

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Ю. Кондратюка»  
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою  
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВЛАСТИВОСТІ  
БЕТОННОЇ СУМІШІ ТА БЕТОНУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ  
ТА СПОРУД»**

Виконав: Станіслав ЛАВРІШКО  
студент 6 курсу групи 601-БТм  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна  
інженерія» за ОП «Технології будівельних  
конструкцій, виробів і матеріалів»

Керівник: Расул АХМЕДНАБІЄВ  
Завідувач кафедри: Олександр СЕМКО  
Рецензент: Андрій ЯЛОВЕГІН

<b>ВМІСТ</b>		стр.
	ВСТУП.....	3
I	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	4
	1.1 Загальна характеристика і класифікація хімічних добавок	7
	1.2 Пластифікуючі добавки.....	13
	1.2.1 Добавки пластифікатори.....	14
	1.2.2 Добавки суперпластифікатори.....	16
	1.2.3 Добавки гіперпластифікатори.....	19
	1.3 Комплексні добавки на основі суперпластифікаторів.....	22
	1.3.1 Підвищення міцності, щільності, водонепроникності і морозостійкості бетону шляхом модифікування його структури..	24
II	МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
III	ВХІДНІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
	3.1. Характеристика вихідних матеріалів.....	29
	3.1.1. В'язучі матеріали.....	29
	3.2. Інертні матеріали.....	30
	3.2.1. Дрібний заповнювач.....	31
	3.2.2. крупний заповнювач.....	31
	3.3. Добавки.....	32
	3.4. Методи експериментальних досліджень.....	33
	3.4.1. Вивчення фізико-механічних властивостей в'язучих, розчину і бетону.....	33
IV	ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ.....	35
	4.1 4.1 Вплив суперпластифікатору на властивості цементного тесту, фізико-механічні властивості бетону...	35
	4.2 4.1 Вплив суперпластифікатору на властивості цементного тесту, фізико-механічні властивості бетону...	40
V	ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ З ВИКОРИС -ТАННЯМ РОЗРОБЛЕННОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ .....	44
	5.1 Застосування методів математичного планування експерименту для оптимізації складів бетонів.....	44
	5.2 Вплив комплексної добавки на рухливість бетонної суміші.....	49
VI	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	54
	6.1 Загальні положення	54
	6.2 Вимоги до технологічних процесів	58
	6.3 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які діють на працюючих .....	60
	6.4 Вимоги безпеки при використанні добавок.....	61
	6.5 Освітлення робочих місць.....	64
	ВИСНОВКИ.....	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	70

## ВСТУП

Підвищення ефективності, і якості бетону і залізобетону є досить актуальною проблемою і в повній мірі не може бути успішно вирішена без використання в технології бетону хімічних добавок, серед яких в даний час на перше місце виходять комплексні добавки, що володіють специфічним впливом на структуру і властивості бетонів [1]. У Росії бетони високої міцності і довговічності недостатньо затребувані, але розвиток ринкової економіки починає змінювати сформовану тенденцію на діаметрально протилежну. Основним акцентом у розвитку бетоноведення стає не економія будь-якого матеріалу, наприклад цементу, а отримання якісних конкурентоспроможних бетонів, до числа яких відносять бетони з високою ранньої і нормативної міцністю, з високою довговічністю. Для вирішення цієї проблеми велику увагу віддається розробці комплексних добавок, що дозволяють одночасно цілеспрямовано регулювати відразу кілька властивостей цементних бетонів [3].

Останнім часом широкого поширення знаходять комплексні добавки на основі ефірів полікарбоксилатів. Застосування даних комплексних добавок, основним компонентом яких є високоефективні гіперпластифікатори на полікарбоксилатної основі, дозволяє отримати високоміцні і високоякісні бетони з низьким водоцементним відношенням і величиною капілярної пористості. Однак недостатньо дослідженими є питання, пов'язані з впливом комплексних добавок на основі полікарбоксилатів на особливості процесів гідратації і структуроутворення цементних систем і їх впливу на довговічність цементних бетонів. У зв'язку з цим отримання комплексних добавок на основі ефірів полікарбоксилатів і дослідження особливостей їх впливу на структуроутворення цементних композицій є актуальним і перспективним напрямом розробки ефективних технологій модифікованих бетонів, що характеризуються високими експлуатаційними властивостями і довговічністю.

## РОЗДІЛ І

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Основні напрямки в розвитку технології бетонів спрямовані на модифікацію цементних систем для підвищення ефективності будівельних композитів. Збільшення терміну служби залізобетонних і бетонних конструкцій, поліпшення їх експлуатаційних якостей невіддільні від вирішення загального завдання подальшого підвищення якості будівництва.

Основні шляхи підвищення якості бетону полягають у використанні високотехнологічного обладнання, сучасних технологій виробництва, застосування якісних матеріалів і добавок індивідуального і поліфункційної дії [1].

В даний час проблеми підвищення рівня достовірності та довговічності бетонів успішно вирішуються методом його модифікації [2]. Управління структуроутворенням цементних систем за допомогою доповнення дозволяє отримувати високоефективні бетони з низькою проникністю та високою корозійною стійкістю [ 2].

Серед застосованих у технологіях бетонів модифікаторів особове місце займають дві більші групи добавок - мінеральні добавки та суперпластифікатори (СП). Суперпластифікатори ще застосовують у бетонах з високими розходами цементів, а мінеральні добавки - у складах із низьким вмістом цементу. Сумісне використання мінеральних и органічних добавок є основним відмінністю сучасних бетонів від класичного бетону [2].

Використання активних мінеральних добавок сприяє підвищенню продуктивності, щільності, корозійної стійкості, економічної цінності у виробництві бетону. При введенні активних мінеральних добавок у бетонну суміш підвищується концентрація дисперсних частинок у цементному тесті, що знижує розкладання бетону. У твердому бетоні збільшується ступінь

гідратації цементу в ранніх віках. На поверхні мінеральних добавок відкладаються продукти гідратації цементу, а мельчайші її частинки служать центрами кристалізації [3].

У якості активних мінеральних добавок застосовують добавки різної природи походження: природні та мистецькі (технологічні). Природні добавки представляють собою змінені вулканічні та осадові гірські породи, діатоміт, вулканічний попіл, туф. К техногенним добавкам відносяться відходи або попутні продукти різних виробництв, такі як: мікрокремнезем, бой силікатної та керамічної цегли, керамічна пил, відходи від добичі та обробки кам'яних матеріалів, зола-винесення, шлаки та т. д. [6]. У їх склад також входять мінеральні добавки у вигляді тонкомолотого цементного каменю. Тонке вимірювання може здійснюватися у високоенергетичних мельниках та роторно-пульсаційних агрегатах. Використання в бетоне таких добавок дозволяє вирішити проблему їх використання, що значно покращує екологічну ситуацію та зменшує власне значення будівельних виробів та конструкцій [ 9].

Тонкомолотий цементний камінь приводить до формування мікроструктури цементного каменю з чіткими зростаннями окремих блоків у монолітній масі. Кристали портландцементу мають не механічні, а хімічні зв'язки з частинками цементу, щільно обробленими новоутвореннями продуктами гідратації у вигляді губчатих агрегатів з мікрокристалічного речовини. Дана специфічна мікроструктура оголошує більш високу міцність цементного каменя, із синтезованим при введенні тонкомолотого цементного каменя, і підтверджує роль цього додавання як централізація кристалізації продуктів гідратації [9].

При використанні мінеральних добавок, у їх високому рівні, значно збільшується водопотребність бетонної суміші. Тому необхідно вводити в їх склад суперпластифікатори, які забезпечують високу рухливість і зв'язок

бетонних сумішей при низьких значеннях водоцементного відношення, тривалу збережену їх властивість [6;7]. Використання деяких технологічних мінеральних добавок вимагає значних затрат на їх допомогу.

Представляється доцільним обмеження дисперсності молодого цементного каменю з старого бетону до ступенів грубого помолу.

У найближчому майбутньому відбудеться поступове заміщення звичайних традиційних бетонів багатокомпонентними. В першу чергу модифікація бетону буде здійснюватися шляхом запровадження багатокомпонентних комплексних добавок поліфункціональної дії [16].

Отримання високоміцних і високоякісних цементних бетонів можливо при цілеспрямованому формуванні структури цементного каменю, що відрізняється низькою часткою капілярних пір, підвищеним вмістом гідратних новоутворень, особливо зниженою основності. Модифікування цементних бетонів комплексними добавками є найбільш доступним і простим способом істотного підвищення ефективності цементних бетонів і може бути успішно використано для цих цілей.

Застосування гіперпластифікаторів на основі ефірів полікарбоксилатів як компонент до комплексної добавці дозволяє отримувати літні і самоущільнюючі бетонні суміші з мінімальним водоцементним відношенням і високою міцністю одержуваного бетону - більше 100 МПа.

Вплив комплексних добавок на основі ефірів полікарбоксилатів на фазовий склад цементного каменю, формування структури і довговічність цементних композицій досліджено недостатньо.

Формування заданої структури і властивостей цементного каменю, отримання довговічних і високоміцних важких бетонів, модифікованих комплексними добавками, на основі полікарбоксилатів; можливо, при

аналізі впливу кожного компонента добавки і особливості їх взаємного впливу на структуроутворення цементних композицій.

### **1.1 Загальна характеристика і класифікація хімічних добавок**

Одним з основних, найбільш доступних, технологічних і економічних напрямів підвищення якості та довговічності бетону та залізобетону є застосування різного роду хімічних добавок. В даний час в нашій країні і в багатьох технічно розвинених країнах промисловість випускає понад 300 найменувань добавок [17]. Для модифікації бетону широко використовуються неорганічні електроліти, поверхнево-активні речовини (ПАР), комплексні добавки, що поєднують електроліти з ПАР і полімери.

Рамачандран, В.Б. Розенберга, Дж. Ронсеро, Трінкера, А.В. Ушерова-Маршака, В.Р. Фалікмана і ін.

Наявність великої кількості добавок, специфіки їх модифікації в залежності від виду цементу, умов виготовлення та експлуатації залізобетонних конструкцій, визначили створення і розвиток науково обґрунтованих класифікацій, що полегшують вибір і практичне використання хімічних добавок в бетонах. Перша вітчизняна класифікація створена в роботі [18]. В основу цієї класифікації покладено здатність взаємодії добавок з цементом і продуктами його гідратації. Відповідно до цієї класифікації хімічні добавки поділяються на три групи. До першої групи віднесені добавки ПАР гідрофільного типу - пластифікатори, до другої - добавки ПАР гідрофобного типу, що викликають велике захоплення повітря і до третьої групи - електроліти - прискорювачі твердіння.

У класифікації [18] хімічні добавки поділяються на чотири типи: неорганічні електроліти, неполярні органічні, полярні органічні і поверхнево - активні речовини.

Класифікація хімічних добавок за кордоном заснована на технологічному або технічному ефекті дії добавки. Так, Британський стандарт ЄП 934-2 [19] класифікує такі типи добавок до бетону:

- пластифікуючи;
- суперпластифікуючи;
- водоутримуючи;
- забезпечують водонепроникність бетону;
- повітрязахоплюючи;
- прискорюють тужавіння бетону;
- прискорюють тверднення;
- уповільнюють осідання;
- уповільнюють осідання, суперпластифікуючи;
- прискорюють осадку, пластифікуючи;
- прискорюють осадку, суперпластифікуючи.

У вітчизняних стандартах [20] в залежності, від призначення (або основного ефекту дії добавки поділяються:

- регулюють властивості бетонних і розчинних сумішей (пластифікуючи, водоредуціруючи, стабілізуючі);
- регулюють властивості бетонів і розчинів (регулюють кінетику твердіння, що підвищують міцність, знижують проникність, що підвищують захисні властивості по відношенню до сталеві арматури, що підвищують морозостійкість, що підвищують корозійну стійкість, що розширюються);
- надають бетону спеціальні властивості (проти морозні, гідрофобізуючи);

- мінеральні добавки.

Справжній вітчизняний стандарт передбачає добавки, що підвищують морозостійкість і водонепроникність бетону, за рахунок зниження водопотребності, кольматації пір і оптимізації порового простору.

За даними [21] класифікують добавки на чотири основні класи, а саме:

- добавки першого класу - електроліти, які змінюють розчинність в'язучих речовин;
- добавки другого класу, що реагують з в'язучими речовинами з утворенням важкорозчинних або малодисоційованих з'єднань;
- добавки третього класу - готові центри кристалізації (кристалічні затравки);
- добавки четвертого класу - органічні поверхнево-активні речовини.

Серед великого числа неорганічних добавок, що регулюють тверднення бетону, знаходять застосування електроліти. За даними П.А. Ребиндера [22] дію електролітів на твердіння цементів складається або в їх вплив на розчинність новоутворень, або в їх безпосередній участі в процесі гідратації з утворенням висоководних комплексних гідратів типу гідросульфохлоралюмінатів. Виникнення таких з'єднань є причиною інтенсивного диспергуючої дії електролітів на в'язуче, що викликає прискорення твердіння і утворення щільних структур гідрофільного гелю, які надають затверділому цементному каменю і розчину високу водонепроникність. В роботі [23] відзначається, що механізм дії добавок електролітів полягає або в зміні розчинності в'язучого і продуктів його гідратації внаслідок зміни іонної сили розчину, викликаній присутністю електролітів, або в хімічній взаємодії електролітів з в'язучим з утворенням важко розчинних з'єднань. Характерною особливістю більшості

електролітів є їх активний вплив на процеси структуроутворення цементного каменю, що полягає в ущільненні структури за рахунок збільшення кількості продуктів гідратації, особливо низькоосновних гідросилікатів кальцію і підвищення міцності кристалічного зростка [25-27,]. Слід однак зазначити, що більшість добавок електролітів мають вибірковість на процеси гідратації і основні експлуатаційні властивості бетону, головним чином, в залежності від мінералогічного складу цементу. Багато електролітів мають ефектом засолювання, що значно погіршує декоративні властивості, бетонів. Такі ефективні прискорювачі твердіння, як хлориди натрію, кальцію і заліза викликають корозію сталеві арматури, а сульфати - корозію деяких видів наповнювачів. Є дані, що ряд ефективних, добавок електролітів збільшує усадку і повзучість бетону [29]. Все це в значній мірі звужує сферу їх застосування. Таким чином, незважаючи на значне число використовуваних неорганічних добавок, досить хорошу ступінь вивченості їх модифікацій, вони не завжди задовольняють всі зростаючим потребам до якості і довговічності будівельних конструкцій з бетону та залізобетону, області застосування яких постійно розширюються.

На думку авторів [22] досить ефективним є введення сульфату натрію до складу цементних систем в якості прискорювача твердіння. Він зазначає, що при утриманні сульфату натрію в кількості 2% від маси цементу міцність бетону у віці 1 доби зростає на 40% в порівнянні: з контрольним складом, а віці 28 діб на 25%.

Широку популярність здобув сульфат натрію (СН) як прискорювач твердіння цементних композицій та інгібітор корозії арматури [19].

Автори [8] пропонують вводити комплексну добавку, що містить СН до 0,2% від маси цементу, що дозволяє підвищити міцність бетону на 35%. Пащенко А.А. та ін. в одних роботах для підвищення морозостійкості, міцності і сульфатостійкості бетону вказують на необхідність введення до

складу бетонної суміші комплексної добавки, що містить 1,2% СН, в інших [11] - в кількості від 0,3 до 2,6% від маси цементу. На думку авторів [12] введення СН в кількості від 0,5 до 1,2% сприяє підвищенню морозостійкості бетону з 200 циклів до 300-350.

У рекомендаціях щодо застосування хімічних добавок [24] оптимальне дозування СН визначена в межах 0,5-1,0%, в той же час в технічних умовах [14] рекомендована доза становить 0,5-2,0%. У источнику [9] вказують, що СН слід вводити в бетонну суміш в кількості 0,1-2,0%.

Дуже суперечливі дані, що стосуються питань зміни міцності цементного каменю в пізньому віці в присутності СН [22,] .Зокрема, у [11] відзначають, що введення СН знижує міцність бетону у віці 28 діб, при цьому інтенсивність зниження тим вище, чим вище змісту алюмінатних фаз в цементі.

Проведений аналіз показує, що СН сприяє не тільки підвищенню ранньої розпалубну міцності бетону, але і покращує його експлуатаційні характеристики, такі як морозостійкість і сульфатостійкість, а також захищає арматуру від корозії. Однак немає єдиної думки про оптимальний зміст цієї добавки в складі цементних композицій та за різними джерелами воно коливається від 0,1 до 2,6%. Неоднозначно думку і про вплив СН на зміну міцності бетону в пізньому віці.

Успіхи в області колоїдної хімії та зокрема вивчення поверхневих явищ, визначили використання в якості добавок в бетон і залізобетон поверхнево-активних речовин як гідрофільного, так і гідрофобного характеру. Поверхнево-активні добавки для бетону поділяють на пластифікуючи, мікропіно утворюючи, повітря захоплюючи і газоутворюючи.

Добавки мікропіноутворювачі можуть створювати в системі найдрібніші замкнуті бульбашки повітря по всьому об'єму цементного тіста

і тим самим, збільшувати його обсяг, що призводить в свою чергу до підвищення пластичності бетонної суміші. Як правило, добавки цієї групи мають гідрофобні властивості. До числа найбільш поширених добавок цієї групи відносяться нафтові кислоти, синтетичні жирні кислоти та продукти на їх основі, які складаються з гідрофобних радикалів і полярних груп, наприклад,  $\text{COOH}$ . Гідрофобні радикали не змочуються водою і спрямовані в бік, протилежній полярним групам, які безпосередньо адсорбуються на частинках цементу. Таким чином, на поверхні частинок цементу і гідратних новоутворень полярної групою, гідрофобні добавки поділяють частки цементу своїми вуглеводневими радикалами, що володіють мінімальним зчепленням один з одним і тим самим пластифікують бетонну суміш. Відзначається [15], що такі добавки найбільш ефективні в бетонних сумішах з відносно не високою витратою цементу. Ряд гідрофобних модифікаторів ( $\text{СНО}$ ,  $\text{ЦНШПС - I}$ ,  $\text{ОПД}$  і більшість кремнійорганічних сполук) мають властивість залучати повітря в бетонну суміш і складають особливу групу добавок. Механізм пластифікуючої дії їх полягає в тому, що в результаті перемішування на кордоні розділу фаз «газ-рідина» утворюється, шар піни з молекул добавки, який залучає до системи повітря. Останній, як компонент системи, рівномірно розподіляється по всьому об'єму у вигляді дрібних замкнених бульбашок і збільшує обсяг цементного тесту, тим самим пластифікуючи бетонну суміш, особливо інтенсивно в сумішах зі зниженою витратою цементу [40-42]. Відмінною особливістю повітря захоплюючих добавок є істотне підвищення морозостійкості бетону. Гідрофобно-пластифікуючі добавки, наприклад, милонафт, кремнійорганічні полімери,  $\text{СНО}$ ,  $\text{ЦНШПС}$  дозволяють на 3-7% зменшити витрату цементу, значно підвищити стійкість бетонів в агресивних середовищах, надати їм гідрофобність. Серед повітря захоплюючих добавок особливе місце відводиться кремнійорганічним олігомерам ряду сілконатів і алюмосилікатів натрію ( $\text{ГКЖ-10}$ ,  $11$ ,  $\text{АСМР}$ ),

полігідроксидоксидів (ГКЖ-94), алкоксидоксидів (ФЕС-50, ФЕС-66), що складають групу мікрогазоутворюючих з'єднань. На відміну від повітря захоплюючих добавок, кремнійорганічні олігомери надають бетону підвищену гідрофобність, що в поєднанні з мікропористою структурою цементного каменю дозволяє отримувати бетони високої корозійної стійкості і морозостійкості [ 49].

В роботі [22] відзначається, що найбільш ефективними модифікаторами гідрофобізуючої типу є олігомери типу поліфенілетоксидоксидів (ФЕС-50, ФЕС-66), зміну якими цементних матеріалів дозволяє надати бетонів крім гідрофобних ще й високі електроізоляційні властивості.

## **1.2 Пластифікуючі добавки**

З добавок до бетонів, що знайшли найбільш широке застосування у виробництві бетону та залізобетону, на першому місці стоять пластифікуючі добавки. Пояснюється це високою-ефективністю даного виду добавок, відсутністю негативного впливу на бетон і арматуру, а також доступністю і невисокою вартістю [29, 42].

Основне призначення пластифікаторів - збільшення рухливості або зниження жорсткості бетонної суміші, її розрідження. Ефект розрідження бетонної суміші використовується для полегшення процесів формування конструкцій, для підвищення щільності і міцності бетону за рахунок зниження водопотребу бетонної суміші при збереженні вихідної рухливості, або для скорочення витрати цементу.

Органічні поверхнево-активні речовини (ПАР), що використовуються як пластифікатори, успішно увійшли в практику будівництва і знайшли в даний час досить широке застосування.

За сучасними поняттями [1, 22] пластифікатори являють собою диспергатори - стабілізатори, що утворюють в результаті адсорбції на поверхні розділу твердої і рідкої фаз структуровану плівку. Іммобілізація пов'язаної під флокули цементу води, зниження коефіцієнта внутрішнього тертя цементно-водної суспензії, згладжування мікрорельєфу зерен гидратуючі цементу і, в ряді випадків, збільшення електростатичного відштовхування частинок за рахунок значного зміни їх електрокінетичного потенціалу - головні чинники пластифікуючого дії ПАР на цементноводні системи, зниження їх водопотребности і витрат в'язучого.

Все пластифікуючі добавки відповідно до класифікації [38] відносяться до добавкам, що регулює властивості бетонних і розчинних сумішей, і по величині пластифікуючого ефекту поділяються на:

- суперпластифікуючі;
- пластифікуючі.

### **1.2.1 Добавки пластифікатори**

Перші водоредуцуючі добавки застосовувалися в вітчизняному виробництві збірного залізобетону і відомі як лігносульфонати технічні (ЛСТ). Застосування зазначених добавок в технології бетону викликає пластифікування цементних систем, уповільнення гідратації портландцементу, сприяє залученню повітря, і, як наслідок, підвищення морозостійкості важкого бетону. ЛСТ дозволяють знижувати кількість води затворення тільки до 10%, що є малоефективним і не дозволяє отримувати високоякісні матеріали на цементній основі.

Пластифікуючі ПАР, наприклад ССБ, СДБ, ПАЩ-І », істотно підвищують плинність, цементного тесту за рахунок зниження поверхневої енергії» натягу на межі поділу фаз. В результаті цього значно скорочується

водопотребність бетонної суміші. Добавки цієї групи найбільш ефективні в бетонних сумішах з відносно високим витратою цементу. Типовим представником добавок цієї групи, що володіє гідрофільним ефектом, є ССБ, механізм дії якої полягає в зниженні поверхневої енергії натягу на кордоні - «тверде тіло - рідина» внаслідок адсорбції молекул добавки на поверхні зерен цементу і гідратних новоутворень. Адсорбуючі молекули добавки поділяють частки цементу, не дають їм флокулюванню і забезпечують її рухливість, знижуючи одночасно і водопотребність. Це дозволяє знизити витрату цементу до 10% [13].

У роботах [4, 28, 35], вивчено вплив ПАР в залежності від мінералогічного складу цементу. Показано, що чим вищий вміст С3S в цементі, тим більше потрібно ПАР для досягнення завданої рухливості розчинної або бетонної суміші. За даними [35] швидкість гідратації цементу в присутності ПАР залежить від хімічного- складу добавки і її концентрації. У ряді робіт [21, 28, 33-35] встановлено, що ПАР; як правило, знижують швидкість росту кристалів, зменшують перетин опор в цементному камені і забезпечують освіту замкнених або напівзамкнених пір.

Це в свою чергу різко знижує поглинання бетоном води і водних розчинів агресивних речовин, підвищуючи морозостійкість і корозійну стійкість бетону. З добавок, що поліпшують морозостійкість бетону, щодо добре вивчені лігносульфонати [39, 45, 13], СНО [41] і кремнійорганічні сполуки [21]. Застосування ПАР, як це показано в роботі [13], в бетонах з мінімальною витратою цементу підвищує його тріщиностійкість. Істотним недоліком більшості ПАР є їх здатність замедлять твердіння бетону. Як правило, міцність і деформативні властивості бетонів, модифікованих ПАР, нижче, ніж бетонів без добавок. Показано, що лігносульфонати [46], оксикарбонові кислоти і їх солі [33] сприяють підвищенню усадки і повзучості бетону. Бетони, модифіковані ПАР, як правило, вимагають подовжених режимів теплової обробки і характеризуються уповільненим

наростанням міцності в ранньому віці [10, 14], головним чином за рахунок екрануючого дії адсорбційних оболонок на зернах цементу [12, 15].

Значним водоредукуючі ефектом володіють добавкі суперпластифікатори. Дані модифікатори дозволяють знижувати водо-цементне відношення до 25% в залежності від мінералогічного складу цементу, кількості введеної добавки і їх основи.

### **1.2.2 Добавки суперпластифікатори**

Суперпластифікатори набули поширення за рахунок надзвичайного ефекту пластифікації бетонної суміші. Суперпластифікатор прийнято називати спеціально синтезовані олігомери на основі циклічних і гетероциклічних сполук. Найбільшого поширення з них отримують сульфовані меламінформальдегідні, аніліно- і нафталінформальдегідні смоли, а також модифіковані лігнінсульфонати. Суперпластифікатори відрізняються від звичайних пластифікаторів високим розріджують ефектом бетонної суміші без зниження міцності бетону [5, 17, 18, 26, 37].

Застосування сульфовані меламінформальдегідні смоли за даними [17] в кількостях 1-5% від маси цементу поряд з підвищенням міцності бетону на 28% дозволяє підвищити його гідрофобність і, відповідно, його довговічність. В роботі [18] зазначено, що застосування суперпластифікатора на цій основі сприяє збільшенню адгезії цементних розчинів, і бетонів, до різних матеріалів, в тому числі до старого бетону, підвищення морозостійкості і сульфатостійкості цементних композицій.

У нашій країні широку популярність здобули добавки суперпластифікаторів, розроблені в НіїЖБе і під ВНПЖелезобетона на основі нафталінформальдегідной і меламінформальдегідні смол. У роботах

[5; 26] показана ефективність застосування суперпластифікаторів С-3, 10-03, 20-03, 30-03 в високоміцних бетонах, виготовлених із сумішей підвищеної рухливості. Висока розрідження бетонної суміші, відсутність уповільнення твердіння бетону, виготовленого на цементях різного складу дозволило використовувати добавку С-3 для виготовлення ряду відповідальних конструкцій.

Досвід застосування зазначеної добавки дозволяє скоротити в 3-4 рази час формування і значно знизити рівень шуму [10].

Використовуючи специфічні властивості суперпластифікаторів, їх впливу на реологічні властивості рухомий бетонної суміші, збереження її зв'язності і нераслаиваемості, в зарубіжній практиці ці добавки широко застосовуються для виготовлення монолітних конструкцій з литих бетонних сумішей з осадкою конуса 20 см. Застосування таких сумішей за даними ряду авторів [21, 36] економічно доцільно, тому що зменшуються витрати праці на її обробку, підвищується продуктивність праці на 50-90%. Литя бетонна суміш, що отримується завдяки введенню суперпластифікатора, дозволяє поєднувати хорошу легкоукладуваність з високою міцністю бетону на стиск, розтяг і вигин. Литі бетонні суміші, як це показано в роботах [43, 46], мають підвищену водоудерживаючої здатністю і зниженим водовідділенням. Особливо доцільне застосування литих бетонних сумішей в монолітних густоармованих конструкціях. При цьому, як це відзначається в роботі [34], трудомісткість укладання такого бетону знижується в 3-4 рази. У нашій країні, а також і за кордоном рухливі бетонні суміші з добавками суперпластифікаторів знаходять застосування і в конструкціях збірного залізобетону. Застосування рухливих сумішей знижує трудовитрати на приготування, транспортування бетонної суміші й формування конструкцій, начительно покращує умови праці робітників, підвищує якість виробів і їх зовнішній вигляд. Відмінною особливістю суперпластифікаторів в порівнянні зі звичайними ПАР є їх властивість не

сповільнювати твердіння і гідратацію в'язкого, відсутність воздухововлечення, внаслідок чого бетони з такими добавками мають підвищені показники міцності. Введення суперпластифікаторів в рівнопластичні бетонні суміші знижує їх водопотребність на 25-30% в порівнянні з складами без добавок, при цьому істотно підвищується щільність і довговічність бетону [34], а його міцність зростає на 50-70%. Це дозволяє отримувати високоміцні бетони міцністю до 100 МПа [18, 43].

Як показує аналіз вітчизняної [5, 18, 26, 48] і зарубіжної літератури [17-19, 34, 35, 43, 44, 46] використання суперпластифікаторів у виробництві збірного залізобетону здійснюється по \* такими основними напрямками: для зниження витрати цементу; підвищення рухливості бетонної суміші при збереженні фізико-механічних властивостей бетону і різкого зниження трудомісткості формування конструкцій; отримання високоміцних бетонів; і, нарешті, отримання бетонів з покращеними фізико-механічними властивостями і довговічністю.

Механізм пластифікуючої дії суперпластифікаторів, за даними [23] полягає в хімічній взаємодії сульфонатних груп молекул полімеру з іонами кальцію на поверхні частинок цементу з утворенням кальцієвих солей полімеру, що перешкоджають злипанню частинок і поліпшують ковзання їх відносно один одного. У роботах [23, 43] відзначається, що значне водоредуціювання цементних систем в присутності НФ, МФ, ЛСТМ досягається в основному за рахунок адсорбції на зернах цементу і гідратних фазах і додання їм однойменного електростатичного заряду, що викликає відштовхування і диспергації цементних флокулами. При цьому відомо, що застосування даних добавок призводить до уповільнення гідратації цементу на ранніх стадіях твердіння, може привести до розшарування цементних суспензій, що є перешкодою для отримання сучасних литих, самоущільнюючі і високоякісних цементних бетонів.

Найбільшою ефективністю на сьогоднішній момент характеризуються суперпластифікатори останнього покоління - гіперпластифікаторів на основі ефірів полікарбоксилатів, отримані в 90-х рр. XX століття.

### **1.2.3 Додатки гіперпластифікатори**

В останні роки в будівельній практиці при виготовленні бетонів нового покоління все більше застосування знаходять високоефективні полікарбоксилатні суперпластифікатори. У зарубіжній літературі суперпластифікатори цієї групи отримали назву «гіперпластифікатор» [31, 40, 41, 47, 48]. Даний вид пластифікаторів більш ефективний, що виражається в порівняно низьких оптимальних дозуваннях (-0.2%), низьку чутливість до виду і складу цементу, в тривалому збереженні бетонними сумішами первісної консистенції, в їх підвищеної зв'язності - розшарованість, низьких і наднизьких водо-цементних відношеннях (-0.2%) [17].

Гіперпластифікатори - це полікарбоксилатні ефіри. За будовою це щеплені сополімери. Відрізняються вони тим, що розпорощення (дефлокуляція, руйнування агломератів, пластифікація і т.д.) відбувається по електростатичним принципом (електростатичне + стерическое (просторове) диспергування) [32, 30, 51].

Гіперпластифікатори прикріплюються до поверхонь цементних зерен в основному точково і мають просторову будову молекули з щепленими бічними ланцюгами. Остання обставина сприяє більш ефективному відштовхуванню цементних флокулами і дозволяє забезпечити доступ води до цементного клінкеру. У механізмі дії гіперпластифікаторів роль дзета-потенціалу менше, а взаємне відштовхування частинок цементу і стабілізація суспензії забезпечується за рахунок переважної стеричного ефект. Саме поперечні ланки створюють адсорбційну об'ємну захисну

оболонку навколо частинок твердої фази, запобігаючи злипанню частинок і сприяючи їхньому взаємному відштовхуванню. Слід зазначити, що товщина адсорбційного шару, як правило, більше, ніж у випадку з іншими типами суперпластифікаторами, а це значить, що в загальному обсязі вільної і адсорбційно-зв'язаної води в системі частка останньої збільшується [32, 36].

Дана обставина дозволяє гіперпластифікатор виступати як перспективні модифікатори водоредукуючих дії, а також відкриває широкі можливості їх використання для отримання високоякісних і довговічних цементних бетонів [31, 32, 38].

Відзначається, що спрямована оптимізація хімічної структури полікарбоксилатів сприяє зменшенню чутливості до мінералогічного складу цементу. Полікарбоксилати схильні до незначного захоплення повітря, що природно позитивно відбивається на морозостійкості [28, 29].

Досліджено вплив мінералогічного складу цементу на водоредукуючих здатність гіперпластифікаторів [27, 29, 31, 40, 41,45].

Помічено, що з підвищенням вмісту сульфатів і алюмінатів в клінкері значно зменшується збереженість рухливості цементних систем з гіперпластифікатор, що пояснюється осадженням гіперпластифікаторів на гідратних фазах з позитивним дзета-потенціалом [29]. За даними [27, 28] ефективність пластифікуючої дії полікарбоксилатів залежить не тільки від змісту СзА, але і від природи сульфату кальцію (співвідношення гіпс: підлозі гідрат: ангідрит): чим вище алюмінати цементу, тим більшою мірою початкова рухливість залежить від швидкості розчинення сульфату кальцію.

В даний час відсутні дані про вплив гіперпластифікаторів на гідrataцію, структуроутворення і морфологію гідратних новоутворень. У зв'язку з їх відносно недавнім появою на ринку хімічних добавок для бетону, вивчення полікарбоксилатних гіперпластифікаторів проводиться окремими

науковими дослідниками, прикріпленими к лабораторіям-виробникам. [30-32,43,68]. Крім того, виробники не надають відомості про тип використовуваного полімеру, що кілька \* ускладнює обробку результатів досліджень.

Зниження швидкості гідролізу аліта при введенні полікарбоксилатних гіперпластифікаторів зазначає S. Pourchet з співробітниками [41]. За їх даними, зниження швидкості гідролізу аліта призводить до зниження основності утворюються гідросилікатів кальцію. В. Lothenbach, R. Figi і ін. Відзначають, що в присутності гіперпластифікаторів сповільнюється гідроліз аліта на термін до 30 годин. При цьому наголошується, що полікарбоксилати призводять до більш пізнього формування портландіта, гідросилікатів кальцію і еттрінгіта. В. Lothenbach, R. Figi і ін., виключають можливість взаємодії полікарбоксилатів з іонами кальцію або інших металів, так як молекули гіперпластифікаторів адсорбуються на зернах цементу і мають стеріческій механізм дії [31].

J. Plank, C. Hirsch [40] вважають, що модифікація цементних систем гіперпластифікатор призводить до зміни морфології гідратних новоутворень, і до зменшення розмірів кристалів еттрінгіта. J. Plank з співробітниками доводить, що при встановленні полікарбоксилатів в пластинчасту структуру гідроалюмінатів кальцію утворюються стабільні органомінеральні фази [38, 39].

Виявлено, що на сьогоднішній день найефективнішими пластифікаторами цементних систем є гіперпластифікатори на полікарбоксилатної основі. Однак думки вчених щодо впливу даних добавок на особливості гідратації і структуроутворення цементного каменю неоднозначно. Багато вчених дотримуються думки, що введення гіперпластифікаторів викликає уповільнення гідратації портландцементу. У зв'язку з цим залишаються відкритими питання, пов'язані з впливом даних

добавок на процеси гідратації цементу і гідратних новоутворень не тільки при введенні їх окремо, але і в комплексі з іншими добавками.

### **1.3 Комплексні добавки на основі суперпластифікаторів**

Застосування комплексних добавок обумовлено прагненням максимально використовувати позитивні та усунути негативні властивості індивідуальних добавок, головним чином прискорювачів твердіння та ПАР. Правильно поєднуючи типи і кількісні співвідношення добавок можна направлено регулювати структуру і фізико-механічні властивості цементного каменю і-бетону. В даний час склалися і успішно розвиваються чотири основних напрямки модифікації бетону комплексними добавками [52].

Перший напрямок передбачає застосування ПАР, головним чином пластифікуючої дії і електролітів - прискорювачів твердіння.

Широке поширення отримали комплекси на основі добавок С-3 з сульфатом натрію, нітритом і нітратом натрію або кальцію і ін., При цьому електроліти усувають із твердіння, викликане ПАР, і формують більш щільну структуру цементного каменю внаслідок утворення кристалізаційного каркаса переважно з подвійних солей гідратів і їх подальшого обростання високодисперсними \* гідросилікатами кальцію. ПАР, знижуючи водопотребність бетонної суміші; сприятливо впливають на формування кристалізаційного каркаса в присутності електролітів. Таке поєднання дозволяє формувати структуру змішаного типу з умовно замкнутими порами в більш щільному і менш проникному цементному камені [9]. Вказується [8. 9], що застосування комплексних добавок цієї групи дозволяє знизити витрата цементу до 12%, скоротити тривалість обробки їх на 15-40%, але недоліком даних комплексних добавок є незначне підвищення морозостійкості і водонепроникності бетону.

Другий напрямок засноване на застосуванні добавок пластифікуючої о і мікро- або гороутворюючої дії. Велике виробниче значення отримали комплекси С-3 з СЕВ або ГКЖ-94, що використовуються при будівництві відповідальних споруд транспортного і гідротехнічного будівництва [20, 24]. При цьому за допомогою С-3 знижується водопотребність бетонної суміші, а за допомогою СНО, ГКЖ-94 або ГКЖ-11 досягається поризація бетону з додатковою гідрофобізацією поверхні капілярів і пор. Відмінною особливістю цього напрямку модифікації бетону є значне підвищення морозостійкості (до F800) і водонепроникності залізобетонних конструкцій (до W16), але на ранніх стадіях твердіння спостерігається уповільнений темп набору міцності.

Третій напрям передбачає використання комплексів, що включають ПАР і кремнійорганічні олігомери з прискорювачами твердіння. У роботах [24] відзначається, що використання комплексів типу С-3 з сульфатом натрію і ГКЖ-94 забезпечує високу швидкість затвердіння з одночасним підвищенням морозостійкості і корозійної стійкості. Вказується, що застосування суперпластифікаторів на полікарбоксилатної основі в поєднанні з гідрофобізаторами дозволяє істотно підвищити довговічність бетону, але не наводиться жодних відомостей про вплив полікарбоксилатних ефірів в складі розглянутих комплексних добавок.

Четвертий напрямок передбачає використання комплексних електролітів, в тому числі солей азотної і азотистої кислот, які захищають сталеву арматуру від корозії [51]. Використання цих комплексів у виробництві збірного залізобетону призводить до зниження витрати цементу до 10% або скорочення часу термообробки на 20-30%.

Розглянувши напрямки модифікації бетону комплексними добавками, виявлено, що є комплексні добавки на основі суперпластифікаторів, прискорювачів твердіння та гідрофобізаторів, але недостатньо досліджені

комплексні добавки на основі гіперпластифікаторів. невивчений механізм впливу гіперпластифікаторів в поєднанні з прискорювачами твердіння і гідрофобізаторами в складі комплексних добавок. Для формування заданої структури і властивостей важкого бетону з комплексними добавками, необхідно враховувати вплив кожного компонента добавки і особливості їх взаємного впливу на структуроутворення цементних композицій, що в кінцевому рахунку і буде визначати будівельно-технічні та експлуатаційні якості важкого бетону.

### **1.3.1 Підвищення міцності, щільності, водонепроникності і морозостійкості бетону шляхом модифікування його структури**

Найважливіші властивості матеріалу (щільність, міцність, водопоглинення, водонепроникність, морозостійкість і ін.) Залежать, від величини пористості і її характеру: геометрії, концентрації і рівномірності розподілу, по обсягом бетону, їх структури - сполучені пори або замкнуті, капілярні. За А.Є. Шейкін, поровий простір матеріалу - це все його-несуцільність, не зайняті твердою фазою вихідних матеріалів і новоутворень [14]. Пори цементного каменю згідно [50], в залежності від їх розміру поділяються наступним чином:

- гелеві або ультрамікропори з радіусом менше 5 нм;
- макрокапілярні або перехідні пори з радіусом.5-100 нм;
- капілярні пори з радіусом 100-1000 нм;
- мікрокапілярні пори з радіусом понад 1000 нм.

З точки зору підвищення довговічності важкого бетону більш привабливим є збільшення кількості гелевих пір, в яких вода перебуває в особливому стані і не замерзає аж до - 50 ° С. Відомо, що капілярні пори є

основними носіями рідких і газоподібних середовищ, тому збільшення частки капілярних пір призводить до різкого зниження довговічності цементного каменю [36].

На величину і характер пористості бетону впливає ступінь, гідратації цементу, кількість води замішування, режими твердіння, фазовий склад цементного каменю. Підвищення водоцементного відношення впливає на морфологію гідратних новоутворень, при цьому зростає частка капілярних пір і збільшується їх середній розмір, що в кінцевому рахунку негативно позначається на міцності властивості і довговічності цементного каменю.

Пропарювання виробів призводить до збільшення частки капілярних пір за рахунок випаровування води з бетону [51]. При цьому спостерігається формування більш огрубіння і закристалізованої структури. Твердіння бетону протягом тривалого часу призводить до колюматації пір гідратний новоутвореннями, внаслідок чого зменшується капілярна пористість. Зі збільшенням ступеня гідратації цементу знижується загальна пористість.

Отримання високоміцних і високоякісних цементних бетонів можливо при цілеспрямованому формуванні структури цементного каменю, що відрізняється низькою часткою капілярних пір, гідратний новоутвореннями зниженою основності, і рівномірно розподіленого в структурі цементного каменю гідроксиду кальцію. Модифікування цементних бетонів комплексними добавками є-найбільш доступним і простим способом істотного підвищення ефективності цементних бетонів.

Застосування гіперпластифікаторів в технології бетону дозволяє підвищити міцність і знизить пористість цементного каменю, при зниженні водоцементного відношення до 40% і однаковою легкоукладальності. Для ущільнення структури цементного каменю, збільшення кількості продуктів гідратації, особливо низькоосновних гідросилікатів кальцію і підвищення міцності кристалічного зростка необхідно застосовувати добавки

прискорювачі твердіння. Для істотного підвищення довговічності бетону необхідно використовувати добавки гідрофобізаторів. Гідрофобізація внутрішньої поверхні пор і капілярів цементного каменю в бетоні, що досягається хемосорбційних взаємодією органічних сполук з гідратної новоутвореннями цементу, сприяє зниженню ймовірності виникнення і зростання зародків кристалів солей, що в поєднанні з ефектом пластифікації і зниження- водопотребності бетонної суміші, істотно підвищує стійкість і довговічність бетону [2, 3]:

Таким чином, модифікація цементних бетонів комплексними добавками, що поєднують у своєму складі гіперпластифікатор, прискорювач твердіння, і гідрофобізатор, дозволить істотно підвищити міцність, стійкість в агресивних середовищах і довговічність важкого бетону.

На підставі аналізу літературних даних і-результатів попередньо проведених досліджень була сформульована робоча гіпотеза.

Для ущільнення структури цементного каменю, збільшення кількості продуктів гідратації, особливо низькоосновних гідросилікатів кальцію і підвищення міцності кристалічного зростка необхідно застосовувати добавки - прискорювачі твердіння. Застосування гідрофобізаторів в поєднанні з ефектом пластифікації і зниження водопотребності бетонної суміші дозволить істотно підвищити корозійну стійкість і довговічність важкого бетону.

Таким чином, застосування гіперпластифікаторів в комплексі з високоефективними прискорювачами твердіння і гідрофобізаторами дозволить прискорити набір міцності, підвищити ступінь гідратації клінкерних мінералів, сприятиме формуванню щільної, однорідної структури з стабільних гідратних фаз, що призведе до ^ підвищенню міцності, щільності та довговічності цементних бетонів, а також підвищити

економічний ефект при застосуванні комплексних добавок в збірному і монолітному будівництві, за рахунок зниження витрати цементу або економії енергоресурсів при тепловій обробці.

## РОЗДІЛ II

### МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

**Метою роботи** є розробка оптимального складу ефективної комплексної добавки до бетонів та дослідження властивостей важких бетонів

**Задачі досліджень:**

- проаналізувати стан питання з модифікування складів бетонів з використанням добавок;
- експериментально встановити вплив добавок на водопотребу цементних сумішей;
- оптимізувати склад оптимальної комплексної добавки
- дослідити фізико-механічні властивості бетонів з використанням розробленої добавки;

**Об'єкт дослідження:** бетонні суміші та бетони з використанням комплексної добавки.

**Предмет досліджень:** фізико-механічні властивості бетонів з використанням комплексної добавки.

## РОЗДІЛ III

### ВХІДНІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження проводились з метою визначення впливу комплексної добавки на основі ефірів полікарбоксилатів на фізико-механічні властивості і довговічність модифікованих бетонів,

а також на структуру і властивості цементних композицій.

#### 3.1. Характеристика вихідних матеріалів

В даному розділі наводяться основні вимоги до матеріалів, використовуваних при виготовленні бетону.

##### 3.1.1. В'язучи матеріали

Для приготування бетонів застосовувалися портландцемент ПЦ500 ДО, Івано-Франківського заводу та марки ПЦ 400 Д20 виробництва Євроцемент Україна. Портландцемент Івано-Франківського заводу був обраний як нізкоалюмінатний. Використання цементу від Євроцемент Україна обумовлено тим фактором, що в його склад входять гранульований доменний шлак. Хімічний і мінералогічний склад цементів наведено в табл. 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1

##### *Хімічний склад цементів*

№ з/п	Вид цементу	Хімічний склад, %							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	луги	CaO <sub>в</sub>
1	Івано-Франківський цемент	21,7	4,91	4,62	66,2	1,73	0,21	0,62	0,16
2	Євроцемент Україна	22,1	5,0	9,0	64,0	0,92	0,94	1,01	0,27

Таблиця 2.2

**Мінералогічний склад цементів**

№ з/п	Вид цементу	Вміст основних мінералів, %				Вміст добавок, %	
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	Шлак	so <sub>3</sub>
1	Івано-Франківськцемент	62	17	4	14	-	0,09
2	Євроцемент Україна	54	20	11	12	9,2	2,8

Всі цементи рядові промислового виготовлення. Питома поверхня наведених цементів перебувала в межах 3000-3500 см<sup>2</sup> / г. Тут ви швидко цементах визначалися фізико-механічні властивості цементного каменю, цементно-піщаного розчину з досліджуваними добавками. Фізико-механічні характеристики зазначених цементів, визначені згідно з ДСТУ Б.В.2.7-46-2010.

Таблиця 2.3

**Фізико-механічні властивості цементів**

Фізико-механічні властивості	Вид цементу	
	1	2
Істинна густина, г/см <sup>3</sup>	3,1	3,2
Насипна густина, г/см <sup>3</sup>	1,3	1,3
Нормальна густина, %	26	27
Строки тужавіння, год –хв.		
-початок	2,30	3,10
-кінець	4,50	5,20
Тонкість помелу, %	8,2	8,7
Межа міцності в 28 діб, МПа		
- При стиску	47,2	41,0
- При згині	7,2	7,4
Рівномірність змінення об'єму	Витримав	Витримав

Згідно до ДСТУ Б.В.2.7-46-2010 Цемент Івано-Франківського заводу відноситься до марки ПЦ 500. а Євроцемент Україна – до марки ПЦ 400.

**3.2. Інертні матеріали**

Для виготовлення зразків і проведення досліджень були обрані інертні матеріали Кременчукських родовищ Полтавської області.

### 3.2.1. Дрібний заповнювач

Як дрібний заповнювач для розчинів використовувався пісок Кременчукського родовища, що задовольняє вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95, з істинною густиною - 2,6 г / см<sup>3</sup>, насипною густиною - 1,353 г / см<sup>3</sup>, пустотністю  $\Pi = (1 - 1,353 / 2,6) * 100 = 38,42\%$ .

Випробування дрібний заповнювач проводили відповідно до вимог ДСТУ Б В. 2.7 -232-2010

Гранулометричний склад представлений в табл. 2.4

Таблиця 2.4

#### *Гранулометричний склад піску*

Найменування залишків	Розмири сит, мм						Пройшло
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Приватні, г	-	6	38	104	388	432	
Приватні, %	-	0,6	3,8	10,4	38,8	43,2	
Повні, %	-	0,6	4,4	14,8	<b>52,6</b>	82,8	

Модуль крупності

$$M_{кр} = (0,6+4,4+14,8+52,6+2,8):100 = 1,5$$

Вміст органічних частинок - колір рідини над піском світліше еталона.

Зміст пилоподібних і глинистих часток, визначене методом відмулювання склало 0,82%.

Досліджуваний для випробувань пісок задовольняє вимогам для приготування бетонної суміші, використовуваної при бетонуванні.

### 3.2.2. крупний заповнювач

Як крупний заповнювач використовувався гранітний щебінь фракції 5-10 мм Кременчукського родовища. Крупний заповнювач випробовувався відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-71-2010

Істинна густина щебню.....	2,67 г/см <sup>3</sup> ;
Середня густина у куску .....	2,64 г/см <sup>3</sup>
Насипна густина.....	1340 кг/м <sup>3</sup>
Пустотність.....	50%.

### 3.3. Добавки

Як компоненти для розробки комплексної добавки досліджувався гіперпластифікатор «Fluid Premia 196» ефективні прискорювачі твердіння, вітчизняні гідрофобізатори.

Гіперпластифікаторів «Fluid Premia 196», являє собою високоефективний пластифікатор 1-ої групи на основі спеціальних карбоксилатів, без вмісту солей. Рідина (40% розчин) щільністю 1.05-1.06 кг/л. Рекомендоване дозування до 1.3% по рідкому речовині від маси цементу. Виробляється у Франції.

Добавка Sika 5Neu є мутнувату безбарвною рідиною (42-% розчин), щільність 1.084 кг / л, значення рН 4.5 + 1.0. Відповідає вимогам до водоредуцируючих добавок і гіперпластифікатор \* EN 934-2. Основа - водний розчин модифікованого полікарбоксилату.

Гідрофобізуюча кремнійорганічна рідина ГКЖ-ІІК виробляється Запорізьким промисловим об'єднанням «Кремнійполімер». Являє собою водний розчин метилсілконат калію, рідина прозора (50% розчин), щільність 1.4 г / см<sup>3</sup>.

Прискорювач твердіння **Релаксол – Темп 3** — рідина темно-коричневого кольору щільністю 1,22 г / см<sup>3</sup>, концентрація 32%, готова до застосування. Виготовляється ТОВ «Будіндустрія, ДТД м. Запоріжжя.

Розчин пожежо- та вибухобезпечний. Водні розчини Релаксол - Темп 3 не змінюють своїх властивостей при нагріванні до 85°C і заморожуванні до -40°C. Гарантійний термін зберігання - 6 місяців з дня виготовлення.

### **3.4. Методи експериментальних досліджень**

#### **3.4.1. Вивчення фізико-механічних властивостей в'язучих, розчину і бетону**

Середня густина цементного каменю визначалася на зразках кубиках розміром 2x2x2 см, цементно-піщаного розчину - на балочках розміром 4x4x16 см і бетону - на кубах з ребром 10 см, висушених до постійної маси при температурі 105 ° С.

Міцність при стисненні і вигині цементно-піщаного розчину визначали на зразках балочках розміром 4x4x16 см. Міцність при стисненні цементного каменю визначали на зразках - кубиках розміром 2x2x2 см. Випробування на міцність при стисненні бетонних зразків проводилися на зразках 100x100x100 мм за методикою ДСТУ Б В.2,7-214-2009 Методи визначення міцності за контрольними зразкам

Визначення рухливості, середньої щільності розчинних сумішей здійснювалося по ДСТУ Б Ф.1.1-59-95 «Розчини будівельні. Методи випробувань ». Визначення середньої щільності бетону вироблялося по ДСТУ Б.В.»7-214-2009«Бетони. Методи визначення щільності ».

Водопоглинення цементного розчину при капілярному підсосі з добавками визначали відповідно до ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Суміші сухі будівельні на цементному в'язучому. Методи випробувань »на зразках балочках розміром 40x40x160 мм. Зразки попередньо висушують до постійної маси, потім бічні грані зразків покривалися розплавленим парафіном. Водопоглинення при капілярному підсосі  $W_{кл}$  визначали за

формулою:  $W_{\text{кп}} = K_w \frac{m_2 - m_1}{S}$

де  $m_1$  - маса сухого зразка, кг;

$m_2$  - маса зразка після насичення водою, кг;

$S$  - площа зволоженої грані зразка, м<sup>2</sup>;

$K_w$  - коефіцієнт, що враховує час насичення зразка.

## РОЗДІЛ IV

### ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ

Для вибору компонентів комплексної добавки були вивчені гіперпластифікатор зарубіжного виробництва, ефективні прискорювач твердіння і гідрофобізатор вітчизняного виробництва. Вибір того чи іншого компонента комплексної добавки з представлених, обумовлювався найкращим впливом на фізико-механічні властивості цементно розчину і важкого бетону.

#### **4.1 Вплив суперпластифікатору на властивості цементного тесту, фізико-механічні властивості бетону.**

Реологічні властивості цементного тесту з добавками гіперпластифікатору вивчали за допомогою приладу Віка. Вивчення впливу добавок на зміну нормальної густоти цементного тесту вироблялося на портландцементях Івано-Франківського та Євроцемент Україна заводів. У табл. 4.1 наводяться результати досліджень впливу досліджуваної добавки на зміну нормальної густоти цементного тесту, з якої випливає, що добавка Fluid Premia 196 інтенсивно знижує водопотребність цементного тесту в кількості 1-1.2% від маси цементу. При цьому встановлено, що найбільшу зниження водопотреби цементного тесту на Івано-Франківському портландцементі У меншій мірі мінералогічний склад цементів впливає на пластифікуючу здатність добавки здолавши Fluid Premia 196. Таким чином, виконані дослідження показали, що за інтенсивністю зниження водопотреби цементного тесту досліджувана добавка здатна знижувати кількість води для досягнення необхідної рухливості бетонної суміші.

Таблиця 4.1

**Вплив пластифікатору на нормальну густину цементного тіста**

Вид добавки	Кількість добавки, %	Показник нормальної густоти тіста на цементі	
		1	2
-	-	$\frac{26}{100\%}$	$\frac{27}{100\%}$
Fluid Premia 196	0.6	$\frac{0.22}{83.6\%}$	$\frac{0.23}{83.0\%}$
	0.8	$\frac{0.21}{80.8\%}$	$\frac{0.22}{81\%}$
	1.0	$\frac{0.2}{77\%}$	$\frac{0.213}{78\%}$
	1.2	$\frac{0.1923}{74\%}$	$\frac{0.2075}{76.8\%}$
	1.4	$\frac{0.187}{72\%}$	$\frac{0.1995}{73.8\%}$

**Примітка:** в табл. 4.1 в чисельнику наведено абсолютний показник нормальної густоти, а в знаменнику - відносний, в%.

Аналіз даних таблиці свідчать про те, що з уведенням суперпластифікатору нормальна густота цементного тіста знижується. Так при уведенні суперпластифікатору у кількості 0,6% від маси цементу нормальна густота цементного тіста знижується майже на 16% на портландцементу Івано-Франківського заводу й на 17% на портландцементу заводу Євроцемент Україна. Подальше збільшення витрат суперпластифікатору призводить до ще більшого зниження нормальної густоти цементних каменів обох типів цементу. Так при уведенні суперпластифікатору у кількості 1,4% від маси цементу нормальна густота цементного тіста знижується на 28 та 26 % відповідно до типів цементу.

У таблиці 4.2 наводяться результати дослідження впливу добавки на міцність цементного каменю з цементного тіста нормальної густоти і випробуваного в віці 28 діб природного твердіння.

Таблиця 4.2

**Вплив добавок на міцність цементного каменю**

Добавка	Вміст добавки? %	Міцність цементного каменю при стиску МПа	
		1	2
---	-----	47,3 /100%	41,2/100%
Fluid Premia 196	1	52.7/111.4%	45.6/110.6%
	1.2	55.9 /118.2%	48.5/117.8%
	1.4	57.3/121.1%	49.3/119.7
	1,6	58,4/123,4%	51,3/124,0%

**Примітка:** в табл. 4.2 в чисельнику наведена міцність в МПа, а в знаменнику - відносна, в%.

Аналіз даних таблиці свідчат про те, що уведення суперпластифікатору у цементне тісто сприяє збільшенню міцності цементного каменю. Так без добавки цементний камінь показує міцність 47,3 та 41,2 МПа відповідно. Уведення суперпластифікатору 1,0% від маси цементу сприяло збільшенню міцності каменю на 11 та 10 % відповідно до типу цементів. Подальше збільшення витрат добавки сприяло подальшому збільшенню міцності цементного каменю. Так при витраті добавки 1,4 % від маси цементу міцність цементного каменю збільшилась на 21 та 19% відповідно. При подальшому збільшенні витрат добавки інтенсивність зміцнення міцності цементного каменю знижується

Результати випробувань цементного каменю на стиск (табл. 4.2) показали, що оптимальним вмістом добавки Fluid Premia 196 є зміст 1,4%

від маси цементу. Подальше збільшення витрат добавки не призводить до значного підвищення міцності при стиску.

У таблиці 3.3 наведені результати дослідження впливу пластифікатора на водопотребність рівнопластичних розчинних сумішей, а також міцність при стисненні і вигині цементного розчину в віці 28 діб природного твердіння

Таблиця 4.3

**Вплив пластифікатора на водопотребність рівнопластичних розчинних сумішей**

№ з/п	Вид добавки	Витрати добавки, %	Густина розчину, кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	Міцність цементно-піщаного розчину, МПа у віці			
					7		28	
					При згині	При стиску	При згині	При стиску
1	Fluid Premia 196	----	2330	0,42	4,05	23,56	4,96	31,54
			2330	0,44	3,98	23,26	4,98	30,21
		0,8	2340	0,39	4,65	29,04	5,16	39,42
			2340	0,41	4,58	29,76	5,01	39,04
		1,0	2360	0,34	5,74	36,03	6,21	47,02
			2360	0,35	5,52	35,9	6,09	46,08
		1,2	2380	0,32	5,82	39,42	7,05	54,2
			2380	0,33	5,64	38,85	6,93	54,1
		1,4	2380	0,3	6,54	51,8	7,14	55,82
			2380	0,31	6,48	51,3	7,02	54,9

**Примітка** : над рисою наведені показники на портландцементі Івано-Франківського заводу; під рисою - портландцемент Євроцемент Україна.

Як спостерігаємо з таблиці суперпластифікатор сприяє незначного збільшенню густини розчинних сумішей. Водоцементне відношення знижується від 0,42 до 0,3 для портландцементу Івано-Франківського заводу та від 0,44 до 0,31 для цементу заводу Євроцемент Україна. З збільшенням витрат суперпластифікатора міцність розчинів у віці 7 діб зростає від 4,05 до 6,54 МПа, що складає 61%. У віці 28 діб міцність при стиску з збільшенням витрат добавки до 1,4% відмаси цементу, на 77% та 81% для

портландцементів Івано\_франківського заводу та заводу Євроцемент Україна відповідно.

У таблиці 4.4 наведені результати впливу добавок на фізико-механічних властивості важкого бетону віці 1, 3, 7 і 28 діб.

Для експерименту прийнятий виробничий склад бетонної суміші марки М350 з осадкою конуса 8-9 см з витратою портландцементу 450 кг / м<sup>3</sup>, піску 595 кг / м<sup>3</sup>, щебеню 1140 кг / м<sup>3</sup>. Вода додавалася в бетонну суміш до досягнення рівної рухливості.

Таблиця 4,4

**Вплив добавки на фізико-механічні властивості важких бетонів**

№ з/п	Вид добавки	Витрати добавки, %	Густина розчин бетонної суміші, кг/м <sup>3</sup>	Міцність при тиску бетону, МПа у віці			
				1	3	7	28
1	Fluid Premia 196	-----	2370	7,52	18,05	29,38	46,6
			2370	6,65	18,5	24,7	41,2
		0.8	2390	10,83	25,27	40,25	48,57
			2390	9,64	26,09	35,03	44,86
		1.0	2460	11,77	27,33	43,12	50,02
			2460	11,04	26,74	38,52	46,7
		1.2	2480	12,44	28,68	44,51	54,93
			2480	12,09	28,08	37,8	51,4
		1.4	2480	13,21	29,63	47,21	56,24
			2480	12,49	28,41	41,22	50,41

**Примітка:** над рисою наведені показники бетону на портландцементі Івано-Франківського заводу; під рисою - портландцементе Євроцемент Україна.

З табл. 4.4 видно, що добавка сприяє підвищенню міцності бетону у всі терміни твердіння.

У віці 28 діб нормального твердіння міцність бетону при стисненні з добавкою підвищується з 46,6 до 54.24 МПа, тобто на 19%. При цьому

найбільше підвищення міцності досягається при введенні добавки в кількості 1,4% від маси цементу.

Добавки суперпластифікатори призначені для збільшення рухливості бетонної суміші від П1 до П5 не знижуючи міцності бетону і розчину не більше 5%. Для цього були проведені випробування добавки Флюїд премія 196 на властивості бетонної суміші і бетону. Водо-цементне відношення контрольного складу та складу з добавками було постійним. Результати випробувань наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

***Вплив досліджуваної добавки на збільшення рухливості бетонної суміші і кінетику набору міцності бетону***

№ з/п	Вміст добавки, % від маси цементу	ОК, см	Міцність при стиску МПа бетону у віці, діб			
			1	3	7	28
1	-	2	9,7	21,8	33,4	40,3
2	1,2	24	10,4	22,3	33,9	42,8

Досліджувана добавка не уповільнюють набір ранньої міцності бетону при однаковому водоцементному відношенні. При цьому рухливість бетонної суміші зростає від П1 для контрольного складу до П5 для складу з модифікуючою добавкою.

За результатами проведених досліджень виявлено, що добавка сприяє підвищенню міцності бетону на стиск як в ранні терміни твердіння, так і в проектному віці.

**4.1 Вплив суперпластифікатору на властивості цементного тесту, фізико-механічні властивості бетону.**

Для вибору прискорювача твердіння, як компонента до комплексної добавці, була розглянута і вивчена добавка: «Релаксол ТЕМП-3» Запорізького виробництва "Будіндустрія" та хлорид кальцію.

Таблиця 4.6

**Вплив добавки на нормальну густоту і терміни тужавіння  
цементного тесту**

№ з/п	Вміст добавок, %		Нормальна густина цементного тіста, %	Строки тужавіння, хв	
	Темп-3	CaCl <sub>2</sub>		початок	кінець
1	---	---	0,26/0,27	155/186	305/315
	1,0	---	0,26/0,27	87/102	155/188
	---	1,0	0,26/0,27	94/115	163/202

**Примітка:** над рискою наведені показники для портландцементу Івано-Франківського заводу за рискою - Євроцемент Україна.

З табл. 4.6 видно, що всі добавки впливають на терміни тужавіння цементного тесту, але не впливають на нормальну густоту.

Для портландцементу Івано-Франківського заводу початок тужавіння з добавками зменшується на 68 хв, кінець тужавіння - на 150 хв, в порівнянні з контрольним складом. За ефективністю впливу на початок тужавіння добавки розташовуються в наступній послідовності: ТЕМП-3, хлорид кальцію.

Для портландцементу заводу Євроцемент Україна початок тужавіння з добавками зменшується на 61 хв, кінець схоплювання - на 113 хв, в порівнянні з контрольним складом. За ефективністю впливу на початок

тужавіння добавки розташовуються в наступній послідовності: ТЕМП-3, хлорид кальцію.

Вивчено вплив досліджуваних добавок на фізико-механічні властивості важкого бетону нормального твердіння у віці 1, 3, 7 і 28 діб.

Склад бетону, визначеного для експерименту, описаний в главі 3.1. Результати випробувань на портландцементі Івано-Франківського заводу наведені в табл. 3.8.

Таблиця 4.7

**Вплив прискорювачів твердіння на міцність бетону при стисненні на портландцементі Івано-Франківського заводу**

№ з/п	Вміст добавок, %		Міцність бетону при стиску, МПа у віці, діб			
	ТЕМП-3	CaCl <sub>2</sub>	1	3	7	28
1	-----	-----	7.52/100%	18.05/100%	29.38/100%	36.8/100%
2	1.0	0	10.15/135%	20.57/114%	33.2/113%	40.11/109%
3	0	1.0	10.38/138%	21.48/119%	34.49/114%	40.48/110%

**Примітка:** над рискою наведено середнє значення показника; під рискою - відносне значення показника в% від контрольного.

Як видно з таблиці обидва прискорювачі тверднення цементу мають практично однаковий вплив на міцність бетону на портландцементі Івано-Франківського заводу. Так, при використанні обох типів прискорювачів тверднення цементу бетон на початкових стадіях набирає міцність швидше, а потім набір міцності дещо вирівнюється. При марочному віці міцність бетону більша ніж контрольного складу на 10%. У віці одної доби зростання міцності найбільша й складає 135-138% від марочної.

Таблиця 4.8

**Вплив прискорювачів твердіння на міцність бетону при стисненні на портландцементі заводу Євроцемент Україна**

№ з/п	Вміст добавок, %		Міцність бетону при стиску, МПа у віці, діб			
	ТЕМП-3	CaCl <sub>2</sub>	1	3	7	28
1	-----	-----	6,65/100%	17.35/100%	24.70/100%	33.45/100%
2	1.0	0	9,17/134%	22,12/125%	28,89/117%	35.12/105%
3	0	1.0	8,98/135%	21.83/118%	28.16/114%	34,22/102%

Як видно з даних, наведених в табл. 3.9 найбільш ефективним прискорювачом в першу добу тверднення є ТЕМП-3. При його застосуванні

підвищення міцності бетону в першу добу тверднення становить 34%. Однак в наступну добу твердіння ефективність убуває, і на 28-добу міцність бетону збільшується всього на 5% в порівнянні з контрольним.

Таким чином, за результатами проведених досліджень було встановлено, що найкращим впливом на кінетику набору міцності важкого бетону володіє добавка ТЕМП-3 в дозуванні 1,0-1,2% від маси цементу. Саме дана добавка, відрізняється найнижчою вартістю, використана в якості другого компонента для розроблюваної комплексної добавки.

Результати проведених досліджень дозволяють визначити склад комплексної добавки для бетонів, яка складається з пластифікатора «Fluid Premia 196» та прискорювача тверднення цементних композицій «Релаксол ТЕМП-3».

Суперпластифікатор «Fluid Premia 196» ----- 60%

Прискорювач тверднення ТЕМП-3 -----40%

## РОЗДІЛ V

### ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕННОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ

#### 5.1. Застосування методів математичного планування експерименту для оптимізації складів бетонів.

Планування експерименту – це комплексна процедура вибору числа дослідів й умов їх проведення, необхідних та достатніх для розв’язання поставленої задачі з необхідною точністю. З метою досконалого вивчення особливостей впливу змінних факторів на фізико-механічні властивості бетонів з використанням золошлаків, у роботі був реалізований трифакторний план планування експерименту. Згідно плану першу серію зразків було випробувано на міцність при стиску для визначення впливу вхідних параметрів на міцність при стиску. Вхідними параметрами для всіх серій зразків були витрати цементу, вміст комплексної добавки та співвідношення піску та щебню. Умови планування експерименту наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

#### *Умови планування експерименту*

Змінні фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральні	Кодові	-1	0	1	
Витрати цементу	X1	400	500	600	100
Вміст добавки	X2	1,0	1,5	2,0	0,5
Співвідношення П/Щ	X3	0,25	0,3	0,35	0,5

Матриця планування експерименту у натуральних значеннях наведена у таблиці 5.2. Параметрами відклику матриці були міцність при стиску МПа, рухливості бетонної суміші.

Таблиця 5.2.

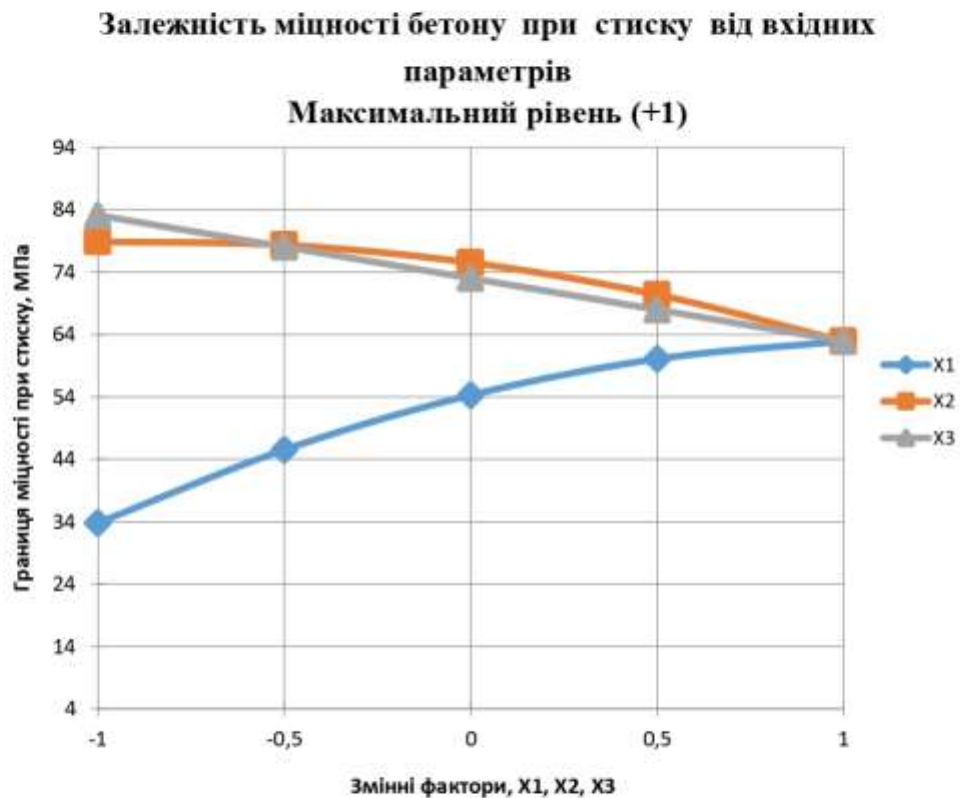
**Матриця планування експерименту у натуральних значеннях змінних параметрів**

№	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$R_{ст}$ МПа	ОК, см
1	2	3	4	3	7
1	600	2	0,35	72,3	16
2	400	2	0,35	43,4	22
3	600	1,0	0,35	70,1	11
4	400	1,0	0,35	38,6	15
5	600	2	0,25	75,0	24
6	400	2	0,25	45,1	22
7	600	1,0	0,25	72,7	16
8	400	1,0	0,25	41,3	18
9	600	1,5	0,3	73,6	20
10	400	1,5	0,3	44,4	22
11	500	2	0,3	61,1	23
12	500	1,0	0,3	59,5	15
13	500	1,5	0,35	63,6	19
14	500	1,5	0,25	65,4	22
15	500	1,5	0,3	66,7	21
16	500	1,5	0,3	67,0	22
17	500	1,5	0,3	68,0	18

В результаті обробки отриманих експериментальних даних, наведених у табл. 5.2, одержано рівняння регресії та розраховані залежності зміни міцнісних характеристик бетонів від змінних факторів варіювання ( $X_1$  – витрата цементу;  $X_2$  – витрата комплексної добавки;  $X_3$  – співвідношення П/Щ).

$$R_{ст} = 67,5 + 15,09X_1 + 1,17X_2 - 1,16X_3 - 5,93X_1^2 - 4,63X_2^2 - 0,51X_1X_2 - - 8,93X_2X_3$$

Аналіз отриманих даних показує, що наведене рівняння адекватно описує результати експерименту і може бути використане для розрахунку та вибору оптимального складу важких бетонів з використанням розробленої комплексної добавки. Графічна інтерпретація отриманих результатів експерименту показана на рис.5.1.



*Рис 5.1 Залежність бетону при стиску від змінення значень вхідних параметрів на максимальному рівні*

Аналіз даних графіку показує, що на максимальному рівні вхідних параметрів тобто витрати цементу 600 кг на м<sup>3</sup> бетону, максимальному співвідношенні піску и щебню и витрати комплексної добавки у кількості 2% від маси цементу, міцність при стиску бетону з зменшенням витрат

цементу зростає знижується від 64 МПа до 34 МПа. При зниженні витрат комплексної добавки від 2% до 1% міцність бетону зростає від 64 МПа до 76 МПа. При зниженні співвідношення піску та щебню міцність бетону також збільшується від 64 МПа до 78 МПа.

Цей феномен можна пояснити тим, що витрати цементу є основним показником, яка впливає на міцність бетону, це явище не потребує додаткових пояснень.

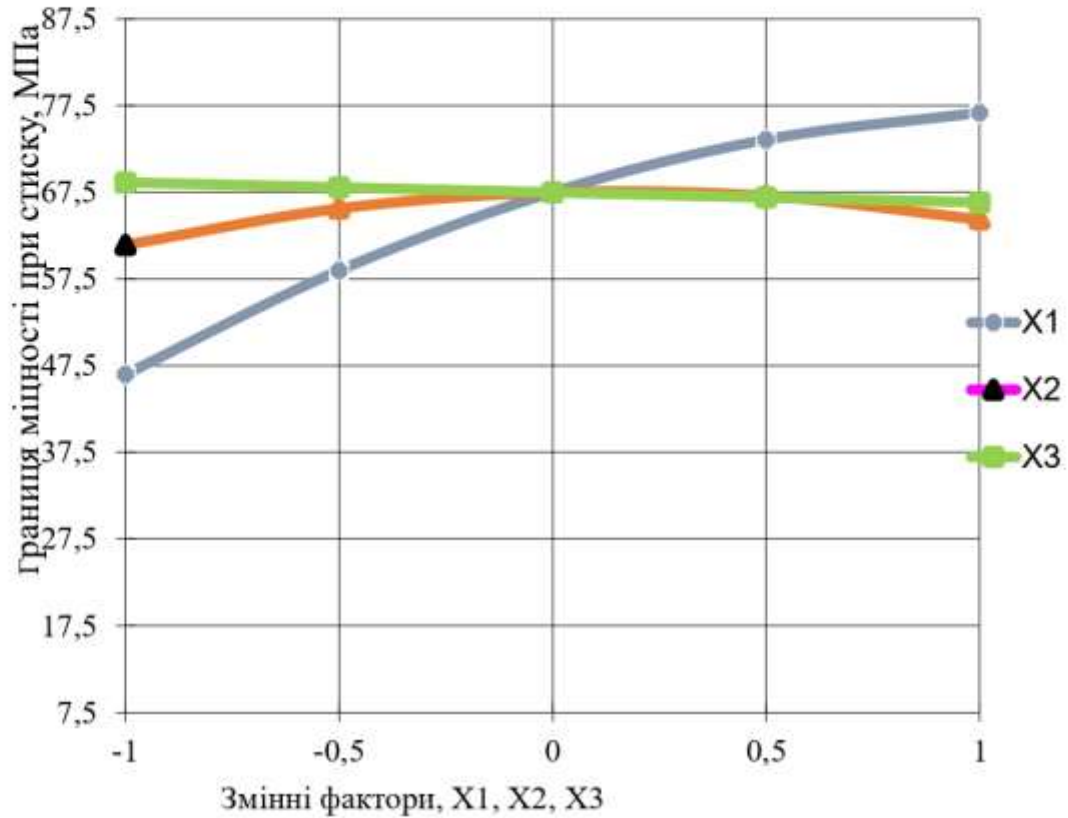
Зниження міцності бетону з збільшенням витрат комплексної добавки можна пояснити тим, що 2% від маси цементу не є оптимальною витратою. Комплексна добавка сприяє, у даному випадку, збільшенню рухливості бетонної суміші, що викликає розшарованості останньої. Як відомо розшарування викликає порушення гомогенності суміші, що у свою чергу сприяє зниженню міцності бетону.

Збільшення міцності бетону при зниженні співвідношення піску до щебню, пояснюється тим, що при максимальному витрати піску порушується структура бетону, у неї збільшується розчинна частина. Як відомо розчин має міцність меншу ніж крупний заповнювач – гранітний щебінь, тому при зниженні кількості піску збільшується кількість щебню, що сприяє оптимізації структури бетону і як наслідок збільшенню міцності при стиску.

Як відомо бетон є композитним матеріалом, в якій роль матриці виконує цементний камінь, роль включень грає дрібний та крупний заповнювачі. Згідно теорії композитних матеріалів, міцність композита пропорційно залежить від міцності окремих компонентів, тому збільшення самого міцного компонента як щебінь сприяє збільшенню міцності композита, в нашому випадку бетону.

Змінення міцності бетону при змінненні значень вхідних параметрів на нульовому рівні наведено на рис. 5.2

**Залежність міцності при стиску від вхідних параметрів  
Нульовий рівень**



*Рис. 5.2. Змінення міцності бетону при змінненні значень вхідних параметрів на середньому рівні.*

Вплив значень вхідних параметрів на міцність бетону на середньому рівні є найбільш інформативним. Аналіз графіків свідчить про те, що при витрати вхідних параметрів на нульовому рівні, тобто цементу 500 кг на м<sup>3</sup>, витрат комплексної добавки 1,5% від маси цементу та співвідношенні піску до щебню міцність бетону складає 67,5 МПа. Така міцність бетону більша ніж міцність контрольного складу бетону на 26%.

Із збільшенням витрат цементу, як й слід було очікувати, міцність бетону збільшується майже на 10 МПа і складає 77,5 МПа, на 15%. При зниженні витрат цементу міцність бетону знижується майже на 20 МПа або на 30%. Це явище, як й при аналізі попереднього графіку, не потребує пояснень тому, що цемент як відомо є компонентом, що забезпечує міцність цементних композицій.

Вплив параметру X2 тобто витрат комплексної добавки, значно виразний. При збільшенні витрат добавки міцність бетону знижується. Пояснення цього феномена було виконано при аналізі попереднього графіку. З збільшенням витрат добавки збільшується розшарованість бетонної суміші, що призводить до порушення структури затверділого бетону, тому міцність бетону знижується. При зменшенні витрат комплексної добавки міцність бетону, як показує графіку, також знижується. Пояснюється це тим, що добавки виконує роль компонента, що знижує сили тертя між частинками крупного та дрібного заповнювачів, що сприяє більш компактному упаковуванню компонентів суміші. Це сприяє більш якісному ущільненню суміші, що забезпечує підвищення міцності бетону.

Вплив параметру X3 тобто співвідношення піску до щебню на графіках не має виразного характеру. Але при зніженні співвідношення міцність бетону має тенденцію до збільшення, хоча й мізерно. Практично можна констатувати, що на середньому рівні значень вхідних параметрів вплив співвідношення піску до щебню не спостерігається.

## **5.2 Вплив комплексної добавки на рухливість бетонної суміші.**

Основним критерієм оцінки рухливості бетонної суміші є осідання конусу Абрамса. В даній роботі вплив комплексної добавки на рухливість бетонної суміші оцінювався осіданням конусу. Бетонну суміш готували у бетонозмішувачі примусової дії ємністю ківша 125 л. Завантаження

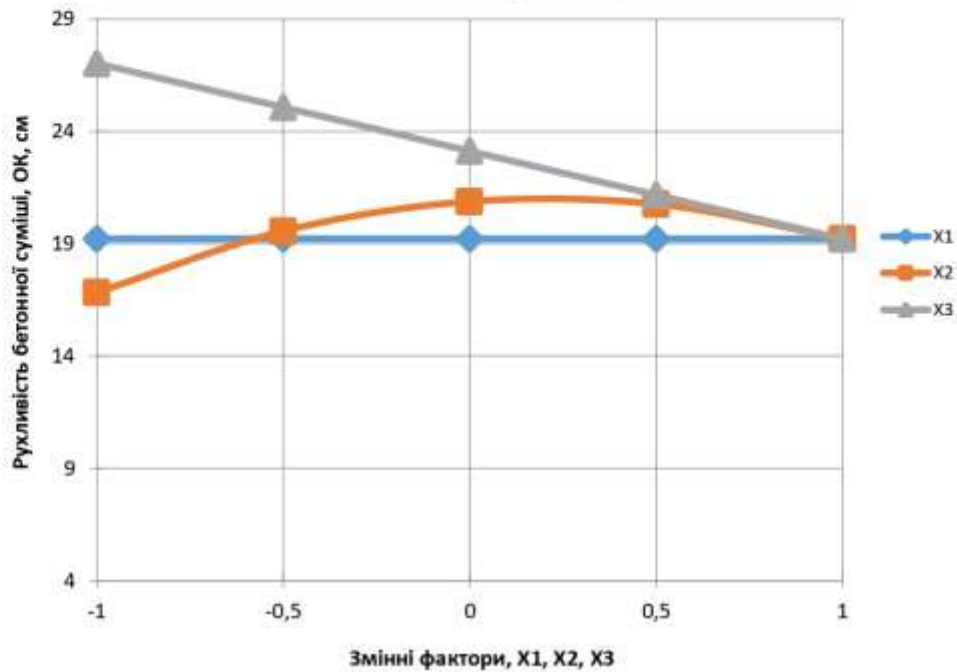
компонентів бетонної суміші у змішувач провадили у ручну у наступної послідовності: щебунь + пісок+цемент; суміш змішували протягом 3 хв у суху. Потім додався вода з добавкою, потім суміш змішували протягом 5 хв. За готівності суміш відвантажували у лабораторну баддю та визначали осідання конусу. Результати досліджень заносили у таблицю планування експерименту та опрацьовали статистичними методами. У результаті обробки було одержане рівняння регресії, яка адекватно описувала процеси за критеріми Фішера.

$$\begin{aligned} \text{OK} = & 22.77 - 1.2X_1 + 3.2X_2 - 1.9X_3 - 0.85X_1^2 - 2.85X_2^2 - 1.35X_3^2 \\ & - 0.25X_1X_2 - 1.25X_1X_3 - 2.0X_2X_3 \end{aligned}$$

За результати рішення одержаного рівняння були побудовані графіки залежності рухливості бетонної суміші від змінення значень вхідних параметрів.

На рис. 5.3 наведені графіки залежності рухливості бетонної суміші від вхідних параметрів на максимальному рівні.

**Залежність рухливості бетонної суміші від вхідних параметрів  
Максимальний рівень (+1)**



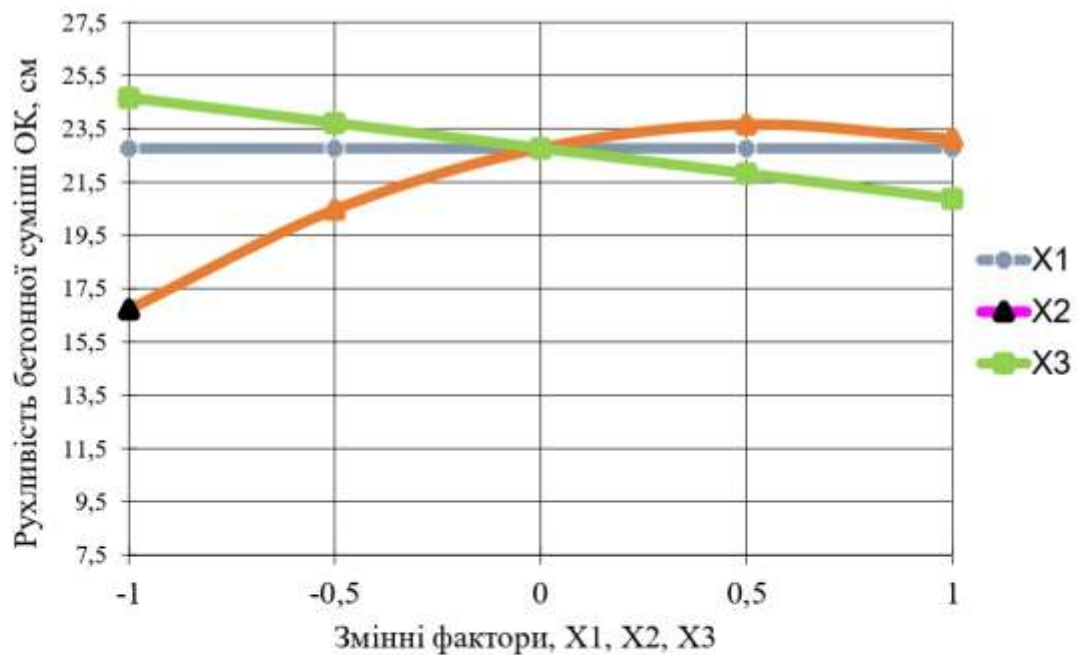
*Рис. %.3 Залежність рухливості бетонної суміші від вхідних параметрів на максимальному рівні зміни їх значень.*

Аналіз графіків свідчат про те, що витрати цементу не має практичного впливу на рухливість бетонної суміші. Так у всьому інтервалі змінення витрат цементу у межах експерименту, рухливість бетонної суміші залишається постійною. Це явище можна пояснювати тим, що цемент при наявності достатньої води або суперпластифікатора створює початкову структуру цементного тіста яка зберігає свою структуру та пластичну міцність.

Як спостерігаємо з графіку витрати добавки має значний вплив на рухливість бетонної суміші. Залежність витрат добавки має параболічний характер з максимальним значенням на середньому рівні, тобто при витраті

1. % від маси цементу. При подальшому зміні витрат у бік збільшення або зниження, рухливість бетонних сумішей знижується. При цьому слід зазначити, що інтенсивність зниження рухливості спостерігається при зниженні витрат. Це можна пояснювати тим, що при зниженні витрат добавки збільшуються сили тертя між компонентами суміші, що сприяє зниженню рухливості.

Вплив параметру  $X_3$  тобто співвідношення піску до щебню має пряmolінійний характер. Так при зниженні співвідношення рухливість бетонної суміші збільшується. Очевидно, що при зменшенні кількості піску у суміші знижуються й контакти між компонентами суміші, що сприяє збільшенню рухливості.



*Рис. 5.4. Залежність рухливості бетонної суміші від вхідних параметрів на середньому рівні*

Аналіз графіків показує, що як й на максимальному рівні, рухливість бетонної суміші практично не залежить від витрат цементу, тому відповідна лінія графіку пряма на рівні 22.5 см. Цей феномен був пояснений при аналізі попереднього графіку.

Вплив параметру  $X_2$  тобто витрат комплексної добавки показує, що вона має значний вплив на рухливість бетонної суміші. Так, графік має, як й у попередньому графіку, криволінійний характер з максимумом дещо змещеною у бік максимальних значень. Але при зниженні витрат добавки інтенсивність зниження рухливості бетонної суміші збільшується. При зниженні витрат добавки в межах експерименту, рухливість бетонної суміші змінюється від 16 см до 22.5 см осідання конуса.

Значний вплив на рухливість бетонної суміші має також співвідношення піску до щебню. Так при зниженні співвідношення рухливість бетонної суміші збільшується. Очевидно, що при зниженні кількості піску в суміші знижується кількість можливих контактних зон між компонентами, що сприяє зниженню зусилі тертя між компонентами.

## РОЗДІЛ VI

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

#### 6.1 Загальні положення

Під час зведення будівельних об'єктів повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників та населення, яке перебуває на прилеглій до будівельного об'єкта території, небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За можливості впливу таких факторів необхідно розробити та реалізувати заходи відповідно до ДБН А.3.2-2-2009, інших нормативних документів, нормативно-правових актів.

Вимоги до заходів із забезпечення безпеки праці необхідно зазначити у проектно-технологічній документації - проектах організації будівництва - ПОБ, проектах виконання робіт - ПВР. Виконання будівельно-монтажних робіт без ПВР забороняється.

Організація і виконання будівельно-монтажних робіт повинні відповідати вимогам:

- законодавства України про охорону праці;
- природоохоронного законодавства;
- нормативно-правових актів, що містять вимоги з охорони праці;
- державних стандартів системи стандартів безпеки праці (ССБП);
- державних будівельних норм (ДБН);
- правил безпечного зведення та безпечної експлуатації будинків і споруд;
- галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці, що затверджені у визначеному порядку;

- гігієнічних нормативів, санітарних правил і норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Організація виконання робіт з приготування цементобетонних сумішей

повинна відповідати вимогам ДБН А.3.2-2-2009 та ГОСТ 12.3.002[55].

Під час приготування, подавання, укладання і догляду за бетоном, заготовлення, монтажу арматури, а також монтажу та демонтажу опалубки повинні бути вжиті заходи із запобігання впливу на працюючих таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті до 1,3 м і більше;
- машини, що рухаються, та предмети, що ними переміщуються;
- обвалення елементів будівельних конструкцій і опалубки;
- підвищена температура арматури (під час виконання робіт із попереднього термонапруження арматури);
- шум і вібрація, недостатня освітленість робочого місця;
- несприятливі метеорологічні умови;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини.

Цемент для виконання бетонних робіт необхідно зберігати в силосах, бункерах, ларях, інших закритих ємностях, запобігаючи розпиленню під час завантаження і вивантаження. Завантажувальні отвори повинні бути закриті захисними ґратами, а ґрати закриті на замок.

Цементобетонні суміші повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96.

Обладнання, яке застосовується для виготовлення цементобетонних сумішей, повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003 і ГОСТ 12.2.011.

При виконанні робіт з приготування цементобетонних сумішей можливий вплив таких небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- машини та механізми, що рухаються, рухливі частини виробничого обладнання (дозатори, бетонозмішувачі, гідроприводи, насоси);
- підвищена запиленість повітря при вантажно-розвантажувальних та транспортних роботах;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- токсичність вихідних матеріалів та хімічних добавок;
- недостатнє освітлення робочої зони.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони, які утворюються в процесі виробництва цементобетонних сумішей, не повинна перевищувати норм, передбачених ГОСТ 12.1.005 та ГОСТ 12.1.007. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничих будівель, технологічних процесів, обладнання, вентиляції та, для контролю за якістю виробничого середовища та профілактики несприятливого впливу на здоров'я працюючих.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони підлягає систематичному контролю для попередження можливості перевищення гранично допустимих концентрацій - максимально разових робочої зони (ПДК<sub>мр. рз</sub>) і середньозмінних робочої зони (ПДК<sub>сс. рз</sub>).

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин різноспрямованої дії залишаються такими ж, як і при ізольованому впливі.

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії (за висновком органів державного санітарного нагляду) відношення фактичних концентрацій кожної з них ( $K_1, K_2, \dots, K_n$ ) у повітрі до їх ГДК ( $\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2 \dots \text{ГДК}_n$ ) не повинна перевищувати одиниці:

$$\frac{K_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1 \quad (6.1)$$

При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт на виробничих базах та цементобетонних заводах слід дотримуватись вимог ГОСТ 12.3.009 і ГОСТ 12.3.020.

Пожежна безпека на робочих місцях та ділянках повинна забезпечуватись виконанням вимог ГОСТ 12.1.004, НАПБ А.01.001.

Електробезпека на робочих місцях та ділянках повинна забезпечуватись виконанням вимог ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.038, НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32[55].

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємств повинні прийматися згідно з ДСН 3.3.6.037-99[56].

Параметри постійного шуму на робочих місцях, що нормуються, є рівнями звукових тисків у октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц в децибелах, які визначаються за формулою:

$$L = 20 \text{ Lg } P/P_0 \quad (6.2)$$

де:  $P$  - середньоквадратичне значення звукового тиску у кожній октавній смузі, Па;

$P_0$  - вихідне значення звукового тиску у повітрі, що дорівнює  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Вібраційні навантаження, що виникають на робочих місцях, повинні відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1.012 і ДСН 3.3.6.039. Допустимі параметри (віброшвидкості, віброприскорення, вібраційне навантаження) виробничої вібрації (загальної, локальної), що нормуються, приймаються відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.012[56].

Обмеження часу впливу вібрації повинно здійснюватися шляхом встановлення для осіб вібронезбезпечних професій змінного режиму праці, реалізованого в технологічному процесі. Режим праці повинен встановлюватися при показнику перевищення вібраційного навантаження на оператора не менше 1 дБ (в 1,12 рази), але не більше 12 дБ (в 4 рази). При показнику перевищення більше 12 дБ (у 4 рази) забороняється проводити роботи і застосовувати машини, що генерують таку вібрацію.

## **6.2 Вимоги до технологічних процесів**

Вимоги до технологічного процесу повинні бути викладені в проектно-технологічній документації (проекти виконання робіт, технологічний процес).

Технологічні процеси з приготування цементобетонних сумішей мають виконуватись відповідно до правил технічної експлуатації обладнання, що використовується, машин та механізмів, з дотриманням вимог, що забезпечують захист працюючих від впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Розміщення обладнання повинно забезпечувати безпеку та зручність його обслуговування та можливість евакуації працюючих. Обладнання, яке створює підвищений рівень шуму, необхідно розташовувати в окремих

приміщеннях або поміщати в звукоізолюючі кожухи. Робочі місця операторів (у шумних приміщеннях) повинні бути розташовані у звукоізолюючих кабінах. Пульти управління повинні розміщуватись у приміщенні, зручному та безпечному для спостереження за обладнанням технологічного процесу.

Робочі місця повинні відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.2.061, бути забезпечені засобами для прибирання, а також аптечками з необхідним складом медикаментів та нейтралізуючих речовин. У небезпечних зонах, а також на обладнанні повинні бути встановлені знаки безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026, ДСТУ ISO 6309 та огорожі згідно з ГОСТ 12.2.003.

Безпека процесу приготування цементобетонних сумішей має забезпечуватися:

- автоматизацією та механізацією технологічних операцій;
- герметизацією обладнання;
- веденням процесів відповідно до технологічного регламенту;
- використанням, при можливості, нешкідливих речовин.

Процеси приготування цементобетонних сумішей повинні бути організовані таким чином, щоб виключити забруднення навколишнього середовища (повітря, ґрунту та водойм) шкідливими речовинами та відходами від виробництва. Такі відходи повинні бути знешкоджені відповідними засобами.

До обслуговування обладнання, яке застосовується для приготування цементобетонних сумішей, допускаються професійно підготовлені робітники не молодше 18 років, які мають кваліфікаційне посвідчення на право управління відповідним обладнанням.

### 6.3 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які діють на працюючих

При виробництві будівельних розчинів на працюючих, можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

запиленість повітря – так як на виробництві використовуються дрібнодисперсні матеріали (цемент) існує небезпека потрапляння їх у повітря і утворення пилоповітряної суміші, котра при потрапленні в організм людини може спричинювати негативні наслідки;

випаровування хімічних добавок – під час виготовлення будівельних розчинів з використанням добавок існує можливість їх випаровування та потрапляння до дихальних шляхів;

недостатнє освітлення робочого місця – так як виробництво знаходиться у приміщенні існує можливість шкідливого впливу на працюючих недостатнього освітлення робочих місць;

електричний струм – оскільки робота пов'язана з обладнанням, котре працює від електромережі існує небезпека ураження працюючих електричним струмом.

Пил - основний шкідливий фактор на багатьох промислових підприємствах, обумовлений недосконалістю технологічних процесів.

Наявність порошу в повітрі робочих приміщень зумовлена характером та організацією технологічного процесу, ступенем герметичності устаткування, наявністю або відсутністю вентиляційних установок, ефективністю їх роботи.

Заходи щодо боротьби з пилом різноманітні і, як правило, повинні вживатись у комплексі. Їх можна поділити за характерними, ознаками та спрямованістю:

- скорочення утворення пилу;
- зменшення запиленості приміщень;
- ліквідація пилоутворення від устаткування;
- обмеження поширення пилу у приміщенні.

До заходів, завдяки яким скорочується утворення пилу, належать: раціоналізація технологічних процесів, мокрі способи обдирання та шліфування виливок, зволоження переробних матеріалів і підтримання чистоти приміщень та устаткування. Знижує пилоутворення і використання прогресивних технологічних процесів та устаткування (формування методом пресування, термомеханічні й механічні види зварювання, електрохімічне очищення виливок).

Заходами, які ліквідують пилоутворення та обмежують поширення пилу у приміщенні, є герметизація устаткування, влаштування місцевої вентиляції.

Якщо санітарно-технічні заходи щодо зниження пилу у робочій зоні не дають достатнього ефекту, необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту.

#### **6.4 Вимоги безпеки при використанні добавок**

Добавки для бетонів і розчинів повинні мати стійкість до зовнішнього впливу. Після закінчення гарантійного терміну зберігання добавки повинні бути випробувані в бетоні і розчині. Добавка вважається придатною до застосування, якщо її ефективність не змінилася. Слід зберігати в умовах, передбачуваних технічною документацією на них. Водні розчини добавок повинні зберігатися у закритій тарі, порошкоподібні і кристалічні продукти – в умовах, що запобігають їх зволоженню.

Добавки, що були заморожені, після відтавання повинні зберігати свій позитивний ефект і не погіршувати властивостей бетонної і розчинової суміші, бетону і розчину. Добавки, що після заморожування не зберігають

своїх властивостей, повинні транспортуватися і зберігатися за позитивної температури.

Місткості для рідких добавок, при зберіганні яких можливе їх заморожування, розшаровування або випадання осаду, повинні бути обладнані системами обігрівання і перемішування.

Маслянисті кремнійорганічні продукти повинні зберігатися у тарі виготовлювача у закритому складському приміщенні: ті, що містять у своєму складі водень, – за температури від 0 °С до плюс 30 °С окремо від кислот і лугів; інші – за температури від мінус 25 °С до плюс 30 °С.

Добавки для бетонів і розчинів не повинні бути джерелом забруднення води, фунту і повітря. За санітарно-гігієнічними і радіаційними параметрами повинні відповідати вимогам ДБН В.1.4-2.01, ОСП 72/80.

Добавки не повинні виділяти у навколишнє середовище шкідливих хімічних речовин у кількостях, що перевищують гранично-допустимі концентрації (ГДК), що встановлені Міністерством охорони здоров'я України.

Технологічні схеми введення добавок у бетони і розчини повинні забезпечувати повернення відходів у місткості для робочого розчину добавок.

Забороняється скидати або зливати у водоймища санітарно-побутового використання і в каналізацію добавки, їх розчини, емульсії, а також відходи, що утворюються при промиванні тракту зберігання, подавання і дозування добавок.

Роботу з добавками слід виконувати згідно з вимогами СНиП III-4, нормативної документації на добавки конкретного виду і цього стандарту. Добавки повинні відповідати вимогам санітарно-гігієнічної і радіаційної

безпеки. Застосування добавок у бетоні і розчині повинне бути погоджене з санітарними службами Міністерства охорони здоров'я України.

До роботи з добавками допускаються особи віком після 18 років, які пройшли медичне обстеження і відповідний інструктаж із безпеки праці. Особи, що працюють із добавками, повинні проходити періодично медичні огляди.

При роботі з добавками необхідно запобігати попаданню їх у очі, на шкіру і в їжу. Робітники працюючі з добавками, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

Не слід допускати до роботи з приготування розчинів добавок і емульсій із них осіб, що мають пошкодження шкіри, а також повік і очей. Забороняється приймати їжу в приміщеннях для зберігання добавок або приготування їх водних розчинів, емульсій, суспензій. При проектуванні складів, вузлів із приготування водних розчинів добавок, бетонів і розчинів із добавками слід дотримуватися вимог чинних норм проектування в частині санітарної, вибухової, вибухопожежної і пожежної безпеки.

При роботі з добавками всі приміщення повинні бути обладнані вентиляцією, що забезпечує стан повітря робочої зони.

Речовини, що відносяться до 2-го і 3-го класів небезпеки, слід зберігати герметично закритими. Місця зберігання таких добавок, приміщення для їх приготування і дозування повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією місцевого призначення.

Обов'язковим є щомісячне вологе прибирання приміщень. Особливої обережності слід дотримуватися при роботі з добавками, що містять у своєму складі азот і хром.

Пожежо- і вибухонебезпечні продукти повинні зберігатися в цистернах, резервуарах і металевих бочках у виробничих чи допоміжних

приміщеннях біля зовнішніх стін, що відгороджені від основного виробництва неспалимою перегородкою.

Забороняється зберігати в одному місці добавки, що здатні виділяти у зовнішнє середовище пожежо- і вибухонебезпечні продукти, разом з солями, легкозаймистими газами і рідинами, органічними і горючими матеріалами, речовинами на спиртовій основі, їдкими, вибуховими і радіоактивними речовинами. Будівництво складів для таких продуктів, їх розміщення, протипожежне забезпечення повинне проводитися згідно з чинними нормами і правилами проектування.

При роботі з пожежо- і вибухонебезпечними продуктами забороняється курити, застосовувати відкритий вогонь, повинна бути виключена можливість короткого замикання та іскріння в електроустановці. Приміщення повинні бути забезпечені відповідними протипожежними засобами.

Забороняється застосовувати електропрогрівання бетону з добавками, що виділяють газ.

У приміщеннях, де проводиться робота з добавками, повинні бути вивішені правила безпеки праці при роботі з добавками, які використовуються у виробництві.

## **6.5 Освітлення робочих місць**

Штучне освітлення поділяється в залежності від призначення на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Розрізняють такі системи штучного освітлення: загальне, місцеве та комбіноване.

Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення, вона може бути рівномірною та локалізованою. Загальне рівномірне освітлення встановлюють у цехах, де виконуються однотипні

роботи невисокої точності по усій площі приміщення при великій щільності робочих місць. Загальне локалізоване освітлення встановлюють на поточних лініях, при виконанні робіт різноманітних за характером на певних робочих місцях, при наявності стаціонарного затемнюючого обладнання, та якщо треба створити спрямованість світлового потоку.

Місцеве освітлення призначається для освітлення тільки робочих поверхонь, воно може бути стаціонарним (наприклад, для контролю за якістю продукції на поточних лініях) та переносним (для тимчасового збільшення освітленості окремих місць, або зміни напрямку світлового потоку при огляді, 98 контролі параметрів, ремонті). Світильники місцевого освітлення повинні бути зручними у користуванні, а, головне, безпечними при експлуатації. Категорично забороняється застосовувати лише місцеве освітлення, оскільки воно створює значну нерівномірність освітленості, яка підвищує втомленість зору та призводить до розладу нервової системи. Таке освітлення на виробництві є допоміжним, до загального.

Комбіноване освітлення складається з загального та місцевого. Його передбачають для робіт I—VIII розрядів точності за зоровими параметрами, та коли необхідно створити концентроване освітлення без утворення різких тіней. Для штучного освітлення цеху планується використати систему загального освітлення. Головними джерелами світла для промислового освітлення є лампи розжарювання та газорозрядні лампи різноманітних типів. Кожен із типів ламп має свої недоліки та переваги.

Лампи розжарювання (ЛР) належать до джерел світла теплового випромінювання, їх світлова віддача складає 10... 15 лм/Вт. Вони створюють безперервний спектр випромінювання, який найбільш багатий жовтими та червоними (тобто інфрачервоними) променями та бідніший в зоні синіх та зелених спектрів випромінювання, ніж спектр природнього світла неба, що погіршує розрізнення кольорів. У цих ламп низький коефіцієнт корисної дії,

малий термін служби (до 1000 годин), висока температура на поверхні колби (250...300°C). Водночас вони мають деякі переваги: у них широкий діапазон потужностей і типів порівняно з газорозрядними лампами, незалежність експлуатації від навколишнього середовища (вологості, запиленості і т.д.), простота світильників та компактність.

На підприємствах для освітлення застосовують різноманітні види ламп розжарювання: вакуумні (В), газонаповнені (Г), газо-наповнені біоспіральні (Б) та ін.

Газорозрядні лампи (люмінесцентні, ртутні, високого тиску дугові типу ДРЛ та ін.) випромінюють світло близьке до природнього, поверхня колби цих ламп холодна, вони більш економні, дозволяють створювати високу освітленість. Такі лампи випускаються в асортименті. За спектром їх випромінювання передача кольорів має велике значення для промисловості, оскільки дає можливість визначити дійсну якість продукції, здійснювати контроль сировини, напівфабрикатів та готових виробів.

Люмінесцентні лампи в 2,5...3 рази економніші від ламп розжарювання, працюють протягом 5-10 тис. годин, їх світловіддача становить 30...80лм/Вт. Недоліки освітлювальних установок із газорозрядними лампами (пульсація світлового потоку, осліплююча дія, шум дроселів, великі первинні витрати на закупівлю та монтаж) компенсуються їх економністю в процесі тривалої експлуатації, а також їх незамінністю при необхідності виконання робіт із розрізненням кольорів. Пульсація світлового потоку газорозрядних ламп не сприймається оком, але небажана, оскільки є причиною виникнення стробоскопічного ефекту. В пульсуючому світлі виникає викривлення зорового сприйняття стану рухомих та обертальних об'єктів, а це вже є небезпечним фактором. Ослаблення пульсації досягається підключенням паралельно працюючих ламп на різні фази трьох-фазної мережі, або застосуванням

високочастотного постачання освітлювальної установки. Засліплювання змінює сприйняття спектрального складу світлового випромінювання. Тому захист від блискучості таких світильників обов'язковий. Не дозволяється застосовувати відкриті газорозрядні лампи.

Зараз виготовляють такі види газорозрядних ламп, які розрізняються за спектром: лампи денного світла (ЛД) мають блакитний колір, за спектром випромінювання вони близькі до розсіяного світла чистого неба; лампи денного світла з покращеною передачею кольорів (ЛДЦ), вони близькі до ламп ЛД, але мають кращу передачу кольорів теплих відтінків, у тому числі зовнішнього вигляду людини; люмінесцентні лампи типу ЛЄ найбільш близькі до спектру природнього сонячного світла; лампи білого кольору ЛБ дають випромінювання з меншим вмістом синьо-фіолетових променів, світло у них трохи фіолетове, нагадує світло неба, вкритого хмарами, що освітлюються сонцем; лампи холодно-білого світла ЛХБ, ЛХЄ дають кращу передачу світла, ніж лампи ЛБ та ЛД; лампи тепло-білого світла ЛТБ дають світло рожево-білого відтінку.

У виробничих приміщеннях підприємств доцільно застосовувати люмінесцентні лампи білого світла - ЛБ. Вони найбільш економічні та дають світло теплих тонів.

Лампи ЛТБ можна застосовувати в приміщеннях для відпочинку. Там, де необхідно проводити суворий контроль якості продукції, належить застосовувати лампи ЛДЦ.

Люмінесцентні лампи треба застосовувати насамперед там, де недостатнє природнє освітлення (приміщення з вікнами, що затіняються будівлями, деревами або виходять на північ, експедиції, підвальні приміщення тощо).

Для комбінованого освітлення краще застосовувати лампи ЛБ. Лампи ДРЛ (дугові ртутні) належать до ламп високого тиску. Вони економічні,

світлова віддача майже 75...100 лм/Вт. Такі лампи застосовують для освітлення в цехах при виконанні грубих робіт та робіт середньої точності, при загальному нагляді, а також для зовнішнього освітлення місць навантаження, вивантаження і в цехах великої висоти та площі. Для штучного освітлення цеху по виготовленню бетонних тротуарних виробів найкраще підійдуть люмінесцентні лампи білого світла.

### **6.6 Вимоги безпеки при роботі з електричним струмом**

Виконання робіт підвищеної небезпеки проводяться виключно із застосуванням засобів індивідуального захисту та безпосередньо під наглядом відповідального виконавця та керівника робіт із дотриманням інструкції з охорони праці.

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки. Регулювальникам та іншим працівникам, які мають постійний контакт з електроприладами підвищеної напруги до 1000В необхідно мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III.

На виробничій дільниці застосовуються такі засоби безпечної експлуатації електроустановок, як захисне заземлення, захисне занулення.

#### **Основними мірами по захисту від ураження електричним струмом є:**

- забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- використання ізоляції струмоведучих частин;
- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом:
- захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;
- періодична перевірка опору заземлення; контроль та профілактика пошкоджень ізоляції

## **ВИСНОВКИ**

В результаті виконаної роботи можна зробити наступні висновки

1. Всебічно досліджені питання використання хімічних та мінеральних добавок до бетонів в результаті чого сформовані мета та задачі досліджень;
2. Досліджений вплив пластифікуючої добавки та прискорювача тверднення цементних композицій на терміни тужавіння та нормальну густоту цементного тіста;
3. Досліджено вплив пластифікатору та прискорювача тверднення на фізико-механічні властивості будівельних розчинів та бетонів.
4. На основі проведенні досліджень підібраний склад комплексної добавки, яка складається від суперпластифікатору та прискорювача тверднення.
5. Досліджений вплив комплексної добавки на рухливість бетонної суміші та затверділих бетонів.
6. Встановлено, що максимальний вплив на рухливість бетонної суміші мають витрати комплексної добавки та співвідношення між інертними компонентами суміші.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шидловський А. К. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття / А. К. Шидловський М. П. Ковалка. – К.: УЄЗ, 2001. – 400 с
2. Вдосконалення системи поводження з відходами теплових електростанцій Електронний ресурс: Режим доступу: <http://donntu.edu.ua/russian/strukt/kafedrs/oc/konk/Prjimer20ofornlenjjja%20raboty%20na%20konkurs.pdf>
3. Дворкин Л.И., Гарницкий Ю.В., Рыженко И.Н. Исследование золы унос как компонента сухих строительных смесей // Матеріали ІV науковопракт. семінару «Структура, властивості та склад бетону». - Київ, 2007. - С. 4753.
4. «ASTM C 168 Standard Terminology Relating to Thermal Insulation»
5. Сергеев А. М. Використання у будівництві відходів енергетичної промисловості. - К.: Будівельник, 1984. - 120 с.
6. Большаков В. И., Дворкин Л. И. Стругливое материаловедство. ДН-ск: РВА "Дніпро-VAL", 2004. - 677 с.
7. Bellmann, F. Activation of blast furnace slag by a new method [Text] / F. Bellmann, J. Stark // Cement and Concrete Research. 2009. Vol. 39. Iss. 8 – pp. 644–655.
8. Ушерів-Маршак О.В. Хімічні та мінеральні добавки в бетон / О.В. Ушерів-Маршак. - Харків: Колорит, 2005. - 280 с.
9. Сергеев А.М. Наукові основи масового використання у будівництві відходів енергетичної промисловості / О.М. Сергеев // У кн. Нові матеріали та технології у промисловому та дорожньому будівництві. - К.: Вища школа, 1990. - С. 167-216.

10. Будівельне матеріалознавство / [Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін.]; під ред. П.В. Кривенка. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2006. – 704/

11. Дослідження золи-виношення як компонента сухих будівельних сумішей: матеріали IV науково-практ. семінару [„Структура, властивості та склад бетону”], (Київ, 2007 р.) / Л.І. Дворкін, Ю.В. Гарницький, І.М. Риженка – Київ, 2007. – С. 47-53.

12. Кривенко П.В. Золотужні в'яжучі / П.В. Кривенко, О.Г. Рябова// Цемент. - 1990. - № 11. - С.14-16.

13. Цементні бетони з мінеральними наповнювачами / [Дворкін Л.І., Соломатов В.І., Вировий В.М., Чуднівський С.М.]. - К.: Будівельник, 1991. - 136 с.

14. Резерви збільшення виробництва будівельних матеріалів для села [Кривенко П.В., Пашков І.О., Безсмертний Н.П., Гасан Ю.Г.]. - К., Урожай, 1992. - 120 с.

15. Бондарев Г.М. Проектування складу важкого бетону з використанням золи та паливного шлаку ТЕС/Г.М. Бондарев, Ю.Г. Гасан, З.С. Красильникова // Будівельні матеріали, виробни та сантехніка. - 1988. - № 4. - С. 26-28.

16. Ушерів-Маршак О.В. Сучасні бетони/А.В. Ушерів-Маршак, Т.В. Бабаєвська; за ред. А.В. Ушерів-Маршака. - Запоріжжя, 2007. - 226 с.

17. Комплексне використання відходів паливно-енергетичної промисловості для отримання композиційних матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками: матеріали конфер. [“Енергозберігаючі технології. Застосування відходів промисловості у будівельних матеріалах та будівництві”], (Київ, 2004 р.) / К.К. Пушкарьова, О.А. Гончар, В.В. Павлюк. - К., 2004. - С. 96-103.

18. Пушкарьова К.К. Перспективні технології утилізації відходів паливно-енергетичної промисловості та ефективність їх застосування при отриманні будівельних матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками / К.К. Пушкарьова, О.А. Гончар, В.В. Павлюк // Будівельні матеріали та виробн. - 2005. - №4. - С. 20-23.

19. Панченко Н.В. Ресурсозберігаюча технологія виробництва керамічної цегли на основі зол ТЕС і луговмісних відходів промисловості / Н.В. Панченко, С.І. Федоркін // Будівельні матеріали та виробн. - 2003. - № 1. - С. 13-15.

20. Zrównoważone budownictwo. Seria Dokumenty Unii Europejskiej dotyczące budownictwa. – Warszawa : ITB, 2010.

21. Саницький М. А. Енергозберігаючі технології в будівництві : навч. посібник / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 236 с.

22. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г. Г. Фаренюк. – К. : Гама-Принт, 2009. – 216 с.

23. [www.quadlock.com](http://www.quadlock.com). Insulated Concrete Forms for Better Buildings.

24. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво / Р. Ф. Рунова, В. І. Гоц, М. А. Саницький та ін. – К. : УВПК “ЕксОб”, 2008. – 360 с.

25. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини / В. І. Гоц. – К. : ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2003. – 472 с.

26. Kurdowski W. Chemistry of cement and concrete / W. Kurdowski // Scientific Publishing PWN. – Warszawa, 2010. – 728 p.

27. Модифіковані швидкотверднучі портландцементи для прогресивних дорожньо-будівельних технологій / М. А. Саницький, У. Д. Марущак, М. М. Чемерис, О. Я. Шийко // Зб. наук. ст. “Дороги і мости”. – К. : ДДНДІ 2006. – № 6. – С. 278–287.

- 28 . Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Саницький М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво. – К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. – 360 с.
29. Хімічні та мінеральні добавки в бетон / За ред. А.В. Ушперова-Маршака. – Харків: Колорит. – 2005. – 280 с.
30. Модифікатори нової генерації для бетонів / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак, М.М. Чемерис та ін. // Будівельні матеріали та виробн. – 2006. – №1. – С. 5–7.
31. Kucharska L. Tradycyjne i współczesne domieszki do betonu zmniejszające ilość wody zarobowej // Cement, wapno, beton. – 2000. – № 2. – S. 46–61.
33. Губій М.М., Коваленко О.С., Герасенко О.А. Розрахунок несучої здатності розпірних анкерів для кріплення елементів підсилення до кам'яної кладки і бетону // Зб. “Будівельні конструкції”. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 148–153.
36. Салійчук Л.В. Ольховий І.М. Розрахункове дослідження роботи в бетоні трубчастого вмонтованого анкера при поперечному навантаженні // Зб. “Автомобільні дороги і дорожнє будівництво”. – К.: НТУ, 2004. – Вип. 69. – С. 219–225.
- 37 Шутенко Л.М., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Короткочасна міцність анкерування арматурних стрижнів модифікованими акриловими клеями // Зб. “Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівлі та споруди”. – Рівне: РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С. 238–243.
40. Шутенко Л.М., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Золотов С.М. Використання акрилових клеїв для реконструкції та ремонту будівель та споруд // Зб. "Будівельні конструкції". – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 54. – С. 810–814. 12. Podręcznik techniki mocowań. Hilti. Wyd. III. – 2006. – 302 s.
41. Систематизація пошкоджень залізобетонних плит безбаластного полотна залізничних мостів / А. А. Пługін, О. А. Забіяка, С. В.

Мірошніченко, Г. О. Линник, А. І. Бабенко. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2009. № 109. С. 120–131.

42. Пат. 62613 UA Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону. А. М. Пługін, О. А. Калінін, С. В. Мірошніченко, А. А. Пługін, С. М. Кудренко, В. А. Лютій, А. В. Никитинський, І. В. Подтележнікова, Г. О. Линник, М. Д. Костюк, В. О. Яковлєв. УкрДАЗТ. Заявл. 15.04.2003, № 2003043396. Опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6.

43. Пługін А. А., Романенко О. В., Яковлєв В. О. Обґрунтування скорочення енерговитрат при тепловологісній обробці залізобетонних шпал. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2009. № 109. С. 38–56.

44. Романенко О. В., Пługін А. А., Яковлєв В. О. Уточнення оптимальної витрати добавки суперпластифікатора при виробництві залізобетонних шпал без тепловологісної обробки. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2010. № 115. С. 97–103.

45. Вплив добавок суперпластифікаторів і прискорювачів твердіння на кінетику набору міцності цементним каменем / А. А. Пługін, О. В. Романенко, О. А. Калінін, О. А. Пługін, О. В. Афанасьєв. Вісник НТУ «ХП». 2015. 1130 (21). С. 14–22.

46. Reducing of energy intensity of concrete sleepers production using superplasticizer sand hardening accelerators / A. A. Plugin, A. N. Plugin, O. A. Plugin, O. V. Romanenko, O. A. Kalinin, S. V. Miroshnichenko, A. I. Babii, N. M. Partala. 19 Ibausil, Weimar, 2, 2015. 1125–1133.

47. Пат. 99426 UA Особливошвидкотверднучий безпропарювальний бетон. Пługін А. А., Пługін А. М., Романенко О. В., Пługін О. А., Калінін О. А., Пługін Д. А., Мірошніченко С. В.; УкрДАЗТ. Заявл. 14.12.2011. Заявка № а 2011 14838. Опубл. 10.08.2012. Бюл. № 15.

48. Склади бетону з добавками суперпластифікаторами і прискорювачами твердіння для виробництва залізобетонних шпал без

пропарювання / А. А. Пługін, О. В. Романенко, А. І. Бабій, О. А. Калінін, О. А. Пługін. 36. наук. праць УкрДУЗТ. 2015. 155. С. 62–72.

49. Plugin A. A., Runova R. F. Bonding Calcium Chloride and Calcium Nitrate into Stable Hydration Portland Cement Products: Stability Conditions of Calcium Hydrochloraluminates and Calcium Hydronitroaluminates. International Journal of Engineering Research in Africa. 36, 201869-73. DOI:10.4028/www.scientific.net/JERA.36.69.

50. Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого та водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту. ЦП-0224 Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна. УкрДАЗТ, ЦП УЗ.

51. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Методи визначення водопоглинання, густини та морозостійкості будівельних матеріалів і виробів

52. ДСТУ Б В.2.7-71-98. Щебінь і гравій із щільних гірських порід та відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізикомеханічних випробувань.

53. ДСТУ Б В.2.7-185:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму.

54. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин та стиск.

55. ДСТУ Б В.2.7-188:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення тонкості помелу.

56. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.

57. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Бетони. Правила підбору складу.

58. ДСТУ Б В.2.7-112-2002 Пісок щільний природний для будівельних робіт. Технічні умови.