєве скорочення терміну тужавіння бетону в середньому до 20 хв., що унеможливує його подальше застосування в практичній діяльності. Показані комбінації, в яких присутній хлорид кальцію, що в перші 24 год дає приріст у міцності в 1,5 рази більше ніж у звичайного зразка без добавок, але вміст його повинен становити не більше 1% у зв'язку з тим, що він викликає корозію арматури. В праці [6] зазначено, що негативний вплив хлориду кальцію нейтралізується за допомогою додаткового введення в склад суміші нітриту натрію. Більше того, в комбінації трикальцієвого силікату та нітриту натрію досягається такий самий ефект як і при тепловогосній обробці бетону, що і підтвердили проведенні дослідження. По результатам проведених досліджень визначили найбільш ефективну комбінацію добавок, яка дає приріст міцності в перші 24 години до 70%, через 48 год становить 74%. Після аналізу результатів було встановлено, що одиничні добавки в комбінації двох трьох елементів не завжди є доцільними, але і зустрічаються випадки, коли дія однієї добавки підсилюється дією іншої в позитивному напрямку, що в свою чергу пришвидшує твердіння цементу.

Відображено доцільність застосування гідратованих цементів у ролі мінеральних затравок в комбінації із карбонатом калію, що дає приріст у збільшенні міцності до 44% в порівнянні із звичайним цементом без добавок. В загальному поєднання мінеральних затравок в будь-якому вигляді з комплексними хімічними добавками підвищує міцність зразка в першу добу до 60-80%.

1.3 Узагальнення інформації

Проведений аналіз джерел інформації та отриманий досвід в результаті ознайомлення із проведеними випробуваннями авторів показав, що не всі добавки, які прискорюють твердіння бетону, позитивно впливають на кінцевий результат дослідження, а добавки які використовувалися в комплексі із суперпластифікаторами проявляли практично ідентичну фінальну міцність бетону в порівнянні із зразками бетону, до складу яких добавки не входили. При цьому необхідно враховувати той фактор, що добавки які спрямовані впливати лише на одну фізико-механічну властивість бетону не завжди впливають позитивно на інші його властивості, що в свою чергу понижає ефективність бетону. Наприклад використання, при приготування бетону, пластифікуючих добавок, які покращують рухливість бетону може призвести до зниження міцності бетону, що в свою чергу може призвести до катастрофічних наслідків. Але бувають і такі добавки які позитивно впливають на декілька властивостей. Прикладом такого може слугувати карбонат калію (поташ). Його часто використовують у випадках, коли необхідно понизити температуру замерзання води і на рівні цього він здатний суттєво прискорити утворення цементного каменю, але варто не забувати і про те, що він викликає корозію арматури. Тому використання хімічних добавок які спрямовані на покращення тільки однієї властивості не завжди є доцільним. При комбінуванні різних прискорювачів ми зможемо досягти кращого ефекту не зашкодивши процесу утворення цементного каменю.

Відомі результати досліджень не повністю змогли розкрити проблематику дослідження питання впливу прискорювачів твердіння бетону в нормальних умовах. А саме залежність зміни міцності бетонних кубиків на всьому етапі твердіння зразка до 28-ми діб і те, що відбувається із бетоном після тривалого часу. Не дослідженні сучасні прискорювачі твердіння, які найчастіше використовуються при зведенні залізобетонних конструкцій.

Для виявлення залежності на всьому періоді твердіння бетону до 60-ти діб та дослідити сучасні добавки для прискорення твердіння бетону слід вирішити такі задачі:

- проаналізувати попередні наукові дослідження за напрямком вивчення хімічних добавок, що впливають на процес тужавіння бетону;
- розробити методику експериментальних досліджень впливу хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону, на процес набору ним міцності в порівнянні із бетоном, що твердів за звичайних умов;
- провести експериментальні дослідження зразків на різних стадіях твердіння бетону 7, 14, 28, та 60 діб;
- проаналізувати отримані експериментальні дані та побудувати графіки залежності зміни міцності бетону від часу твердіння зразків.

1.4 Висновки розділу 1

1. Проаналізовані інформаційні джерела, що присвячені напрямку дослідження хімічних добавок прискорення твердіння бетону.

2. Визначені основні типи хімічних добавок, які використовуються у будівництві будівель і споруд із конструкцій на основі бетону.

3. Встановлено характер впливу прискорювачів твердіння на фізико-механічні властивості бетону.

4. Визначені основні переваги і недоліки деяких, що часто використовуються в якості хімічних добавок.

5. Проаналізовані результати роботи багатьох авторів, які займалися вивченням даного питання.

6. Встановлено, що комбіноване використання різних добавок набагато ефективніше впливає на структуру залізобетонних конструкцій.

7. В результаті опрацювання літературних джерел і враховуючи мету роботи, було сформульовано основні задачі для досліджень.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Вихідні дані для проведення експериментальних дослідів та програма досліджень

Провівши огляд літературних джерел та доступних проектних документацій, можна зробити висновок, що бетон класу С16/20 набув широкого використання за рахунок свого оптимального співвідношення ціни і міцності. Даний клас бетону зустрічається при проектуванні та виготовленні таких монолітних конструкцій як: сходи, балки, фундаменти, малонавантажені плити перекриття так покриття, стіни, підпірні стіни та паркани. Саме тому для проведення лабораторних досліджень по визначенню впливу хімічних добавок, що прискорюють твердіння, на міцність бетону було вибрано клас бетону С16/20 (М250). Також для проведення досліджень було вибрано дві добавки, які в подальшому згадуються, як Д-1 (рис. 2.1,а) та Д-2 (рис. 2.1,б), що набули широкого розповсюдження в будівництві.



а



б

Рисунок 2.1 – Добавки для прискорення твердіння

Прискорювач Д-1 – це комплексна хімічна добавка, що володіє водоредукуючими, пластифікуючими та протиморозними властивостями. Використовуються як прискорювач твердіння розчинів та бетонних сумішей при відємних температурах, щоб досягти заданої міцності та характеру супротиву морозному впливу. Основний температурний діапазон використання добавки Д-1 становить + 35... -15 °С. У літній період добавка використовується, як пластифікатор та прискорювач твердіння бетону і витрати його становлять 0,5 - 2 % від маси портландцементу. Агрегатний стан – непрозора рідина із світло-жовтуватим відтінком. Щільність добавки становить – 1,125±0,02 кг/л.

Прискорювач Д-2 – це домішка комплексного впливу, що володіє високоефективними властивостями прискорення тужавіння бетонної суміші та цементного розчину, який потребує досягнення високих ранніх міцнісних властивостей. Склад добавки як найкраще адаптований для використання його з вітчизняними в'язучими. Застосовується у випадках, коли необхідно зменшити час твердіння бетонної суміші, що зумовлене швидкими темпами будівництва споруд та будівель. В основному дія цієї добавки спрямована на пришвидшену активацію процесу гідратації портландцементу, що в свою чергу призводить до швидкого утворення цементних гелів. Також в процесі твердіння бетонної суміші утворюються подвійні солі гідрати, що в свою чергу позитивно впливають на водонепроникність бетону та на його морозостійкість, але для більш ефективного впливу рекомендується використовувати в парі із іншими пластифікуючими та протиморозними добавками. Дана добавка не викликає корозії арматури та запобігає появі усадочних тріщин. За рахунок якісної водоредукуючої дії загальна структура бетону схильна до часткового самоущільнення. Дозування добавки – 1 л на 100 кг цементу. Для проведення досліджень з визначенням класу міцності бетонів згідно [9], необхідно виготовити по 3 кубика для дослідження їх у віці 7, 14, 28, 60 діб, тобто загальна кількість зразків які необхідно дослідити становить:

$$n = N_{\text{куб}} \cdot N_c \cdot N_d = 3 \cdot 3 \cdot 4 = 36 \text{ шт.}$$

де $N_{\text{куб}} = 3$ – кількість кубиків для одного типу в одному дослідженні, $N_c = 3$ – кількість серій дослідження (без добавок, з добавкою Д-1, з добавкою Д-2), $N_d = 4$ – кількість дослідів, які необхідно провести напротязі всього терміну твердіння (7, 14, 28, 60 діб).

Для виконання поставлених задач та досягнення головної мети роботи було розроблено програму експериментальних дослідів (табл. 2.1), що передбачає дослідження бетонних кубиків з добавками та без них.

Таблиця 2.1 – Програма та обсяг експериментальних досліджень

Марка Зразка	Номер серії та вид зразка	Характеристика і розміри зразків (мм)	К-сть зразків	Предмет дослідження
1	2	3	4	5
К-1	Серія 1 С 16/20 без добавок	Бетонні куби 100×100×100	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50
К-2	Серія 2 С 16/20 з добавкою Д-1	Бетонні куби 100×100×100	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50
К-3	Серія 3 С 16/20 з добавкою Д-2	Бетонні куби 100×100×100	12	Визначення міцності бетону лабораторними дослідженнями на гідравлічному пресі П-50

Програма випробувань включає дослідження двох серій бетонних кубиків класу міцності С16/20 з добавками прискорення твердіння та одну серію досліджень без добавок. Всі серії були виготовленні з декількох замісів. Розмірами граней кубиків становлять 100×100×100 мм. Підготовка дослідних зразків до випробування проводилася згідно із журналом випробувань (табл. 2.2), де вказані всі терміни та порядок проведення досліджень. Всі серії досліджувалися за допомогою руйнівного методу на гідравлічному пресі в науково-випробувальній лабораторії ТНТУ.

Таблиця 2.2 – Журнал випробувань зразків

№ п/п	Перелік робіт	Дата	Місце проведення дослідів	Результати випробувань	Приміт.
1	2	3	4	5	6
1	Виготовлення усіх дослідних зразків бетону класу С16/20 з добавками Д-1, Д-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 Д-1, Д-2 та без добавки	07.12.2020	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ		
3	Дослідження другої серії (14 діб) зразків бетону з добавками Д-1, Д-2 та без добавки	14.12.2020	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ		
4	Дослідження третьої серії (28 діб) зразків бетону з добавками Д-1, Д-2 та без добавки	28.12.2020	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ		
5	Дослідження четвертої серії (60 діб) зразків бетону з добавками Д-1, Д-2 та без добавки	29.01.2021	Науково-випробувальна лабораторія ТНТУ		

2.2 Визначення складу бетону

Визначення основного складу бетонної суміші включає в себе математичний підхід для визначення кількості матеріалу на 1 м^3 бетону, завдяки тому досягається найбільш ефективно використання матеріалів та забезпечується необхідна фінальна міцність бетону в конструкції, його рухливість або жорсткість та будь-які інші властивості. Для проведення підбору складу бетону необхідно задатися основними вихідними даними. Щоб приготувати бетону класу С16/20 (М250) необхідно з таблиці 3.1 [4] визначити кінцеву міцність зразка $f_{cm}=20 \text{ МПа}$. У ролі міжкомпонентного зв'язуючого матеріалу застосовується клінкерний цемент для загальних будівельних робіт марки М500 (рис. 2.2,а) з активністю $R_c = 42,5 \text{ МПа}$, насипна густина в сухому стані $\rho_{нц} = 1300 \text{ кг/м}^3$ та дійсна густина (густина матеріалу без врахування повітря у порах матеріалу) становить $\rho_c = 3100 \text{ кг/м}^3$. Як дрібний заповнювач обрано пісок мілкий (рис. 2.2,б) із модулем крупності 1.52 Мк, насипна густина в сухому стані $\rho_{нп} = 1650 \text{ кг/м}^3$, дійсна густина рівна $\rho_p = 2600 \text{ кг/м}^3$. У ролі крупного заповнювача використовується гранітний щебінь (рис. 2.2,в) фракції 5-10 мм з такими наступними властивостями: насипна густина в сухому стані $\rho_{нщ} = 1380 \text{ кг/м}^3$, дійсна густина щебню $\rho_{щ} = 2700 \text{ кг/м}^3$. Згідно [7] визначається водоцементне співвідношення (В/Ц) в залежності від необхідної міцності бетону, активності цементу та якості основних заповнювачів. Для звичайних бетонів водоцементне співвідношення повинно становити $B/C \geq 0,4$.

$$B/C = \frac{A \cdot R_c}{f_{cm} \cdot 0,5 \cdot A \cdot R_c} = \frac{0,55 \cdot 42,5}{20 \cdot 0,5 \cdot 0,55 \cdot 42,5} = 0,73,$$

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



а

б

в

Рисунок 2.2 – Компоненти для бетону

В подальших розрахунках необхідно задатися рухливістю бетонної суміші 20...40 мм. Для отримання такої рухливості бетону в якості крупного заповнювача використовуємо гранітний щебінь із найбільшим його розміром 10 мм, тобто згідно з таблицею А.2, [7] визначаємо витрати води, які становлять $V = 200 \text{ л/м}^3$. Виходячи з цього витрати цементу будуть становити:

$$Ц = \frac{V}{V/Ц} = \frac{200}{0,73} = 274 \text{ кг/м}^3$$

Щоб визначити необхідну кількість крупного заповнювача для приготування 1 м^3 бетону спочатку потрібно визначити пустотність щебню, яка залежить від відношення насипної та дійсної густини матеріалу і визначається так:

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

Отже, знаючи пустотність щебню можна приступати до визначення необхідної його кількості на 1 м^3 бетону:

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

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

Витрати піску з модулем крупності 1.52 Мк в сухому стані для приготування бетонної суміші:

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

В результаті проведення всіх обрахунків отримуємо наступний лабораторний склад суміші:

Цемент.....	274 кг/м ³
Вода.....	200 кг/м ³
Пісок.....	670 кг/м ³
Щебінь.....	1205 кг/м ³
Всього.....	2349 кг/м ³

Подальший розрахунок з врахуванням вологості матеріалів проводити немає потреби, так як всі матеріали тривалий термін зберігалися в абсолютно сухих камерах для зберігання компонентів бетонних сумішей. Згідно класифікації [8] бетон С16/20 (М250) відноситься до важких бетонів, що і підтвердилось розрахунком по підбору складу бетону, де загальна маса бетону рівна 2349 кг/м³.

Для виготовлення 36-ти кубиків бетону з розмірами граней 100 мм потрібно вирахувати потрібну кількість бетону, що становить 36 л.

Кількість матеріалів які необхідно для виготовлення 36-ти л бетону:

$$\Pi_{36} = \frac{\Pi \cdot V_6}{1000} = \frac{274 \cdot 36}{1000} = 9,86 \approx 10 \text{ кг, або } 10 \div 1,3 = 7,70 \text{ л;}$$

$$V_{36} = \frac{B \cdot V_6}{1000} = \frac{200 \cdot 36}{1000} = 7,20 \text{ кг або } 7,2 \text{ л};$$

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

$$Ш_{36} = \frac{Ш \cdot V_6}{1000} = \frac{1205 \cdot 36}{1000} = 43,38 \approx 43,50 \text{ кг, або } 43,50 \div 1,38 = 31,50 \text{ л},$$

де $Ц_{36}, V_{36}, P_{36}, Ш_{36}$ – кількість матеріалів цементу, води, піску і щебню відповідно, V_6 – об'єм бетону необхідний об'єм бетону.

Усі матеріали, які попадають в бетонну суміш повинні дозуватися так:

- цемент дозується тільки по масі з точність $\pm 1\%$;
- заповнювачі дозуються по масі або по об'єму з точність $\pm 3\%$;
- вода дозується по масі або за об'ємом з похибкою точності $\pm 2\%$;
- хімічні добавки, що прискорюють твердіння і які знаходяться в рідкому агрегатному стані дозуються по масі або об'єму з похибкою $\pm 2\%$.

Виходячи з цього необхідно визначити коефіцієнт виходу бетону β , який виражається як відношення об'єму готової бетонної суміші V_6 до суми всі сухих компонентів $V_ц + V_п + V_ш$:

$$\beta = \frac{V_6}{V_ц + V_п + V_ш} = \frac{36}{7,70 + 15 + 31,50} = 0,67$$

Номинальний склад бетонної суміші по об'єму рівний:

$$\frac{Ц_{36}}{Ц_{36}} : \frac{П_{36}}{Ц_{36}} : \frac{Ш_{36}}{Ц_{36}} = \frac{7,70}{7,70} : \frac{15,00}{7,70} : \frac{31,50}{7,70} = 1 : 1,95 : 4,09$$

Номинальний склад бетонної суміші по **масі** рівний:

$$\frac{Ц_{36}}{Ц_{36}} : \frac{П_{36}}{Ц_{36}} : \frac{Ш_{36}}{Ц_{36}} = \frac{10}{10} : \frac{24,50}{10} : \frac{43,50}{10} = 1 : 2,45 : 4,35$$

Згідно рекомендацій виробників хімічних добавок необхідний вміст їх у бетонні суміші визначається на кількість цементу. Отже, для цього необхідно загальну кількість цементу, що потрібна для приготування 36-ти літрів бетону, розділити на кількість партій. Всього загалом буде три партії кубиків (бетон без добавки, з добавкою Д-1, з добавкою Д-2). Виробник добавки Д-1 рекомендує у літній період, коли навколишня температура становить більше 18 °С, добавляти у бетонну суміш 0,5 – 2% від загальної маси цементу, тому для кращого ефекту приймемо 2 % від маси цементу, що становитиме 60 грам добавки. Наступний виробник добавки Д-2 рекомендує при будь-яких температурах навколишнього середовища використовувати 1 л на 100 кг цементу, тобто на 3,33 кг цементу необхідно 40 грам хімічної добавки Д-2.

2.3 Виготовлення бетонних кубиків

Користуючись обчисленим складом бетонної суміші по масі (1 : 2,45 : 4,35), необхідно зробити три заміси по 12 л бетонної суміші. Для приготування бетону використовується бетонозмішувач гравітаційного типу (рис. 2.3,*а*). Згідно із паспортом на бетонозмішувач БРС 130 (рис. 2.3,*б*) робочий об'єм баку для загрузки становить 130 л., максимальний об'єм суміші який він може приготувати за один заміс становить 110 л., потужність електродвигуна становить 750 Вт. Щоб надати зразкам форми бетонних кубиків застосовується опалубка (рис. 2.4,*а*) із OSB плити з пофарбуванням її з всіх сторін олійною фарбою для запобігання набрякання її в процесі твердіння бетонних зразків.



а



б

Рисунок 2.3 – Бетонозмішувач БРС 130

Перед тим як залити в опалубку бетон, її необхідно ретельно промастити машинним маслом (рис. 2.4 б) для того, щоб полегшити процес зняття опалубки та для збереження цілісного вигляду граней кубиків і в подальшому для повторного використання її як опалубки. Перед заливкою бетону необхідно перевірити всі внутрішні розміри форм (рис. 2.4 в, г).



а



б



в



г

Рисунок 2.4 – Форми для бетонування

Для виготовлення зразків у бетонозмішувач компоненти добавляються в такій послідовності: на початку в робочий об'єм бетонозмішувача добавляється 15-20 % води (рис. 2.5 а), необхідної для приготування бетонної суміші, далі (при необхідності) добавляється необхідна кількість хімічної добавки прискорення тужавіння Д-1 або Д-2 (рис. 2.5 б, в), наступними добавляються сухі компоненти – цемент, пісок та гранітний щебінь (рис. 2.5 г, д, е) з поступовим додаванням в робочу суміш води. Суміш перемішують до повного огортання м'якого та крупного заповнювача, що контролюється візуально або згідно з [8] для повного перемішування після додавання всіх компонентів необхідно 45-120 с (рис. 2.5 є). Отримавши повністю перемішану бетонну суміш, можна приступати до заповнення опалубки бетоном (рис. 2.5 ж, і). Для покращення однорідності бетону його необхідно ущільнити за допомогою вібростола, але у зв'язку з тим, що об'єм кубиків дуже малий виникає загроза осіданню крупного заповнювача, тому ефективніше буде скористатися методом проштикування бетону арматурним стержнем (рис. 2.5 з, и). Для того, щоб в подальшому при розбиранні опалубки можна було ідентифікувати бетонний кубик за його складом, то на бокових поверхнях опалубки прописано скорочене маркування (рис. 2.4 а): К-1 відповідає бетонному кубу, до складу якого не входять прискорювачі, К-2 відповідає бетонному кубу, до складу якого входить добавка Д-1, К-3 відповідає бетонному кубу, до складу якого входить добавка Д-2. Заповнивши опалубку, необхідно забезпечити нормальні умови твердіння зразків (рис. 2.5 і). Перш за все його необхідно вберегти від попадання будь-яких сторонніх предметів на самих ранніх стадіях твердіння, для забезпечення нормального процесу гідратації цементу необхідно форми вкрити поліетиленовими плівками для запобігання швидкому процесу виділення води тому, що під час твердіння цементного каменю відбуваються активна взаємодія молекул води з цементом в результаті чого виділяється значна кількість тепла, що призводить до швидкого випаровування води [10]. Нестача води на етапі твердіння може призвести до появи усадочних тріщин. Також окрім укривання бетону поліетиленовими плівками необхідно зволожувати водою на протязі 5-ти днів.

*a**б**в**г**д**е**є**ж**з**и**і**ї*

Рисунок 2.5 – Процес виготовлення бетонних кубиків (пояснення в тексті)

Після проходження 5-ти діб необхідно зняти опалубку та зачистити поверхні зразків. Для збереження ідентифікації кубиків - маркування, що знаходилось на бокових поверхнях опалубки, переноситься на верхню грань кубика для того, щоб в подальшому можна було правильно розташувати шари бетону до напрямку дії зусилля від гідравлічного пресу. Готові кубики зображенні на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Готові бетонні кубики

2.4 Методика досліджень бетонних кубів руйнівним методом за допомогою гідравлічного преса П-50

Для проведення досліджень руйнівним методом на базі науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ТНТУ використовується гідравлічний прес П-50 (рис. 2.7), який призначений для випробування будівельних матеріалів (бетонні вироби, цементні розчини, природні і штучні будівельні матеріали) на стискаючі зусилля. Максимальне

зусилля, яке може прикласти гідравлічний прес рівне 50 тс, висота робочого простору – 400 мм, розміри опорної плити – 210×210 мм, розмір граней бетонних

кубиків, які дозволяє випробовувати прес - $100 \times 100 \times 100$, допустима похибка при максимальному навантаженні становить – 10 %, ціна однієї поділки – 100 кг.



Рисунок 2.7 – Гідравлічний прес

Принцип роботи гідравлічного пресу заснований на нагнітанні насосом масла в робочий циліндр. Зусилля вимірюється за допомогою силомірного циліндра який за допомогою торсіонну передає зусилля, яке діє на прес і відображає його на шкалі виміру. Прес складається із зовнішнього навантажувального пристрою та пульта керування. Пульт керування складається з насосного пристрою, системи керування подачі масла та вимірювального пристрою, які служать для керування процесом навантаження зразка та контролю за цим навантаженням. Пристрій навантаження для руйнування та деформацій зразка, що досліджується і складається із основи, траверси, двох направляючих колон, плит на яких розташовуються зразки та робочого циліндра. На даному гідравлічному пресі досліджуються по три бетонних кубика з кожної серії випробувань, згідно із вимог [9].

Перед випробуванням на гідравлічному пресі необхідно провести контрольні заміри граней кубиків для уточнення їх міцності (рис. 2.8). Також потрібно провести візуальний огляд на наявність відколювання глибиною більше

ніж 1 см, раковин діаметром понад 1 см та глибиною більше ніж 0,5 см, ознаки відшарувань та сліди недоуцільнення бетону, наявність мастил на поверхні кубика, сторонні включення, якщо виявився котрийсь із перелічених дефектів, то зразок відбраковується і не допускається до випробувань, а міцність серії визначається за рештою кубиків, якщо їх кількість становить не менше двох в серії. Результати по контрольних замірах зразків заносяться в журнал випробувань бетонних кубиків.



К-1 – кубик без добавок; К-2 – кубик з добавкою Д-1; К-3 – кубик з добавкою Д-2.

Рисунок 2.8 Контрольний огляд зразків

Після огляду та контрольних замірів виготовленні кубики потрібно встановити максимально точно по центру нижньої плити гідравлічного пресу за допомогою діагоналей (рис. 2.9), що відображенні на ній. Зразки розташовують так, щоб шари укладки бетону були перпендикулярні своєю площиною до опорних площадок гідравлічного пресу. Це пов'язано з тим, що зазвичай міцність бетону



К-1 – кубик без добавок; К-2 – кубик з добавкою Д-1; К-3 – кубик з добавкою Д-2.

Рисунок 2.9 Розташування зразків на плиті гідравлічного пресу

в кубиках внизу більша ніж у верхніх шарах і для забезпечення рівномірного опору прикладеного навантаження їх розташовують бічною поверхнею вниз. Ще однією причиною такого розташування можуть бути його нерівності які утворилися після заглажування бетону. Розташували куб на нижній плиті, потрібно зафіксувати його верхньою плитою, яка опускається за допомогою гвинта, який необхідно обертати за годинниковою стрілкою до максимального упору (рис. 2.10 а). Увімкнувши прес, зразок поступово навантажується із постійною швидкістю 600 кг/сек. Максимальне зусилля якого досягнуло навантаження приймається за руйнівне і фіксується в журналі випробувань. Після руйнування кожного зразка (рис. 2.10 б) опорні плити потрібно очищати від залишків бетону.

Зразок після випробування повторно піддається візуальному огляду на наявність внутрішніх дефектів, таких як: характер руйнування зразка (рис. 2.10 в), наявність внутрішніх порожнин об'ємом більше ніж 1 см^3 , наявність сторонніх включень та крупного заповнювача, розмір якого перевищує номінальний у 1,5 рази, шаруватість бетону. Якщо з переліченого списку спостерігається хоча б один дефект, то його необхідно відбракувати.



а



б



в

Рисунок 2.10 – Фіксація та характер руйнування зразків

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розроблено методику дослідження кубиків із важкого бетону, до складу яких входили хімічні добавки, що прискорюють твердіння бетону.
2. Визначено необхідний склад бетонної суміші, що є найбільш ефективним способом точного досягнення кінцевої міцності бетону.
3. Виконано експериментальні дослідження зразків бетону у віці 7, 14, 28, 60 діб та визначено міцність усіх кубиків і швидкість набору міцності.
4. Проаналізувавши характери руйнування експериментальних зразків, встановлено типовий їх перебіг, що характерний для бетонних зразків згідно теорії бетонних та залізобетонних конструкцій [11].
5. Досліди проведені згідно відповідних правил техніки безпеки в науково-випробувальній лабораторії, що писані в четвертому розділі.

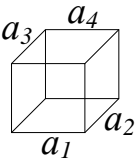
РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

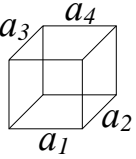
3.1 Обробка результатів журналу випробувань

Випробуванням на гідравлічному пресі П-50 піддавалися зразки з важкого бетону із хімічними добавками прискорення твердіння Д-1 та Д-2. Для порівняння і проведення статистичної обробки також було виготовлено партію зразків без хімічних добавок. Згідно технічних рекомендацій гідравлічного пресу П-50 було встановлено, що оптимальні розміри граней бетонних кубиків становлять 100x100x100 мм. Перед проведення дослідів поверхні граней кубиків зачищалися, замірювалися для встановлення фактичних розмірів граней кубика і фіксувалися в журналі випробувань (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Фактичні розміри граней зразків.

Ескіз кубика	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	серд.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Дослідження у віці 7 діб							
	К-1	9.90	9.80	10.00	10.20	97.02	102.00	99.51
		9.80	10.00	10.10	10.00	98.00	101.00	99.50
		10.10	10.00	9.90	9.90	101.00	98.01	99.51
	К-2	9.80	10.10	10.20	10.10	98.98	103.02	101.00
		10.00	10.00	10.10	10.00	100.00	101.00	100.50
		9.70	9.90	9.80	9.80	96.03	96.04	96.04
	К-3	9.90	9.80	9.70	9.90	97.02	96.03	96.53
		10.20	10.10	10.10	10.30	103.02	104.03	103.53
		10.00	9.90	9.90	9.90	99.00	98.01	98.51

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Дослідження у віці 14 діб							
	К-1	9.80	9.80	9.70	9.90	96.04	96.03	96.04
		9.90	9.90	10.00	9.70	98.01	97.00	97.51
		10.00	10.00	10.10	10.00	100.00	101.00	100.50
	К-2	10.20	9.80	9.70	9.80	99.96	95.06	97.51
		9.80	9.80	9.60	9.90	96.04	95.04	95.54
		9.90	9.80	9.80	9.90	97.02	97.02	97.02
	К-3	10.10	10.10	10.10	10.00	102.01	101.00	101.51
		10.00	10.20	10.30	10.20	102.00	105.06	103.53
		9.90	9.90	9.80	9.90	98.01	97.02	97.52
	Дослідження у віці 28 діб							
	К-1	9.90	9.70	9.60	9.70	96.03	93.12	94.58
		9.90	9.90	9.70	9.80	98.01	95.06	96.54
		9.90	10.00	10.10	9.90	99.00	99.99	99.50
	К-2	10.00	10.00	10.00	9.80	100.00	98.00	99.00
		9.90	9.80	9.90	9.80	97.02	97.02	97.02
		9.80	9.90	9.90	9.90	97.02	98.01	97.52
	К-3	10.10	10.00	10.10	10.00	101.00	101.00	101.00
		9.60	9.70	9.60	9.80	93.12	94.08	93.60
		9.60	9.80	10.00	9.80	94.08	98.00	96.04
	Дослідження у віці 60 діб							
	К-1	9.90	9.90	10.10	10.00	98.01	101.00	99.51
		9.60	9.80	9.80	9.90	94.08	97.02	95.55
		9.80	9.90	10.00	10.00	97.02	100.00	98.51
	К-2	10.20	10.20	10.00	10.10	104.04	101.00	102.52
		10.10	10.10	9.90	9.80	102.01	97.02	99.52
		9.60	9.70	10.00	10.10	93.12	101.00	97.06
К-3	9.80	9.90	9.70	9.90	97.02	96.03	96.53	
	10.20	10.00	10.10	10.10	102.00	102.01	102.01	
	10.20	10.00	9.90	10.00	102.00	99.00	100.50	

3.2 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-1

Зафіксувавши фактичні розміри граней, було досліджено три серії кубиків (К-1, К-2, К-3) по три зразка. Досліди проводились у віці 7, 14, 28, 60 діб від моменту формування зразків. Опрацьовані результати проведених досліджень відображенні в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати випробування бетонних кубиків К-1 на пресі П-50.

Марка кубика	Площа, см ²	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
1	2	3	4	5
Дослідження у віці 7 діб				
КБ-1	99.51	181	18.19	18.76
	99.50	194	19.50	
	99.51	185	18.59	
Дослідження у віці 14 діб				
КБ-1	96.04	213	22.18	24.21
	97.51	229	23.49	
	100.50	271	26.97	
Дослідження у віці 28 діб				
КБ-1	94.58	267	28.23	29.29
	96.54	272	28.18	
	99.50	313	31.46	
Дослідження у віці 60 діб				
КБ-1	99.51	294	29.55	29.87
	95.55	278	29.09	
	98.51	305	30.96	

За отриманими результатами обмірів (табл. 3.1) та опрацьованими результатами випробувань (табл. 3.2) необхідно провести статистичну обробку

результатів у віці 28-ми діб і визначити, згідно [9], фактичний клас міцності бетону для підтвердження достовірності результатів лабораторних досліджень.

Для проведення статистичної обробки необхідно визначити розмах одиничних показників міцності бетонних зразків у партії із трьох кубиків, що являє собою різницю між максимальним f_{max} і мінімальним f_{min} значеннями міцності кубиків:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 31,46 - 28,18 = 3,28.$$

Так як кількість зразків в одні партії знаходиться в межах від двох до шести зразків, то значення середнього квадратичного відхилення S_m буде обчислюватися за наступною формулою:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{3,28}{1,69} = 1,94,$$

де α – коефіцієнт, що враховує кількість зразків які піддаються дослідженню і приймається для трьох кубиків рівним 1,69 [12, табл. 1].

Коефіцієнт варіації обчислюється за наступною формулою:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{1,94}{29,29} = 0,066,$$

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

Визначати гарантований клас міцності бетонних кубиків із забезпеченням коефіцієнта надійності $g = 0,95$ необхідно з врахування розмірів кубика. Для того, щоб обчислити міцність кубика із розмірами $100 \times 100 \times 100$ мм відповідно до [9]

необхідно помножити на перевідний коефіцієнт значення міцності кубика і тоді формула набуде наступного вигляду:

$$f_{ck,cube} = f_m (1 - 1,64 \times V) \times \beta = 29,29 \times (1 - 1,64 \times 0,066) \times 0,95$$

$$= 24.80 \text{ МПа,}$$

де β – масштабний коефіцієнт для кубика, який рівний 0,95 [9, табл. 5] для кубиків із розмірами граней 100×100×100 мм.

Порівнюючи із таблицею характеристик міцності бетону [13, табл. 3.1], було встановлено, що зразки бетону марки К-1 були виготовленні із деяким завищенням результатів міцності, що пов'язані із похибками виготовлення компонентів бетону, але дане відхилення не впливає на мету та поставленні задачі дослідження вивчення впливу хімічних добавок на міцність бетону, так як партії виготовлялися із суворим дотриманням кількості компонентів. Дотримуючись рекомендацій [9], зразок К-1 відповідає необхідному класу бетону С16/20.

За даними табл. 3.2 побудовано графік залежності зміни міцності бетонних зразків К-1 без хімічних добавок від часу (рис. 3.1). З даного графіка видно, що міцність бетону в перші 7 діб дуже стрімко збільшується, а після 28-ми діб міцність бетону продовжує підвищуватися, але не так стрімко як попередньо. Такий перебіг збільшення міцності в експериментальних зразках відповідає класичній теорії набору міцності бетоном.

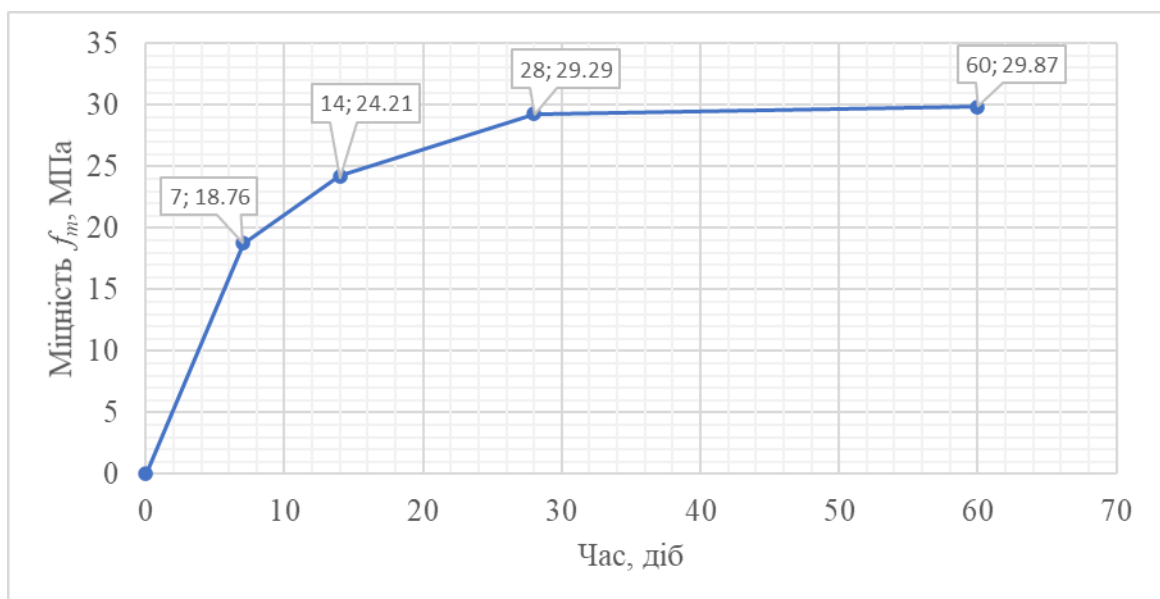


Рисунок 3.1 – Графік зміни міцності бетонного зразка К-1 без хімічних добавок

3.3 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-2

За отриманими результатами дослідження бетонних кубиків марки К-2, що містять у своєму складі хімічну добавку Д-1, було виконано аналіз отриманих результатів, які внесено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати випробування бетонних кубиків К-2 на пресі П-50.

Марка кубика	Площа, см ²	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
1	2	3	4	5
Дослідження у віці 7 діб				
К-2	101.00	187	18.51	17.57
	100.50	171	17.01	
	96.04	165	17.18	
Дослідження у віці 14 діб				
К-2	97.51	199	20.41	20.84
	95.54	222	23.24	
	97.02	183	18.86	
Дослідження у віці 28 діб				
К-2	99.00	235	23.74	23.54
	97.02	241	24.84	
	97.52	215	22.05	
Дослідження у віці 60 діб				
К-2	102.52	232	22.63	23.72
	99.52	236	23.72	
	97.06	241	24.83	

За опрацьованими результатами випробувань (табл. 3.3) необхідно провести статистичну обробку для бетонних кубиків у віці 28-ми діб і визначення фактичний клас міцності бетону.

Розмах одиничних показників міцності бетонних зразків у партії із трьох кубиків:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 24,84 - 22,05 = 2,79.$$

Значення середнього квадратичного відхилення S_m становить:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{2,79}{1,69} = 1,65,$$

Коефіцієнт варіації обчислюється за наступною формулою:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{1,65}{23,54} = 0,07,$$

Визначення гарантованого класу міцності із врахуванням коефіцієнта надійності $g = 0,95$ та масштабного коефіцієнта $\beta = 0,95$:

$$f_{ck,cube} = f_m (1 - 1,64 \times V) \times \beta = 23,54 \times (1 - 1,64 \times 0,07) \times 0,95 = 19,80 \text{ МПа}$$

За даними табл. 3.3 побудовано графік залежності зміни міцності бетонних зразків К-2 з хімічною добавкою Д-1 від часу (рис. 3.2). Порівнюючи із таблицею характеристик міцності бетону [13, табл. 3.1], за результатом проведеного статистичного аналізу було встановлено, що зразки бетону марки К-2 не відповідають проектному класу міцності бетону С16/20. Аналізуючи графік (рис. 3.2), помітно, що характер набору міцності зразка такий самий як на попередньому графіку (рис. 3.1) і міцність після 28-ми діб набирається з тією ж інтенсивністю. Гарантований клас міцності відповідає класу С12/15.

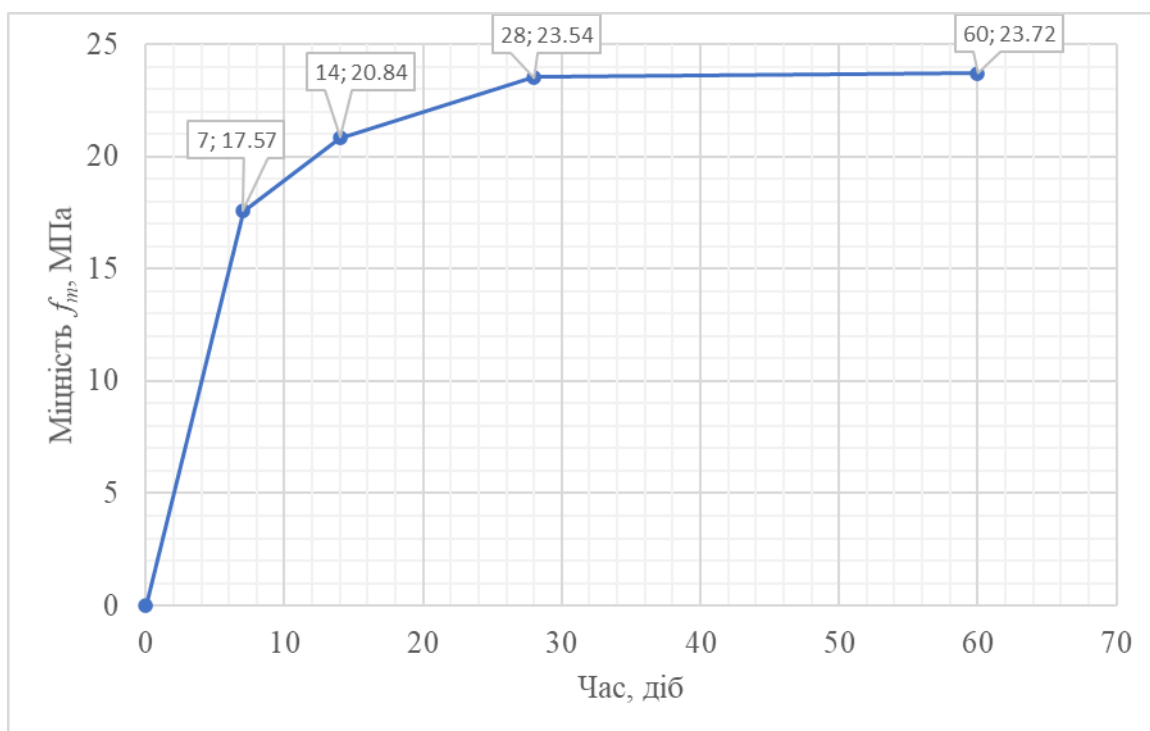


Рисунок 3.2 – Графік зміни міцності зразка К-2 з хімічною добавкою Д-1

3.4 Статистична обробка результатів для бетонних кубиків К-3

Результатам випробувань кубиків К-3 занесено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати випробування бетонних кубиків К-3 на пресі П-50.

Марка кубика	Площа, см ²	Руйнівне зусилля, кН	Міцність f , МПа	Середня міцність f_m , МПа
1	2	3	4	5
Дослідження у віці 7 діб				
К-3	96.53	181	18.75	18.68
	103.53	199	19.22	
	98.51	178	18.07	
Дослідження у віці 14 діб				
К-3	101.51	234	23.05	22.75
	103.53	243	23.47	
	97.52	212	21.74	

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Дослідження у віці 28 діб				
К-3	101.00	259	25.64	28.13
	93.60	271	28.95	
	96.04	286	29.78	
Дослідження у віці 60 діб				
К-3	96.53	285	29.53	28.25
	102.01	265	25.98	
	100.50	294	29.25	

За опрацьованими результатами випробувань (табл. 3.4) необхідно провести статистичну обробку для бетонних кубиків з хімічною добавкою Д-2 у віці 28-ми діб і визначити фактичний клас міцності бетону для порівняння результатів із попередніми дослідями та проаналізувати вплив хімічної добавки Д-2 на фактичну міцність зразка. Розмах одиничних показників міцності бетонних зразків у партії із трьох кубиків:

$$W_n = f_{max} - f_{min} = 29,78 - 25,64 = 4,14.$$

Значення середнього квадратичного відхилення S_m становить:

$$S_m = \frac{W_n}{\alpha} = \frac{4,14}{1,69} = 2,45,$$

Коефіцієнт варіації обчислюється за наступною формулою:

$$V = \frac{S_m}{f_m} = \frac{2,45}{28,13} = 0,087,$$

Визначення гарантованого класу міцності із врахуванням коефіцієнта надійності $g = 0,95$ та масштабного коефіцієнта $\beta = 0,95$:

$$f_{ck,cube} = f_m(1 - 1,64 \times V) \times \beta = 28,13 \times (1 - 1,64 \times 0,087) \times 0,95 = 22,91 \text{ МПа,}$$

За даними табл. 3.4 побудовано графік залежності зміни міцності бетонних зразків К-3 з хімічною добавкою Д-2 від часу (рис. 3.3) на якому відображенні результати середньої міцності бетонних кубиків у віці 7, 14, 28, 60 діб.

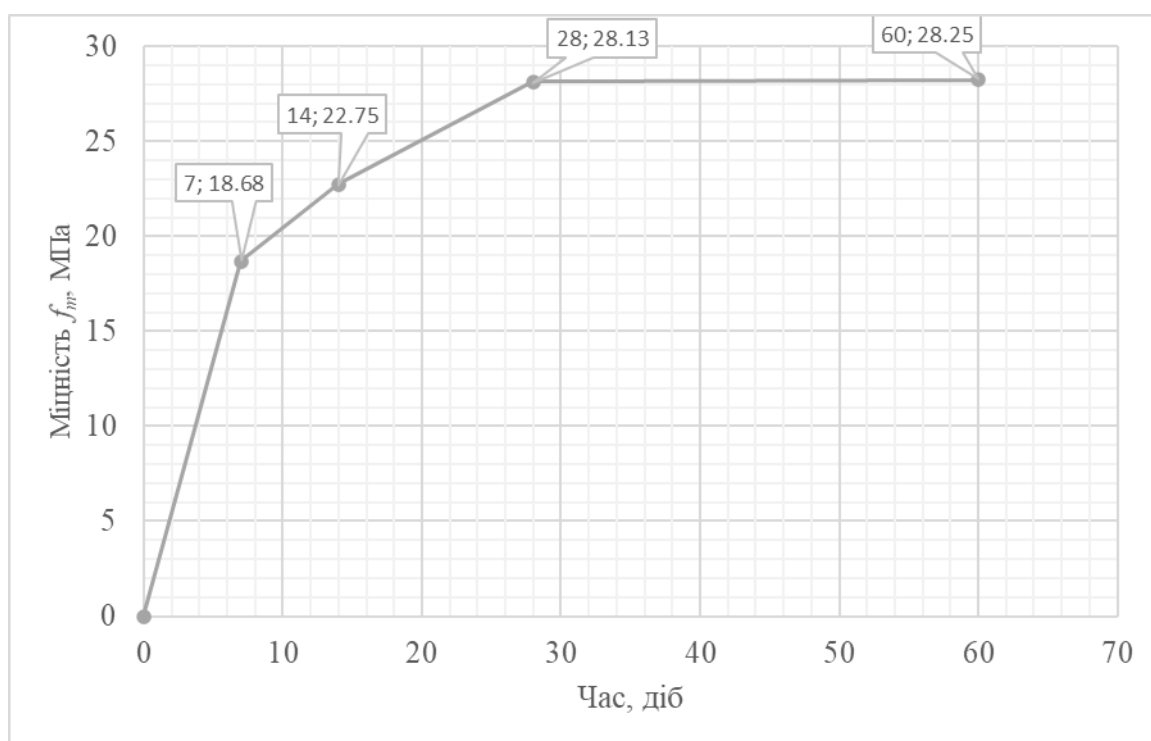


Рисунок 3.3 – Графік зміни міцності зразка К-3 з хімічною добавкою Д-2

Порівнюючи із таблицею характеристик міцності бетону [13, табл. 3.1] результат проведеного статистичного аналізу, було встановлено, що зразки бетонних кубиків марки К-3 відповідають проектному класу міцності бетону С16/20. Аналізуючи графік (рис. 3.3), помітно, що характер набору міцності зразка такий самий як на попередньому графіку (рис. 3.1) і міцність після 28-ми діб набирається з тією ж інтенсивністю.

3.5 Результати проведених досліджень хімічних добавок, що прискорюють твердіння бетону

Згідно програми проведення дослідів було досліджено 24 зразка важкого бетону із включеннями у свій хімічний склад добавок, що прискорюють твердіння бетону та 12 зразків, що досліджувалися в канонічних пропорціях притаманних для класу бетону С16/20 без хімічних добавок. Випробування проводились за допомогою гідравлічного пресу П-50. Досліди проводились на протязі 7, 14, 28, 60 діб по 3 зразка із кожної партії в результаті чого було отримано масив даних для статистичної обробки. Після проведення обробки результатів було отримано середню міцність бетонних кубиків на кожному проміжку часу (табл. 3.2, 3.3, 3.4). За даними результатами були побудовані графіки (рис. 3.1, 3.2, 3.3) для відстежування характеру набору міцності бетону на різних стадіях твердіння. Для подальшого аналізу отриманих результатів в підрозділі 3.4 необхідно звести всі результати в таблицю 3.5. По даних таблиці 3.5 побудуємо графік (рис. 3.4) залежності зміни міцності від часу твердіння бетонної суміші.

Таблиця 3.5 – Результати випробування бетонних кубиків на пресі П-50 після статистичної обробки даних

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
1	2	3	4	5	6	7
К-1	С16/20	С16/20	18,76	24,21	29,29	29,87
К-2	С16/20	С12/15	17,57	20,84	23,54	23,72
К-3	С16/20	С16/20	18,68	22,75	28,13	28,25

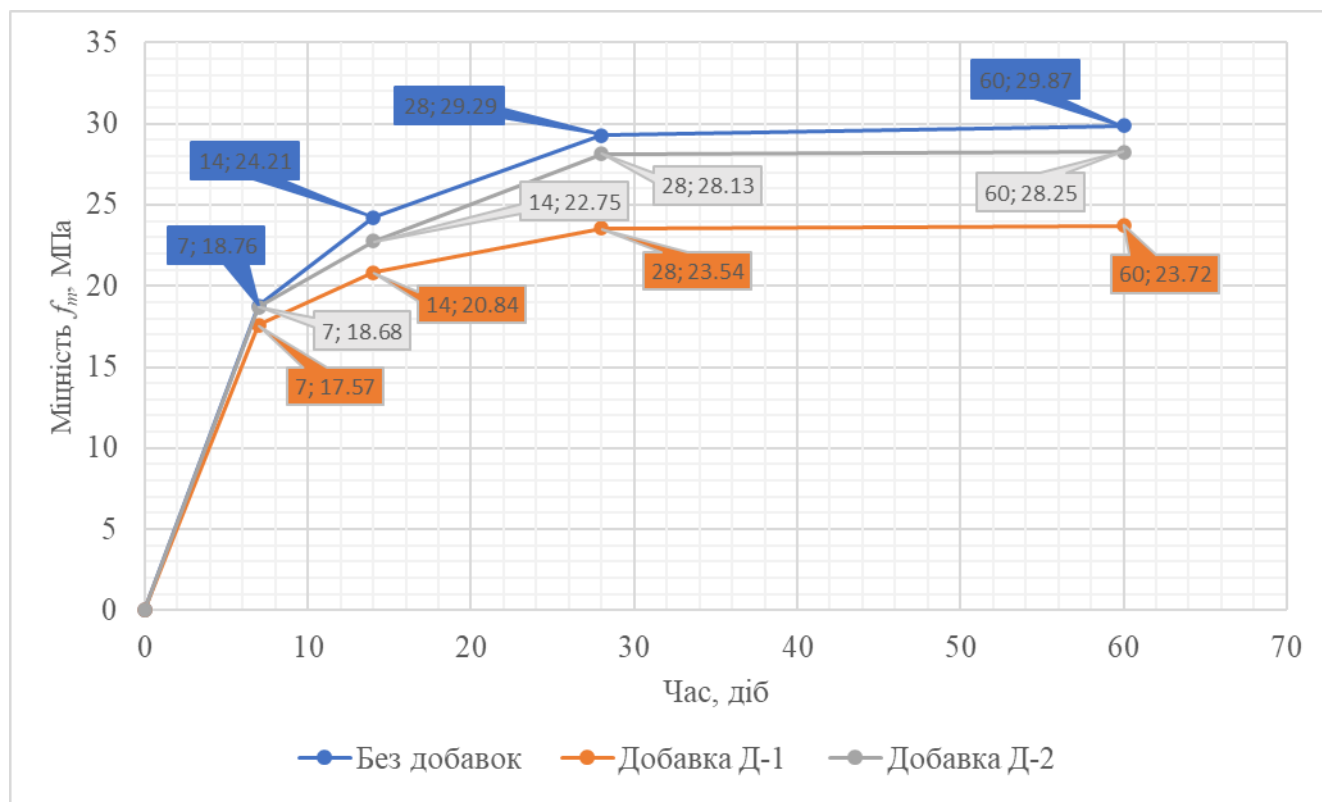


Рисунок 3.4 – Зведений графік зміни міцності зразків в залежності від часу

З [11] відомо, що проектний клас міцності визначається у віці 28-м дів твердіння бетону у нормальному температурно-вологісному режимі зберігання зразка і приймається за основу в розрахунках бетонних і залізобетонних конструкціях. Згідно графіку (рис. 3.1) можна помітити, що наростання міцності бетону не припиняється після 28-ми дів, а продовжує зростати у дуже повільному темпі. Виходячи із аналізу графіку, якщо подальший набір міцності буде зберігати лінійний характер, то приріст міцності бетону на протязі чотирьох-п'яти років може досягти значень, набраних у віці перших 28-ми дів.

На рисунку 3.4 можна спостерігати характерну для важких бетонів тенденцію набору міцності, яка являє собою криву на якій спостерігається різкий набір міцності у перші 14 дів. Також після 14-ти дів можна помітити, що характер кривої змінюється на прямолінійний і набирає більш плавний і повільніший ріст міцності. Проаналізувавши отримані в процесі дослідження та опрацьовані результати, провели порівняння їх між собою (рис. 3.5).

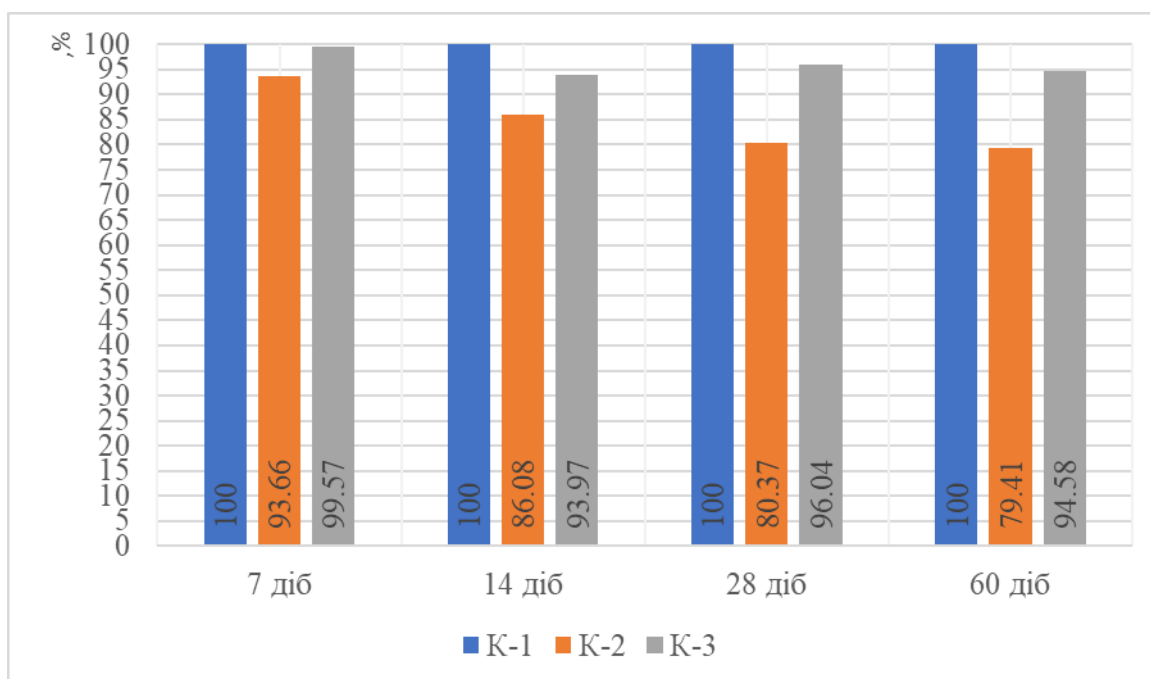


Рисунок 3.5 – Графік різниці набору міцності

Для побудови графіку (рис.3.5) міцність кубика К-1 на кожному етапі дослідження прийнято за 100 %. Це зумовлено тим, що у всіх дослідах його міцність була більшою, даний зразок виготовлявся без хімічних добавок прискорення твердіння і тому порівняння будуть проводитися відносно бетонного кубика К-1. Щоб порівняти результати візьмемо міцність кубика у віці 28-ми днів помітимо, що бетонні кубики К-2 із добавкою Д-1 набрали 80,37 %, де різниця складає 19,63 % в порівнянні із кубиками К-1. Кубики К-3 набрали 96,04 %, де різниця із кубиками К-1 складає 3,96 %.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Проаналізувавши результати проведених досліджень, можна зробити висновки, що обидві хімічні добавки прискорення твердіння не досягли очікуваного результату міцності у віці 28 днів. Бетонний зразок К-2 досягнув міцності на 19,63 % менше міцності зразка К-1, а бетонний кубик К-3 на 3,96 % менше кубика К-1.

2. Процес набору міцності бетонів з хімічними добавками у віці більше 28-ми діб дещо погіршується. Помітно, що приріст міцності для бетонних кубиків К-1 у віці від 28 до 60 діб становить 0,58 МПа, для кубиків К-2 приріст становить 0,12 МПа, а для кубиків К-3 приріст міцності становить 0,18 МПа.
3. Прирівнявши міцність зразка К-1 до 100 %, можна помітити, що у віці 7 діб міцність зразків К-2 та К-3 менша на 6,34 та 0,43%, у віці 14 діб міцність зразків була меншою на 13,92 та 6,03 % відповідно, у віці 28-ми діб – 19,63 та 3,96 % та у віці 60-ти діб міцність зразків була меншою на 20,59 та 5,42 % відповідно.
4. Очікуваний характер набору міцності бетону із прискорювачами твердіння показаний на рисунку 3.6, де чітко помітно, що міцність бетону у початковий період твердіння значно вища ніж у бетону без хімічних добавок.

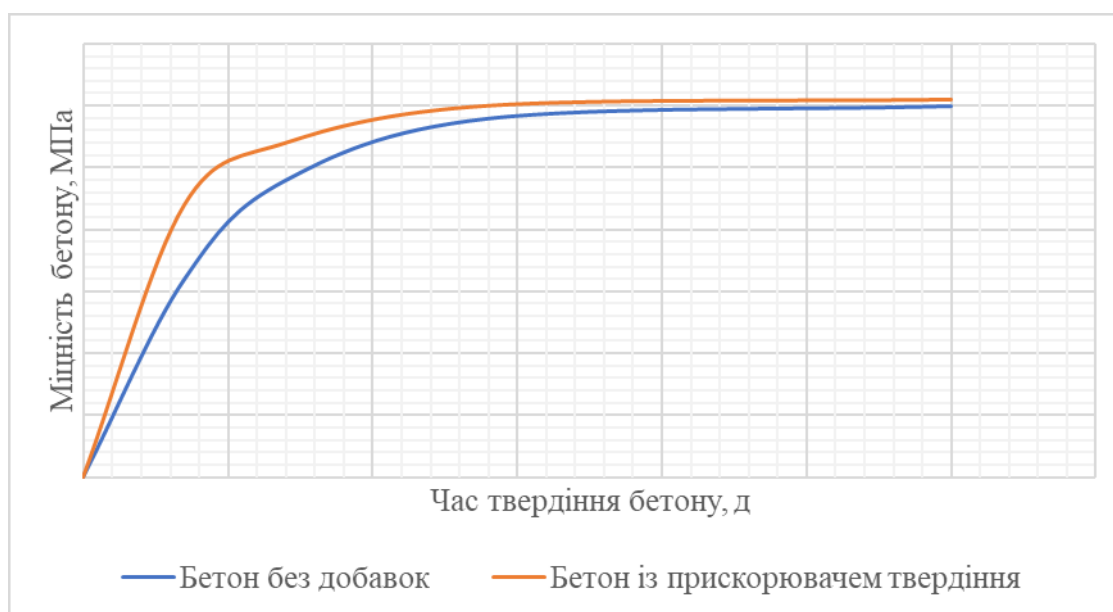


Рисунок 3.6 – Графік набору міцності для прискорювачів твердіння

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Безпека праці в Україні. Основні законодавчі та нормативно правові акти 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 вище сказані 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 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 проводив 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 загромождувати 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.

4.1.3 Електробезпека 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 Вплив цементу і цементного пилу на організм людини

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.

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 – пневмоконіозу.

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.

Проаналізувавши все вище сказане, однозначно, існує шкода цементу і цементного пилу на здоров'я людини. Щоб зменшити негативний вплив цементного пилу на організм людини, потрібно дотримуватися таких основних заходів з техніки безпеки:

- рекомендується працювати в спеціальному захисному одязі, рукавицях, окулярах та респіраторях;
- виробничі цехи мають бути обладнані пиловловлюючими пристроями, потужною вентиляцією, а також має проводитись щоденне вологе прибирання;
- працівники цементного виробництва повинні проходити регулярне медичне обстеження;
- рекомендовано в домашніх умовах проводити тепло-вологі інгаляції розчину солі, соди і масляні інгаляції;
- щоб зменшити шкідливий вплив на шкіру, очі та горло, після роботи необхідно приймати теплий душ з милом, промивати очі та ополіскувати горло.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час

Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства, зокрема підприємств будівельної галузі, у воєнний час – одна із основних задач цивільної оборони України. Могутність країни базується на стійкій економіці. В сучасних

умовах, коли науково-технічний прогрес у всіх сферах виробництва досяг небачених масштабів і привів до створення зброї масового ураження, в разі розгортання великомасштабної війни основні промислові центри і райони будуть головною ціллю для знищення зі сторони противника. Адже виведення економіки з ладу може призвести до того, що країна не зможе стояти на оборонні своїх кордонів та підтримувати життєдіяльність населення. На сьогодні, через бойові дії на сході України (Війни на Донбасі), проблема підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі стоїть як ніколи гостро.

Будівельне підприємство - це підприємство, яке діє в сфері будівництва і здійснює наукові, експериментальні, вишукувальні та проектні роботи, видобуток сировинних ресурсів і їх переробку, виготовлення матеріалів, виробів і конструкцій, зведення всіх видів будівель і споруд, транспортне обслуговування. 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. Продукція може ставитися до категорії «кінцевої» (закінчені і здані в експлуатацію будівлі і споруди) або до «проміжної» - виробу підприємств будіндустрії, окремі види робіт, частини будівель і ін.

Будівництво як галузь економіки бере участь у створенні основних фондів (будівель та споруд) для всіх галузей національного господарства, тобто створює умови для виробничого процесу. Вона є своєрідним локомотивом економіки і здатна 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.

Під стійкістю роботи підприємств будівельної галузі розуміють їх здатність за умов дії надзвичайних ситуацій виробляти продукцію в запланованих обсязі 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.

На стійкість роботи об'єктів будівництва впливають такі фактори:

- надійність захисту робітників від дії вражаючих факторів, що виникають під час надзвичайних ситуацій;
- здатність будівельного комплексу протистояти дії вражаючих факторів;
- надійність систем постачання об'єкта сировинною для виробництва певного виду продукції;
- стійкість системи управління виробництвом та цивільною обороною в надзвичайних ситуаціях;
- готовність об'єкта до проведення рятувальних дій або робіт по відновленню виробництва;
- захищеність об'єкта від дії вторинних вражаючих факторів.

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 зброї противника 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: розмір 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.

З урахуванням розглянутих вище факторів виділяють такі основні шляхи і способи підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі:

- забезпечення надійного захисту робітників і службовців:
 1. укриття робітників і службовців, які продовжують роботу на об'єкті у воєнний час;
 2. проведення евакуації робітників, службовців і членів їх сімей та забезпечення їх життєдіяльності;
 3. використання індивідуальних засобів захисту;
- захист основних виробничих фондів об'єкта від поразки:
 1. підвищення певною мірою опірності будівель, споруд впливу ударної хвилі, світлового випромінювання;
 2. укриття найбільш уразливого обладнання в захисних пристроях (шатрах, камерах, конусах і ін.);
 3. часткову зміну технології виробництва;
 4. вивезення в безпечні райони надлишків горючих речовин;
- забезпечення сталого постачання об'єкта всім необхідним для виробництва:
 1. підвищення надійності роботи транспорту;
 2. підготовка паливно-енергетичного господарства до роботи у воєнний час;
 3. підготовка обладнання для роботи на кількох видах палива;

4. розосередження запасів найбільш уразливого обладнання, приладів, сировини;
 5. встановлення виробничих контактів з дублерами постачальниками, необхідних для безперебійної роботи об'єкта;
- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом:
 1. створення об'єктового і заміського пункту управління;
 2. прокладка підземних кабельних ліній зв'язку до всіх елементів об'єкта;
 3. створення оперативних змін управління для основного і заміського пунктів управління;
 - підготовка до виконання робіт по відновленню об'єкта у воєнний час:
 1. планування відновлювальних робіт за кількома варіантами;
 2. підготовка ремонтних бригад;
 3. створення необхідного запасу матеріалів і обладнання, надійний його захист;
 4. створення страхового фонду технічної документації.

Кожен шлях містить кілька способів підвищення стійкості роботи підприємства, які, в свою чергу, містять кілька заходів ЦЗ або доповнюються ними. Наведені вище шляхи підвищення стійкості підприємств будівельної галузі реалізуються за допомогою затверджених норм з ЦЗ прийнятих і обов'язкових до виконання для всіх об'єктів усіх галузей виробництва не залежно від форм власності і підпорядкування. Норми ЦЗ призначені для:

- захисту і зниження ймовірних втрат серед населення;
- зменшення рівня руйнувань основних фондів виробництва;
- підвищення стійкості роботи об'єкта і галузей виробництва;
- забезпечення умов для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розробки плану проведення рятувальних робіт в осередках ураження в повному обсязі та в максимально короткі терміни.

Контроль за виконанням вимог згаданих норм покладається на Управління та відділи з питань надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано інформаційні джерела, що присвячені напрямку дослідження хімічних добавок прискорення твердіння бетону. Встановлено, що комбіноване використання різних добавок набагато ефективніше впливає на структуру залізобетонних конструкцій.

2. Удосконалено методику експериментальних досліджень кубиків у віці 7, 14, 28 та 60 діб із важкого бетону, до складу яких входять хімічні добавки, що прискорюють твердіння бетону.

3. Проаналізувавши характер руйнування експериментальних зразків, встановлено типовий їх перебіг, що характерний для бетонних зразків згідно теорії бетонних та залізобетонних конструкцій.

4. За результатами проведених експериментальних досліджень було встановлено, що зразки К-2 не досягнули проектної міцності так як хімічна добавка Д-1 негативно вплинула на результати міцності бетону на протязі всього періоду твердіння. Зразки К-3 набрали практично тих самих значень, що і зразки К-1 з незначним відхиленням у 3,96 %.

5. Проаналізувавши результати проведених досліджень, можна зробити висновок, що обидві хімічні добавки прискорення твердіння не досягли очікуваного результату міцності у віці 28 діб. (Бетонні зразки К-2 досягнули міцності на 19,63 % менше міцності зразків К-1, а бетонні кубики К-3 на 3,96 % менше кубиків К-1.).

6. Процес набору міцності бетонів з хімічними добавками у віці більше 28-ми діб дещо погіршується. Помітно, що приріст міцності для бетонних кубиків К-1 у віці від 28 до 60 діб становить 0,58 МПа, для кубиків К-2 приріст становить 0,12 МПа, а для кубиків К-3 приріст міцності становить 0,18 МПа.

7. Прирівнявши міцність еталонних зразків К-1 до 100%, можна помітити, що у віці 7 діб міцність зразків К-2 та К-3 менша на 6,34% та 0,43%, у віці 14 діб міцність зразків була меншою на 13,92% та 6,03% відповідно, у віці 28-

ми діб – 19,63% та 3,96% та у віці 60-ти діб міцність зразків була меншою на 20,59% та 5,42% відповідно.

8. Отримавши дані результати, можна дійти висновку, що дана тема потребує більш глобальнішого дослідження впливу різних хімічних добавок на міцність бетону та на сам процес твердіння, а також хімічного контролю самого складу наявних на ринку добавок.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Баженов Ю. М., Аносова Г. В., Повышение эффективности бетона добавкой модифицированных лигносульфонатов. Бетон и железобетон 1991 г.
2. Ібрагімов, Р.А. Дослідження впливу електролітів на фізико-механічні властивості важкого бетону [Текст] / Р.А. Ібрагімов, В.С. Ізотов // Вісник Казанського технологічного університету, 2014. – № 14. Том. 17. – с. 140-143.
3. Васильев А.С., Барабанщиков Ю.Г. Эффективность добавок ускорителей схватывания и твердения для торкрет-бетона // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8(34). С. 72-78. DOI: 10.5862/МСЕ.34.11.
4. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.– 166 с.
5. Мінеральна комплексна добавка для бетону : зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 4(39). Т.2 - 2013.- ПолтНТУ.
6. Бутт Ю.М. Влияние состава цемента и условия твердения на формирование структуры цементного камня / Ю.М. Бутт, Колбасов, В.М. // Труды VI Международного конгресса по химии цемента. Том II, книга 1.– М.:Стройиздат, 1976. – С.281 – 283.
7. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009.- 18 с.
8. 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.
9. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками». – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с.

10. Л. Й. Дворкін, та О. Л. Дворкін, Основи бетонознавства. Київ: Основа, 2007, 616 с.
11. 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.
12. ДСТУ Б В.2.7 224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 23 с.
13. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні контрукції. – К.: Мінбуд України, 2011. – 67 с.
14. Чистяков В.В. Интенсификация твердения бетона / Чистяков В.В., Дорошенко Ю.М., Гранковский И.Г. – К.: Будівельник, 1998. – 118 с.
15. Пащенко О.О. В'язучі матеріали / О.О. Пащенко, Сербін В.П., Старчевська О.О. – К.: Вища школа, 1995. – 415 с.
16. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / Ахвердов И.Н. – М.: Строиздат, 1981. – 464с.
17. Лохер Ф.В. Исследование механизма гидратации цемента / Лохер Ф.В., Рихартц В. // Труды VI Международного конгресса по химии цемента. Том II, книга 2. – М.: Стройиздат, 1976. – С. 122 – 123.
18. Курбатова И.Ш. Химия гидратации цемента / Курбатова И.Ш. – М.: Стройиздат, 1977. – 157с.
19. Комплексні пластифікуючі добавки для бетону на основі ефірів полікарбосилату / Л. Й. Дворкін, В. В. Житковський, М. М. Скрипник // Строительные материалы и изделия. - 2016. - № 1. - С. 38-41.
20. Вплив мінеральних добавок на властивості цементуючих систем для високофункціональних бетонів / М. Саницький, О. Позняк, Б. Русин, І. Гев'юк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2012. – № 737 : Теорія і практика будівництва. – С. 184– 191. – Бібліографія: 11 назв.
21. Чистяков В.В., Шургая А.Г., Дорошенко Ю.М., Гудименко К.В., Сербин В.П., Дулевич Я.О. Особенности процессов гидратации портландцемента и

свойства модифицированных бетонов для мостового строительства // Будівельні матеріали, виробни та санітарна техніка №39, Київ 2011.

22. Чистяков В.В., Шургая А.Г., Дорошенко Ю.М., Гудименко К.В. Комплексные модификаторы для повышения качества бетонов для мостового строительства // Сборник к XI Международной научно-практической конференции «Дни современного бетона» Запорожье. – 2010.

23. Патент Украины № 37100 «Добавка в бетон».

24. Гранковский В.Г., Чистяков В.В. Особенности гидратации и структурообразования портландцемента на ранних стадиях. // Журнал прикладной химии, - 1991.-Т. 54, N 1. с.15-20.

25. Коваль П.М., Харченко С.З., Шургая А.Г. Особенности технологии бетонирования плиты автопроезда моста в гавань в городе Киеве. Труды Научно - практической конференции «Эффективность применения в бетонах современных добавок». Киев, 2009.

26. 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.

27. Дослідження впливу комплексу модифікаторів на кінетику твердіння бетонів / С.М. Анісімов, О.В. Кононова, А.Ю. Лешканов, А.О. Смирнов // Електронний науковий журнал «Сучасні проблеми науки й освіти». Розділ технічні науки. - 2014. - № 4.

28. Вплив прискорювачів на кінетику твердіння композиційного цементного каменю з добавками супер- і гіперпластифікатора [Текст] / З.А. Камалова, Є.Ю. Нормілова, Р.З. Рахімов, О.В. Стоянов // Вісник Казанського технологічного університету, 2014. - № 15. Том. 17. - с. 40-43.

29. Ратц, Е.М. Аналіз ефективності застосування хімічних добавок для важкого бетону з метою скорочення термінів виробництва бетонних робіт [Текст] / Е.М. Ратц // Вісник науки і освіти Північного Заходу Росії, 2015. - Т.1. - № 2.

30. Степанов, С.В. Порівняльний аналіз пластифікуючого ефекту комплексних прискорювачів твердіння [Текст] / С.В. Степанов, І.В. Боровских, Г.Р. Хілавієва // Міжнародний науковий журнал «Інноваційна наука». - 2016. - № 4. - с.157-158.

31. Красінікова, Н.М. Бетон з прискорювачем твердіння на основі силікат-брили [Текст] / Н.М. Красінікова, Р.Р. Кашапов, М.М. Гайнутдинов // Міжнародний науковий журнал «Інноваційна наука». - 2016. - № 7-8. - с.51-53.

32. Гуцин, С. В. Хімічні добавки в бетон і їх температура замерзання [Текст] / С.В. Гуцин // Інновації в бетонознавстві, будівельному виробництві і підготовці інженерних кадрів: збірник статей за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченій 100-річчю від дня народження І.М. Ахвердова і С.С. Атаєва, Мінськ, 9- 10 червня 2016 р./ Білоруський національний технічний університет; редкол.: Е.І. Батяновській, В.В. Бабицький. - Мінськ, 2016. - Ч. 1. - С. 77-81.

33. Шишкін, О. О. Технологія бетону [Текст]: підручник / О. О. Шишкін, О. П. Хільченко. – Кривий Ріг: «Видавничий дім», 2007. – 376 с/

34. ДСТУ Б В.2.7-69 Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності.

35. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.

36. Миронов С.А., Лагойда А. В. Бетоны, твердеющие на морозе - М.: Стройиздат, 1974 - 263 с.

37. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы// Учебно-справочное пособие – 2-е изд. – Ростов н/Д Феникс, 2007 - 221 с.

38. Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками / НИИЖБ Госстроя СССР, - М Стройиздат, 1978 - 81 с.

39. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. – К.: Будівельник, 1989. – 128 с.

40. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. –2-е изд., перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.