

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

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

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Дослідження міцності бетонних конструкцій зі скла
наповнюючими компонентами**

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

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Лисенко Я.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Каспрук В.Б.
(прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент _____
(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Лисенку Ярославу Рімасовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження бетонних конструкцій зі скла наповнюючими компонентами

Керівник роботи Каспрук Володимир Богданович, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Дослідити вплив добавок, що можна використати в якості заповнюючих компонентів для бетону на експериментальних зразках у вигляді кубів.

В якості добавок використати найбільш вживані на ринку матеріали

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

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

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

Загальний вигляд вимірювача ИПС-МГ 4.03. Розсортований склобій величиною 0,5 см та 1см.

Замішування бетонної суміші. Прес П-50. Схеми характеру руйнувань зразків при випробуванні на стиск. Необхідна кількість води та цементу на 1 м³ (в кг) залежно від величини фракції крупного заповнювача. Зовнішній вигляд зразків до випробувань. Залежність міцності бетону від віку твердіння. Зміна міцності бетону в залежності від розміру величини наповнювача.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел	07.11.2020	
2	Постановка мети та задач досліджень	10.01.2021	
3	Виготовлення експериментальних зразків	24.02.2021	
4	Дослідження експериментальних зразків у віці 7 діб	03.03.2021	
5	Дослідження експериментальних зразків у віці 14 діб	10.03.2021	
6	Дослідження експериментальних зразків у віці 21 доби	17.03.2021	
7	Дослідження експериментальних зразків у віці 28 діб	24.03.2021	
8	Статистична обробка результатів	25.04.2021	
9	Аналіз отриманих результатів	28.04.2021	
10	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.05.2021	
11	Загальні висновки	15.05.2021	

Студент

_____ (підпис)

Лисенко Я.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Каспрук В.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	9
СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ СКЛОБОЮ У ВИГОТОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	9
1.1 Проблема виділення і утилізації відходів скла із міських звалищ	9
1.2 Екологічні та економічні аспекти ресурсовикористання.....	10
1.3 Використання скляного бою у виробництві будівельних матеріалів.....	11
1.4 Переваги різних видів склобетону над традиційним бетоном	13
РОЗДІЛ 2	15
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВИПРОБУВАНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	15
2.1 Прилад вимірювання міцності ИПС-МГ 4.03	15
2.1.1 Призначення і область застосування	15
2.1.2 Технічні характеристики вимірювального приладу.....	17
2.1.3 Прилад і принцип роботи.....	18
2.1.4 Вимоги до об'єкта контролю при вимірах.....	18
2.2 Систематичні похибки і оцінка довірчих інтервалів.....	19
2.3 Вивчення властивостей дрібного наповнювача.....	20
2.4 Вивчення властивостей крупного наповнювача.....	21
2.5 Підбір оптимального складу бетонної суміші з використанням склобою.....	23
2.6 Цемент Krumix ПЦ II БК 400. Технічні характеристики	25
2.7 Визначення фізико-хімічних властивостей бетонів	27
2.8 Випробування бетонних кубиків пресом П-50	28
2.9 Методика випробування пресом П-50	30
РОЗДІЛ 3	33
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СКЛОБОЮ В ЯКОСТІ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА	33
3.1 Результати міцності бетонних кубиків залежно від терміну твердіння.....	33
3.2 Результати випробувань пресом.....	41
3.3 Практичність бетонної суміші	43

3.4 Дослідження зони контакту зерна склобою з цементним камінням	44
3.5 Рекомендації по використанню склобою в якості крупного наповнювача для бетонів	44
3.6 Перспективи додаткових досліджень	46
РОЗДІЛ 4	49
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛОБЕТОНУ	49
4.1 Розрахунок вартості склобетону на 1м ³	49
4.2 Розрахунок вартості на монолітний фундамент гаражного приміщення розміром 5х6м	51
4.3 Теоретичне зменшення вартості бетону за рахунок додавання реагентів у суміш	52
РОЗДІЛ 5	53
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
5.1 Охорона праці	53
5.2 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЯ	61

ВСТУП

За останній час на ринку будівельної продукції з'явилося багато високотехнологічних матеріалів, які допомагають інженерам втілювати їх ідеї в реальність. Різке збільшення асортименту товарів пов'язане з винайденням нових матеріалів. Зазвичай це поєднання двох і більше різнорідних елементів.

За умов високої вартості сировини особливу цінність мають науково-дослідницькі роботи, які спрямовані на винайдення методів створення нових будівельних матеріалів на основі побутових відходів. Цьому сприяє погіршення екологічної ситуації, особливо у великих містах.

Скло – одне з найпоширеніших видів відходів. За своєю природою скло має багато особливих фізичних властивостей. Воно не руйнується під дією води, морозу, сильних і слабких мінеральних кислот, солей, бактерій, і є стійким до корозії. Саме своїми властивостями даний матеріал цікавить науковців та дослідників.

Магістерська робота спрямована на обґрунтування можливості використання склобою в якості крупного заповнювача для бетону, перевірки фізичних властивостей одержаного матеріалу з різним розміром фракції скла, а також уточнення областей застосування даного матеріалу.

З цією метою були проведені дослідження щодо можливості використання склобою як крупного заповнювача визначеного складу.

Перед виконанням науково-дослідницької роботи була поставлена задача проведення комплексу експериментально-теоретичних досліджень по вивченню властивостей склобою, піску і цементу, при виготовленні бетони в Тернопільській області, бетонної суміші і бетону з використанням склобою в якості заповнювача, уточненню механізму впливу склобою на властивості бетону, оптимізації складу склобетону і визначення найбільш ефективного використання у будівництві. Також одним з основних завдань було проаналізувати літературні джерела і знайти основні пункти для дослідження головної теми, визначити предмет, об'єкт та головні цілі цієї магістерської роботи.

Предметом дослідження магістерської роботи представлено бетон з використанням склобою в якості заповнювача.

Об'єкт дослідження магістерської роботи – технологія виготовлення склобетону з використанням відходів скла.

Для досягнення поставлених цілей були поставлені наступні задачі:

1. Дослідити властивості бетонної суміші і бетону з використанням в якості заповнювача склобою.
2. Уточнити механізм впливу склобою на властивості бетону.
3. Обґрунтувати вибір величини фракцій наповнювача.
4. Розробити рекомендації з виготовлення бетонів з використанням відсіву дробленого скла.
5. Уточнити поняття «склобій з відходів скла».
6. Дослідити, яка величина фракції скла підходить найкраще для склобетону. Показати це на графіках.

Підбір складу і дослідження властивостей бетонної суміші проводилось відповідно з ДСТУ Б В.2.7-176:2008 “Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови”, ДСТУ Б Г.1-10:2008. “Бетони. Номенклатура показників” та ДСТУ Б В.2.7-215:2009. “Бетони. Правила підбору складу”.

Перевірку міцності було проведено вимірювачем ИПС-МГ4.03.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в наступному:

1. Доповнено класифікацію бетонів в пункті класифікаційних ознак «вид наповнювача».
2. Розроблено склад і уточнено технологію виготовлення бетонів з використанням склобою.
3. На основі комплексу експериментально-технічних досліджень встановлено висновок щодо найбільш підходящого розміру фракції дробленого скла, який ґрунтується на показниках міцності виготовленого склобетону.
4. Уточнено поняття «бетон із відходів скла».

Практична значимість роботи полягає в отриманні бетонів з використанням відходів скла, що дозволяє підвищити ефективність перероблення промислових відходів і зменшити їх шкідливий вплив на атмосферу.

Результати роботи опубліковані у збірнику на IV міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», яка проходила 28-29 квітня 2021 року.

Ступінь розкриття теми магістерської роботи оцінюється як високий. Рекомендації по використанню даних, отриманих в цій роботі, а також пункти, які необхідно в подальшому дослідити наведені у розділі 3.

Магістерська робота складається з вступу, п'яти розділів, висновку та літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ СКЛОБОЮ У ВИГОТОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Найбільш поширеним способом для утилізації мінеральних відходів на території України є їх поховання у земляній товщі. З економічної та екологічної точок зору подібна практика не тільки шкодить ґрунту, підземним водам, але ще й засмічує територію, при цьому втрачаються без можливості відновлення природні ресурси, які одного разу були добуті й перероблені в матеріали та вироби.

Для зменшення кількості відходів і втрати сировини, матеріалу на всіх стадіях їх обробки, зберігання і транспортування необхідно створювати й впроваджувати маловідходні і безвідходні технології, вдосконалювати управління якістю сировини та готової продукції.

Особливу увагу хочу приділити скляній тарі. Її доля на міських, а також на стихійних звалищах у лісах більш ніж велика.

1.1 Проблема виділення і утилізації відходів скла із міських звалищ

Склобій (бій скла, який виникає шляхом при виготовленні і використанні скляних виробів і листового скла), видобутий із твердих побутових відходів, містить неорганічні вогнетривкі сполуки (корунд, кварц, фарфор та ін.), сполуки немагнітних та магнітних металів (консервні бляшанки, кільця, металічні пробки та ін.), а також органічні (картон, папір, пластик). Тому склобій, який виділяється з міських відходів і призначається для повторного використання, повинен піддаватись впливу такої обробки, при якій якість скла не змінювалась.

Скло розсортовують, подрібнюють і мелють, тоді всю суміш просівають через грохони, розділяють за розміром. Частки понад 5 мм використовують як великий заповнювач, менш як 5 мм натомість піску – дрібна фракція, а також порошок дрібного помелу – як сполучна.

При змішуванні із звичайною водою скляний пил в'язучих властивостей не може проявити, для цього потрібен каталізатор. При додаванні кальцинованої

соди утворюється лужне середовище, у ньому склобій розчиняється та утворює кремнієві кислоти, які після цього стають гелем. З допомогою цього гелю скріплюються фракції заповнювача. Коли гель затвердіває (з нормальною чи підвищеною температурою, яка визначається залежно від самого скла і наповнюючих компонентів) створюється силікатний конгломерат — склобетон, який є стійким до кислот.

Теоретично, такий бетон економить на наповнюючих матеріалах, змінюючи пісок або щебінь відходами скляного бою. За таких умов щебінь замінюється на скло на 15-100%, причому не втрачаючи своєї міцності і значно знижуючи вагу готового блоку.

1.2 Екологічні та економічні аспекти ресурсовикористання

Експерти дають оцінку: всього за один рік в Україні одна людина викидає 200-300 кг сміття, 90% з яких потрапляє на звалища і полігони. Лише 10% йде на перероблення.

Якщо брати усе різноманіття відходів, то одну з ключових сходинок буде займати склобій, його масова частка більше 20% з усього можливого.

Скло вважають найбільш важко утилізованим ресурсом. Якщо порівнювати з органічними відходами (харчі, папір та ін.), які вже через 1-3 роки повністю можуть розкластись, то скло, як і сталеві вироби, може зберігатись фактично без руйнувань протягом десятків або ж навіть сотень років.

Для економіки та екології будь-якої країни важливу роль грає вторинне використання матеріалів. Повторне перероблення сировини (склобою) може поліпшити екологічну ситуацію, тому, що вдасться уникнути великого скупчення твердих відходів побутового і виробничого характеру.

Перероблення кожної тонни скляних відходів у нові предмети значно зменшує к-сть викидів у повітря вуглекислого газу (до 315 кг), яке б утворювалося при новому створенні того ж самого скла. Крім того перероблення скла дасть позитивний економічний ефект.

За оцінками експертів для перероблення вторинної сировини потрібно капітальних вкладень в чотири рази менше, аніж при отриманні продукції з первинної сировини. Вкладати кошти в безвідходні технологічні процеси, які зберігають сировинні та енергетичні ресурси, які разом з тим забезпечують високу якість продукції, вигідно. Наукові дослідження промислових відходів і відходів міського господарства показують можливість створення з останніх нових довговічних будівельних матеріалів з високими фізико-механічними і економічними показниками.

1.3 Використання скляного бою у виробництві будівельних матеріалів

Сьогодні більшість провідних дослідницьких центрів в Росії, країнах СНД, а також в країнах Європи та Америки проводяться активні експерименти в сфері утилізації скла. Для прикладу, в США на досліди, проведені дослідниками інженерних факультетів Колумбійського університету (штат Нью-Йорк), які визначають можливість заміни щебню в бетонній суміші скляним боєм, виділили близько 445 млн. дол.

Більше п'ятнадцяти років у Московському державному будівельному університеті (раніше МІСД) на кафедрі технології оздоблювальних та ізоляційних матеріалів (ТОІМ) дослідники Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, В. Ю. Буров, Б. М. Румянцев розробляють склади та технології для одержання різноманітних видів буд. Матеріалів, які створені з природного чи штучного скла. Такі елементи не мають використання звичайних в'язучих речовин (цемент, вапно чи гіпс), при тому дають можливість повній утилізації склобою.

Новостворені матеріали, властивості яких можна задати, використовують в різних сферах. По-перше, в промисловому чи цивільному будівництві (бетони для різного призначення, бетонні суміші для різних типів робіт, тепло-звукоізоляція, оброблення та опорядження площі тощо). По-друге, на атомній ділянці (в якості бетонів з радіаційним захистом, як теплоізоляційні елементи покриттів та ін.). По-

третє, в хімічній області (спец. бетони, які є стійкими до агресивного середовища).

Технологія при виготовленні матеріалів з склобоек у своєму складі, яка базується на основі енергозберігаючого чинника, є простою і не вимагає професійного нового устаткування, а навпаки дає можливість створити організацію виробництва на традиційних майданчиках діючих підприємств будівельної індустрії без вагомих вкладень капіталів.

Склобоек успішно застосовується як добавка при виготовленні керамічної цегли. Заміна 50% глини склобоек знижує температуру випалу цегли з 1170 ° С до 900 ° С. Продуктивність печі при цьому зростає ~ на 30%. Якісні цеглини виходять із такої суміші: склобоек -30%, відходи цегли 60% і глина-10%. Такі цеглини атмосферостійкі і тому використовуються в якості облицювальних матеріалів. Ця композитна цегла легша за звичайну більш ніж в два рази, коштує дешевше, володіє необхідною вогнетривкістю і водостійкістю.

Тепло- та звукоізоляція. Найбільш доцільним способом утилізації скляного бою є виробництво довговічних і екологічно чистих тепло- і звукоізоляційних, а також композиційних будівельних матеріалів, зокрема різних видів піноскла.

Бетон, який армується особливим скловолокном, називається склобетон або скляний фібробетон, за своєю природою цей будівельний матеріал є унікальний. Технологія отримання такого бетону була розроблена більше 40 років тому, а саме в 1969 році. Склобетон - це загальна назва для цілого сімейства схожих аналогічних матеріалів, які набувають масштабного поширення у різних галузях будівництва.

1.4 Переваги різних видів склобетону над традиційним бетоном

Склобетон – це гнучкий, пружний, а також міцний матеріал, який при тому є легшим порівняно зі звичайним бетоном.

В залежності від того, як бетонний матеріал зазнає модифікації склом, склобетон поділяють на наступні види:

- бетон, з армуванням скла;
- суміш з рідким склом;
- бетон з скляною фіброю;
- напівпрозорий масив з додаванням скловолосна;
- суміш з склобоєм;
- суміш з скляним порошком в якості в'язучого.

З додаванням особливих наповнювачів, склобетон здатен перевершити звичайний бетон.

Перевагами даного матеріалу є:

- Менша маса, так як замість важкого каміння використовують легший склобій.
- Більша міцність вихідного матеріалу, тому що скляний композит за своїми властивостями є стійким до деформацій, а за параметрами ударної витримки перевищує звичайний бетон в 15 разів.
- Збільшена сфера застосувань, ширша номенклатура.
- Велика кількість модифікаторних добавок, які впливають на різні характеристики вихідного матеріалу.
- Теплоізоляція.
- Доступність.
- Можливість працювати з бетонною сумішшю взимку, так як при низьких температурах даний матеріал не замерзає.

Бетон з додаванням рідкого скла

При будівництві в регіонах з низьким рівнем ґрунтових вод для заповнення фундаментів рекомендується використовувати склад, в якому використовується рідке скло. Такий матеріал має антисептичні властивості, його застосовують при будівництві колодязів чи басейнів. Висока жароміцність дозволяє використовувати такі бетони при монтажі печей і камінів.

Рідке скло можна використати в таких варіантах:

- Необхідно спершу розвести рідке скло водою, а тоді залити готову речовину в бетон. Якщо ж ввести рідке скло без розведення, то в бетоні з'являться тріщини, які негативно вплинуть на міцність вихідного продукту.

- В іншому варіанті скло використовують як розчин ґрунтовки. Ним обробляють поверхню готового блоку. Якщо поверх такого шару нанести ще один – цемент зі склом, то готовий пиріг буде слугувати надійним захистом від потрапляння вологи всередину блоку.

Є один нюанс при використанні таких методів – суміш з додаванням рідкого скла швидко затвердіває, тому необхідно виготовляти її малими порціями і швидко використовувати, щоб не зазнавати відходів.

Композит з фіброю

Волокно, яке є стійким до дії лугів, можна назвати фіброю. Модифікувавши бетон такою фіброю, можна підвищити міцнісні характеристики і забезпечити декоративність виробу.

Залежно від того, якого виду і в якій кількості додаються добавки, скло-фібробетон ніколи не змінює такі властивості:

- Стійкість до водопоглинання;
- Велика ударна міцність;
- Морозостійкість;
- Легка вага;
- Хімічна стійкість.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВИПРОБУВАНЬ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кожен експеримент починається з предмету дослідження. Для того, щоб мати змогу дослідити об'єкт в повній мірі, ми зобов'язані подумати про умови дослідів: оснащена лабораторія, сучасні прилади та інструменти, підходящі фізико-хімічні умови, наявність сировини та матеріалів для досліджень.

Дослідження експериментальної частини проводились в лабораторії кафедри Будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. В роботі використані різні методи дослідження матеріалів і бетонів у відповідності з державними стандартами України.

2.1 Прилад вимірювання міцності ИПС-МГ 4.03

2.1.1 Призначення і область застосування

Вимірювання міцності було проведено приладом ИПС-МГ 4.03 (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд вимірювача ИПС-МГ 4.03

Вимірювач міцності бетону ИПС-МГ4.03 (далі по тексту - вимірювач) призначений для визначення міцності бетону методом ударного імпульсу по ГОСТ 22690, на основі попередньо встановленої залежності між міцністю бетону при випробуванні зразків на пресі і вимірним прискоренням, що виникає при взаємодії кульки вимірювача з бетонним зразком, при постійній енергії удару ($E = 0,12$ Дж).

Область застосування - контроль міцності бетону монолітних, збірно-монолітних і збірних бетонних та залізобетонних конструкцій при проведенні виробничого контролю міцності бетону.

Робочі умови вимірювань:

- температура навколишнього повітря від мінус 10 до 40 ° С;
- відносна вологість повітря не більше 98% при 25 ° С.

2.1.2 Технічні характеристики вимірювального приладу

Основні метрологічні і технічні х-ки приладу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - метрологічні і технічні характеристики приладу

Найменування характеристики	Значення
1	2
Діапазон вимірювання міцності, МПа	від 3 до 100
Межі основної відносної похибки вимірювань міцності,%	±8
Межі додаткової похибки вимірювань міцності, викликаної зміною температури від 20 ° С до граничних робочих значень,%, на кожні 10 ° С	±1,6
Час вимірювання на одній ділянці, с, не більше	30
Живлення (2 елементи типу АА (LR6)), В	від 1,6 до 3,5
Напруга включення сигналізації про заміну елементів живлення, В	1,5
Споживана потужність, мВт, не більше:	110
- з підсвічуванням дисплея	55
Габаритні розміри, мм, не більше:	
- електронний блок	180x90x30
- перетворювач	185x130x70
Маса, кг, не більше	
- електронний блок	0,27
- перетворювач	0,5

Продовження таблиці 2.1

1	2
Кількість збережених результатів вимірювань, ділянок	999
Середнє напрацювання на відмову, год, не менше	3000
Середній термін служби, років, не менше	10

2.1.3 Прилад і принцип роботи

Принцип роботи вимірювача заснований на ударно-імпульсному методі вимірювань міцності, а саме, на кореляційній залежності параметрів ударного імпульсу від пружно-пластичних властивостей контрольного матеріалу.

При ударній взаємодії з поверхнею контрольного матеріалу перетворювач виробляє електричний імпульсний сигнал, пропорційний прискоренню індентора, який реєструється електронним блоком. Електронний блок, відповідно до встановленої градуйованої характеристики, перетворює параметри ударного імпульсу (прискорення і час) в міцність. Результати вимірювань виводяться на дисплей вимірювача.

2.1.4 Вимоги до об'єкта контролю при вимірах

1. Вимірювання проводять на ділянці розміром не менше 100 см², при товщині виробу (конструкції) не менше 50 мм.

2. Кількість та розташування контрольованих ділянок при випробуванні конструкцій повинно відповідати ГОСТ 18105 або вказуватися в стандартах і технічних умовах на збірні конструкції або в робочих кресленнях на монолітні конструкції.

При визначенні міцності бетону обстежуваних конструкцій число і розташування ділянок повинно прийматися за програмою обстеження, але не менше трьох.

3. Відстань від краю конструкції до межі ділянки вимірювань повинна бути не менше 50 мм. Відстань між двома сусідніми відбитками (місце нанесення удару) повинна бути не менше 15 мм.

Ділянки для проведення вимірювань (місця нанесення удару) необхідно вибирати, по можливості, між гранулами щебеню і між великими раковинами.

4. Шорсткість поверхні ділянки, на якому проводять вимірювання, повинна бути не більше $R_a = 40$ мкм, що відповідає шорсткості поверхні бетонних кубів, випробуваних при градуванні вимірювача. В необхідних випадках допускається зачистка поверхні конструкції абразивним каменем з подальшим очищенням поверхні від пилу.

5. При визначенні міцності бетону за зразками вимірювання проводять на бічних поверхнях зразків (у напрямку бетонування). При цьому зразки повинні бути затиснуті в пресі з силою (30 ± 5) кН (3000 кгс).

2.1.6 При визначенні міцності бетону у виробках і конструкціях вимірювання проводять на поверхнях, прилеглих при виготовленні до опалубки.

2.2 Систематичні похибки і оцінка довірчих інтервалів

Експериментально визначити справжнє значення будь-якої випадкової величини неможливо, тому на практиці при багаторазових спостереженнях визначається її середнє арифметичне значення. Ця величина максимально наближена до істинного значення і може використовуватися замість нього.

За способом отримання числового значення шуканої величини виміри ділять на прямі, непрямі, сукупні і спільні. Це потрібно враховувати при обробці експериментальних даних і розрахунку похибок. При вимірюванні значення виникають похибки. Вони можуть бути систематичними і випадковими.

Випадкові похибки не можна виключити з результатів вимірювань. Неможливо вивести випадкову похибку, якщо вироблено один вимір.

У даній магістерській роботі можна виділити ряд систематичних помилок:

- вплив мінливої вологості і температури в лабораторії;
- систематичні (інструментальні) похибки використовуваних приладів (ваги, гідравлічний прес, вимірювальні прилади і т.д.);
- вплив залишкової вологи в обсязі предмета дослідження при серії зразків для багаторазових випробувань.

Для отримання максимально близького істинного значення необхідно використовувати ряд практичних рекомендацій, що впливають з положень теорії ймовірності.

Достовірність отриманих експериментальних значень підтверджується даними обробки багаторазових спостережень з побудовою відповідних довірчих інтервалів для кожної серії багаторазових спостережень. Загальна відносна похибка розраховувалася методами обліку довірчих інтервалів і невиключених залишків систематичних похибок у відповідності з діючими державними стандартами.

2.3 Вивчення властивостей дрібного наповнювача

В якості дрібного наповнювача для виготовлення бетонів використовувався розфасований пісок тернопільської області, який був куплений на базі будівельних матеріалів та інструментів КУБ.

Технічні характеристики дрібного наповнювача наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики природного піску

Характеристика	Значення
Міцність на стиск	100-400 кг/см ²
Поглинання води	Менше 1%
Радіоактивність	0-1 клас. Екологічно чистий матеріал
Морозостійкість	300-400
Колір	Білий, світло-сірий, бежевий, сірий, коричневий
Фасовка	0,025м ³
Призначення	Заповнювач для бетонних будівельних елементів, інертний наповнювач для гіпсових і цементних штукатурок, теплоізолюючий матеріал для перекриттів, декоративна обробка зовнішніх поверхонь будівель, облаштування садових доріжок і інших дорожніх покриттів.

2.4 Вивчення властивостей крупного наповнювача

Як крупний заповнювач для бетону використовувався скlobій величиною 2,5, 5, 10, 20 мм. Після того, як скlobій був розсортований, подрібнений, мелений і розсіяний по фракціям, можна було вважати, що даний матеріал є готовим до роботи. Якщо фракція скlobою була більше 5мм, то вважається, що даний матеріал підходить для крупного наповнювача, фракції менше 5мм використовувались як дрібні, які разом з піском утворювали піскобетон. На рисунках 2.2 та 2.3 показано скlobій розміром фракції 0,5 та 2 см.



Рисунок 2.2 – Розсортований скlobій величиною 0,5 см



Рисунок 2.3 – Розсортований скlobій величиною 2 см

Насипна щільність $P_{\text{нас}}$ визначається шляхом зважування проби заповнювача в посудині з відомим об'ємом за формулою 2.1:

$$P_{\text{нас}} = (m - m_c) / V_c, \quad (2.1)$$

де m – маса проби заповнювача з посудиною, кг;

m_c – маса посудини, кг;

V_c – об'єм заповнення посудини, м³.

Показник дроблення D_p (%) вираховується з похибкою до 1% за формулою:

$$D_p = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100, \quad (2.2)$$

де m_1 – випробувальна проба склобою, кг,

m_2 – залишок на контрольному ситі після просіювання роздробленої в циліндрі проби склобою, кг.

2.5 Підбір оптимального складу бетонної суміші з використанням склобою

З метою вивчення можливості використання склобою як заповнювач для виготовлення бетону були використані скlobій фракції 2,5, 5, 10 і 20 мм як великий заповнювач, природний пісок - як дрібний заповнювач. Скlobій розміром 0 - 20 мм вводився до складу бетонної суміші в кількості 100% від маси крупного заповнювача, замінюючи щебінь склобоєм.

В дослідженнях використовувався скlobій із тарного скла з крупністю фракції 0-20 мм і насипною щільністю 1400 кг/м³. Хімічний склад тарного скла наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад тарного скла

Хімічний елемент	SiO ₂	Al ₂ O ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O+K ₂ O	SO ₃
Відсоток вмісту, %	71,5..73,7	0,2..3,3	1,7..3,2	5,2..9,1	15,2..16	до 0,2

Для дослідження був підібраний оптимальний склад бетону. Рухомість Бетонної суміші була прийнята в межах 4 – 8 см. Оптимальний склад бетону визначався розрахунково-експериментальним методом в три етапи:

1. Проектування складу бетону на основі вихідних даних з допомогою формул, графіків і таблиць.
2. Уточнення складу бетону на пробних замішуваннях.
3. Визначення фактичних витрат складових матеріалів на 1 м³ бетону, виходячи з витрат матеріалів на оптимальний пробний заміс і обсягу цього замісу.

Остаточний склад бетону виражається у вигляді витрат матеріалів на 1 м³ бетону або в частинах по масі або за обсягом по відношенню до цементу (В / Ц при цьому завжди виражається по масі).

Процес замішування суміші у мисці показано на рис. 2.4.

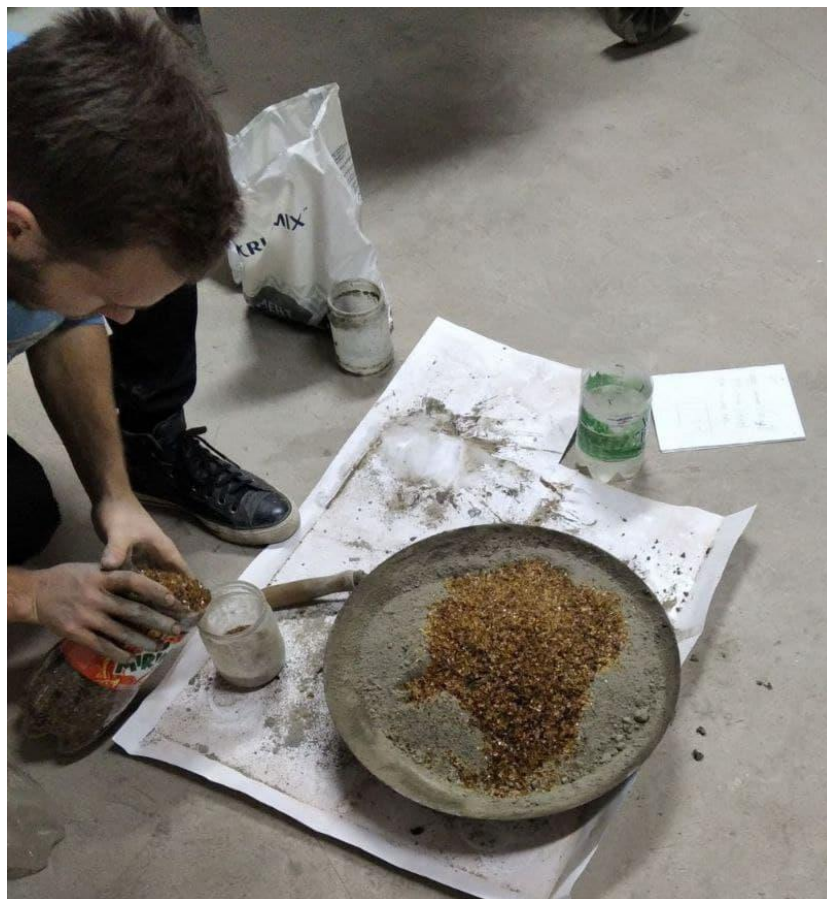


Рисунок 2.4 – Замішування бетонної суміші з додаванням скла величиною зерен 0,5 см

2.6 Цемент Krumix ПЦ II БК 400. Технічні характеристики

При виконанні експериментальних досліджень в якості в'язучого використовувався швидкотверднучий цемент Krumix ПЦ II БК 400, що задовольняє вимогам будівельних стандартів України.

Даний цемент представлений фірмою як якісний продукт, який має такі властивості:

- Стійкий до висолоутворення;
- Еластичність цементних розчинів більш тривала;
- Стійкий до агресивних середовищ;
- Світлий колір;
- Мінімальна усадка при бетоноутворенні;

- Екологічно чистий;
- Зручний і простий у користуванні;
- Рівномірний набір міцності;
- Середня розпалубочка готовність;
- Швидко затвердіває;
- Помірна водопотребність.

Технічні характеристики даного цементу наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики цементу Krumix ПЦ II БК 400

Характеристика	Значення
Склад	
клінкер, %	65-79
додатки, %	21-35
Міцність на стиск, Мпа	
рання, 2 доби	≥ 10
стандартна, 28 діб	32,5-52,5
Час тужавіння, хв	≥ 75
Рівномірність зміни об'єму	
розширення, мм	≤ 10
вміст SO ₃ , %	$\leq 3,5$
Вміст хлору, %	$\leq 0,1$

Для виготовлення даного цементу використовується клінкер, природний гіпсовий камінь і комплексна мінеральна добавка - опока і доменний гранульований шлак. Опока сприяє зниженню водовідділення і висолоутворення на поверхні виробів, підвищенню щільності і водоутримуючій здатності бетону.

Доменний гранульований шлак підвищує пластичність бетонних розчинів і надає виробам стійкість до впливу мінералізованих вод. Речовий склад цементу і його дисперсність забезпечують оптимальну нормальну густоту, високі показники міцності в ранні терміни (2 і 7 діб) твердіння, що дозволяє знижувати питому витрату цементу в бетоні і підвищити його міцність. Наявність трьохкальцієвого алюмінату в клінкері в межах до 8% сприяє незначному тепловиділенню в процесі гідратації (твердіння) цементу. Низький вміст лугів в перерахунку на $\text{Na}_2\text{O} = 0,6-0,8\%$ дозволяє застосовувати різні наповнювачі при виробництві бетону і виробів.

2.7 Визначення фізико-хімічних властивостей бетонів

Межа міцності при стисненні бетонів визначається на зразках-кубах розміром 100x100x100 мм на гідравлічному пресі з навантаженням 125 і 250 т. Перед випробуванням на міцність зразки бетону вимірювали і зважували з похибкою не більше 1%. Характеристики міцності бетонних зразків визначали відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».

Навантаження на зразок при випробуванні на стиснення проводилось плавно до його повного руйнування, максимальне зусилля визначало руйнівне навантаження.

Межа міцності при стисненні $R_{ст}$ (МПа) випробуваного зразка розраховують за формулою:

$$R_{ст} = 10 \times \frac{F_{max}}{A}, \quad (2.3)$$

де A – площа поперечного перерізу зразка, см^2 ,

F_{max} – руйнівна сила, кг.

2.8 Випробування бетонних кубиків пресом П-50

У ході виконання магістерської роботи також був застосований прес П-50 (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Прес П-50

Прес П-50 створений для дослідження фізико-механічних властивостей бетону під час стискання. Перед початком дослідження необхідно засвоїти техніку безпеки і пройти інструктаж по використанню даного апарату.

Випробування проводиться в декілька етапів:

- 1) З опорних плит необхідно видалити частинки бетону, якщо такі залишились після попереднього випробування.
- 2) Необхідно підібрати шкалу міцності, щоб та була в межах від 20 до 80% від оікуваної міцності.
- 3) Щоб випробування було успішним, необхідно кубик встановлювати рівно по центрі, однією з граней доверху, щоб верх кубика дивився в сторону, так як під час затвердівання це є найслабшою зоною бетону. Необхідно сумістити верхню плиту і грань кубика так, щоб вони повністю прилягали одне до одної. Після цього необхідно почати випробування.
- 4) Завантажувати зразки потрібно таким чином, щоб навантаження на зразок до його повного руйнування було в межах $(0,6 \pm 0,4)$ Мпа/с.
- 5) Максимальне зусилля, яке було до руйнування приймають за руйнівне.
- 6) Зразок, що зруйнувався, підлягає огляду, результати вимірювань заносять в журнал.

На рисунку 2.6 можна побачити схеми руйнувань після випробувань цим пресом.

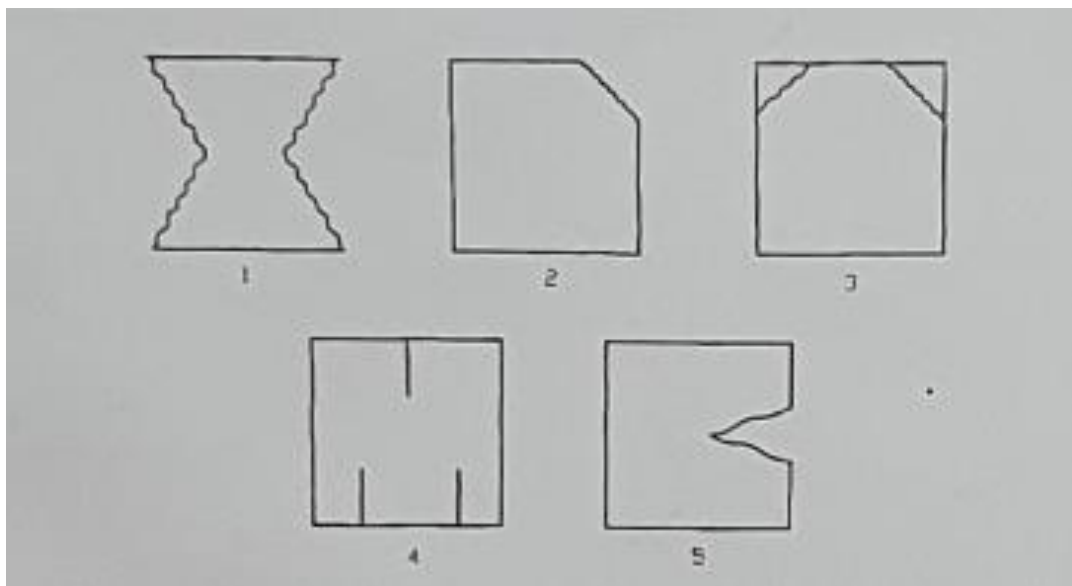


Рисунок 2.6 – Схеми характеру руйнувань зразків при випробуванні на стиск, 1 – нормальне руйнування; 2, 3, 4, 5 – деформативне руйнування

Підготовка зразків проводиться в декілька етапів:

- 1) Перед випробуванням кожен зразок необхідно візуально обстежити, щоб встановити чи є у кубика дефекти. Зразки, що мають помітні тріщини, відколювання більші 10мм, раковини понад 10мм, сліди відшарування і недоуцільнення бетону, випробуванню не підлягають.
- 2) На кожному зразку вибирають та позначають грані, які мають прикладатись до стискуючих плит.
- 3) Лінійні розміри зразків необхідно виміряти з точністю до 99%.

2.9 Методика випробування пресом П-50

Як і будь-який апарат, прес П-50 має свою інструкцію по використанню:

- 1) Шкалу силовимірювача випробувального преса вибирають із умови, що очікуване значення руйнівного навантаження N повинне бути від 70 до 80% від максимального, що допускається обраною шкалою.
- 2) Перед випробуванням зразок із приладами встановлюють центрально по розмітці плити преса. При centruванні зразків необхідно, щоб до початку випробування, навантаження, що дорівнює $40 \pm 5\% N$, відхили деформації по кожній грані не перевищували 10% їх середнього арифметичного значення. Якщо вимога не виконується за навантаження, яке рівне або більше за $10 \pm 5\% N$, слід зняти навантаження і перемістити зразок відносно центральної осі плити преса у бік більших деформацій і знову зробити його centruвання.
- 3) Якщо centruвання пройшло невдало п'ять разів, його бракують.
- 4) При centruванні зразків деформації, виміряти між двома центрами отворів, у яких кріплять індикатори, відносять до граней зразка і визначають з формул:

$$\Delta_1 = \Delta_1' + \frac{(\Delta_2' - \Delta_1')c}{2c + a}; \quad (2.4)$$

$$\Delta_2 = \Delta_1' + \frac{(\Delta_2' - \Delta_1')(a + c)}{2c + a}; \quad (2.5)$$

де Δ_1' і Δ_2' - виміряні деформації за індикаторами, що кріпляться на протилежних гранях зразка;

Δ_1 і Δ_2 – деформації, віднесені до граней зразка;

a – розмір сторони зразка;

c – відстань від грані зразка до центра отворів, у яких кріплять індикатори.

5) На стадії визначення міцності за призмою, а також модуля пружності та коеф. Пуассона бетону навантаження, що рівне $40 \pm 5\%$ N , яке дається на кубики, потрібно проводити ступенями, які дорівнюють 10% від того навантаження, яке вважають руйнівним, при тому необхідно зберігати рівномірну швидкість навантажень - $0,6 \pm 0,2$ МПа/с. На всіх ступенях проводиться витримка навантаження в межах 4-5 хв, кожна ступінь занотовується по відліках на початку та вкінці експерименту.

б) При навантаженні, яке рівне $40 \pm 5\%$ P потрібно зняти прилади із зразка. Після того, як прилади зняті, необхідно продовжити експеримент і безупинно давати навантаження швидкістю $0,6 \pm 0,4$ МПа/с.

Журнал для відліків наведений в таблиці 2.5.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СКЛОБОЮ В ЯКОСТІ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА

3.1 Результати міцності бетонних кубиків залежно від терміну твердіння

З ціллю вивчення можливості використання склобою в якості наповнювача для виготовлення бетонних зразків I серії були використані склобій 5-20 мм, в якості дрібного наповнювача – природний пісок Тернопільської області. Склобій вводився у склад сухої бетонної суміші, повністю замінюючи щебінь. Склад бетонної суміші показані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад бетонної суміші у перерахунку на 1м³

Величина фракції, мм	2,5	5	10	20
Вміст склобою від маси крупного заповнювача, %	100			
Одиниці вимірювання	кг/м ³			
Цемент Крміх ПЦ II БК 400	249	252	253	255
Пісок	697,2	705,6	708,4	714
Бій скла	1195,2	1209,6	1214,4	1224
Вода	174,3	141,12	136,62	124,95
Водоцементне відношення, %	0,70	0,56	0,54	0,49
Середня щільність	2315,7	2308,32	2312,42	2312,95

Виготовлені бетонні зразки розміром 10x10x10 см із бетонної суміші різних складів витримувались протягом 7,14,21,28 діб в нормальних умовах твердіння у технічній лабораторії Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя. Залежність кількості цементу та води для кожної суміші показані на рисунку 3.1.

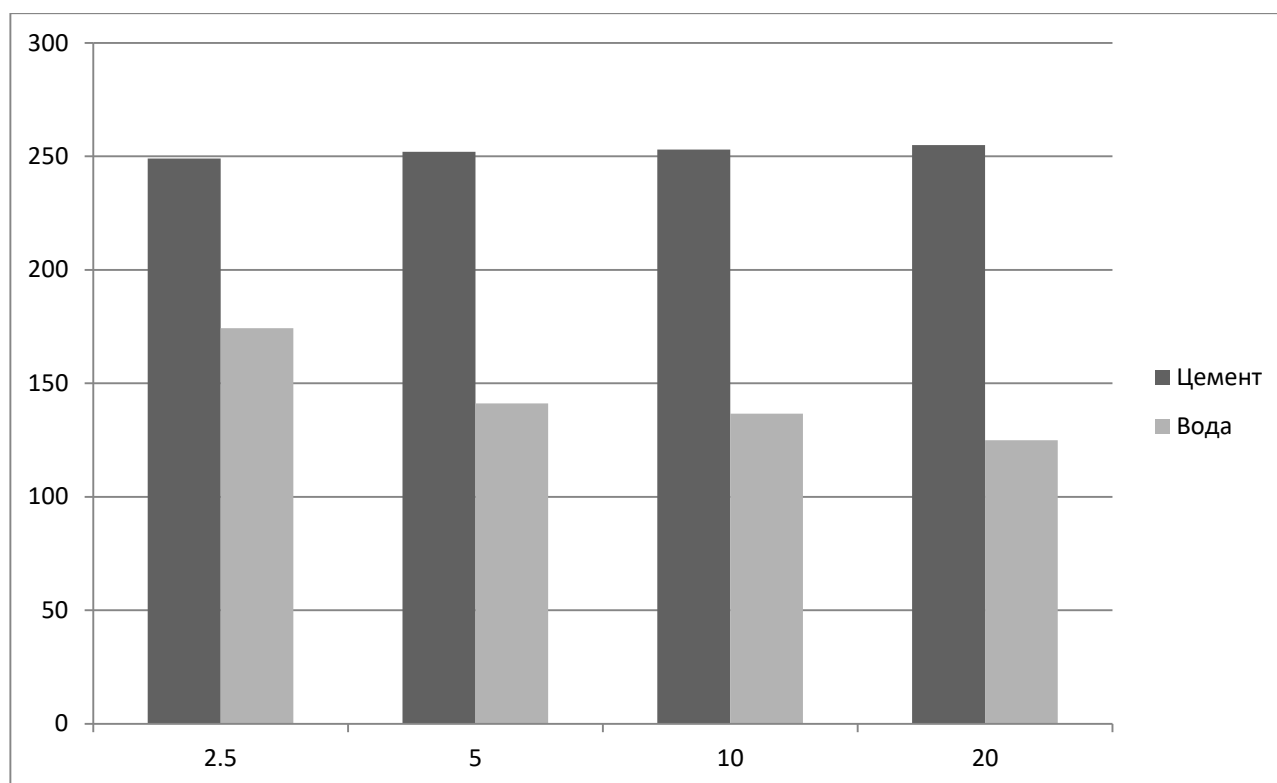


Рисунок 3.1 – Необхідна кількість води та цементу на 1 м³ (в кг) залежно від величини фракції крупного заповнювача (2,5, 5, 10 та 20мм)

З гістограми бачимо, що зі збільшенням величини фракції скла різко зменшується кількість води, необхідної для замісу, також помітне легке збільшення кількості цементу.

Різде збільшення необхідної води пов'язане з жорсткістю суміші, яка з'являється при зменшенні величини фракції, так як загальна величина поверхні при малих величинах наповнювача збільшується, що у свою чергу збільшує силу тертя між кожним окремим елементом.

Проведені дослідження показали, що при заміні крупного заповнювача дрібним склобомом (фракція 2,5 мм) у кількості 100% виникає зниження міцності

бетону у віці 28 діб ~ на 68%. Можна припустити, що зниження міцності бетонів при додаванні виникає через те, що зерна мають гладку поверхню, щеплення з цементним каменем недостатнє.

Зовнішній вигляд бетонних зразків до експерименту і після на межу міцності при стиску показані на рисунках 3.2 і 3.3.

Результати випробувань бетонних зразків розміром 10x10x10 см у віці 7,14,21 і 28 діб після витримання в нормальних умовах твердіння показані на рис. 3.4 і табл. 3.2.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд зразків до випробувань



#4



#7



#10



#15

Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд зразків після випробувань на міцність при стисненні пресом П-50

Таблиця 3.2 – усереднені поазники міцності для усіх зразків кожної фракції у віці 7,14,21 і 28 діб (в МПа)

	<i>7 діб</i>	<i>14 діб</i>	<i>21 доба</i>	<i>28 діб</i>
<i>0,25 см</i>	3,23	4,58	5,97	6,06
<i>0,5 см</i>	4,9	9,48	12,62	13,14
<i>1 см</i>	4,78	11,07	13,73	15,01
<i>2 см</i>	7,13	12,99	15,79	15,84

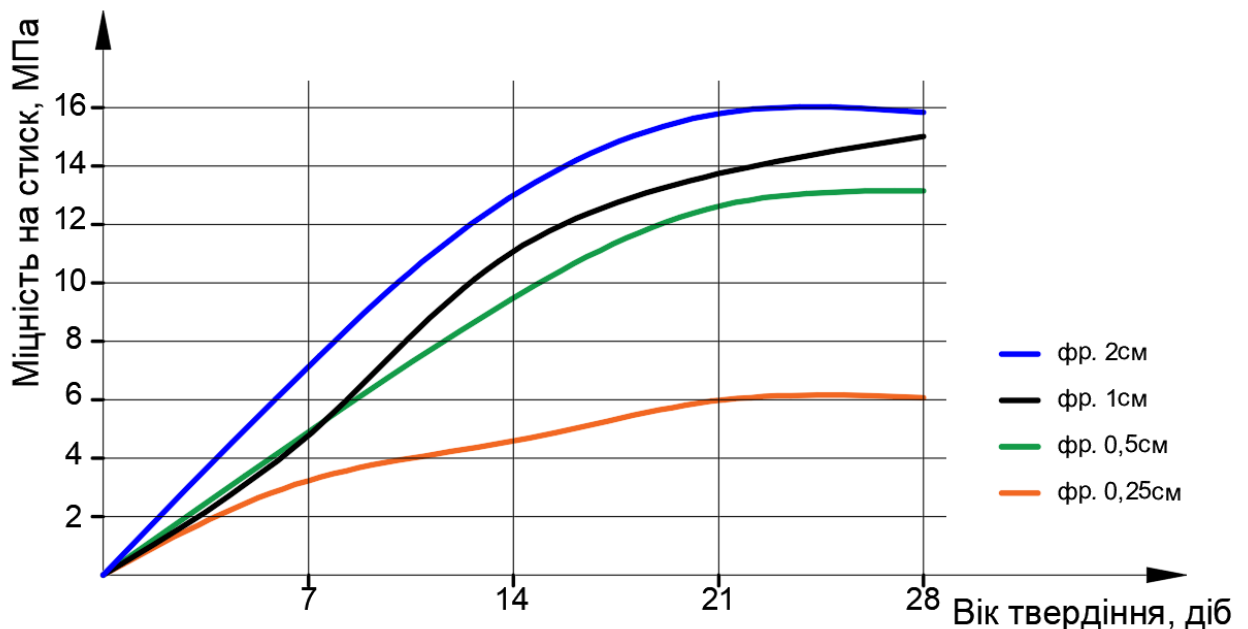


Рисунок 3.4 - Залежність міцності бетону від віку твердіння

Згідно результатів випробувань, міцність бетонних зразків фракції 2см вища, ніж міцність зразків з таким же вмістом скла з меншим розміром.

Дані на рисунку 3.4 і таблиці 3.2 показують ріст міцності бетонних кубиків залежно від віку їх твердіння. Найкраще себе показали кубики з фракцією 2см (82,3% міцності від державних стандартів для марки бетону С12/15), наступна фракція 1см набрала 78,13%, фракція 0,5мм - 68,23%. Найгірші показники у кубиків з найменшою фракцією – лише 32% від міцності стандартних зразків.

На рисунках 3.5, 3.6, 3.7 і 3,8 бачимо, як відрізнялись міцності кожної партії окремо для кожного зразка (чотири зразки пробивались трьома пострілами, дані усереднені).

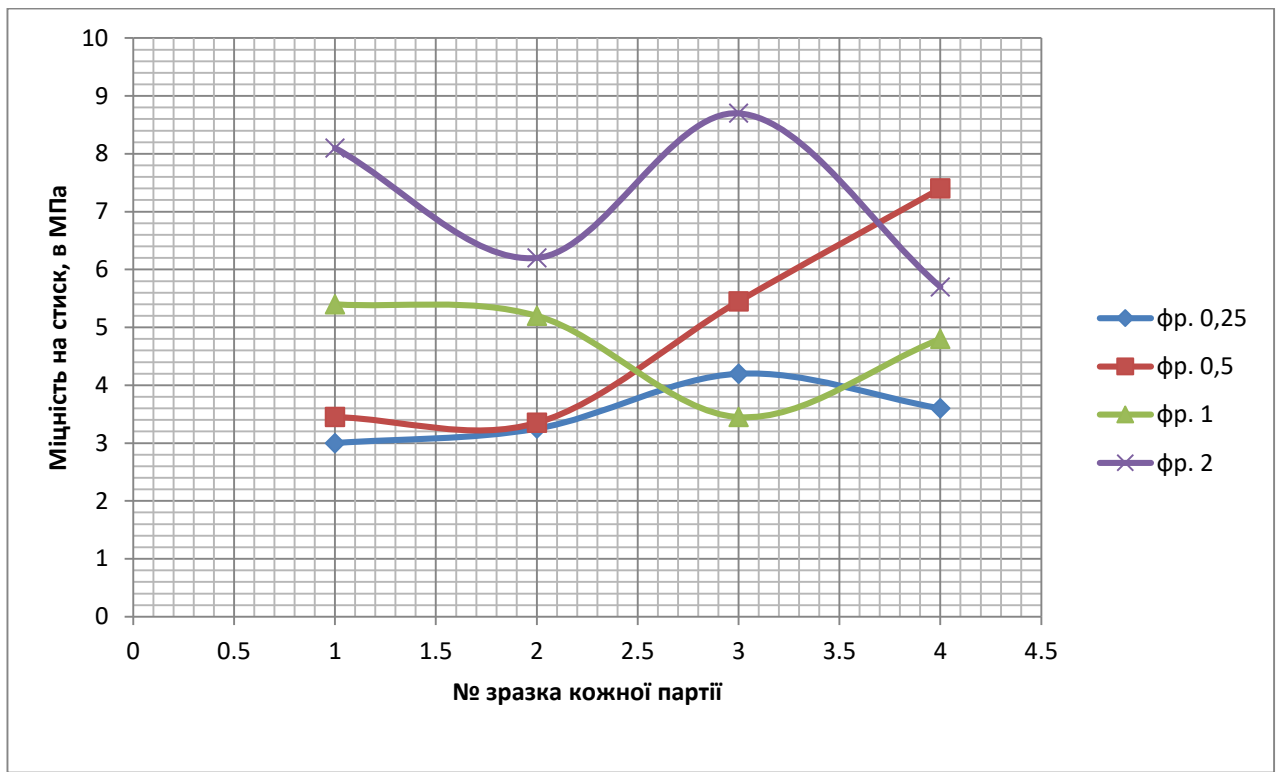


Рисунок 3.5 – Зміна міцності бетону в залежності від розміру величини наповнювача на 7 добу витримки

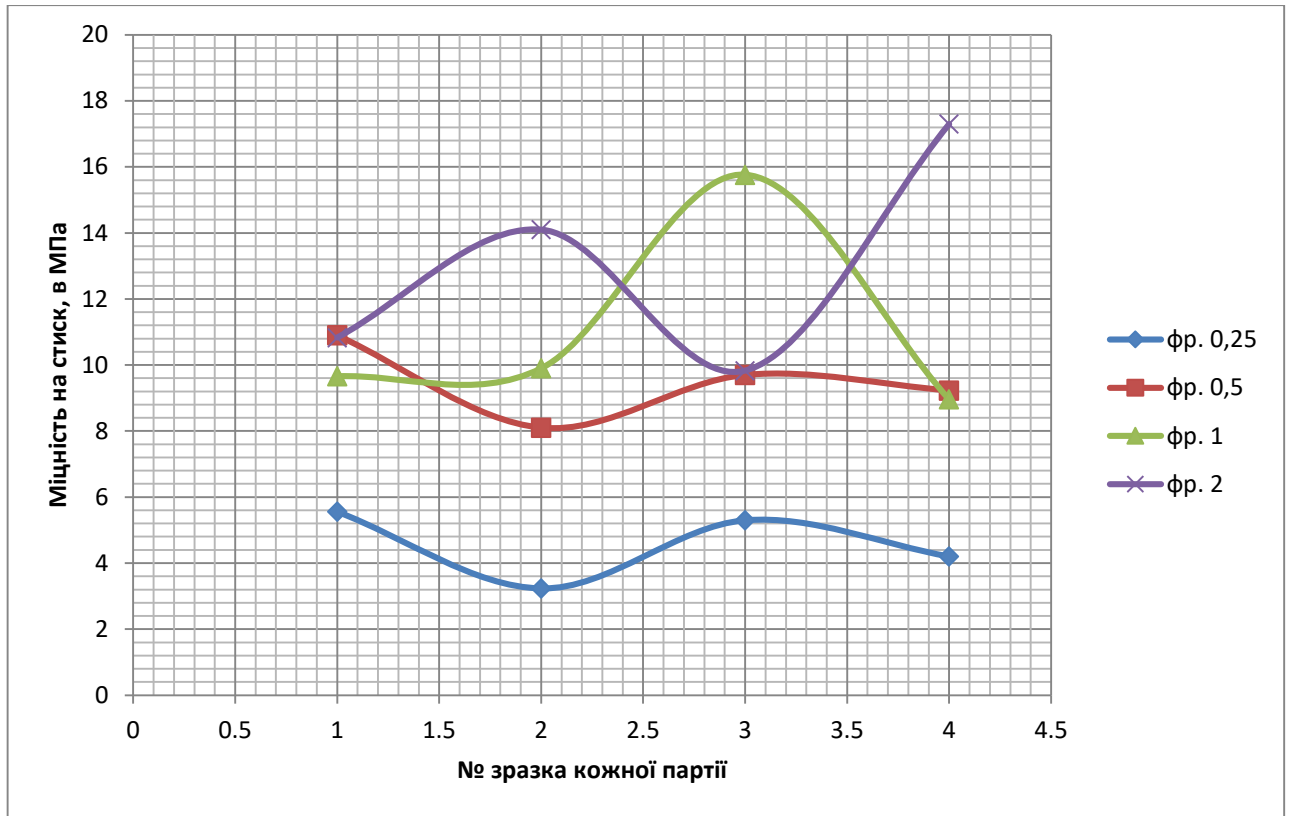


Рисунок 3.6 – Зміна міцності бетону в залежності від розміру величини наповнювача на 14 добу витримки

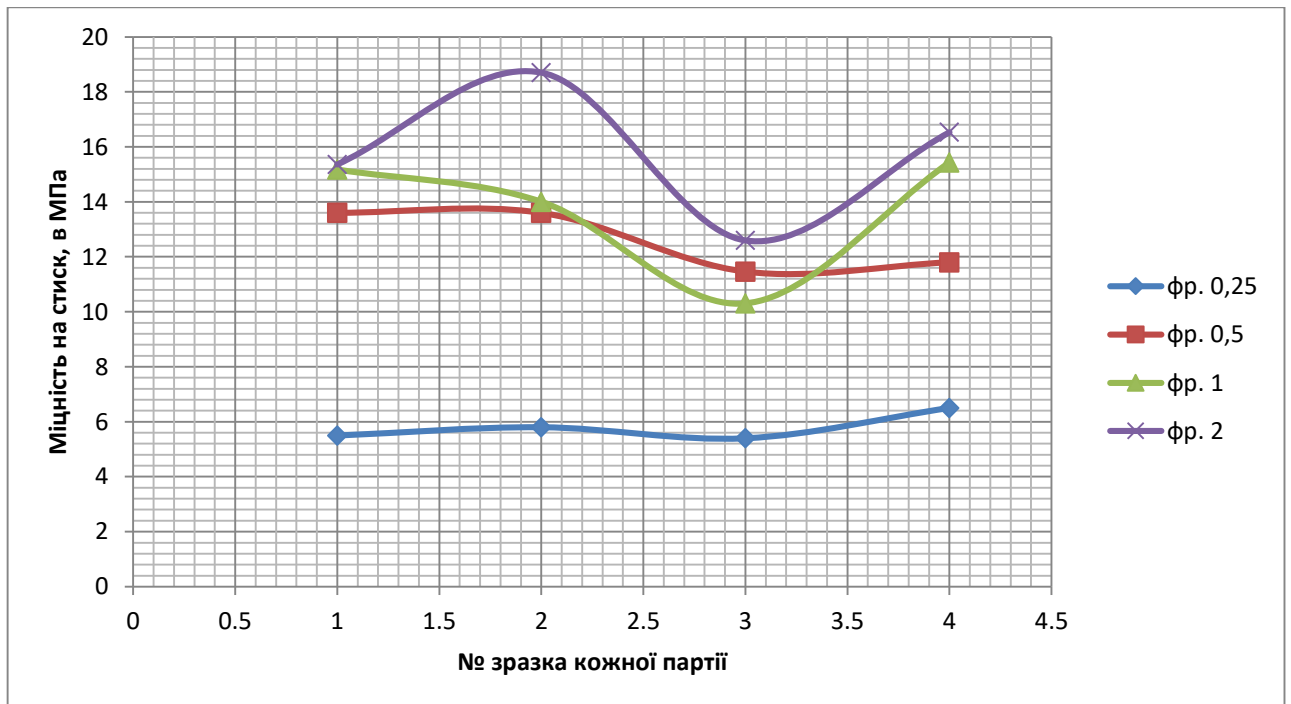


Рисунок 3.7 – Зміна міцності бетону в залежності від розміру величини наповнювача на 21 добу витримки

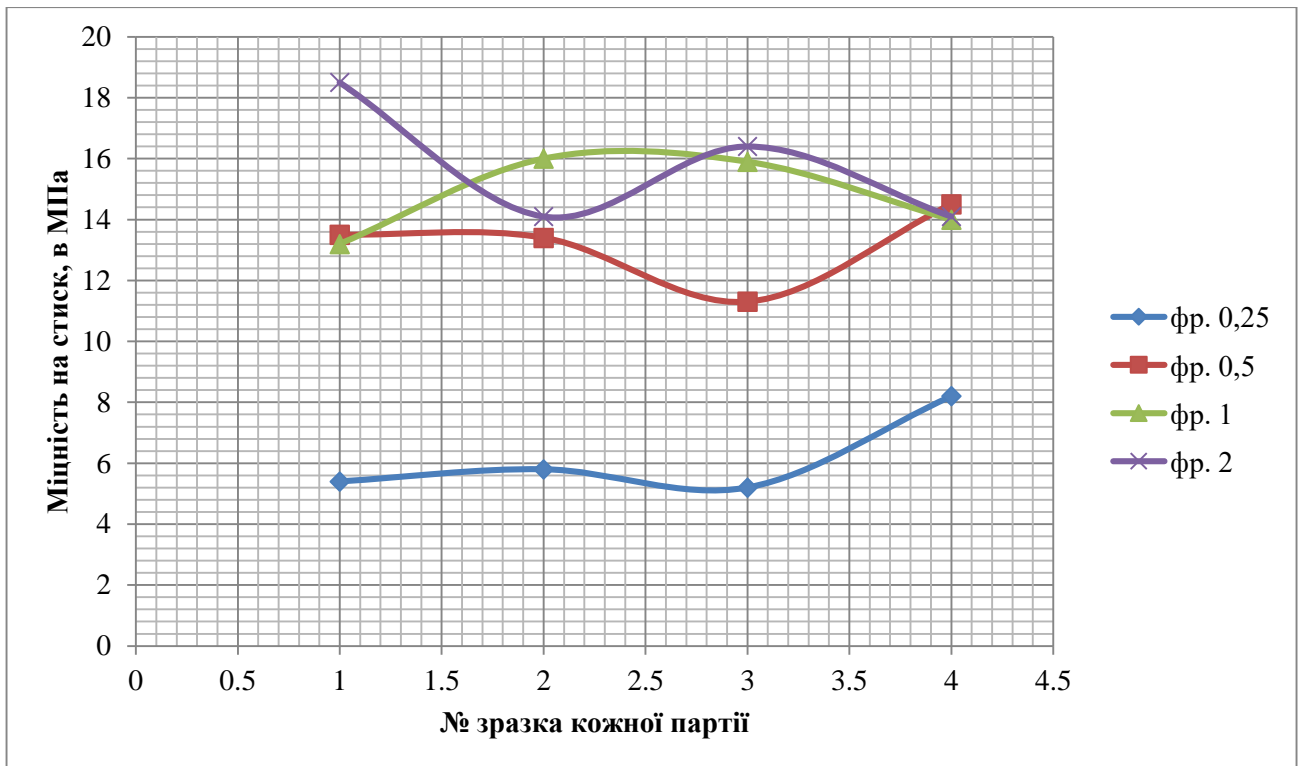


Рисунок 3.8 – Зміна міцності бетону в залежності від розміру величини наповнювача на 28 добу витримки

Із результатів випробувань бачимо, що найбільший результат по межі міцності на стиск у 28 діб твердіння показали зразки бетону з використанням склобою з величиною зерен 2см. Ці кубики найбільш наближені до звичайних бетонів, це означає, що в якості заповнювача в бетонах можливо використовувати склобій великих фракцій, рекомендовано більше 5мм, при тому, що міцність даних на 80% зрівнюється з міцністю звичайних бетонів на природному щебню та піску.

Можна зробити висновок, що найкраще себе зарекомендували кубики, з розміром фракції склобою 2см, такі кубики варті подальших досліджень.

3.2 Результати випробувань пресом

Для визначення фізичної величини міцності був застосований прес П-50. З технічних можливостей кубики тиснулись на 78 день після заливки бетонної суміші у форми. Величини міцності показують фактичну межу міцності даних зразків. Величина записана в одиницях кг*с. Всі величини дають значення на 1см^2 , так як кубики мають форму куба з стороною 10см, то отримуємо формулу, за якою можна визначити фактичну величину міцності в МПа:

$$\sigma_n = \frac{F_{\text{нп}}}{k \times 100}, \quad (3.1)$$

де σ_n – межа міцності, в МПа;

$F_{\text{нп}}$ – показники міцності, які показав прес, в кгс;

k – коефіцієнт переведення кгс/см² в Мпа, рівний 10,2;

100 – коефіцієнт, який позначає площу кубика 10x10см.

$$\sigma_7 = \frac{16700}{10,2 \times 100} = 16,37(\text{МПа}),$$

$$\sigma_4 = \frac{15700}{10,2 \times 100} = 15,39(\text{МПа}),$$

$$\sigma_{10} = \frac{10600}{10,2 \times 100} = 10,39(\text{МПа}),$$

$$\sigma_{15} = \frac{6400}{10,2 \times 100} = 6,27(\text{МПа}).$$

Всі дані по визначенню межі міцності наведені в таблиці 3.3, а також результати досліду - в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 Результати по визначенню межі міцності для кубиків 4,7,10 та 15

Величина фракції, в мм	№ зразка	$\sigma_{\text{ИПС-МГ 4.03}}$, в МПа (міцність виміряна приладом ИПС-МГ 4.03 на 28 день твердіння)	$F_{\text{п}}$, в кгс, (міцність на секунду виміряна пресом П-50 на 78 день твердіння)	$\sigma_{\text{п}}$, в МПа, (фактична міцність переведена розрахунковою формулою)
2,5	15	6,06	6400	6,27
5	10	13,14	10600	10,39
10	4	15,01	15700	15,39
20	7	15,84	16700	16,37

Таблиця 3.4 Результати дослідження

Марка зразка	Дата випробування	Вік зразка, діб	Розміри зразка, мм			Середня робоча площа A , см^2
			a	b	h	
1	2	3	4	5	6	7
0,25Фр	13.05.2021	78	10	10	10	100
0,5Фр						
1Фр						
2Фр						

продовження таблиці 3.4

Об'єм зразка V , мм^3	Маса зразка, кг	Середня густина бетону ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Руйнівне навантаження зразка F , кН	Границя міцності, МПа	Характер руйнування зразка
8	9	10	11	12	13
1000	2,03	2026,24	62,7	6,27	Нормальне
	2,02	2019,78	103,9	10,39	Нормальне
	2,02	2023,37	153,9	15,39	Нормальне
	2,03	2023,83	163,7	16,37	Нормальне

Після вимірювання межі міцності пресом П-50 бачимо, що усі зразки крім №10 набрали додаткової міцності до 5%. Зразок №10 виявився забракованим і потребує уточнення результатів. Величини вимірянні приладом ИПС-МГ 4.03 і пресом П-50 збігаються, це означає, що експеримент можна вважати вдалим.

3.3 Практичність бетонної суміші

При використанні склобою розміром фракції 10-20мм виходить достатньо рухома суміш з невеликим водовідділенням. Це пов'язано зі збільшенням маси заповнювача з великим розміром фракції, у зв'язку з чим виходить зменшити водопоглинання. Із зменшенням розміру фракції склобою до 2,5-10 мм спостерігається збільшення жорсткості бетонної суміші, що призводить до необхідності додавання додаткової кількості води.

При виконанні зразків бетону партії №2 (9-12) з Використанням склобою з крупністю зерен від 0,35 до 0,55 мм бетонна суміш виходила жорсткою, що можна обґрунтувати збільшенням величини поверхні зерна наповнювача.

При використанні в якості заповнювача склобою розміром фракції менше 0,35мм (партія №1 - 13-16), суміш виходила дуже жорсткою. Для покращення бетонної суміші додавалась вода у кількості 20% від початкової маси без додавання цементу, що, можливо, є одною з основних причин таких низьких показників міцності даних зразків.

3.4 Дослідження зони контакту зерна склобою з цементним камінням

При огляді склобетону після руйнування на пресі були помітні дефекти щеплення великої фракції скла (більше 1 см). Дослідження, які проводились в Колумбійському університеті (США) професором С. Мейєром, показали, що додавання скла в цементний камінь у більшості випадків призводить до протікання силікатної реакції. В результаті даної реакції між з'єднанням оксиду кремнію в аморфному вигляді, який знаходиться на поверхні скла, і складом цементу утворюється гель, який характеризується значною здатністю до розбухання, він поглинає воду з наступним збільшенням об'єму. Це може бути основною причиною даного дефекту. Ця тема потребує детальнішого огляду у наступних дослідженнях.

Щоб розв'язати дану проблему, потрібно подавлювати силікатну реакцію з допомогою високодисперсного матеріалу, наприклад кремнезему.

3.5 Рекомендації по використанню склобою в якості крупного наповнювача для бетонів

Вироби з склобетону можна використовувати в якості несучих конструкцій в житловому, громадському і промисловому будівництві. Об'ємна маса такого матеріалу менша за звичайні бетони. Таким чином використання склобетону дозволяє вагомо знизити вагу конструкцій та будівель, досягаючи цим ряд позитивних техніко-економічних показників.

Плюси та недоліки:

За своїми якісними характеристиками склобетон має ряд переваг порівняно з іншими видами бетонів:

- його вага менша, що дозволяє зменшити навантаження на фундамент;
- характеризується більшою морозостійкістю, тепло- та звукоізоляцією;
- високі екологічні властивості, так як на його створення використовуються екологічно чисті матеріали;

- це є негорючий матеріал;
- по міцності даний бетон наближений до звичайного.

Не дивлячись на більшість позитивних характеристик, склобетон все ж має ряд недоліків:

- він на 20% має меншу міцність;
- при вібротрамбуванні даний бетон укладається не найкращим чином.

Скло різних фракцій опускаються вниз і залягають товстим шаром, що впливає на міцність;

- через свою гладку поверхню, скло погано зчеплюється з цементом, що може призвести до подальшої крихкості;

- виробництво такого бетону буде більш небезпечним, так як скло за своєю геометрією – гострий матеріал.

Навіть враховуючи ряд наявних недоліків у матеріалі, склобетон вартий того, щоб його використовували. Технології по використанню склобою в різних галузях виробництва поширені за кордоном, в країнах Європи та Північної Америки. На даний момент в Україні і країнах СНД цей тип бетонів не має широкого поширення. Склобетон не поступається звичайному бетону, а деякими властивостями, такими як хімічна стійкість, тепло- звукоізоляція навіть перевершує.

При додаванні скла в бетон потрібно враховувати міри безпечності. Такий бетон за своїми властивостями буде необхідний в районах які мають ґрунти з кислим середовищем. Фундамент з такого бетону буде більш протидіяти кислому середовищу, ніж звичайний.

Використання склобою в якості наповнювача для бетону призведе до зменшення накопичень відходів на звалищах, що покращить екологічну ситуацію.

Крім того його можна використовувати для виробництва оздоблюючих панелей , огорож, у виготовленні решіток, перегородок та стін, перекриттів, декоративних елементів, архітектурних деталей, труб, бар'єрів, декоративних карнизів, облицювання та інших.

3.6 Перспективи додаткових досліджень

Багато нових відкриттів засновані на поєднанні двох і більше різнорідних елементів. Так, додаючи скло в бетон, можна досягти інших якостей, які б ми отримали при додаванні звичайного щебню. На рисунку 3.9 можна побачити як кубики заливались.

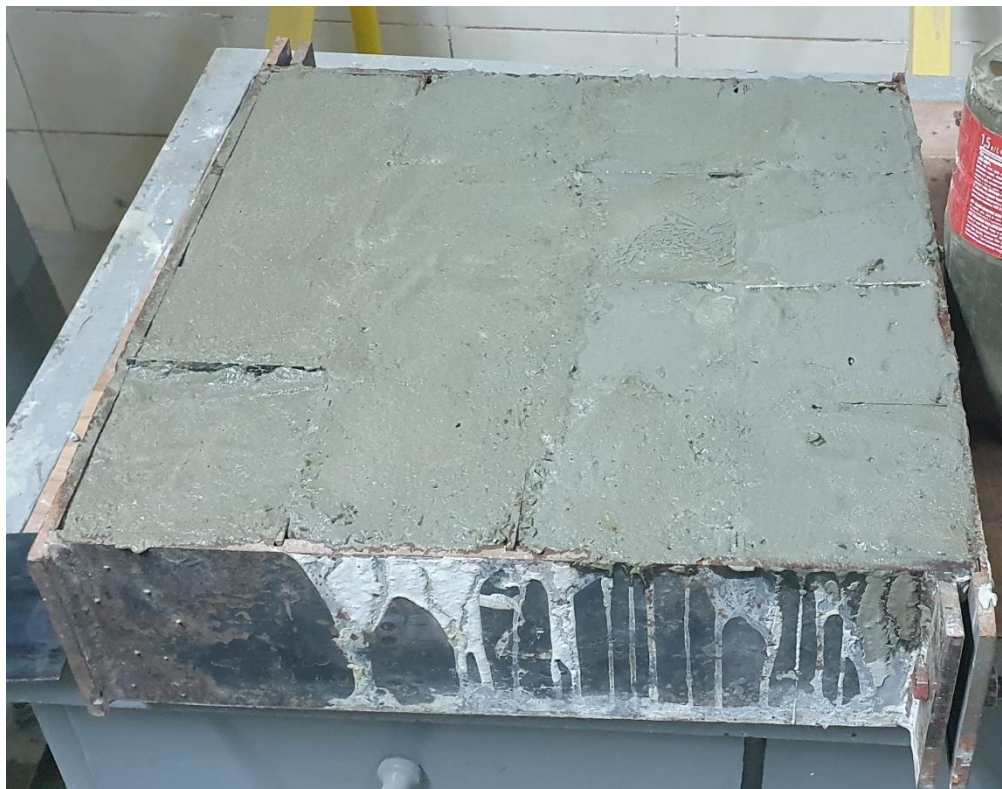


Рисунок 3.9 – Металева форма для виготовлення склобетонних кубиків 10x10x10
см

Стосовно скла є багато шляхів, які можуть призвести до нових досліджень:

1) Використання пустотілих скляних пляшок під час заливки бетонної суміші. Даний варіант чудово підійде у випадку, коли потрібно зекономити кількість розчину бетону, а навантаження на стіну є несуттєвим. Також такий варіант забезпечить кращу теплоізоляцію стіни, ніж би вона була виконана з суцільного бетону.

2) Дренаж під фундаментом. Тут склобій використовується в якості пропуску води, необхідний шар скобою (у більшості випадків 20см) засипається під фундамент, поверх ідуть інші складові дренажного пирога.

3) Дослідження шорсткості поверхні склобою, коли великі частинки скла шліфуються і лише після цього замішуються у тісто. Так буде досягатись більше щеплення з цементом, що призведе до більшої міцності бетону.

4) Використання реагентів. За своєю природою скляний порошок в'яжучих властивостей не проявляє, але якщо додати реагент (наприклад, кальциновану соду), то порошок починає реагувати і виходить монолітний водонепроникний склобетон. Даний метод тестується за кордоном у країнах Європи.

5) Використання фібри зі скла. Цей метод зможе задати більшу міцність, так як в бетоні іде армування склом.

6) Перевірка міцності склобетону з використанням арматури, коли каркас створюється з тонкої залізної арматури.

7) Зміна складу бетонної суміші. Зміна кількості цементу або склобою в якості наповнювача.

8) Заміна дрібного наповнювача склобомом і використання щебня в якості крупного.

9) Використання склобою в якості наповнювача для піскобетону.

10) Використання склобою у поєднанні з іншими компонентами наповнювачів, такими як керамзит, глина, тирса, вапно та інші.

11) Перевірка отриманого склобою на теплофізичні характеристики. Дослідження теплонепроникності, теплотривкості і використання даного виду бетону в якості матеріалу для виготовлення утеплення в плавких печах. Порівняння отриманих результатів з силікатною цеглою.

12) Виготовлення блоків різної величини і перевірка їх на зручність влаштування. Створення власної номенклатури.

13) Дослідження водонепроникності цього бетону. Перевірка впливу води на бетон, залежно від складу, а також кількості склобою.

14) Виготовлення зручних формочок для заливки зразків.

Як бачимо, шляхів додаткових досліджень є багато. Будь-який з них може привести до нового відкриття, яке допоможе знайти метод застосування склобою у повторній переробці, або повторному використанні. Такі дослідження мають вагомe значення, так як допоможуть зменшити кількість скла, яке залишається невикористаним і просто лежить під відкритим небом на сміттєзвалищах.

Дослідження даної тематики передбачають також перспективи для створення нової промисловості виготовлення будівельних матеріалів, що дозволить забезпечити значну кількість робочих місць.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛОБЕТОНУ

4.1 Розрахунок вартості склобетону на 1м^3

Для розрахунку 1м^3 бетону для Тернопільської області беремо ціни на сировину станом на 15.05.2021р.

Ціни на цемент Krumix ПЦ II БК 400, фасований пісок та скlobій подані в таблиці 4.1. Необхідна кількість матеріалів для одержання бетонної суміші вказана в таблиці 4.2. До уваги беремо ті ж самі матеріали, що були застосовані в магістерській роботі – цемент Krumix ПЦ II БК 400, пісок природного походження Тернопільської області та бій скла.

Необхідні матеріали, які були використані в магістерській роботі, показані на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Замішування бетонної суміші з використанням цементу, піску та склобою

Таблиця 4.1 – Вартість 100кг будівельного матеріалу

Матеріал	Ціна за 100кг, грн
Цемент Krumix ПЦ II БК 400	440
Пісок	23
Склобій	55

Таблиця 4.2 – Вартість 1м³ бетону різної фракції

Величина фракції, мм	2,5		5		10		20	
	кг/м ³	грн	кг/м ³	грн	кг/м ³	грн	кг/м ³	грн
Цемент Krumix ПЦ II БК 400	249	1095,6	252	1108,8	253	1113,2	255	1122
Пісок	697,2	160,36	705,6	162,3	708,4	162,9	714	164,2
Бій скла	1195,2	657,36	1209,6	665,3	1214,4	667,9	1224	673,2
Вода	174,3	0	141,12	0	136,62	0	124,95	0
Середня щільність	2315,7	1913,3	2308,3	1936,4	2312,4	1944,1	2313,0	1959

Вартість бетону, зробленого з даного цементу, піску та склобою всередньому складає 1935 грн/м³.

4.2 Розрахунок вартості на монолітний фундамент гаражного приміщення розміром 5х6м

Припустимо, що будівництво гаража буде проводитись в м. Херсон, де рівень промерзання ґрунту сягає 60см (приймаємо 65 із запасом), необхідна ширина фундаменту, з урахуванням тиску ґрунту та шириною будівельного блоку, дорівнює 35 см, саме така ширина зможе нести відповідне навантаження від стін та перекриття приміщення. За умовами замовлення, фундамент повинен виступати над рівнем землі на 20см. Ширина по зовнішньому контуру приміщення рівна 5м, довжина – 6м.

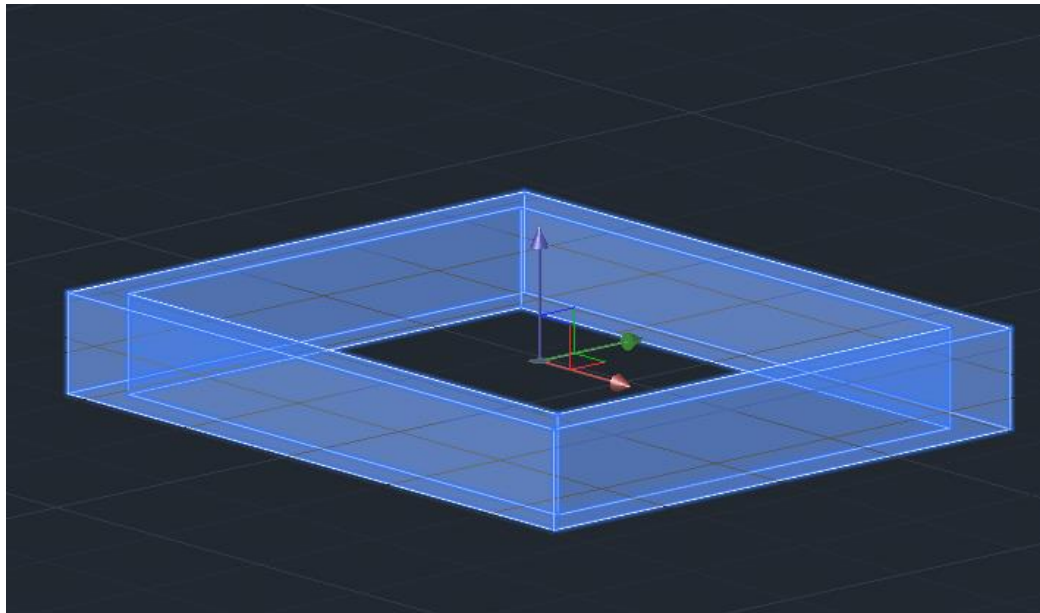


Рисунок 4.2 – Вигляд фундаменту 6х5м в програмі AutoCAD

Необхідний об'єм бетону знайдемо за формулою 4.1:

$$V = V_1 - V_2, \quad (4.1)$$

де V – необхідний об'єм бетону;

V_1 – об'єм по зовнішньому контуру;

V_2 – об'єм по внутрішньому контуру.

$$V_1 = 5 \times 6 \times 0,85 = 25,5(\text{м}^3)$$

$$V_2 = 5,3 \times 4,3 \times 0,85 = 19,3715(\text{м}^3)$$

$$V = 25,5 - 19,3715 = 6,1285(\text{м}^3)$$

Отже, необхідний об'єм бетону становить $6,1285\text{м}^3$.

Згідно таблиці 4.1 отримаємо загальну вартість:

$$P = V \times p, \quad (4.2)$$

де P – загальна вартість;

p – середня ціна за 1м^3 бетону;

$$P = 6,13 \times 1935 = 11862(\text{грн})$$

Таким чином, для заливки фундаменту з використанням даного бетону знадобиться близько 12 тисяч гривень.

4.3 Теоретичне зменшення вартості бетону за рахунок додавання реагентів у суміш

Склобій в тонкомеленому стані представляє собою гідралічним в'язучим автоклавного твердіння, а в загальних умовах і при пропарюванні в'язучих властивостей не проявляє. Тому різні види скляних відходів використовують в якості в'язучого в безцементних бетонах. Мелене скло реагує з цементними гідратами, в результаті чого хімічний склад цементу покращується. Цемент стає міцніший і довговічніший, за таких умов він не поглинає воду так швидко, як звичайний цемент.

На активність в'язучого із склобою впливає його хімічний склад, тонкість помолу, водоцементне відношення, параметри автоклавної обробки. Із збільшенням тонкості помолу в'язучого збільшується його загальна поверхня, в результаті чого збільшується його розчинення і кількість точок доторкання між частинками склобою і заповнювачів. З цим пов'язаний ріст міцності склобетону.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

Охорону праці можна охарактеризувати як систему організаційних і забезпечення технічних засобів, які перешкоджають дії шкідливих та небезпечних чинників у процесі роботи. У зонах, які є небезпечними, постійно або періодично можуть виникати небезпечні фактори, які можуть нести вплив на життя та здоров'я працівників. Постійні чинники знаходяться в механізмах, машинах і устаткуванні постійно. Наприклад, відкриті струмопровідні частини, джерела випромінювань, високої температури або тиску. Періодичні – ті, які виникають при виконанні деяких окремих операцій, наприклад, коли необхідно перемістити вантаж.

Щоб охорона праці була максимально ефективною, необхідно забезпечити робітників технікою безпеки (далі ТБ), яка необхідна для того, щоб максимально можливо виключити вплив тих чи інших чинників, які несуть загрозу життю та здоров'ю людини.

На будівельному майданчику ТБ при бетонних роботах, особливо, якщо бетонування відрізняється від загальноприйнятого (бетонування із заміною наповнювачів), є одним з найважливіших законів на будівництві. Якщо людина не дотримується цих правил і поводить себе необережно, то вона може травмувати себе чи погубити майно, також бувають летальні випадки. Порушення правил також можуть чинити вплив на випадкових перехожих, які не мають ніякого відношення до виконання робіт.

Всі правила ТБ при монолітних роботах розписані у відповідних документах і передбачають такі дії:

- Інструктаж;
- Збирання та розбирання опалубки;

- Робота з бетонною сумішшю;
- Влаштування загорожі та ін. пристосувань;
- Облаштування фундаментів, стін та ін. бетонних елементів.

Магістерська робота представляє собою дослідження бетонної суміші, тому всі правила ТБ стосуються саме цієї теми.

Робота з бетонною сумішшю передбачає наступні заходи:

- При використанні для приготування бетонної суміші різних реагентів, пластифікаторів, модифікаторів чи інших речовин працівники повинні користуватись засобами власного захисту;

- Якщо працівники користуються підйомними бункерами для бетонної суміші, то бункери обов'язково повинні бути закритими, як наповнені, так і порожні;

- При скиданні бетонної суміші в опалубку, працівник повинен бути на відстані не менше одного метра від опалубки;

- Якщо заливку бетону проводять з допомогою рукавів, то під час проведення підготовчих заходів тиск повинен бути скинутий повністю або понижений;

- При використанні склобою на будівельному майданчику необхідно мати окремий контейнер для насипання даного матеріалу;

- при заїзді транспорту з склобетоном і при його розвантаженні людина, яка приймає будівельний матеріал, обов'язково повинна бути в полі зору водія;

- розбирати опалубку необхідно тільки після того, як застигне склобетонна суміш, або за наказом відповідної особи – інженера чи виконавця робіт.

Безпеку роботи можна контролювати такими чинниками:

- конструкцією механізмів, машин чи устаткування, яке використовують;

- особливістю технологічних процесів;

- умовами, що передбачають виконання робіт.

Безпека праці це комплекс заходів, які можна досягти за допомогою безпеки виробничого устаткування та процесів виробництва. Питання про охорону праці вирішують на стадії проектування, виготовлення та експлуатації різних об'єктів для виробництва.

На робітника можуть впливати різні небезпечні фактори, такі як:

- розташування робочого місця поблизу перепаду висоти більше як на 1.3 м;
- з розташуванням гострих кромок, кутів та штирів;
- поблизу вібрації, рухомих машин, механізмів та їх частин;
- висока напруга в електричному колі;
- падіння матеріалів та обвалення різних конструкцій.

Охорона праці передбачає організацію наступних заходів:

1) Щоб захистити робітника від механічного впливу, кислот, води та лугів, необхідно працівників забезпечити відповідним одягом та спорядженням (штани з брезентового матеріалу, куртки з бавовни, гумові чоботи, рукавиці комбіновані).

2) Обов'язковим елементом для захисту робітників є будівельні каски;

3) Перед тим, як почати роботу потрібно здійснити огляд щодо цілісності опалубки і підтримуючого риштування;

4) Перевірити справність огорожуючих конструкцій навколо робочого місця;

Робітник не повинен починати роботу з склобетоном за таких умов:

1) Якщо зауважив несправність інструментів, або ж технічного оснащення, за яких їх використання не допускається;

2) Невчасне проведення необхідних дослідів чи випробувань, або навпаки – завершення терміну придатності захисних засобів;

3) Якщо освітлення поверхні робочого місця є недостатнім.

До вимог забезпечення безпеки в процесі роботи входять:

- 1) Заборона розміщувати технічне обладнання на опалубці і відповідному майданчику, якщо це не передбачено проектом виконання робіт;
- 2) Дозвіл для переходу бетонників від одних до інших місць лише через обладнані системи доступу (драбини, трапи, містки), по викладеній арматурі необхідно рухатись лише по спеціальних доріжках;
- 3) Встановлення огорожі по всіх сторонам буд майданчика, опалубки для перекриттів, коли бетонники знаходяться на будівельних конструкціях, які утримуються краном;
- 4) Закриття будь-яких отворів на дні опалубки;
- 5) За необхідності встановити додаткові кріплення (розпірки тощо), щоб запобігти обвалу опалубки через динамічні навантаження (залівка бетону, вітрові навантаження тощо);

Коли доставляють склобетон автосамоскидами потрібно виконувати такі вимоги: коли автосамоскид рухається, бетонувальники зобов'язані бути на узбіччі прокладеної дороги так, щоб водій них бачив; розвантаження автосамоскиду проводиться лише після повної зупинки і підняття кузова; кузов можна зчищати від залишків бетонної суміші з допомогою лопати або скребка на довгій ручні, робітник повинен в цей момент стояти на землі.

Коли в роботі задіяні змішувальні машини, потрібно дотримуватись таких правил: очищення завантажувальних ковшів можливе, лише після надійного закріплення ковша у вертикальному положенні; очистка барабана і корита бетонозмішувального обладнання дозволяється, якщо останні повністю зупинені і відключені від джерела енергоживлення (необхідно також повісити на рубильнику плакат із зазначенням "Не вмикати – працюють будівельники". Пришвидшення вивантаження бетонної суміші лопатами чи будь-якими іншими ручними інструментами з таких машин забороняється.

Ущільнення бетонної суміші віброрейками чи іншими інструментами передбачає дотримання наступних правил: виключення інструменту в перервах і переходах з одного місця на інше; переміщати даний інструмент по будівельному

майданчику, тримаючи його за гнучкий тяг; необхідно вимикати вібратор на 5-8 хв, щоб той охолов, через кожні 30 хв роботи; робота з приставних драбин даним інструментом не допускається;

5.2 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

На будівельному майданчику або ж на виробничій ділянці можуть виникати небезпечні ситуації, які можуть нести загрозу життю та здоров'ю робітників. Особливу увагу потрібно приділити там, де використовуються нові методи виконання робіт чи робота з новими видами матеріалів.

Магістерська робота передбачає використання склобою в якості наповнювача для бетону. Склобой за своєю геометрією – багатогранний гострий матеріал, який може поранити робітника.

Щоб уникнути надзвичайних ситуацій необхідно дотримуватись техніки безпеки і створити правильну організацію праці, яка створить безпечні умови праці. Крім забезпечення організації праці і проведення техніки безпеки необхідно також знати, як поводити себе у надзвичайних ситуаціях.

При небезпечній ситуації необхідно дотримуватись наступних вимог:

- 1) Зупинити роботу, вимкнути напругу у колі, попередити і заборонити вхід в небезпечну зону усіх сторонніх працівників.
- 2) Попередити майстра.
- 3) Якщо в ситуації є люди, які потерпіли, необхідно надати першу медичну допомогу, викликати швидку.

Якщо ураження людини було електричним струмом, необхідно якомога швидше звільнити працівника від дії електричного струму, вимкнувши установку з джерела енергоживлення, якщо така дія неможлива – необхідно відтягнути потерпілого за одяг або ж використавши ізоляційний матеріал (гуму).

У випадку, якщо у потерпілого відсутні дихання або пульс, необхідно зробити йому штучне дихання і непрямий масаж серця, перевірити зіниці.

Розширені зіниці показують, що у потерпілого наявне погіршення кровообігу мозку. Необхідно терміново приступати до оживлення особи і викликати швидку.

4) Перша медична допомога при фізичному пораненні

Щоб надати першу допомогу при пораненні, що може статись при контакті зі склом, потрібно розкрити індивідуальний медичний пакет, дістати звідти стерильний матеріал (перев'язочний) і зав'язати його бинтом.

Якщо даного пакету немає під рукою, необхідно матеріал замінити тканиною – носовою хустинкою, чистим полотном тощо. На місце полотна, яке буде прикладатись на рану, необхідно накапати декілька грамів йоду, щоб одержати пляму з розміром більше за рану, тоді накласти на саму рану. Настойка з йоду особливо важлива, якщо рана є забруднена і немає можливості її промити.

5) Перша медична допомога при переломах, вивихах і ударах

Якщо потерпілий зазнав перелому кінцівок, то ті необхідно закріпити шиною, пластиною, складеною картонкою, палкою або іншим твердим матеріалом. Пошкоджену руку варто з допомогою підв'язки підвісити за шию і перебинтувати до тіла.

При переломі черепа, якщо у потерпілого наявні такі симптоми – несвідомий стан, кровотеча, то необхідно зробити холодну примочку або прикласти до голови лід.

Якщо є підозра на перелом хребта, то в такому випадку обов'язково потрібно покласти потерпілого на спину або живіт, необхідно стежити, щоб тіло в такому положенні не перегиналось, щоб уникнути травми спинного мозку.

Якщо у потерпілого переломлені ребра, на що вказує біль при диханні, кашлі та рухах, необхідно йому перев'язати бинтом груди під час видиху.

б) Допомога при опіках

Якщо потерпілий зазнав опіків вогнем, парою чи нагрітими предметами, не можна відкривати пухирі, що утворилися чи обв'язувати рану тканиною.

Якщо у потерпілого опіки першого ступеню (просто почервоніння), необхідно вражену зону обробити ватою, яка змочена етиловим спиртом.

Якщо у потерпілого опіки другого ступеня (пухирі), обпечена ділянка шкіри обробляється спиртом, 3%-им розчином марганцю або 5%-им розчином таніну.

Якщо у потерпілого опіки третього ступеню (руйнування шкірної тканини), то рану необхідно накрити стерильною пов'язкою та викликати лікаря.

7) Допомога при кровотечі

Щоб кровотеча зупинилась, необхідно:

- поранену кінцівку підняти доверху;

- як і у випадку з раною, накласти перев'язочний матеріал на рану (із персонального медичного пакету), передавити джгутом кінцівку (за можливості чим вище за рану), перебинтувати поранене місце з натиском;

8) Якщо на будівельному майданчику сталась пожежа, потрібно викликати пожежну частину та почати гасити її можливими засобами.

9) Дотримуватись всіх вказівок керівника.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З результатів випробувань та експериментальних досліджень можна навести наступні висновки:

1) Експериментально доведено, що при заміні щебня склобоєм як крупного заповнювача для бетону втрачається міцність, щонайменше на 15%, за умови, що фракція даного наповнювача буде більше 10мм. Можлива причина втрати міцності – недостатнє щеплення скляного матеріалу з цементним камінням.

2) При додаванні у бетонну суміш склобою, величиною фракції 2,5, 5 та 10 мм суміш виходила жорсткою, у перших двох випадках дуже жорсткою, що можна пояснити збільшенням величини поверхні зерна наповнювача.

3) Величини вимірянні приладом ИПС-МГ 4.03 і пресом П-50 збігаються, це означає, що експеримент можна вважати вдалим.

4) Найбільший результат по межі міцності на стиск у 28 діб твердіння показали зразки бетону з використанням склобою з величиною зерен 2см. Ці кубики найбільш наближені до звичайних бетонів, це означає, що в якості заповнювача в бетонах можливо використовувати склобій великих фракцій, рекомендовано більше 5мм, при тому, що міцність даних на 80% зрівнюється з міцністю звичайних бетонів на природному щебню та піску.

5) Зі збільшенням величини фракції скла різко зменшується кількість води, необхідної для замісу, також помітне легке збільшення кількості цементу.

6) Різке збільшення необхідної води пов'язане з жорсткістю суміші, яка з'являється при зменшенні величини фракції, так як загальна величина поверхні при малих величинах наповнювача збільшується, що у свою чергу збільшує силу тертя між кожним окремим елементом.

7) Проведені дослідження показали, що при заміні крупного заповнювача дрібним склобоєм (фракція 2,5 мм) у кількості 100% виникає зниження міцності бетону у віці 28 діб ~ на 68%.

БІБЛІОГРАФІЯ

1) Бетони і будівельні розчини : Підруч. для студ. спец. "Технологія буд. конструкцій, виробів і матеріалів" вищ. навч. закл. / В. І. Гоц; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. - К. : ТОВ УВПК "ЕксОб": КНУБА, 2003. - 467 с. - Бібліогр.: с. 464-466. - укр.

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

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

4) Иванко М. В. «Исследование состава высокопрочного бетона из отходов стекла и совершенствование технологии его приготовления» : дис. канд. арх. наук : 08.04.01 Строит / Иванко М. В. – Тольятти, 2018. – 73 с.

5) Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – Чинні від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2011. –71с. – (Будівельні норми України).

6) Тагоев Х.У. «Определение прочностных и деформативных параметров тяжелых бетонов на крупных заполнителях из боя кирпича» : дис. канд. арх. наук : 08.04.01 Строит / Тагоев Х.У. – Тольятти, 2018. – 76 с.

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

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

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

10) Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996.–416 с.

11) Калашников В.И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов: Диссертация в форме научного доклада на соискание степени докт. техн. наук. Воронеж. 1996. 89 с.

12) СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные нормы республики Беларусь. Дата введения 2003-07-01.-139с.

13) Русина, В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО 2БрГУ2, 2007. - 224 с.

14) Кетов П.А., Корзанов В.С., Пузанов С.И. Использование вяжущих свойств дисперсных силикатных стекол при утилизации стеклобоя // Строит. материалы. 2007. № 5. С. 2–3.

15) Кетов А.А., Пузанов И.С., Саулин Д.В. Опыт производства пеностеклянных материалов из стеклобоя // Строит. материалы. 2007. № 3. С. 70–72.

16) ENV 1992 –I-I: Eurocod 2: Design of Concrete Structures. Part 1: General rules and Rules for Building. European Prestandart. June, 1992. – p.598- 755.

17) Nikolay I. Karpenko, Valery A. Eryshev, Ekaterina V. Latysheva. Stress-strain Diagrams of Concrete Under Repeated Loads with Com-pressive Stresses// Procedia Engineering, Volume 111, 2015, Pages 371-377.

18) Kishitani Koichi, Yoon Jai Hwan. Safe Limit of Alkali Content in Alkali-Silica Reaction. Допускаемое содержание щелочей при возможном их взаимодействии с кремнеземом. //Rev. 39nd Gen. Meet. Cem. Assoc. Jap. Techn. Sess., Tokyo, 1985, Synops. -Tokyo. -1985. -pp.240-243.

19) Meyer C., Egosi N., Andela C. Concrete with waste glass as aggregate // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19– 20 March 2001, Dundee UK. P. 179–181.

20) Byars E.A., Zhu H., Meyer C. Use of glass for construction products: legislative and technical issues // Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium 9–11 September 2003, Dundee UK. P. 827–838.

21) Sugiyama M. The experiment on compression strength and freeze-thaw resistance of the concrete which mixed the tile clip // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001, Dundee UK. P. 189–194.

22) Remarque W., Heinz D., Schleusser C. Glass powder as a reactive addition for blast furnace cements // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001, Dundee UK. P. 229–238.

23) Dhir R.K., Dyer T.D., Tang M.C. Expansion due to alkali-silica reaction (ASR) of glass cullet used in concrete // Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium 9–11 September 2003, Dundee UK. P. 751–760. 81

24) Meland I., Dahl P.A. Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001, Dundee UK. P. 167–177

25) Dosho, Y. Application on recycled aggregate concrete for structural concrete / Y. Dosho, M. Narikawa, A. Nakagome, M. Kikuchi // Part 2 «Feasibility study on cost-effectiveness and environmental impact» Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregate. London. UK. University of Dundee. – 1998. – P.389-400.

26) Dyer T.D., Dhir R.K. Use of glass cullet as a cement component in concrete // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001, Dundee UK. P. 157–166.