

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«Технологія виготовлення тротуарної плитки
литтєвим способом»**

КРМ.192 БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів» спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр групи
192БЦмд_21
Павлюх Вячеслав Степанович
Керівник: Шульгін В.В.

Полтава 2024 року

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	6
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	6
1. Аналіз стану науково-технічного прогресу у виробництві тротуарної плитки.....	6
1.2 Обґрунтування будівництва підприємства.....	7
1.3. Характеристика сировинної й паливно-енергетичної бази підприємства	8
1.4 Морозостійкість як фактор довговічності будівельних матеріалів.	8
РОЗДІЛ 2.....	20
МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
РОЗДІЛ 3	21
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
3.1 Планування дослідів з використанням математико-статистичних методів.....	21
3.2 Підбір складу бетону.....	23
3.3 Методика визначення характеристик цементу.....	24
3.5 Методика визначення характеристик піску.....	27
3.6 Методика визначення характеристик щебеню.....	27
3.7 Методика визначення характеристик бетону.....	28
РОЗДІЛ 4.....	30
ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	30
4.1 Характеристики цементу.....	30
4.2 Характеристики добавки.....	31
4.3 Характеристика піску.....	32
4.4 Характеристика щебеню.....	35
РОЗДІЛ 5	37
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	37
5.1 Підбір складу бетону для виробництва тротуарної плитки.....	37
5.2 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на бетону.....	38
5.2.1 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на водопропилення бетону.....	39

5.2.2 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на міцність бетону тротуарних плиток у віці 2 доби	41
5.2.3 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на міцність бетону тротуарних плиток у віці 28 діб	43
5.2.4 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на морозостійкість бетону	45
5.3 Оцінка результатів експерименту з використанням обчислювальної програми statistica 12	47
РОЗДІЛ 6	53
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	53
РОЗДІЛ 7	57
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

У часи, коли всі дороги, траси й автостради укладали асфальтом, на другому плані виявилось мощення вулиць і площ. Багатокілометрові ділянки доріг, парків, вулиць, алеї – усе було покрито асфальтом. Але згодом, у результаті постійних механічних навантажень, впливу природних факторів вони тріскалися, вищорали, руйнувалися. Після проведення ремонтних робіт, такі дороги значно втрачали свої властивості.

Коли на ринку з'явилася тротуарна плитка, то необхідність підбирати різні камені для укладання доріг відпала сама собою. Такі вироби мають стандартну форму й строгі розміри, тому робота із брукаткою не доставить більших труднощів. До того ж тротуарна плитка дуже гарна, практична, і що найголовніше – дуже стійка до механічних навантажень і кліматичним факторам. У наш час плитка з натурального каменю ще користується гарним попитом, але шлучна тротуарна плитка, яка імітує різноманітні природні матеріали, з кожним днем завойовує все більшу популярність у населення.

Вона застосовується при мощенні доріг, майданчиків біля магазинів і супермаркетів, червоної у парках. Але останнім часом брукатку найчастіше застосовують при оформленні території замських будиночків і котеджів.

Технологія виробництва тротуарної плитки дозволяє виготовляти плитку не тільки із гладкою поверхнею, але також плитку, поверхню якої подібна до глини, натуральної каменю, дощок і різним породам деревини. Саме барвні елементи, які застосовуються при виготовленні плитки, дозволяють виконувати такі нечислімі колірні розв'язки. Але крім своїх основних функцій вони також повинні протистояти впливу атмосферних опадів і ультрафіолетового випромінювання.

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1. Аналіз стану науково-технічного прогресу у виробництві тротуарної плитки

Тротуарна плитка призначена для благоустрою і декоративного оформлення покриттів тротуарів, площ. теронів, територій перед готелжами, офісами, банками.

Тротуарна плитка надає місту або заміській ділянці цивілізований і доглянутий вид, замінюючи асфальту на плитку має безліч переваг. Серед них і простота укладання, і привабливий зовнішній вигляд тротуарної плитки й довговічність тротуарної плитки в порівнянні з іншими покриттями. У цей час проводиться плитка широкої колірної гами шляхом введення в бетонну суміш різних барвників. Зі звичайного портландцементу проводиться тротуарна плитка приглушених тонів, характерних для природного каменю, а при використанні білого цементу можливе одержання тротуарної плитки яскравих насичених тонів [1].

Гідності тротуарної плитки:

Тротуарна плитка проводиться з натурального, екологічно чистого матеріалу без шкідливих домішок і штучних барвників, не виділяє канцерогенів.

Висока міцність тротуарної плитки, здатність витримувати більші механічні навантаження і її низька стиранийність значно продовжують строк її експлуатації й дозволяють надовго зберегти її привабливий зовнішній вигляд.

Здатність тротуарної плитки витримувати дуже низькі температури роблять її практично незамінною в умовах суворого російського клімату.

Тротуарна плитка мало сприйнятлива до руйнівного впливу дощу, вітру й відкритого сонця.

Тротуарна плитка легко очищається від будь-яких типів забруднень і потребує мінімального відходу[2].

Тротуарна плитка — ідеальний варіант для мощення тротуарів, доріжок і присадибних територій. Комбінуючи між собою плитки різного розміру, кольору й фактури можна створити незліченна кількість варіантів укладання. Усе це дозволяє гармонійно вписати тротуарну плитку в будь-який ландшафт, будь те міська площа або заміський парк[3].

При незначній різниці в ціні, у порівнянні з тим же асфальтом, тротуарна плитка вимагає набагато менше витрат на укладання, зміст і відхід.

1.2 Обґрунтування будівництва підприємства

При виборі економічного району будівництва проектного підприємства необхідно врахувати потребу даного району у виробленій продукції й наявність джерел сировини й матеріалів, визначити виробничі зв'язки проектного підприємства по доставчанню й збуту, транспортні центри доставки і їх частку в споживанні готової продукції, а також умови транспортування. Можливий пункт нового будівництва повинен бути максимально наближений до місць споживання готової продукції й до джерел сировини й матеріалів.

На даний момент у м. Мелітополь спостерігається нестача якісної тротуарної плитки для благоустрою будинків і споруджень. Також спостерігається ріст будівництва доріг, а отже збільшення потреби в плитці для мощення тротуарів. Також будівництво цього обумовлюється створенням додаткових робочих місць і впровадженням нових технологій.

3. Виробничі потужності і номенклатура продукції

У результаті аналізу потреби міста й населення в тротуарній плитці потужність підприємства прийнято 5000 м² у рік. Також розглядаються поставки в районні центри України.

Характеристики, що випускається продукції

Клас бетону за міцністю В30

Морозостійкість 200 циклів

Стиранність менше 0,5 г/см²

Густина 2400 кг/м³

R зг = 5 кг/см²

Номенклатура продукції, що випускається:

- плити квадратні 300*300*50 мм для укладання на щебеневи і бетонних підставах;

- плити квадратні 300*300*60 мм для укладання на піщаних і стабілізованих

підставах;

- плити квадратні 300*300*100 мм для укладання на щебневих і бетонних підставах на тротуарах у місцях заїзду важкого транспорту.

Також передбачається випуск плиток різної колірної гами (червоний, жовтий, білий, зелений).

1.3. Характеристика сировинної й паливно-енергетичної бази підприємства

Основною сировиною для виробництва плитки є заповнювач із відсівів гнітного щебеню крупністю до 10 мм і вологістю 6%.

Родовище граніту розташоване на території Полтавської області, в економічно освоєній і доступній його частині. Воно перебуває в 100 км від м. Полтава й залізничної станції й пов'язане з обома пунктами асфальтованими дорогами.

Основна корисна копалина родовища – гранітні породи, придатні в якості сировини для виробництва бетонів, облицювальних плит бордюрних каменів й інших галузей промисловості, що використовують у своєму виробництві гранітні й продукти їх переробки.

У якості зв'язуючого використовується цемент М500 Д0, поставляється з Балаклеї автомобільним транспортом.

1.4 Морозостійкість як фактор довговічності будівельних матеріалів.

Фізичним виміром морозостійкості бетону є робота, яка викликає допустиму ступінь руйнування, що визначається зниженням показників міцності, модуля пружності, величини остаточної деформації.

Згідно ДСТУ Б.В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) [26], основним критерієм морозостійкості бетону в нашій країні є величина допустимої втрати міцності при стисканні. Між іншим добре відомо, що міцність при стисканні не достатньо чутлива до деструктивних процесів, що виникають при циклічному заморожуванні, і тому не відображає в повній мірі ступінь руйнування структури бетону.

Одержання морозостійкого бетону гарантується реалізацією вимог до його складу (В/Ц, витрата цементу, клас за міцністю, введення повітровтягуючих добавок). Диференціація вимог до складу бетону проводиться залежно від умов тротуарної плитки, охарактеризованих досить загальним чином.

Дійсно, при досягненому "запасі по морозостійкості", строго вимогу високою якістю бетону з введенням повітровтягуючих (газовиділяючих) добавок, деталізація експлуатаційних умов, в цілому досить довірна і важко формалізується ще мало виправданого. Можна припустити що в результаті аналізу результатів майже столітнього дослідження і вивчення морозостійкості бетону розробники прийшли до поєдненої думки що головна і принципова мета створення морозостійкого бетону і довговічних тротуарних плиток повинна і може досягатися надійними і перевіреними виробничими прийомами. Вимога для таких, масових випадків є необхідною і достатньою. Тим самим основний акцент повинен бути рішуче перенесений з лабораторних попередніх перевірювальних досліджень

бетону даного складу на неухильне виконання комплексу загальних універсальних технологічних вимог

Багато дослідників пропонують для оцінки морозостійкості бетону використовувати деформативні якості (модуль пружності, величину остаточної деформації).

Інші вчені вважають метод оцінки морозостійкості бетону по модулю пружності не достатньо точний, тому що використовується для контролю загальних деструктивних змін що виникають в бетоні.

Згідно ДСТУ Б.В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) [26] при оцінці морозостійкості бетону необхідно контролювати величину максимальної остаточної деформації E , яка повинна знаходитися у межах 0,1%. Повне руйнування бетону при заморозуванні відбувається при $E=0,85-1,1\%$, тому критерієм морозостійкості повинно бути число циклів заморожування та відтавання, при якому величина E складає 1%.

Прискорення дослідження про морозостійкість досяглась зниженням температури замороження, створення напруженого стану в бетоні, проведення циклів замороження та відтавання в агресивних середовищах.

Також застосовується ультразвуковий метод для оцінки величини втрат міцності бетонів в процесі замороження. Його використання значно зменшує трудомісткість стандартних випробувань.

Іншим перспективним напрямком в розробці методів оцінки та прогнозування морозостійкості бетонів є використання методів математичної статистики саме в розробці багатofакторних моделей морозостійкості бетонів.

І найбільш ефективною групою методів прогнозування морозостійкості різних бетонів є методи, що оцінюють цю якість по параметрам структури бетону. У вітчизняній і закордонній практиці при проектуванні складів морозостійких бетонів прийнято враховувати нормативні рекомендації з граничним значенням $F_{лД}$ і бажаному обсягу втягнутого повітря (V). У відповідності зі стандартом України ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови [28] пропонується 11 марок бетону по морозостійкості з градацією 25 ... 1000 циклів від F 25 до F 1000, ДСТУ Б В.2.7-41 (ГОСТ 10060.0) [2] установлює 8 марок від F 50 до F 500. На практиці при лабораторних підборах складів бетону задача зводиться звичайно до забезпечення морозостійкості не в межах заданої марки, а ще менш її нормованого значення.

Високий ступінь умовності марок бетону по морозостійкості і недосконалість методики їхнього призначення, неодноразово критикувалася, тому що, приводить часто до неефективності трудомістких зусиль технологів по забезпеченню проектних значень F.

Відомий дослідник морозостійкості С.В. Шестоліров запропонував оцінювати морозостійкість деякою умовною маркою (M), рівної добутку проектного терміну експлуатації споруди, середньорічного числа циклів заморожування і відтавання коефіцієнта запасу міцності. Для обґрунтування умовних марок (від M-25 до M-600) їм дані рекомендації з 25 параметрів, що враховують якість вихідних матеріалів, склад бетону і технологію робіт. Однак

сучасні уявлення теорії морозостійкості і практичний досвід не дозволяють погодитися в достатній мірі як із критерієм М, так і рекомендаціями з його забезпечення.

Найбільш раціональною, на нашу думку, є система нормування морозостійкості, прийнята в США й інших країнах, де використовуються стандарти АСІ. Відповідно до неї при проектуванні складів враховується не задане число циклів заморожування і відтавання лабораторних зразків, а режим роботи бетону. Для морозостійких бетонів максимально можливе В/Ц рекомендується не більш 0,7, при найбільш суворих умовах експлуатації - не більш 0,45. При такій системі істотно зменшується число нормованих ступіней морозостійкості бетону, стає можливим розподіл бетонів у залежності від класу їхньої морозостійкості:

- 1-ий клас - помірної ($F = 50 \dots 150$),
- 2-ий - підвищеної ($F = 150 \dots 300$),
- 3-ій - високої ($F = 300 \dots 500$),
- 4-ий - особливо високої морозостійкості ($F > 500$).

Розподіл бетонів на класи в залежності від умов служби з відповідними обмеженнями складу робить зайвими тривалі і трудомісткі лабораторні підбори складу бетонів з необхідною маркою по морозостійкості, що часто носять спізний характер, визначення критичного числа циклів F здобуває лише факультативний характер.

На доцільність розподілу бетонів на класи по морозостійкості з укрупненою градацією по числу циклів F вказує також досить великий розкид експериментальних даних при дослідженні лабораторних зразків. Нами були проведені визначення значення K_{MP3} ($K_{MP3} = R_{MP3} / R_0$, де R_{MP3} - міцність бетону після дослідження через визначене число циклів; R_0 - міцність бетону в еквівалентному віці) для бетонів 4-х складів ($1 - В/Ц = 0,6$,

3 - $В = 185$ л/м³; 2 - $В/Ц = 0,45$, $В = 195$ л/м³), виготовлених на середньоалюмінатному портландцементі М 500, середньозернистому кварцовому

піску і гранітному щебені крупністю 5-20 мм. Випробувано по 15 серій зразків кожного складу з визначенням $K_{\text{МРЗ}}$ через 100 циклів для першого і 300 циклів для другого складу. Коефіцієнт варіації $K_{\text{МРЗ}}$, для першого складу виявився 26,7, другого 23,6%.

Оперативне і надійне визначення складів морозостійких бетонів досягається при використанні розрахункових залежностей, що установлюють вплив на число циклів заморожування і відтавання при заданому $K_{\text{МРЗ}}$, не тільки В/Ц і R_b , але й особливостей вхідних матеріалів, вмісту основних компонентів бетонної суміші і їхніх співвідношень і ряду інших факторів. Періодично результати розрахункового визначення складу морозостійких бетонів, так само як і при нормуванні лише міцності, повинні уточнюватися експериментально.

Для розрахункового визначення складу бетонних сумішей, коли фактичні параметри структури бетону невідомі, при деяких припущеннях можна використовувати критерій, який дорівнює відношенню об'ємів резервних умовно-замкнених пор до об'єму відкритих пор, що насичуються водою. Удосконалені критерій даного типу був запропонований для якісного прогнозу морозостійкості в 1980 р. Уайтсайдом і Сентом у виді т.зв. ступеня насичення:

$$C_H = \frac{V_{z.v.}}{V_{z.v.} + V_v}, \quad (1.4)$$

де $V_{z.v.}$ і V_v - об'єми замерзаючої води і повітря на одиницю об'єму бетону.

Відзначено, що при $C_H < 0,88$ бетон має високу морозостійкість, а при $C_H > 0,91$, тобто коли збільшення об'єму води в бетоні при переході її в лід не компенсується зільним об'ємом - швидко руйнується.

Розвиток уявлень про структуру першого об'єму й об'єднання кількісних залежностей для розрахунку основних видів пор дозволили запропонувати як критерій морозостійкості т.зв. компенсаційний фактор, модельоване вираження якого приведено нижче:

$$F_k = \frac{V_3 + V_k}{V_0}, \quad (1.5)$$

де V_3 - об'єм умовно-замкнених пор утворених повітрям, емульгованим ПАР;
 V_k - контракційний об'єм, V_0 - об'єм відкритих пор, що насичуються водою, умовно
дорівнює обсягу утвореного льоду.

З урахуванням розрахункових залежностей для V_k і V_0 F_k дорівнює:

$$F_k = \frac{10V_3 + 0,56\alpha Ц}{B - 0,5Ц + 1000(1 - K_y)}, \quad (1.6)$$

де α - ступінь гідратації цементу; K_y - коефіцієнт ущільнення бетонної суміші.

Розрахунковий об'єм повітря V_3 , може знаходитися з емпіричних
залежностей пов'язуючи його з витратою поліпропіленової добавки з урахуванням
особливостей складу бетонної суміші.

Для визначення ступеня гідратації α запропоновані формули, що зв'язують її
з міцністю цементу. Нами на базі відомих теоретичних уявлень обґрунтована
залежність.

$$\alpha = \sqrt{\frac{X K_r R_{сжк}}{238}}, \quad (1.7)$$

де $X = [(B / Ц) \sqrt{K_{н.г.}}]^n$ - коефіцієнт, що враховує водоцементне відношення
бетону (В/Ц) і нормальну густоту ($K_{н.г.}$) цементу, а через n - особливості структури
і вид великого заповнювача ; K_r - коефіцієнт росту міцності бетону в порівнянні з
міцністю при стиску в 28 діб.

Критерій F_k однозначно зв'язаний з іншим відомим критерієм $K_{мрз}$:

$$K_{mp} = \frac{\pi_{y.3}}{0,09 \Pi_u} \geq 1, \quad (1.8)$$

де $\Pi_{y.3}$ – сумарна умовно-замкнута пористість, утворена втягнутим повітрям і контракцією; Π_u – інтегральна (відкрита) пористість.

Головну роль у руйнуванні бетонів тиском води ϵ , яка замерзає у порах цементного каменя, відмічав Т. Пауєро [25].

Горчаковим Г.І [12] була запропонована гіпотеза про руйнуванні цементного каменя від гідростатичного тиску внаслідок виникнення напруги розтягу у стінках капілярів.

Вплив В/Ц на морозостійкість бетону в основному визначається його впливом на будівлю цементного каменя і, у першу чергу, на можливість утворення умовно-замкнутих (резервних) пір у процесі твердіння цементу. Чим більше В/Ц, тим, за інших рівних умов, товще водяні просторки, що оточують цементні зерна.

Вода утворює у цементному тісті систему взаємозалежних капілярів, безладно розподілених по всьому обсягу. В умовах тривалої гідратації цементу пористість цементного каменя зменшується, тому що обсяг продуктів гідратації (цементного гелю) з порами приблизно в 2,2 рази більше обсягу цементу, тому цементний гель займає і частину обсягу, раніше займаною водою заутвору.

Після формування в цементному тісті твердого каркаса усадочні деформації, обумовлені хімічною контракцією, не можуть відбуватися. У цементному камені виникають дрібні контракційні пори, у які негайно надходить вода з більш великих пір, а останні чи частково цілком збезводнюються і заповнюються чи повітрям пароповітряною сумішшю.

Утворення таких пір, що є умовно-замкнутими, може відбуватися тільки на тій стадії формування структури, коли частково збезводнені пори вже з усіх боків заблоковані цементним гелем і не можуть заповнюватися водою навіть в умовах водяного твердіння бетону. Отже, резервні пори, що утворилися внаслідок хімічної

контракції, зв'язані з іншими порами і з зовнішнім середовищем тільки пори цементного гелю.

Частіше за все морозостійкість бетону оцінюють по параметрам його порової структури. Відомі залежності морозостійкості бетону від об'єму капілярних пор. Знайдені також залежності морозостійкості бетону від об'єму відкритих пор доступних для заповнення водою, пористості, величини приведених температурних деформацій.

Однак не дивлячись на наявність великого експериментального матеріалу, проблема прогнозування морозостійкості бетону по параметрам його структури не може вважатися вирішеною.

Частіше в якості показника морозостійкості бетону використовують яку – небудь характеристику так званого компенсаційного фактора.

В роботах Горчакова Г.І. [12] обумовлена необхідність прогнозування морозостійкості бетону на основі сумісного використання характеристик макро та мікроструктури. Він запропонував критерій який описує зв'язок морозостійкості важких та легких бетонів від величин об'ємної концентрації цементного каменя , капілярної та умовно - замкнутої пористості. Поява цього критерія явилось новим кроком у розвитку теорії прогнозування морозостійкості бетону по параметрам його структури. Але недоліки цього критерія послужили причиною недостатньо широкого його використання.

В роботах Горчакова Г.І. [12] описано новий спосіб прогнозування морозостійкості бетонів згідно якому прогноз проводиться на основі співставлення властивостей досліджуваних бетонів з властивостями стандартних зразків. Співставляються структурні характеристики бетону ступінь гідратації цементу , ідентичність технологічних умов приготування бетонних сумішей , однорідність структури та умов твердіння.

Частіше в якості показника морозостійкості бетону використовують яку – небудь характеристику так званого компенсаційного фактора.

Таким чином, очевидно, що подальший розвиток методів прогнозування морозостійкості бетонів по параметрам його структури, зрештою та необхідно.

1.5 Вплив умов експлуатації матеріалу на його морозостійкість

Низька якість тротуарних плиток і їхня недостатня довговічність пояснюється різними причинами. Однією з них є морозна деструкція, що викликає великі руйнування бетону у процесі служби зведених з нього конструкцій. Морозна деструкція пояснюється недостатньою

морозостійкістю побудованих з цього бетону споруджень і приводить до серйозних наслідків.

У зв'язку з цим ряд організацій у нашій країні і за кордоном тривалий час займається вивченням стану споруджень з бетону побудованих у суворох умовах.

Так, наприклад, Забайкальський науково-дослідний і проектний інститут промислового проектування (Забайкалпромбудпроект) провів спеціальне вивчення стійкості різних бетонів у натурних мерзлотно-грунтових умовах Якутська, район якого відрізняється вкрай складними умовами експлуатації. Крім вічної мерзлоти і дуже низьких температур у зимовий період, там спостерігаються великі амплітуди коливання температури навіть і межах однієї доби, що викликає виникнення великих циклів або як мінімум, одного циклу заморожування і відтавання протягом доби. Робота тротуарних плиток ускладнюється підвищеною вологістю і засоленістю ґрунтів.

Сукупність цих факторів у сполученні з експлуатаційними навантаженнями викликає передчасне руйнування бетону, що до того ж значно прискорюється незадовільною експлуатацією споруджень.

Розмір збитку, наносимого народному господарству від передчасної деформації споруджень, дуже великий.

Як уже відзначалося, ліквідація наслідків морозної деструкції або запобігання її виникненню в процесі експлуатації побудованих споруджень вимагають великих матеріальних витрат. Так, для стримування деструктивних

процесів, що йдуть, у бетоні шлюзів і запобігання або скорочення числа циклів заморожування і відтавання було запропоновано таке дороге рішення, як зміст камер у наповненому стані при негативних температурах.

Дослідники звернули увагу на те, що, витримавши 100 циклів заморожування і відтавання, бетон втратив тільки 5% своєї міцності на стиск, у той час як міцність на вигин і розтяг різко зменшилася. Це свідчить про те, що іспит на стиск, піддаваних морозному впливу, прийняті в ДСТУ і практиці досліджень, не відображають щирої несучої здатності цих конструкцій, оскільки велика частина елементів конструкцій шлюзів поряд зі стисненнями випробує також згинючі і напруги, що розтягують.

Питаннями вивчення морозної деструкції займаються і за кордоном. Так, Г. Руфферт (ФРН), що вивчає дефекти бетону, приділяє велику увагу впливові на бетон засобів, що запобігають утворенню льоду. По його даним, за останні 10 років різні негативні впливи на дорожні конструкції катастрофічно зросли. При цьому маються на увазі впливи атмосферних умов у сполученні з застосуванням засобів, що запобігають злиденінню, якими узимку посипають дорожні полонини.

На підставі приведених вище даних видно, що на всіх об'єктах капітального будівництва, призначених для різних цілей, споруджених у помірній і суворій кліматичній умовах, морозна деструкція є одним з основних видів руйнування цих об'єктів.

Усунення дефектів від морозної деструкції, що з'являються в процесі експлуатації, вимагає великих ремонтно-відновлювальних робіт або повної заміни окремих конструкцій. Усі рішення по запобіганню морозного руйнування бетону або його істотному уповільненню є дорогими, трудомісткими і не дають належного ефекту.

Обстеження споруджень, виконаних з бетону, показує, що бетон часто руйнується задовго до кінця проектного терміну їхньої експлуатації. При цьому в більшості випадків руйнування є наслідком морозної деструкції тобто бетон не витримує того числа циклів змінного заморожування і відтавання, що йому належить витримувати за час експлуатації спорудження.

Таке руйнування може відбуватися по двох причинах:

- 1) при правильно призначеній нормативній марці по морозостійкості бетон у дійсності не мав необхідну морозостійкість,
- 2) нормативна морозостійкість була призначена неправильно.

Результати іспиту бетонів виробничих складів і аналіз технічної документації показують, що в переважній більшості випадків бетони тротуарних плиток відповідають проектній марці по морозостійкості. Однак більшість тротуарних плиток руйнуються від морозної деструкції. Це свідчить про те, що для багатьох плиток марка бетону по морозостійкості (часте висока) призначається необґрунтовано.

В даний час існує біля десяти нормативних документів (ДБН, ДСТУ і т.д.) що регламентують порядок призначення марки бетону по морозостійкості. Більшість існуючих ДБН при призначенні марки бетонів конструкцій по морозостійкості мають на увазі в основному мінімальну температуру самого холодного місяця, що буває в районі будівництва. В той же час загального принципу (методики) призначення нормативної морозостійкості не мається. В зв'язку з цим до бетонів тих самих конструкцій різними ДБН пред'являються різні вимоги по морозостійкості. В більшості з них при призначенні марки бетону по морозостійкості не враховуються важливі фактори, що впливають на кількість циклів заморожування і відтавання, яким у реальних умовах піддається бетон. У числі цих факторів тривалість і температурні границі циклу, кількість відліт у році в районі експлуатації, можливість влучення снігів на поверхню бетону в момент заморожування, орієнтація тротуарних плиток у відношенні частин світла і інших.

Таким чином, що існують методик призначення нормативної морозостійкості не в повному обсязі влівають реальні умови експлуатації тротуарних плиток. Виходячи з вищевикладеного зрозуміло, чому бетони, що задовольняють проектним вимогам по морозостійкості, руйнують свою довговічність і спорудження починають руйнуватися задовго до нормативного терміну служби. Це особливо яскраво виявляється в районах Західної України, де одічасне вплив таких факторів, як низькі температури повітря і велике число

ясних днів у зимове час при сильній, сонячній радіації, призводить до різкої зміни реальних умов експлуатації в порівнянні з розрахунковими.

Бетони багатьох споруджень у дійсності випробують більше (іноді в кілька десятків разів) число циклів заморожування і відтавання, чим це передбачається нормами проектування, отже, у нормативних документах занижена середня марка по морозостійкості в порівнянні з необхідною в реальних умовах. Зовсім очевидно, що радикальним рішенням даного питання є правильне призначення необхідної морозостійкості, що відповідає реальним умовам експлуатації спорудження і забезпечення її в процесі будівництва.

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета даної роботи – розроблення технології виготовлення тротуарної плитки литтєвим способом.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Вивчити і узагальнити нормативну документацію та вимоги до тротуарної плитки;
2. Визначити вхідні характеристики компонентів бетону;
3. Розробити методика досліджень плитки;
4. Підібрати склади бетонів з використанням методів математичного планування експерименту;
5. Провести випробування отриманих складів бетону на міцність, водопоглинання і морозостійкість.
6. Розробити технологічний регламент виготовлення тротуарної плитки з використанням наявного обладнання.

Об'єктом дослідження є компоненти складу бетону, тротуарна плитка.

Предметом дослідження є законмірності процесів формування структури, водопоглинання, міцність, морозостійкість.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Планування дослідів з використанням математико-статистичних методів

Планування експериментів і розробка складів бетону за допомогою математико-статистичних методів є ефективним інструментом для оптимізації властивостей бетонної суміші. Таке планування доцільно використовувати в наступних випадках:

- при використанні різних складів бетону з різною рухливістю бетонної суміші;
- для побудови залежностей, які дозволяють коригувати склад бетону в процесі його виготовлення;
- при впровадженні нових технологій виробництва бетонних виробів;
- у випадках застосування автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Суть використання математико-статистичних методів полягає у визначенні математичних залежностей між заданими характеристиками бетону, зокрема, міцністю, витратами матеріалів і технологічними параметрами. Ці залежності дозволяють обрати оптимальні склади суміші та коригувати їх відповідно до реальних умов.

Розробка математичних моделей базується на серії лабораторних експериментів, результати яких уточнюються у виробничих умовах. Перед початком лабораторних досліджень слід виконати такі підготовчі етапи:

1. Визначення оптимізованих параметрів, таких як міцність бетону, рухливість суміші, щільність тощо, залежно від поставлених завдань.
2. Вибір ключових факторів, які впливають на змінність цих параметрів (водоцементне відношення, витрата цементу, кількість заповнювачів тощо).
3. Розрахунок базового (основного) складу бетонної суміші.
4. Визначення меж варіювання факторів.

Ключові фактори задаються в рамках певних рівнів. Значення фактора в базовому складі приймається за середній (або головний) рівень. Варіювання факторів може здійснюватися на двох рівнях (нижньому та верхньому) або на трьох рівнях

- В/Ц визначають з умови (А.1), ДСТУ Б В.2.7-215 [16].
- Орієнтовну витрату води визначають за таблицею А.2 ДСТУ Б В.2.7-215 [16].
- Витрату заповнювачів визначають за формулами (А.4), (А.5) ДСТУ Б В.2.7-215 [16].

Витрата матеріалів пробних замісів наведена в таблиці 5.1.

3.2.2 Виготовлення пробних замісів початкових складів

Виготовлення пробних замісів початкових складів здійснювалося за п. 6 ДСТУ Б В.2.7-215 [16].

За завданням марка бетонної суміші за розпливанням конуса F4 (від 490 до 550 мм). Визначення рухливості виконувалося за п. п 4.1 ДСТУ Б В.2.7-114 [10].

3.3 Методика визначення характеристик цементу

Для визначення характеристик цементу застосовується метод згідно ДСТУ Б В.2.7-187 [26].

Метод включає визначення міцності на згин і стиск зразків-балочок розмірами 40 мм x 40 мм x 100 мм.

Ці зразки готують із цементного розчину пластичної консистенції, що містить у частинах за масою: три частини піску стандартного для виробувань цементу, одну частину цементу та 0,39 частини води (водоцементне відношення 0,32). Цементний розчин отримують механічним змішуванням та ущільнюють у формі для зразків-балочок за допомогою віброплощадки.

Зразки витримують у формі для зразків-балочок у посудині з гідрозлічним затвором або в шафі протягом 24 год, а після розформування зберігають у воді до моменту визначення міцності.

Після закінчення терміну зберігання зразки виймають із води та розламують на дві половини під дією згинального навантаження. Кожну половину зразка випробовують на міцність при стиску.

Зразок-балочку встановлюють на опорні елементи приладу так, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходилися у вертикальному положенні. Схеми розміщення зразка-балочки на опорних елементах рис. 3.1 три зразки-

балочки, які випробовують відповідно до інструкції, що надане до приладу.

Шість половинок зразків-балочок, які отримані після випробувань на згин, одразу випробовують на стиск. Половинку зразка-балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, що при виготовленні примикали до стілок форми, знаходилися на площині пластинок, а упори пластинок щільно примикали до торцевої гладкої площини зразка-балочки (рис. сунок 3.1).

Зразок-балочку разом із пластинками центрують на опорній плиті машини для випробувань. Середня швидкість збільшення навантаження при випробуванні повинна бути (2400 ± 200) Н/с або $(2,4 \pm 0,2)$ кН/с.

Рекомендовано використовувати пристрій, який автоматично підтримує стандартну швидкість навантаження зразка-балочки.



Рисунок 3.1 Розташування зразка-балочки між натисними пластинками

1 – нижня плита преса; 2 – пластинки; 3 – верхня плита преса

Результат випробування міцності на згин обчислюють як середнє арифметичне значення трьох одиничних результатів, отриманих при випробуванні трьох зразків-балочок. Кожен результат має бути наведений із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Середнє арифметичне значення навсвіт із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Для міцності на стиск у віці 28 діб довгочасна збіжність, яку виражають як коефіцієнт варіації, повинна бути не менша ніж 4,0 %.

Довгочасна збіжність є виміром точності методу випробування, що використовується в лабораторії для дотримання точності, або випробування протягом більшого проміжку часу для оцінки власного контролю цементу.

3.4 Методика визначення характеристик добавки

Для використання у випробуваннях були вибрані пластифікуючі добавки С-3. Для добавок власного виробництва виробником було розроблено і затверджено технічні умови, згідно яких визначаються вимоги до добавок та методи визначення відповідності. Також деякі показники визначаються згідно ДСТУ Б В.2.7-171 [39].

Для визначення придатності добавки визначаються наступні її характеристики: [37]

- зовнішній вигляд;
- агрегатний стан;
- густина;
- вміст сухої речовини;
- вміст води;
- запах.

Зовнішній вигляд та агрегатний стан добавки визначається візуально. Добавка наливається в скляну пробірку об'ємом 100 мл, дається деякий час відстоятися. Визначається відповідність кольору добавки та однорідність, відсутність розшарувань добавки. [37]

Густина добавки визначається зважуванням. У чисту суху скляну пробірку об'ємом 100 см³ зважують з точністю до 0,1 г. В пробірку наливається добавка до позначки 100 см³ по нижньому меніску, зважується пробірка з добавкою з точністю до 0,1 г.

Густина визначається за формулою:

$$\rho_d = \frac{m_{nd} - m_n}{V} \text{ г/см}^3,$$

де ρ_d - густина добавки, г/см³;

$m_{пр}$ – маса порожньої пробірки, г;

$m_{прд}$ – маса пробірки з добавкою, г.

Для точності випробування проводяться у трьох різних пробірках, густина визначається як середнє арифметичне, при цьому коефіцієнт варіації повинен

складати не більше 5%.

Вміст сухої речовини та води визначається згідно [39] за методом висушування.

Суть методу полягає у висушуванні речовини до постійної маси та визначення зменшення маси речовини.

Стаканчик для зважування викушується в сушильній камері до постійної маси та зважується. Зважування проводиться на аналітичних вагах з точністю до четвертого десяткового знаку.

В стаканчик наливають 40-50 грамів добавки та зважують з точністю до четвертого десяткового знаку.

З відкритою кришкою стаканчик встановлюється в сушильну камеру і сушиться при температурі 105-110 °С. Перше зважування виконується через дві години, кожне наступне – через годину до досягнення постійної маси.

Стаканчик з речовиною з зачищеною кришкою перед кожним зважуванням розміщують для охолодження в ексикатор з прожареним хлоридом кальцію та витримують один і той же час, але не менше 30 хвилин.

Масову долю води (X_w) у відсотках визначають за формулою.

$$X_w = \frac{(m_{m1} - m_1) \cdot 100}{m} \%,$$

де m_1 – маса стаканчика з речовиною до висушування, г;

m_{m1} – маса стаканчика з речовиною після висушування, г;

m – маса речовини, г

За результатами проведених випробувань визначається середнє арифметичне п'ятьох паралельних визначень, відносне розходження яких не перевищує 10%.

3.5 Методика визначення характеристик піску

Для приготування бетонних сумішей застосовують пісок згідно з ДСТУ Б В.2.7-32, ДСТУ Б В.2.7-29 [18, 32]. Випробування піску проводимо згідно ДСТУ Б В.2.7-32 [21].

3.6 Методика визначення характеристик щебеню

Для приготування бетонних сумішей застосовують крупний щебінь згідно з EN 1097-3, EN 1097-6, ДСТУ Б В.2.7-75 [21]. Випробування щебеню проводимо

згідно ДСТУ Б В.2.7-71 (ГОСТ 8269.0) [13].

3.7 Методика визначення характеристик бетону

Для визначення марки бетону за міцністю виготовлялись зразки розміром $10 \times 10 \times 10$ см ДСТУ Б В.2.7-214 [15]. До випробувань всі зразки зберігались в нормальних умовах.

Визначення водопоглинання бетону проводилось на зразках розміром $10 \times 10 \times 10$ см згідно ДСТУ Б В.2.7-170.

Морозостійкість бетону визначалась за прискореним дилатометричним методом згідно ДСТУ Б В.2.7-50 (ГОСТ 10060.3) з використанням приладу "Бетон -Фрост" та морозильної камери рис.3.2 та рис.3.3.



Рис. 3.2 Прилад для визначення морозостійкості бетону БЕТОН-ФРОСТ



Рис. 3.5 Визначення морозостійкості бетону з використанням морозильної камери.

РОЗДІЛ 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Характеристики цементу

Цемент перевіряємо на відповідність вимогам ДСТУ Б В.2.7-187 [26], ДСТУ Б В.2.7-188[27] і ДСТУ Б В.2.7-185[28]. Згідно з якими для випробувань виготовляємо по три балочки 40x40x160 мм. Випробування цементних балочок на згин і на стиск на рис. 4.1 та 4.2



Рис. 4.1 Випробування цементних балочок на згин



Рис. 4.2 Визначення міцності на стиск

4.3 Характеристика піску

4.3.1 Випробувачня проводилися

4.3.2 Випробування зразків проводилися на відповідність

ДСТУ Б В 2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. пп. 4.4.2, 4.5.1, 4.5.1.1, 4.5.1.5, 4.5.1.5, 4.5.2.1, 4.5.2.4, 4.5.3.3-4.5.3.4, 4.5.4, 4.6, 4.8.1, 4.13

4.3.3 Процедура випробувань встановлена згідно ДСТУ Б В.2.7-232:2010

Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань

4.3.4 Результати випробувань

Результати випробувань піску наведені у табл. 4.3

Таблиця 4.3 Результати випробувань піску

1	2	3	4	5	6	7

--	--	--	--	--	--	--

4.4 Характеристика щебеню

4.4.1 Випробування проводились.

4.4.2 Випробування зразків проводились на відповідність ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. п.п. 4.2.3; 4.3.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7, насипна густина.

4.4.3 Процедура випробувань встановлена згідно: ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) Будівельні матеріали Щебінь і гравій щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.

4.4.4 Результати випробувань

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ отримано алгебраїчні рівняння водопоглинання, морозостійкості і границі міцності при стиску бетону для виготовлення тротуарної плити в досліджуваних межах зміни факторів.

5.2.1 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на водопоглинання бетону

Алгебраїчне рівняння водопоглинання бетону

(1)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $1,8 < 19,3$.

За рівнянням (1) побудовані графіки на рис. 5.1, 5.2, 5.3.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на водопоглинання чинять величини В/Ц і витрата цементу. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.1 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найменше водопоглинання при величині В/Ц рівним 0,4. При знаходженні факторів на основному рівні найменше водопоглинання при максимальній витраті цементу. На рис. 5.3 показано, що можна отримати найменше водопоглинання при максимальній витраті цементу.



Змінні фактори X_1, X_2, X_3 .

Рис. 5.2 Залежність водопоглинання бетону від витрат добавки, цементу і ваги частини В/Ц.



Рис. 5.3 Залежність водопоглинання бетону від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.

5.2.2 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на міцність бетону трестуарних плиток у віці 2 доби

Алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску бетону

(3)





Рис. 5.5 Залежність міцності бетону в 28-х добовому віці від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.



Рис. 5.6 Залежність міцності бетону в 28-х добовому віці від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вказаної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $3,6 < 19,3$.

За рівнянням (3) побудувати графіки на рис. 5.4, 5.5, 5.6.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на границю міцості при стиску чинять витрата цементу і В/Ц. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.4 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність отримана при витраті цементу на максимальному рівні і мінімальній величині В/Ц. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність аналогічна приведеним поясненням вище. На рис. 5.6 показано, що можна отримати найбільшу міцність при мінімальних величині В/Ц та максимальній - цементу.

5.2.3 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на міцність бетону тротуарних плиток у віці 28 діб Алгебраїчне рівняння міцності бетону

(5)



Рис 5.7 Залежність міцності бетону в 28-ми добовому віці від витрат добавки, цементу і величин В/Ц.



Рис. 5.8 Залежність міцності бетону в 28-ми добовому віці від витрат добавки, цементу і величини І/Ц



Рис. 5.9 Залежність міцності бетону в 28-ми добовому віці від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.

залежності в досліджуваних межах значення факторів, так як $2,5 < 19,3$.

За рівнянням (5) побудовані графіки на рис. 5.7, 5.8, 5.9.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на міцність чинять витрата цементу і В/Ц. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.7 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність при максимальній витраті цементу. На рис. 5.8 показано, що можна отримати найбільшу міцність при максимальній витраті цементу.

5.2.4 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини В/Ц на морозостійкість бетону

Алгебраїчне рівняння морозостійкості бетону

(6)



Рис 5.10 Залежність морозостійкості бетону від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.



Рис. 5.11 Залежність морозостійкості бетону від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.



Рис. 5.12 Залежність морозостійкості бетону від витрат добавки, цементу і величини В/Ц.

За рівнянням (6) побудовані графіки на рис. 5.10, 5.11, 5.12.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на границю міцності при стиску чинять витрата цементу і води. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.10 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність отримана при витраті цементу на максимальному рівні і $V/C=0,4$ на основному. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність отримана при максимальній витраті цементу. На рис. 5.12 показано, що можна отримати найбільшу міцність при мінімальних V/C і витраті максимальній - цементу.

5.3 Оцінка результатів експерименту з використанням обчислювальної програми *statistica 12*.

5.3.1 Дослідження впливу витрат добавки, цементу і величини V/C на водопоглинання бетону

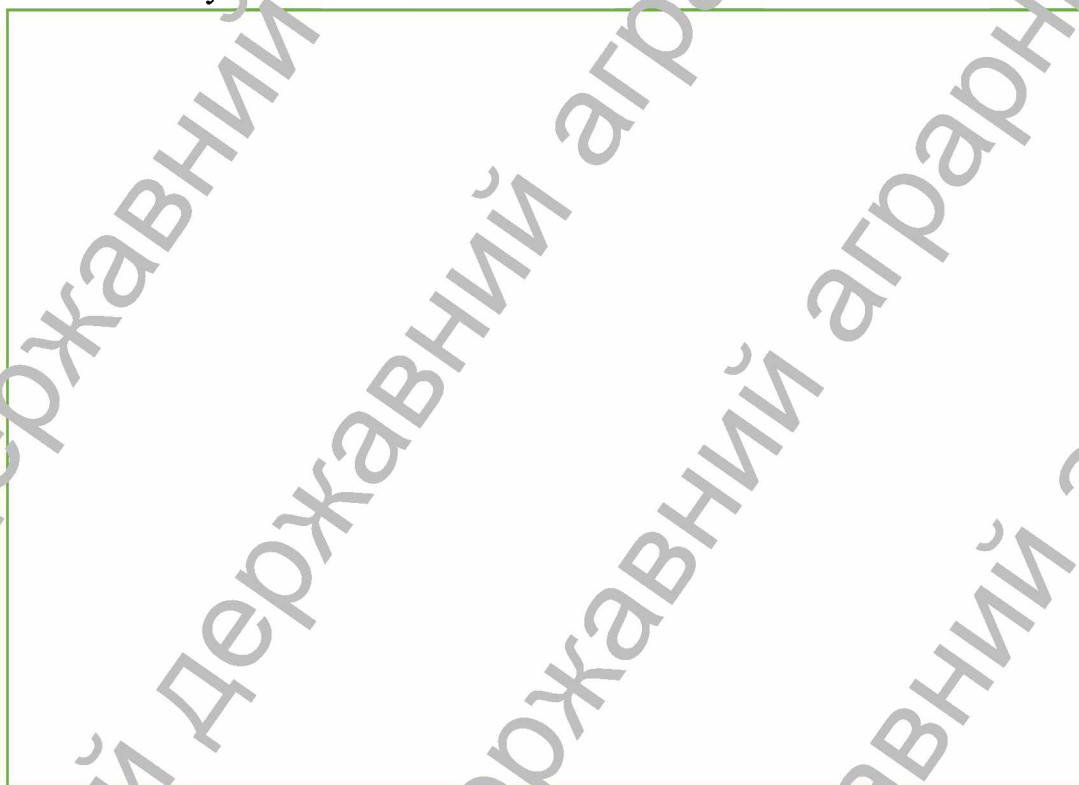


Рис. 5.13 Залежність водопоглинання бетону від витрати цементу та величини V/C при витраті добавки 0.6%



Рис. 5.14 Залежність водопоглинання бетону від витрати цементу та величини В/Ц при витраті добавки 0,9%



Рис. 5.15 Залежність водопоглинання бетону від витрати цементу та величини В/Ц при витраті добавки 1,2%

5.3.2 Дослідження впливу витрати добавки, цементу і величини В/Ц на морозостійкість бетону



Рис. 5.16 Карта ефектів Парето для оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії

Найбільший вплив на морозостійкість чинить коефіцієнт при факторі X_2 .

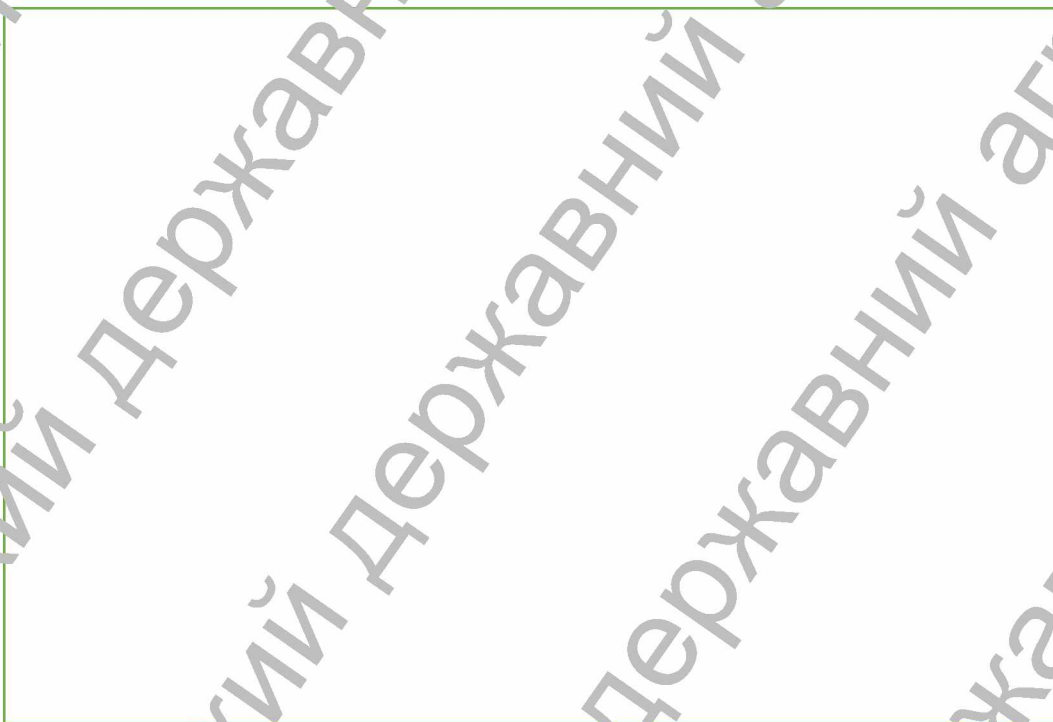


Рис. 5.17 Залежність морозостійкості бетону від витрати цементу та величини В/Ц при витраті добавки 1,2%



Рис. 5.18 Залежність морозостійкості бетону від витрати добавки та величини В/Ц при витраті цементу 1



Рис. 5.19 Залежність морозостійкості бетону від витрати добавки та цементу, величина В/Ц – 1

пикі

від усіх факторів,

визначення В/Ц=0,4.

Ізолінії поверхні функції відгуку морозостійкості від витрати цементу, добавки

і Р/ЛІ

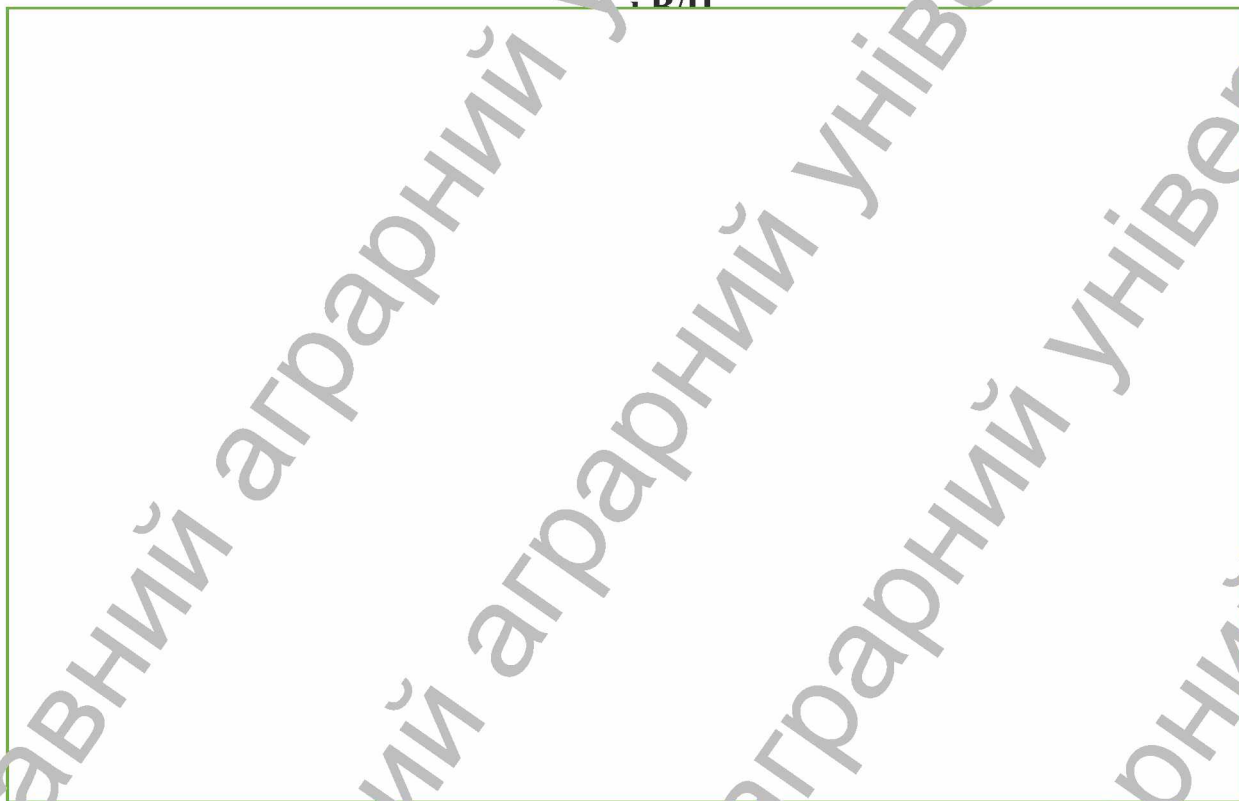


Рис. 5.20 Витрата цементу 440 кг



Рис. 5.21 Витрата добавки 0,9%



Рис. 5.22 Витрата добавки 1,2%



Витрата добавки 0,6 %

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДИЛЬНОСТІ

6.1 Усі виробничі процеси треба проводити згідно з ДБН А.3.2-2 [7].

6.2 Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам нормативних документів щодо безпеки електрообладнання та шумових характеристик.

6.3 Клас небезпеки, гранично допустимі концентрації шкідливих хімічних речовин, які можуть виділятися в повітря робочої зони під час виробництва бетонної суміші, — відповідно до [4].

Контроль вмісту забруднювачів повітря робочої зони потрібно проводити згідно з [4].

6.4 Під час перевантаження цементу гранично допустима концентрація цементного пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 6 мг/м^3 , а також $0,3 \text{ мг/м}^3$ — для атмосфери населених пунктів. Цементний пил має фібригенні властивості, клас небезпеки — 4 згідно з [5].

6.5 Усі роботи, пов'язані з виробництвом, змішуванням та застосуванням бетонів і беточних сумішей, потрібно проводити у виробничих приміщеннях згідно зі нормами [21], обладнаних трипливно-витяжною вентиляцією згідно з ДСТУ Б.А.3.2-12 [7] та ДБН В.2.5-57 [12], водопровідною системою та каналізацією — згідно з ДБН В.2.5-64 [11], освітленням — згідно з ДБН В.2.5-28 [10]. Вентиляція виробничих приміщень повинна забезпечувати загальні санітарно-гігієнічні вимоги до атмосферного повітря згідно з [4].

6.6 Параметри мікроклімату виробничих приміщень — згідно з ДСН 3.3.6.042 [16].

6.7 Рівень шуму на робочих місцях — згідно з ДСН 3.3.6.037 [14].

6.8 Рівень вібрації на робочих місцях — згідно з ДСН 3.3.6.039 [15].

6.9 Для індивідуального захисту під час виготовлення бетонних сумішей чи бетонів працівників має бути забезпечено спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з ДСТУ 7238, ДСТУ

7239 та ДСТУ EN 166, а також вони мають дотримуватися правил особистої гігієни.

6.10 Під час виробництва та використання бетонів і бетонних сумішей потрібно дотримуватися вимог щодо безпеки згідно з ДБН А.3.2-2 [7] та НПАОП 401-1.32-01 [18].

6.11 Технічну експлуатацію електроустановлення потрібно проводити відповідно до [6].

6.12 Складські та виробничі приміщення за вимогами пожежної безпеки відповідно до НАПБ А.01.001 [17] має бути оснащено засобами пожежогашіння згідно з ДБН В.1.1-7 [8].

6.13 Під час організації виробництва бетонів і бетонних сумішей потрібно дотримуватися правил пожежної безпеки згідно з НАПБ А.01.001 [17].

6.14 Ефективна сумарна літома активність природних радіонуклідів бетонів не повинна перевищувати 370 Бк/кг.

Радіологічний контроль потрібно здійснювати згідно з НРБУ-97/Д [19].

6.15 Під час виробництва, випробування та використання бетонів і бетонних сумішей потрібно дотримуватися вимог щодо охорони поверхневих вод від забруднення згідно з [2].

6.16 Охорону території від забруднення потрібно здійснювати відповідно до наказу МОЗ № 145 від 17.03.2011 [3].

6.17 Поводження з промисловими відходами, що утворюються під час виробництва, випробувань та застосування бетонів і бетонних сумішей, здійснюють згідно з ДСТУ 4462.3.01 та ДСТУ 4462.3.02.

Усі відходи, що утворюються під час виробництва бетонів та бетонних сумішей, має бути зібрано в спеціальні контейнери й утилізовано відповідно до [1].

6.18 Січні води потрібно складати до каналізації згідно з ДБН В.2.5-64 [11].

- 6.19** Виробник повинен забезпечувати безпеку праці та охорону довкілля згідно з вказівками ДСТУ 3273.
- 6.20** Вироби безпечні для людини, не забруднюють навколишнє середовище при виробництві, транспортуванні, зберіганні, використанні та утилізації за умови дотримання вимог цього стандарту.
- 6.21** Вироби є негорючими та вибухобезпечними.
- 6.22** При виготовленні виробів необхідно дотримуватись вимог ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.
- 6.23** Приміщення, в яких виготовляють вироби, та параметри виробничого середовища мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037, ДСН 3.3.6.039, ДБН В.1.1-7.
- 6.24** Виробничі приміщення повинні бути обладнані системами гравітаційно-втяжної вентиляції аспірації та опалення згідно; освітленням – згідно з ДБН В.2.5-28; водопровідною системою та каналізацією.
- 6.25** Мікроклімат у виробничих приміщеннях повинен відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042.
- 6.26** Рівень шуму в робочій зоні повинен відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037.
- 6.27** Захист від вібрації необхідно здійснювати відповідно до вимог ДСН 3.3.6.039. Контроль рівня вібрації виконують згідно ДСТУ.
- 6.28** Технологічне обладнання і виробничі процеси повинні відповідати вимогам.
- 6.29** Виробниче обладнання повинно експлуатуватися з урахуванням вимог ПУЕ. Обладнання та комунікації повинні бути заземлені від статичної електрики відповідно ДСТУ.
- 6.30** При виконанні підйимально-транспортних операцій та експлуатації вантажопідйимальних механізмів необхідно дотримуватись вимог.
- 6.31** Вантажопідйимальні роботи (переміщення, складування, навантаження, розвантаження, монтаж) для пакетів з виробами масою більше ніж 15 кг повинні бути механізовані.
- 6.32** При виконанні робіт повинні застосовуватись засоби захисту працюючих

згідно ДСТУ.

6.33 Попередні і періодичні медичні огляди працюючого персоналу повинні проводитись згідно з вимогами чинного законодавства.

6.34 До роботи можуть допускатись особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктаж щодо безпеки праці згідно з вимогами "Г" пового положення про наймання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці"

6.35 При виконанні виробничих операцій, які супроводжуються виділенням у повітря пилу, необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту: респиратори відповідно до специфікату – відповідно до ДСТУ 12.4.162, ДСТУ 396 та захисні окуляри .

6.36 Для охорони шкіри рук працюючих слід використовувати засоби індивідуального захисту згідно з ДСТУ.

6.37 При виготовленні виробів використовують цемент, кремнеземистий компонент, які відносяться до помірно- і малонебезпечних речовин згідно з ДСТУ. Гранично допустима концентрація пилу у повітрі робочої зони складає: цемент – 6 мг/м³, кремнеземистий компонент – 1 мг/м³. Вміст пилу в повітрі робочої зони контролюють згідно з вимогами ДСТУ.

6.38 Сировинні матеріали, що застосовуються для виробництва, за радіаційною безпекою повинні відповідати вимогам ДБН В.1.4 2.01. Ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів у матеріалах не повинна перевищувати 370 Б./кг

РОЗДІЛ 7

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. В магістерській роботі згідно з поставленими задачами було ретельно вивчено нормативну документацію і методи випробувань тротуарної плитки для визначення водопоглинання, міцності та морозостійкості.

Проведено випробування зразків бетону з використанням розроблених методик і наявного технічного забезпечення.

2. Визначено водопоглинання зразків бетону. Отримано водопоглинання бетону-6,2%, що відповідає вимогам.

3. Міцність бетону при стиску у віці 2 діб складає 43% від кінцевої міцності.

4. Отримано міцність при стиску у віці 28 діб 39,8 МПа.

5. Морозостійкість тротуарної плитки 245 циклів, що відповідає вимогам.

Заключення

Поставлені мета і задачі в магістерській роботі виконані в повному обсязі.

Рекомендації

1. Отримані намірки у підборах складів бетону та випробуваннях зразків, будуть використані при подальшій роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дворкін Л.І. Оптимальне проектування складу бетону. Львів, 1991
2. Ліфанов І.І. До питання прогнозування довговічності бетону. М., 1997.
3. Літішенко В.І. Нова методика вивчення морозостійкості бетону. М., 1957.
4. Єфимов Б.А. Отримання цементних бетонів даної морозостійкості з врахуванням властивостей будови. М., 1996
5. Горчаков Г.І. Підвищення морозостійкості і міцності бетону. М., 1986.
6. Москвін В.М.. Розрахунково-випробувальні методи оцінки морозостійкості бетону. М., 1996.
7. Кунцевич О.В. Дослідження фізичних і технологічних основ проектування морозостійкості бетонів. Л., 1993
8. Ратинов В.Б. Класифікація добавок по механізму їх дії на цемент. М., 1996
9. Батраков В.Г. Підвищення довговічності бетону добавками кремнійорганічних полімерів. М., 1998.
10. Мірошнів Є.О. Бетони тверднуть на морозі. М., 1995
11. Іванов Ф.М. Визначення морозостійкості бетону прискореним методом. М., 1989.
12. ДСТУ EN 196-1:2007 Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності (EN 196-1:2005, IDT)
13. ДСТУ Б В.2.7-188:2009. Методи визначення тонкості помелу
14. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму
15. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск,
16. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.

17. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. (EN 206-1:2000, NEQ)
18. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови
19. ДСТУ Б В.2.7-42-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови
20. ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-98) Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань
21. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови
22. ДСТУ Б В.2.7-96-2(00) (ГОСТ 7473-94) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови
23. ДСТУ Б В.2.7-112-2002 Будівельні матеріали. Цементи. Загальні технічні умови
24. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 (ГОСТ 10181-2000) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань
25. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності
26. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001, NEQ)
27. ДСТУ EN 196-1:2007 Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності (EN 196-1:2005, IDT)
28. ДСТУ Б В.2.7-214~2009. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Бетон
29. ДСТУ Б В.2.7-215~2009. Правила підбору складу. Бетон
30. ДСТУ Б В.2.7-224~2009. Правила контролю міцності. Бетон
31. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості водонепроникності

32. ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань.
33. ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови
34. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва
35. ДБН В.1.4-1.01-97 Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні
36. ДБН В.1.4-2.01-97 Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва
37. ДБН В.2.6-22-2001 Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей
38. ДБН Г.1-4-95 Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій та устаткування в будівництві
39. ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови
40. ДСТУ Б В.2.7-212:2009 Бетони. Методи визначення стійкості
41. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності
42. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю
43. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2007, NEQ)
44. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Наставова
45. ДСТУ 9208:2022 Бетони вапні. Технічні умови
46. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Бетони. Правила підбору складу
47. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій

48. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Будівельні матеріали. Методи випробування на горючість
49. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови
50. ДСТУ ГОСТ 12.2.085:2007 Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги щодо безпеки