

Факультет інженерії машин, споруд і технологій

(повна назва факультету)

Будівельної механіки

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження міцності бетону методом ударного імпульсу

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МБнм-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Рогачук А.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Баран Д.Я.
(прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент _____
(підпис) Кошалко С.А.
(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)
« » 20__ 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 _____ Рогачуку Андрію Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження міцності бетону методом ударного імпульсу

Керівник роботи _____ к.т.н., доц. Баран Д.Я
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » лютого _____ 20 21 року № 4/7-148
2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 травня 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи Бетонні куби розміром 150x150x150 мм, бетонна плита розміром 150x300x450 мм виготовлених з однакової марки бетону

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Огляд літератури за темою досліджень, Методика експериментальних досліджень,
Результати експериментальних досліджень, Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Фотофіксація експериментального дослідження, Таблиці з результатами експериментальних досліджень, Табличні дані після статистичної обробки, Результати експериментальних досліджень у вигляді графіків.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М.		

7. Дата видачі завдання 16 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою досліджень	20.10.2020р	
2	Методика експериментальних досліджень	25.10.2020р	
3	Виготовлення дослідних зразків	20.01.2021р	
4	Випробування зразків методом ударного імпульсу	25.01.2021р	
5	Випробування зразків на пресі	30.01.2021р	
6	Статична обробка даних по пресу	10.02.2021р	
7	Статична обробка даних методом ударного імпульсу	16.02.2021р	
8	Результати експериментальних досліджень	25.02.2021р	
9	Охорона праці	10.04.2021р	
10	Безпека в надзвичайних ситуаціях	15.04.2021р	
11	Загальні висновки	25.04.2021р	
12	Складання списку використаної літератури	01.05.2021р	

Студент

_____ (підпис)

Рогачук А.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Баран Д.Я

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1 Обґрунтування актуальності обраної теми та аналіз літературних джерел...	7
1.2 Постановка мети та конкретних задач досліджень.....	13
1.3 Вибір і обґрунтування методики проведення досліджень неруйнівними методами контролю.....	14
1.4 Методика експериментальних досліджень	16
1.5 Висновки до розділу.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1 Виготовлення дослідних зразків	18
2.2 Випробування зразків методом ударного імпульсу.....	23
2.3 Випробування зразків на пресі.....	27
2.4 Висновки до розділу.....	39
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
3.1 Числові дані досліджень.....	30
3.2 Статична обробка даних по пресу.....	35
3.3 Статистична обробка даних по методу ударного імпульсу.....	39
3.4 Результати експериментальних досліджень.....	53
3.5 Висновки до розділу.....	58

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
4.1 Основні законодавчі акти України з охорони праці	59
4.2 Охорона праці і техніка безпеки при будівництві в стиснених умовах.....	60
4.3 Цивільний захист.....	61
4.3.1 Законодавство України про цивільну оборону.....	61
4.3.2 Мікроклімат робочої зони.....	62
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях....	63
4.4.1 Організація цивільного захисту на промислових об'єктах будівельної галузі.....	64
4.5 Висновки до розділу.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЯ	68

ВСТУП

Бетон в сучасному будівництві є основним матеріалом, без застосування якого не зводиться практично жодна будівля і споруда. За останніми прогнозами, бетон залишиться основним будівельним матеріалом в наступному столітті.

Так, як основна частина витрат пов'язана з процесом твердіння бетону, то до нього додають спеціальні добавки для процесу швидкого твердіння.

Так, як темпи будівництва не спадають, виготовлення бетону та бетонних конструкцій теж не спадає. Тому важливо щоб, він відповідав всім критеріям міцності та стійкості.

В останні роки підвищились вимоги до зниження собівартості бетону, а отже підвищилися вимоги до його якості, щоб вдало продавати продукцію на будівельному ринку.

На даний момент із збільшенням обсягів будівництва збільшується і поверховість будівель, це призводить до того, що значна частина навантажень діє вже в процесі будівництва будівлі чи споруди та вимагає забезпечення необхідного рівня якості всіх якісних показників для конструкцій. Тому все частіше виникає необхідність контролю якості виконання бетонних робіт.

Основна задача в даній магістерській роботі показати і проаналізувати, як проходить процес виготовлення дослідних зразків для випробувань бетону, а також показати процес дослідження міцності бетону методами ударного імпульсу та випробуваннями на пресі, проаналізувати їхні результати співставити числові дані та побудувати гранульовану залежність результатів даних по пресу та ударним імпульсом.

Тому у нас потрібно, щоб основний будівельний матеріал мав достатню міцність та стійкість, тому і проводять дослідження на міцність методами руйнівного та неруйнівного контролю міцності.

Передовим в цьому напрямку є застосування неруйнівних методів контролю міцності бетону, які дозволяють визначити міцнісні характеристики бетону як на стадії виготовлення будь-якої залізобетонної конструкції без її пошкодження, так і контролювати їх зміну в процесі експлуатації.

На точність вимірювання міцності при вимірі неруйнівними методами можуть впливати такі фактори як: тип цементу, склад цементу, тип заповнювача, умови твердіння, вік бетону, вологість і температура поверхні, тип поверхні, карбонізація поверхневого шару бетону і ще ряд інших факторів.

Тому і проводять дослідження не із одним зразком , а із декількома , щоб із одної партії зразків мати більш точні результати.

Тому для цього беруть 6 зразків на них проводять дослідження , отримані результати співставляють так , щоб вийшло середнє значення. Таким чином і отримують результати даних досліджень.

РОЗДІЛ 1 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Обґрунтування актуальності обраної теми та аналіз літературних джерел

За останні роки значно зросли обсяги будівництва багатоповерхових будівель із залізобетону. Будинки висотою в 20-30 поверхів стають звичайним явищем. Причому завдяки вдосконаленню технологій зростають темпи будівництва. Це призводить до того, що значна частина навантажень діє вже в процесі зведення будівлі та вимагає забезпечення необхідного рівня якості всіх якісних показників конструкцій. Тому все частіше виникає необхідність контролю якості виконання бетонних робіт. Передовим в цьому напрямку є застосування неруйнівних методів контролю міцності бетону, які дозволяють визначити міцнісні характеристики бетону як на стадії виготовлення будь-якої залізобетонної конструкції без її пошкодження, так і контролювати їх зміну в процесі експлуатації.

Для неруйнівного контролю міцності бетону застосовуються прилади, робота яких базується на методах пружного відскоку, пластичної деформації, ударного імпульсу, відриву зі сколюванням, сколювання ребра, а також ультразвуковий метод контролю.

Міцність бетону при застосуванні неруйнівних методів отримують за попередньо встановленою градуовальною (кореляційною) залежністю між величиною міцності бетону та побічною характеристикою міцності (показом приладу).

Під час проведення обстеження технічного стану бетон конструкції, за своїми характеристиками може значно відрізнятися від бетону, що використовувався під час проходження досліджень. Відповідні нормативні документи передбачають можливість коригування градуовальних залежностей шляхом випробування відібраних зразків або використання методу відриву зі сколюванням, що для певних типів конструкцій (тонкостінні, густоармовані й

т.д.) є ускладненим або неможливим.

В таких випадках, уточнення результатів неруйнівного контролю міцності бетону можливе при спільному використанні різних методів, наприклад, ультразвукового та пружного відскоку чи пластичної деформації.

На точність вимірювання міцності при вимірюванні неруйнівними методами можуть впливати такі фактори як: тип цементу, склад цементу, тип заповнювача, умови твердіння, вік бетону, температура і вологість поверхні, тип поверхні, карбонізація поверхневого шару бетону і ще ряд інших факторів.

Практично всі неруйнівні методи мають певні похибки, і при оцінці міцності бетону їх необхідно враховувати.

При проведенні контролю міцності бетону за допомогою неруйнівних методів необхідно враховувати ту обставину, що всі ці методи є непрямими. Виділити якийсь один метод або сказати, що він кращий за інший, не можна. Всі вони володіють своїми достоїнствами, недоліками і обмеженнями в застосуванні.

Дослідженням переваг та недоліків цих приладів займалися ряд українських вчених: Пшінько О.М., Лисняк В.П., Зінкевич А.М., Гладишев Г.М. та Гладишев Д.Г., а також і російські вчені Улибін А.В. та Воронцова М.В.

Пшінько О.М., Лисняк В.П., та Зінкевич А.М. виконали порівняння результатів неруйнівного контролю міцності бетону найбільш поширеними методами пружного відскоку та ультразвукового методу, а також статистичних оцінок при побудові їх градууювальних залежностей та подальшого впливу цих оцінок на величину встановленого класу бетону. Крім того, порівнювались результати визначення класу бетону конструкції фундаментної плити за відібраними контрольними зразками при неруйнівному контролі їх міцності та подальшим випробуванням на пресі [36]. Для встановлення градууювальних залежностей за [29] та [30] авторами використовувалось п'ятнадцять серій по 2 шт. контрольних зразків кубів з ребром 100 мм, виготовлених в лабораторних умовах. Крім того, випробувались зразки кубів з ребром 100 мм, відібрані при бетонуванні фундаментної плити. Всі зразки випробувались у віці

28 діб.

Для визначення показників міцності бетону використовувався ультразвуковий імпульсний метод (прилад УК-14П) та метод пружного відскоку (прилади Онікс-2.5, молоток Шмідта). Встановлення фактичного руйнівного навантаження виконувалось на пресі ПСУ-50 [29].

Статистичні параметри отриманих градувальних залежностей для використаних методів є достатньо близькими, що незначно вплинуло на величину отриманого класу бетону при неруйнівному контролі міцності бетону тим чи іншим методом.

В той же час, отримані залежності відповідали проектному віку бетону (28 діб), а за даними [33] для бетону на ранніх стадіях твердіння або при тривалій експлуатації розбіжності між методом пружного відскоку та ультразвуковим методом зростали. Тому, при подальших дослідженнях планувалося встановити зміну співвідношення показників міцності бетону, визначених різними методами неруйнівного контролю в залежності від віку бетону [29].

Гладишев Г.М. та Гладишев Д.Г. виконали інструментальне обстеження бетону фундаменту під стели пам'ятника С. Бандери у Львові неруйнівним методом ударного імпульсу через двох років від часу його влаштування.

Вони виконували визначення міцності бетону фундаменту приладом А-1 "Хмельницькпромбуду". Натурні заміри фактичної міцності бетону залізобетонного фундаменту виконані механічним неруйнівним методом за [30].

Для контролю міцності бетону до початку випробувань на поверхні фундаменту зафіксували дев'ять ділянок зондування з розмірами 20×20 см без раковин та великих включень. Ділянки очищали шпателем та наждачним бруском на глибину до 1-1,5 мм для виключення впливу глибини карбонізації бетону. На вибраних ділянках глибина карбонізації бетону < 0,8-1,2 мм. На підготовані ділянки дослідники наносили 9-10 відбитків, діаметри яких вимірювали за допомогою мікроскопу МПБ-2. Від розмірів отриманих діаметрів за допомогою тарувальної залежності перейшли до еталонної міцності бетону $R_{15,i}$ (куби 15×15×15 см) [36].

Щоб визначити фактичні класи (В) та марки (М) бетону, статистично опрацювали результати, отримані під час обстеження даних із зондування міцнісних характеристик бетону.

Загальне статистичне опрацювання даних міцнісних характеристик бетону фундаменту, отриманих механічним методом неруйнівного контролю показало, що фактичний мінімальний клас “В” (марка “М”) бетону з забезпеченням 95% становив В20 (М250), що більше проектного класу В15 (М200). Тобто міцність бетону фундаменту на час обстеження була забезпечена.

Російським вченим Улибіним А.В. на одному із досліджуваних об’єктів було проведено випробування колодця, в ході якого виконано контроль міцності бетону трьома неруйнівними методами (ультразвуковим, пружного відскоку та ударного імпульсу) з наступним випробуванням відібраних зразків [36].

Об’єкт являв собою колодязь, виконаний із монолітного залізобетону, радіусом 12 м і глибиною 8 м. Бетонування стін колодязя велося захватками, котрі ділили його по висоті на 8 ярусів. Результати вимірювань, виконані різними методами, подано в таблиці 4.1.

При вимірюваннях використовувалися такі прилади:

- ультразвуковий метод – Пульсар 1.1;
- метод пружного відскоку – Original Schmidt N;
- метод ударного імпульсу – ИПС-МГ 4.03.

Середнє значення параметрів, представлене в таблиці, отримано по вибірці, що складалася з результатів не менше, ніж 30 одиничних вимірювань. Коефіцієнт варіації V визначений як відношення середнього квадратичного відхилення до середнього значення (математичного сподівання) [36].

Таблиця 1.1

Результати дослідження міцності бетону колодязя різними методами

Ярус	Метод						
	Ультразвуковий, м/с		Пружного відскоку, у.од.		Ударного імпульсу, МПа		Випробуван- ня на пресі
	Сер. знач.	V,%	Сер. знач.	V,%	Сер.	V,%	R, МПа
1	4058	3,9	46,2	7,8	41,9	23,4	41,6
2	4300	3,9	46,6	8,3	38,1	36,3	40,1
3	4082	4,6	43,7	7,6	24,4	40,2	35,0
4	4094	4,1	48,2	8,5	38,2	28,5	42,1
5	4110	6,2	48,9	8,2	48,1	28,1	36,5
6	3836	4,5	44,6	7,3	42,8	26,5	30,6
7	4453	3,6	47,6	7,6	45,5	41,6	39,3
8	4533	5,2	49,7	9,9	49,6	28,7	36,5
Сер. знач. V		4,5		8,1		31,6	

За даними, представленими в табл. 1.1, видно, що найменшою похибкою вимірювання характеризується ультразвуковий метод. Метод пружного відскоку має коефіцієнт варіації приблизно в 2 рази вище. Розкид результатів вимірювання методом ударного імпульсу максимальний і характеризується коефіцієнтом варіації, що перевищує 40%, при середньому значенні 31,6% [36].

Для зіставлення результатів вимірювань вони представлені в графічному вигляді на рис. 4.1. Значення наведені у вигляді відхилень результату вимірювання по кожному ярусу від середнього по всіх ярусах.

За графіками (рис. 1.1) можна зробити висновок, що результати вимірів методами пружного відскоку і ультразвуковим характеризуються високою кореляцією і в цілому можна порівняти з результатами випробування на пресі. Результати вимірювань методом ударного імпульсу не характеризуються тісним зв'язком ні з

іншими методами неруйнівного контролю, ні з результатами випробувань на пресі [36].

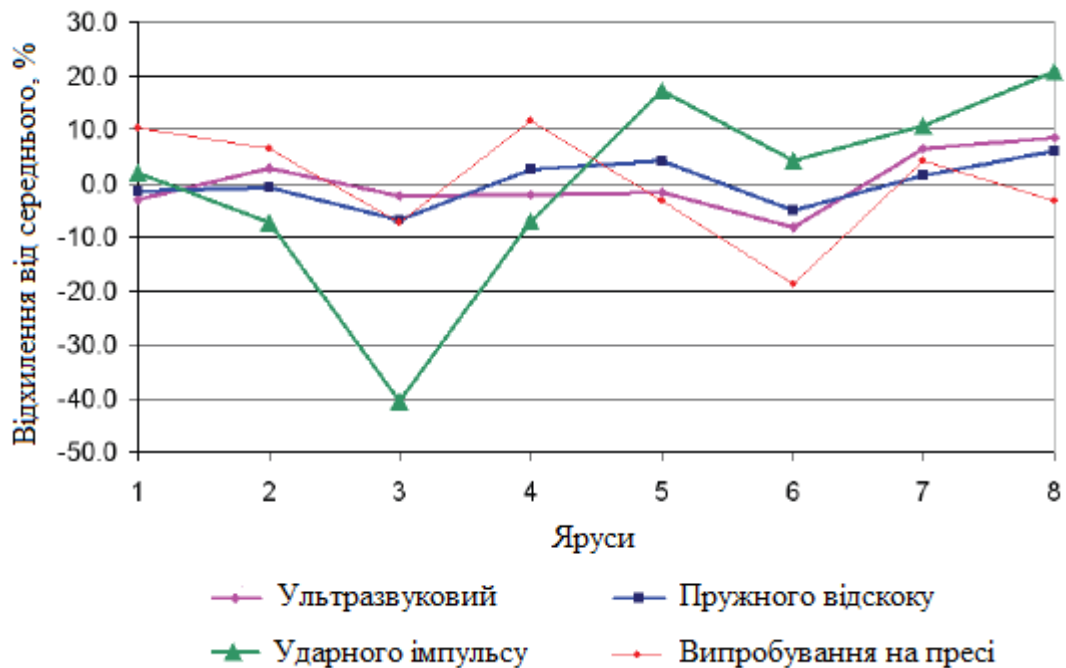


Рисунок 1.1 – Порівняння результатів вимірювання міцності бетону різними методами

Воронцова М.В., російська дослідниця, провела статистичний (кореляційний і регресійний) аналіз результатів визначення міцності важкого бетону прямим руйнівним методом на гідравлічному пресі ПСУ-500 та неруйнівним, приладом ИПС-МГ4.03.

Зразками для випробувань були куби розмірами граней $100 \times 100 \times 100$ мм, виготовлені з важких бетонних сумішей монолітних несучих конструкцій споруджуваного заводу після твердіння у виробничих умовах. Всього випробувано 72 зразки важкого бетону.

В області стандартної міцності важкого бетону 19,4...61,4 МПа при обсязі вибірки 72 зразки зв'язок між значеннями міцності, визначеними прямим і неруйнівним методами, описувався лінійною залежністю з коефіцієнтом кореляції 0,57-0,63.

За величиною коефіцієнта детермінації визначено, що тільки 32-40% вимірювань приладом ИПС-МГ4.03 пов'язано з кубовою, стандартною, міцністю бетону. Автор зробила висновок що, визначення міцності бетону методом ударного імпульсу носить суто орієнтовний характер, і покладатися на нього при призначенні міцності при виробничому контролі можна тільки в комплексі з іншими нормативними методами.

На основі проведеного аналізу різного роду літературних джерел та наукових досліджень можна зробити висновок, що інструментальне обстеження з використанням методів неруйнівного контролю є перспективним напрямком контролю міцності бетонної та залізобетонні конструкції. Дані методи мають велике майбутнє, оскільки володіють достатньою точністю, простотою та економічністю при застосуванні.

Подальші дослідження пов'язані з методами неруйнівного контролю, зокрема ударного імпульсу, що планується в цій роботі розглянути більш детально, є актуальними і дозволять отримати більше даних, щоб оцінити точність та якість випробувань даним методом.

1.2 Постановка мети і конкретних задач дослідження

Метою експериментальних досліджень є порівняння даних отриманих в результаті випробування дослідних зразків приладом ударного імпульсу із реальною міцністю бетону різних класів та встановлення достовірності цих показників.

Перед дослідженнями ставились наступні задачі:

- розробити методику та програму експериментальних досліджень;
- провести випробування дослідних зразків методом ударного імпульсу та на гідравлічному пресі;
- виконати статистичну обробку отриманих даних;

– проаналізувати дані отримані методом ударного імпульсу, порівняти їх з фактичною міцністю бетону отриманою на гідравлічному пресі та встановити розбіжність.

1.3 Вибір і обґрунтування методики проведення досліджень неруйнівними методами контролю

Найпоширенішим методом контролю міцності бетону з усіх неруйнівних являється метод ударного імпульсу. Він полягає в реєстрації енергії удару, що виникає в момент зіткнення бойка з поверхнею бетону.

Прилади, що використовують даний метод, відрізняються невеликою вагою і компактністю, а визначення міцності бетону методом ударного імпульсу є досить простою операцією. Результати вимірів видаються в одиницях виміру міцності на стиск (МПа). Після відповідного налаштування дані прилади можна використовувати для роботи з різними будівельними матеріалами. Також з їх допомогою можна визначати клас бетону, робити вимірювання міцності під різними кутами до поверхні об'єкта, переносити накопичені дані на комп'ютер.

Прилад ИПС-МГ4.03 (рис. 1.2) призначений для неруйнівного контролю міцності бетону залізобетонних виробів, конструкцій і будівельної кераміки (цегли) методом ударного імпульсу. Він дозволяє оцінювати фізико-механічні властивості будівельних матеріалів в зразках і виробках (міцність, твердість, пружно-еластичні властивості), виявляти неоднорідності, зони поганого ущільнення та ін. Прилад відповідає звичайному виконанню виробів третього порядку, відноситься до нестандартних засобів вимірювань і є робочим засобом вимірювань. Цикл вимірів на одній ділянці складається з 10...15 замірів. Після виконання 15 вимірювань прилад автоматично робить обробку результату і математичну обробку результатів, яка включає в себе: усереднення результатів, відбраковування результатів, більш ніж $B \pm 10\%$ відхилення від середнього значення міцності на ділянці (виробів), усереднення залишених після обробки вимірів. По закінченні циклу вимірювань прилад видає результат.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд приладу ИПС-МГ4.03

Прилад ИПС-МГ4.03 – найпопулярніший в даний час. Має дуже зручну організацію інтерфейсу користувача, вибір всіх параметрів вимірів здійснюється відразу після включення в одному пункті меню з функцією кругової прокрутки:

- прилад має 58 градуювальних залежностей за різними матеріалами (важкий бетон на граніті, важкий бетон на вапняку, важкий бетон на гравії, важкий бетон на граншлаку, дрібнозернистий бетон, керамзитобетон, шлакопемзобетон, цегла керамічна, цегла силікатна), умовами твердіння (нормальні або термообробка) і проектним віком (1, 7, 28 або 100 діб);
- можливість введення 20-ти індивідуальних градуювальних залежностей;
- інтелектуальний алгоритм обробки результатів вимірювань включає:
 - усереднення проміжних значень;
 - порівняння кожного проміжного значення з середнім і з подальшим відбракуванням значень, що мають відхилення від середнього вище допустимого;

- усереднення залишених проміжних значень;
- запис в пам'ять кінцевого значення міцності і класу бетону.
- удосконалений механізм склерометра, довго зберігає незмінність характеристик силової пружини;
- надійна система кріплення датчика відліку до силової пружини;
- можливість коригування показань приладу з урахуванням усталеного старіння силової пружини;
- можливість вибору напрямку удару бойка, в тому числі і під 45 градусів;
- покращена похибка вимірювань – не більше 8%;
- можливість маркування виміру за типом виробу (балка, колона, ригель, плита, зовнішня стіна, внутрішня стіна, паля, ферма, стяжка, фундаментний блок, підлоги, виріб);
- вибір коефіцієнта варіації для розрахунку класу бетону;
- вибір коефіцієнта відповідності;
- можливість підключення до комп'ютера RS-232;
- пам'ять на 999 ділянок/15000 результатів;
- коригування/перегляд проміжних результатів в серії вимірювань.

При випробуванні методом ударного імпульсу відстань від місця проведення випробування до арматури повинна бути не менше ніж 50 мм.

1.4 Методика експериментальних досліджень

Дослідження проводились на базі «Науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів конструкцій» кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. В експерименті передбачалося комплексне використання чотирьох приладів неруйнівного контролю:

- вимірювач міцності бетону методом ударного імпульсу ИПС - МГ 4.03;
- вимірювач міцності бетону ультразвуковим методом «Бетон - 32»;
- вимірювач міцності бетону методом пластичної деформації молотком Кашкарова;

- вимірювач міцності бетону методом відриву зі сколюванням ПОС-50МГ 4.0.

Програма експериментальних досліджень передбачала три серії зразків з прогнозованим класом бетону С8/10, С16/20, С25/30. Кожна серія складалася з шести кубів розмірами граней 150×150×150 мм та залізобетонної плити розмірами 150×300×450 мм виготовлених із однакового бетону. Всі куби та залізобетонна плита досліджувались методом пластичної деформації, ультразвуковим та імпульсним методами неруйнівного контролю. Залізобетонна плита, в свою чергу, додатково досліджена методом відриву зі сколюванням. Оскільки, технологія дослідження міцності бетону цим методом передбачала буріння перфоратором отворів під анкери, то для забезпечення цілісності плити на стадії її виготовлення плита армувалася двома зварними сітками з дроту Ø4 мм Вр-І, які влаштовані таким чином, щоб не впливати на покази приладу.

Після досліджень зразків приладами неруйнівного контролю всі куби були випробувані на пресі П-250 до їх повного руйнування для встановлення фактичної міцності на стиск.

В даній роботі будуть розглядатися тільки експериментальні дослідження пов'язані з методом ударного імпульсу.

1.5 Висновки до розділу

З аналізу літературних джерел , виконаного в даному розділі , можна зробити наступні висновки:

- За останні роки значно зросли обсяги будівництва багатоповерхових будівель із залізобетону;
- Для неруйнівного контролю міцності бетону застосовуються прилади, робота яких базується на методах пружного відскоку, пластичної деформації, ударного імпульсу, відриву зі сколюванням, сколювання ребра, а також ультразвуковий метод контролю;
- На точність вимірювання міцності при вимірі неруйнівними методами можуть впливати такі фактори як: тип цементу, склад цементу, тип заповнювача , умови твердіння, вік бетону, вологість і температура

поверхні, тип поверхні, а також карбонізація типу поверхні бетонної конструкції;

- Практично всі неруйнівні методи мають певні похибки, і при оцінці міцності бетону їх необхідно враховувати;
- При проведенні контролю міцності бетону за допомогою неруйнівних методів необхідно враховувати ту обставину, що всі ці методи є непрямыми;
- Прилади, що використовують даний метод, відрізняються невеликою вагою і компактністю, а визначення міцності бетону методом ударного імпульсу є досить простою операцією.

РОЗДІЛ 2 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Виготовлення дослідних зразків

Для експериментальних досліджень спеціально були виготовлені дві форми розмірами 150×300×450 мм під куби (рис. 2.1) і плиту відповідно, які повністю розбираються (рис. 2.2).



Рисунок 2.1 – Форма для кубів



Рисунок 2.2 – Форма для плити

Для армування плити використано зварні сітки з дроту $\varnothing 4$ класу Вр-1. В лабораторії кафедри будівельної механіки за допомогою точкової зварки зробили

арматурний каркас із двох сіток для плити (рис. 2.3 і 2.4). Оскільки у дослідах було 3 серії зразків, то відповідно для кожної по одному каркасу.

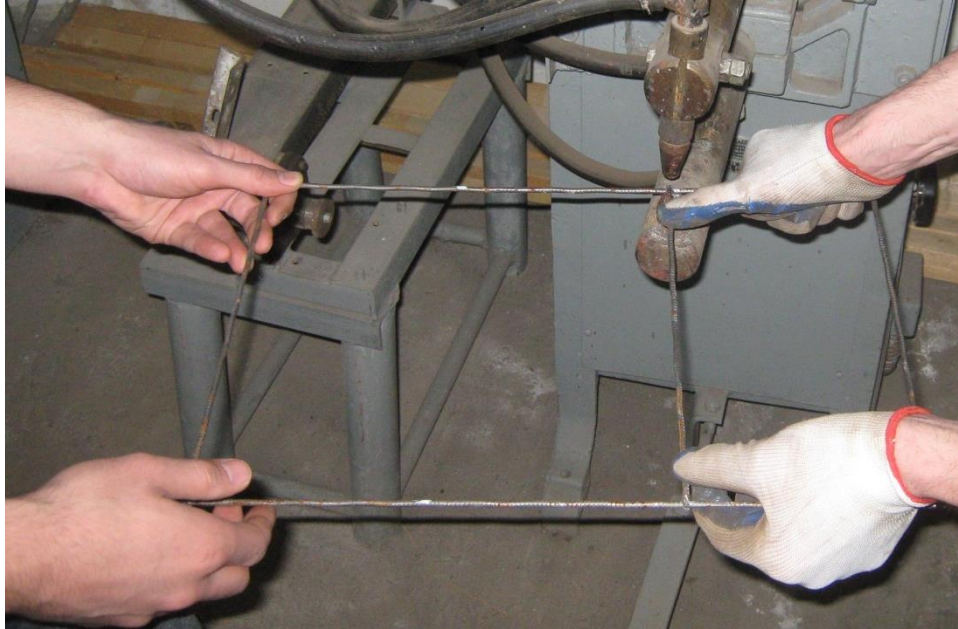


Рисунок 2.3 – Зварювання сітки точковою зваркою

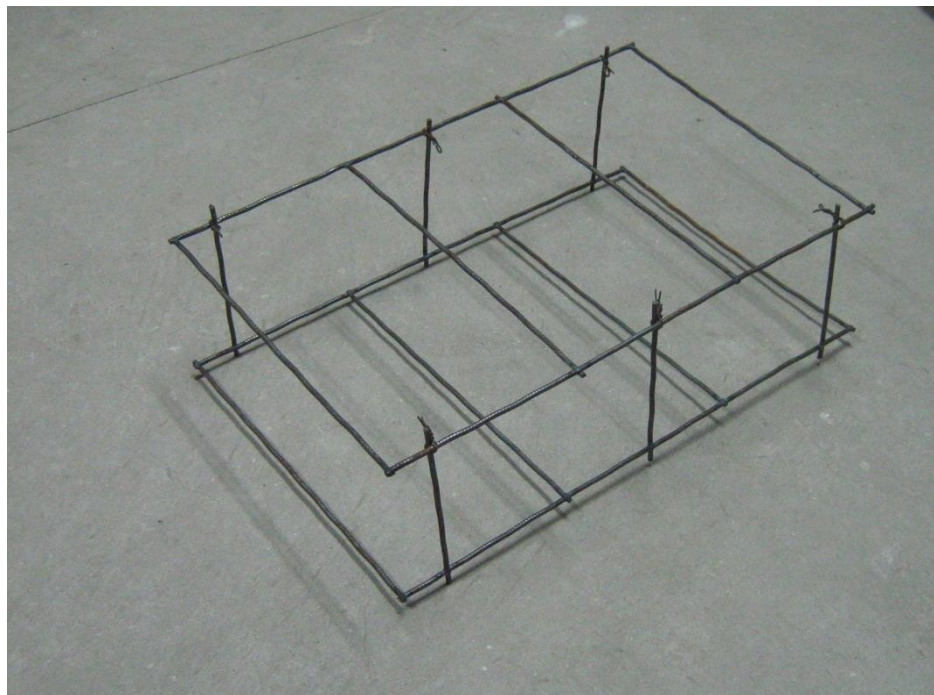


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд каркасу сітки

Форми ретельно змащували маслом перед заливанням бетонної суміші, щоб запобігти її приставанню до поверхні металу. Тоді у форму для плити вкладався зварний каркас (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Форма з каркасом

В підготовлені форми заливали бетонну суміш (рис. 2.6). Потім вже заповнені форми встановлювали на вібростіл для її ущільнення. Перша серія була залита 27.01.2021 р. (рис. 2.7), друга – 05.02.2021 р. і третя – 18.02.2021 р.



Рисунок 2.6 – Форма для кубів з бетоном

Протягом 7 днів проводили догляд за бетоном: накривали його тканиною і постійно зволожували. На 8-й день розбирали опалубку (рис. 2.8) та складували зразки в лабораторії для подальшого твердіння в нормальних умовах при температурі (20 ± 2) °C і відносній вологості повітря 95%.

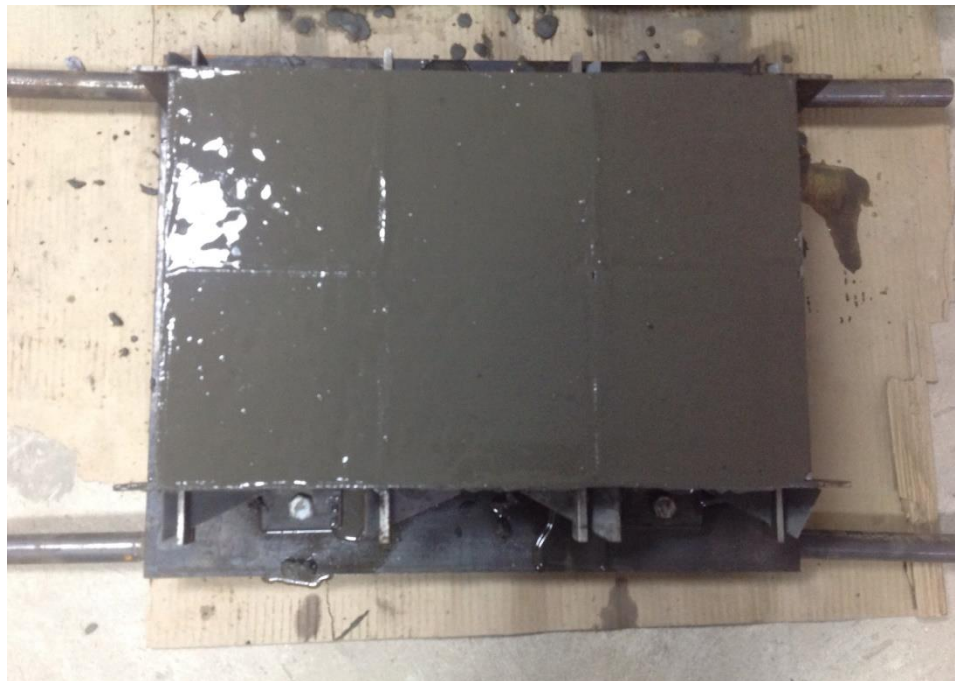


Рисунок 2.7 – Форма для кубів зі згладженою поверхнею бетону



Рисунок 2.8 – Розбирання опалубки




Після набору кожної із трьох серій зразків проектної міцності бетону, виконувались дослідження методом ударного імпульсу. На час випробувань бетон I-ї серії мав 113 діб, II-ї серії – 104 доби, III-ї серії – 77 діб.

2.2 Випробування зразків методом ударного імпульсу

Перед випробуваннями потрібно налаштувати прилад ИПС-МГ 4.03. Він може перебувати в 5 різних режимах:

1. вимірювання з використанням базових залежностей;
2. вимірювання з використанням індивідуальних залежностей, встановлених користувачем;
3. перегляд архіву;
4. передача архівних даних на ПК;
5. налаштування, що передбачають можливість:
 - запису індивідуальних залежностей;
 - установки календаря й години;
 - вибору коефіцієнта варіації для визначення класу бетону;

- включення або виключення підсвітки дисплею;
- вибору режиму архівування.

Вибір режиму здійснюється з екранів «Вибір режиму» і «Налаштування», кнопками ,  шляхом переміщення мигаючого поля на вибраний режим і фіксації кнопкою .

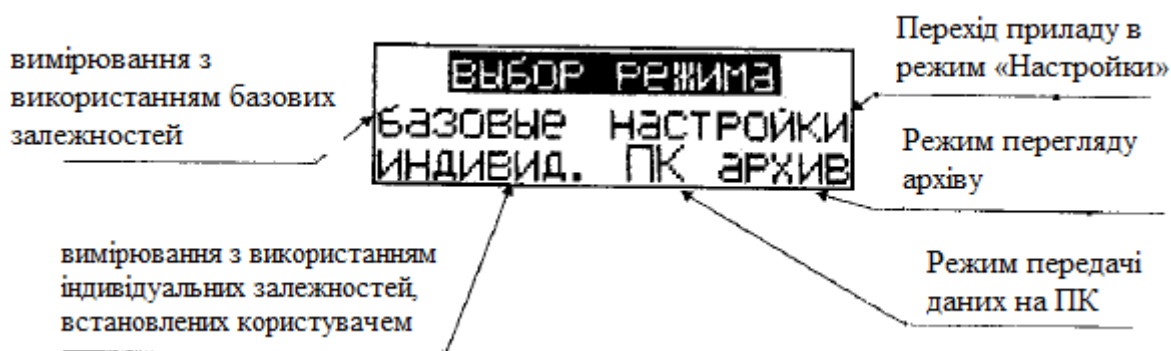













Рисунок 2.9 – Меню приладу ИПС-МГ 4.03





Для даних дослідів вибрали режим вимірювання з використанням базових залежностей.





Натисканням кнопки  відбувалося мигання верхнього рядка дисплея і кнопками ,  вибирали потрібну градуовальну залежність (мілкозернистий бетон) та фіксували кнопкою . При цьому мигання переміщувалося на режим твердіння бетону.

Натисканням кнопок ,  вибирали режим твердіння бетону (НОРМ) та фіксували кнопкою . І мигання переміщувалося на вік бетону.

Натисканням кнопок ,  вибирали вік контролюючого бетону для нормального твердіння (100 діб) та фіксували кнопкою .

Вибір напрямку удару (перпендикулярно) здійснювався натисканням кнопки .

Для вводу значення коефіцієнта співпадання K_c натисканням кнопки  викликалося мигання параметра, кнопками ,  встановлювалося його значення (1.00) і фіксувалося кнопкою .

Також передбачена можливість « маркування » вимірювань за типом контролюючого виробу. Вибір типу виробу на дисплей виконувався натисканням кнопки  одночасно з вибором градуювальних залежностей при мигаючому полі верхнього рядка дисплею. Перегляд типів виробів проводився натисканням кнопок ,  (вибирали фундаментний блок) і фіксувався кнопкою .

Повернення в основне меню відбувалося натисканням кнопки .

Випробування на кубах проводили в такій послідовності:

- утримуючи перетворювач в правій руці зводили важіль бойка до фіксації зацолкою. Розташовували перетворювач таким чином, щоб зусилля прикладалося перпендикулярно до досліджуваної поверхні виробу. Перетворювач опирався на три точки (рис. 2.10).

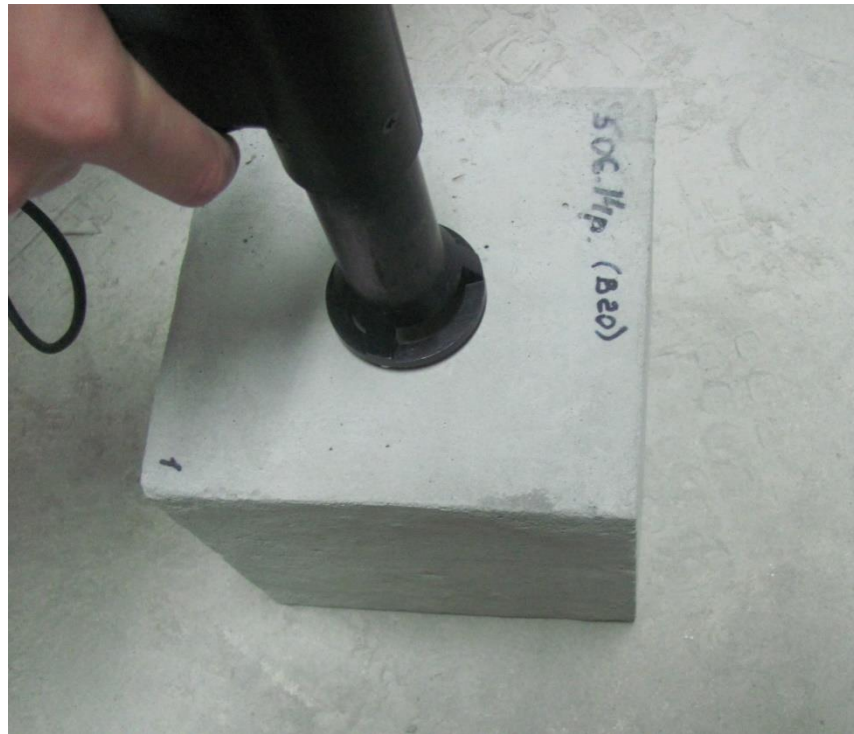


Рисунок 2.10 – Випробування кубів приладом ИПС-МГ 4.03

- зусилля мало бути таким, щоб в момент натискання на спусковий гачок і удару бойка по бетонній поверхні не відбулося б відриву опорних точок під дією реактивної сили.
- після установки перетворювача потрібно було натиснути на спусковий гачок. Отриманий результат висвічувався на дисплеї і запам'ятовувався для подальшої обробки.
- скидання результату з дисплея відбувалося в момент появи наступного вимірювання. Одночасно з результатом вимірювання висвічувався і його номер.
- по закінченні циклу вимірювань на дисплеї висвічувався кінцевий результат, тобто міцність і клас бетону.

Перед випробуваннями плити спочатку потрібно було визначити розташування арматури на ділянці випробувань. Всі інші пункти були аналогічними як при дослідженні кубів.

Дані по кожній серії дослідних зразків записувалися в журнал випробувань.



Рисунок 2.11 – Випробування плити приладом ИПС-МГ 4.03

2.3 Випробування зразків на пресі

Для досліджень був використаний прес, що пройшов державну метрологічну перевірку. В даному експерименті це прес П-250, який знаходиться в лабораторії кафедри будівельної механіки

Досліди на пресі виконувалися на протязі 3-х днів після випробування методами неруйнівного контролю.

Робочі поверхні плит преса та зразка перед установкою ретельно очищали і протирали сухою тканиною. На плиті преса була заздалегідь зроблена розмітка, яка вказувала центральне розміщення куба, на яку, і власне, ставився куб. Зразок встановлювали так, щоб напрям навантаження був паралельним шарам укладання бетонної суміші, тобто догори бічною гранню (рис. 2.12).

Увімкнувши прес, зразок навантажували безперервно й рівномірно до руйнування. Руйнівне навантаження фіксувалося та записувалося в журнал випробувань.



Рисунок 2.12 – Правильне розташування куба на пресі



Рисунок 2.13 – Куб після випробування на пресі

2.4 Висновки до розділу

З процесу проведення експериментальних досліджень , виконаного в даному розділі , можна зробити наступні висновки:

- Для експериментальних досліджень спеціально були виготовлені дві форми розмірами 150×300×450 мм під куби та під плити;
- Форми ретельно змащували маслом перед заливанням бетонної суміші, щоб запобігти її приставанню до поверхні металу;
- Протягом 7 днів проводили догляд за бетоном: накривали його тканиною і постійно зволожували. На 8-й день розбирали опалубку та складували зразки в лабораторії для подальшого твердіння в нормальних умовах при температурі (20±2) °С і відносній вологості повітря 95%;
- Перед випробуваннями плити спочатку потрібно було визначити розташування арматури на ділянці випробувань.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Числові дані досліджень

Методом ударного імпульсу досліджувалися три серії зразків з прогнозованим класом бетону С8/10, С16/20, С25/30. Кожна серія складалася з шести кубів розмірами граней 150×150×150 мм та залізобетонної плити розмірами 150×300×450 мм виготовлених із однакового бетону.

Числові дані досліджень методом ударного імпульсу представлені в таблицях 3.1-3.6.

Таблиця 3.1

Числові дані досліджень кубів I-ї серії

№ куба	Грань 1, МПа	Грань 2, МПа	Грань 3, МПа	Грань 4, МПа	Грань 5, МПа	Грань 6, МПа	Середнє значення, МПа
К-1.1	12,60	17,80	18,50	18,40	17,90	18,20	17,23
К-1.2	11,30	18,30	17,70	18,30	17,70	17,70	16,83
К-1.3	12,90	19,80	20,30	19,70	19,60	20,10	18,73
К-1.4	13,30	17,90	17,80	18,40	17,90	18,10	17,23
К-1.5	12,10	16,90	17,00	16,70	17,30	16,80	16,13
К-1.6	13,00	17,10	16,60	17,20	16,50	16,90	16,22

Таблиця 3.2

Числові дані досліджень залізобетонної плити І-ї серії

№ сторони П-1	Квадрат №1, МПа	Квадрат №2, МПа	Квадрат №3, МПа	Квадрат №4, МПа	Квадрат №5, МПа	Квадрат №6, МПа	Середнє значення, МПа
1	18,00	18,10	20,00	18,30	17,10	16,70	18,03
2	24,60	25,00	27,40	28,10	28,50	31,30	27,53

Таблиця 3.3

Числові дані досліджень кубів ІІ-ї серії

№ куба	Грань 1, МПа	Грань 2, МПа	Грань 3, МПа	Грань 4, МПа	Грань 5, МПа	Грань 6, МПа	Середнє значення, МПа
К-2.1	15,00	20,40	19,90	20,50	20,40	19,80	19,33
К-2.2	16,30	21,40	20,70	21,20	20,60	21,30	20,25
К-2.3	17,80	23,10	23,40	22,60	23,20	22,90	22,17
К-2.4	16,50	21,80	22,00	21,90	22,60	22,40	21,20
К-2.5	14,80	22,90	22,70	22,60	23,00	23,30	21,55
К-2.6	18,10	24,30	24,10	23,70	23,40	24,00	22,93

Таблиця 3.4

Числові дані досліджень залізобетонної плити II-ї серії

№ сторони II-2	Квадрат №1, МПа	Квадрат №2, МПа	Квадрат №3, МПа	Квадрат №4, МПа	Квадрат №5, МПа	Квадрат №6, МПа	Середнє значення, МПа
1	19,80	20,90	22,80	22,30	23,40	23,50	22,12
2	35,30	38,50	36,20	41,80	34,30	35,50	36,93

Таблиця 3.5

Числові дані досліджень кубів III-ї серії

№ куба	Грань 1, МПа	Грань 2, МПа	Грань 3, МПа	Грань 4, МПа	Грань 5, МПа	Грань 6, МПа	Середнє значення, МПа
К-3.1	38,80	45,10	46,60	46,20	46,40	45,30	44,73
К-3.2	35,50	44,80	44,00	44,10	43,20	43,90	42,58
К-3.3	36,10	40,20	41,30	41,00	40,60	41,40	40,10
К-3.4	34,70	42,50	42,70	43,20	42,00	43,70	41,47
К-3.5	32,80	44,30	44,20	43,80	43,30	43,50	41,98
К-3.6	37,20	43,90	44,50	43,80	44,00	44,20	42,93

Таблиця 3.6

Числові дані досліджень залізобетонної плити III-ї серії

№ сторони П-3	Квадрат №1, МПа	Квадрат №2, МПа	Квадрат №3, МПа	Квадрат №4, МПа	Квадрат №5, МПа	Квадрат №6, МПа	Середнє значення, МПа
1	32,40	33,30	33,70	32,40	29,80	30,70	32,05
2	44,80	43,70	40,70	43,40	44,60	43,60	43,46

Числові дані досліджень на пресі представлені в таблицях 3.7-3.9.

Таблиця 3.7

Покази пресу П-250 при випробуванні кубів I-ї серії

№ куба	Зусилля N_u , кН
К-1.1	429,19
К-1.2	484,37
К-1.3	453,71
К-1.4	502,76
К-1.5	447,58
К-1.6	404,66

Таблиця 3.8

Покази пресу П-250 при випробуванні кубів II-ї серії

№ куба	Зусилля N_u , кН
К-2.1	527,29
К-2.2	496,63
К-2.3	515,03
К-2.4	496,63
К-2.5	508,89
К-2.6	493,44

Таблиця 3.9

Покази пресу П-250 при випробуванні кубів III-ї серії

№ куба	Зусилля N_u , кН
К-3.1	1103,63
К-3.2	1164,94
К-3.3	1226,25
К-3.4	1100,68
К-3.5	1228,70
К-3.6	1104,85

3.2 Статистична обробка даних по пресу

Випробуванню на пресі підлягали 6 кубів кожної із трьох серій з розміром граней 150 мм. Оскільки фактичні розміри кубів відрізняються від номінальних, тому виконано фактичні заміри розмірів граней, які прилягають до плит пресу.

Таблиця 3.10

Фактичні розміри граней I-ї серії

Ескіз зразка	№ зразка	Фактичні розміри граней, мм				Площа граней, см ²		
		a_1	a_2	a_3	a_4	$a_1 \times a_2$	$a_3 \times a_4$	серед.
	К-1.1	148,9	148,9	149,1	149,1	221,7	222,3	222
	К-1.2	149,9	149,8	150,2	150,1	224,5	225,5	225
	К-1.3	148,8	148,9	149,1	149,2	221,5	222,5	222
	К-1.4	150,5	150,2	150,7	150,6	226	227	226,5
	К-1.5	149,6	149,8	149,4	149,3	224	223	223,5
	К-1.6	148,3	148,4	148,7	148,7	220	221	220,5

Випробування виконували при наступних умовах [36]:

- на гранях кубів не було мастила;
- плити преса зачищені від залишків попередніх випробувань;
- зразки центровані за діагоналями, нанесеними на нижній плиті преса;
- масштаб шкали преса обирався так, щоб руйнуюча сила була в межах 0,2...0,8 від максимального навантаження преса;

– навантаження (зусилля преса) зростало безперервно зі швидкістю $(0,6 \pm 0,21)$ МПа/сек.

Таблиця 3.11

Результати випробувань кубів I-ї серії

Марка зразка	Площа перерізу $A, \text{см}^2$	Руйнівне навантаження $N_u, \text{кН}$	Міцність $\sigma, \text{МПа}$	Середня міцність $f_m, \text{МПа}$
К-1.1	222	429,19	19,33	20,31
К-1.2	225	484,37	21,53	
К-1.3	222	453,71	20,44	
К-1.4	226,5	502,76	22,20	
К-1.5	223,5	447,58	20,03	
К-1.6	220,5	404,66	18,35	

Проводимо обробку результатів випробувань кубів, за методикою “Міцність кубів при руйнівному навантаженні”, згідно [37].

Розмах значень міцності бетону:

$$W_{cj} = R_{j, \max} - R_{j, \min} = 22,20 - 18,35 = 3,85 \text{ МПа.} \quad (1)$$

Середнє квадратичне відхилення, для шести зразків $d = 2,5$:

$$S_m = W_{cj} / d = 3,85 / 2,5 = 1,54 \text{ МПа.} \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = S_m / f_m = 1,54 / 20,31 = 0,076. \quad (3)$$

Гарантована міцність бетону з коефіцієнтом забезпечення $g = 0,95$:

$$f_{ck, cube} = f_m(1 - 1,64V) = 20,31 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,076) = 17,78 \text{ МПа}. \quad (4)$$

Таблиця 3.12

Результати випробувань кубів II-ї серії

Марка зразка	Площа перерізу $A, \text{ см}^2$	Руйнівне навантаження $N_u, \text{ кН}$	Міцність σ , МПа	Середня міцність f_m , МПа
К-2.1	228	527,29	23,13	22,58
К-2.2	222	496,63	22,37	
К-2.3	225	515,03	22,89	
К-2.4	223,5	496,63	22,22	
К-2.5	225	508,89	22,62	
К-2.6	222	493,44	22,23	

Проводимо обробку результатів випробувань кубів II-ї серії за вищенаведеною методикою:

$$W_{cj} = R_{j, max} - R_{j, min} = 23,13 - 22,22 = 0,91 \text{ МПа}, \quad (5)$$

$$S_m = W_{cj} / d = 0,91 / 2,5 = 0,36 \text{ МПа}, \quad (6)$$

$$V = S_m / f_m = 0,36 / 22,58 = 0,016, \quad (7)$$

$$f_{ck,cube} = f_m(1-1,64V) = 22,58 \cdot (1-1,64 \cdot 0,016) = 21,98 \text{ МПа.} \quad (8)$$

Таблиця 3.13

Результати випробувань кубів III-ї серії

Марка зразка	Площа перерізу $A, \text{ см}^2$	Руйнівне навантаження $N_u, \text{ кН}$	Міцність σ , МПа	Середня міцність f_m , МПа
К-3.1	222	1103,63	49,71	51,37
К-3.2	225	1164,94	51,78	
К-3.3	226,5	1226,25	54,14	
К-3.4	223,5	1100,68	49,25	
К-3.5	228	1228,70	53,89	
К-3.6	223,5	1104,85	49,43	

Аналогічно проводимо обробку результатів випробувань кубів III-ї серії:

$$W_{cj} = R_{j, \max} - R_{j, \min} = 54,14 - 49,25 = 4,89 \text{ МПа,} \quad (9)$$

$$S_m = W_{cj} / d = 4,89 / 2,5 = 1,96 \text{ МПа,} \quad (10)$$

$$V = S_m / f_m = 1,96 / 51,37 = 0,038, \quad (11)$$

$$f_{ck,cube} = f_m(1-1,64V) = 51,37 \cdot (1-1,64 \cdot 0,038) = 48,17 \text{ МПа.} \quad (12)$$

3.3 Статистична обробка даних по методу ударного імпульсу

Методом ударного імпульсу перевірено на міцність 36 результатів зразків I-ї серії за [38, 39], з яких 30 результатів по кубах і 6 – по плиті. Отримані дані представлені в таблиці 3.14.

Мінімальне значення даної серії становить 16,50 МПа, а максимальне – 20,30 МПа.

Від максимального значення віднявши мінімальне і поділивши на 10 отримали крок:

$$h = (20,30 - 16,50) / 10 = 0,38. \quad (13)$$

Для визначення проміжку, в який входить певна кількість сторін, до мінімального значення додавали крок $h = 0,38$.

Таблиця 3.14

Отримані результати зразків I-ї серії

Міцність σ_i , МПа	16,50	16,88	17,26	17,64	18,02	18,40	18,78	19,16	19,54	19,92
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16,88	17,26	17,64	18,02	18,40	18,78	19,16	19,54	19,92	20,30
К-сть сторін	5	6	1	9	8	1	0	0	3	3

Знаходили середини даних інтервалів і приймали їх за варіанти. Одержаний розподіл вибірки представлено в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15

Отримані результати розподілу вибірки зразків I-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	16,69	17,07	17,45	17,83	18,21	18,59	18,97	19,35	19,73	20,11
n_i	5	6	1	9	8	1	0	0	3	3

В таблиці прийняті такі умовні позначення:

$\bar{\sigma}_i$ – середнє значення міцності в проміжку σ_i ;

n_i – кількість результатів в проміжку.

Обчислювали вибіркoву середню міцність $\bar{\sigma}_B^1$ зразків I-ї серії, а також вибіркoву дисперсію D_B та вибіркoве середнє квадратичне відхилення σ_B .

Оскільки варіанти рівновіддалені, то прийняли $C = 18,21$ (варіанта 18,21 розміщена приблизно у середині варіаційного ряду). Згідно з вихідними даними експерименту $h = 0,38$, об'єм вибірки $n = 36$.

Умовні варіанти знаходили за формулою:

$$u_i = \frac{\sigma_i - C}{h} = \frac{\sigma_i - 18,21}{0,38}, \quad (14)$$

де h – крок, тобто різниця між будь-якими двома сусідніми початковими варіантами;

C – хибний нуль.

Для спрощення обчислень склали розрахункову таблицю 3.16.

Розрахункова таблиця умовних варіантів зразків I-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	n_i	u_i	$n_i \cdot u_i$	$n_i \cdot u_i^2$	$n_i (u_i + 1)^2$
16,69	5	-4	-20	80	45
17,07	6	-3	-18	54	24
17,45	1	-2	-2	4	1
17,83	9	-1	-9	9	0
18,21	8	0	0	0	8
18,59	1	1	1	1	4
18,97	0	2	0	0	0
19,35	0	3	0	0	0
19,73	3	4	12	48	75
20,11	3	5	15	75	108
	$\sum n_i = 36$		$\sum n_i \cdot u_i = -21$	$\sum n_i \cdot u_i^2 = 271$	$\sum n_i (u_i + 1)^2 = 265$

Для контролю обчислень скористалися тотожністю:

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot (u_i + 1)^2 = \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n. \quad (15)$$

В даному випадку:

$$\sum_{i=1}^{10} n_i \cdot (u_i + 1)^2 = 265, \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n = 271 + 2 \cdot (-21) + 36 = 265. \quad (17)$$

Отже, тотожність справджується.

Середній умовний варіант u_B :

$$u_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i = \frac{1}{36} \cdot (-21) = -0,58. \quad (18)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(U)$:

$$D_B(U) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i^2 - (u_B)^2 = \frac{1}{36} \cdot 271 - (-0,58)^2 = 7,19. \quad (19)$$

Середня вибірка становить:

$$\bar{\sigma}_B^1 = h \cdot u_B + C = 0,38 \cdot (-0,58) + 18,21 = 17,99. \quad (20)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(X)$:

$$D_B(X) = h^2 \cdot D_B(U) = 0,38^2 \cdot 7,19 = 1,038. \quad (21)$$

Вибіркове середнє квадратичне відхилення визначено як квадратний корінь із вибіркової дисперсії, який становить:

$$\sigma_B(X) = \sqrt{1,038} = 1,02. \quad (22)$$

Проміжок, в який входять результати після статичної обробки:

$$\bar{\sigma}_B^1 \pm \sigma_B(X) = 17,99 \pm 1,02. \quad (23)$$

Результати після статичної обробки зразків I-ї серії подано в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17

Результати після статичної обробки зразків I-ї серії

Грань, номер куба і плити	Результати ударного імпульсу на проміжку 16,97 – 19,01, МПа	Результати міцності по пресу σ , МПа
П–1.1	18,00	19,33
П–1.2	18,10	21,53
П–1.4	18,30	22,19
П–1.5	17,10	20,03
К–2.1	17,80	19,33
К–2.2	18,30	21,53
К–2.4	17,90	22,19
К–2.6	17,10	18,35
К–3.1	18,50	19,33

К-3.2	17,70	21,53
К-3.4	17,80	22,19
К-3.5	17,00	20,03
К-4.1	18,40	19,33
К-4.2	18,30	21,53
К-4.4	18,40	22,19
К-4.6	17,20	18,35
К-5.1	17,90	19,33
К-5.2	17,70	21,53
К-5.4	17,90	22,19
К-5.5	17,30	20,03
К-6.1	18,20	19,33
К-6.2	17,70	21,53
К-6.4	18,10	22,19
Середнє	17,86	–

Аналогічно проводили статистичну обробку результатів експериментальних досліджень методом ударного імпульсу на міцність 36 сторін зразків II-ї серії. Отримані результати подано в таблиці 3.18.

Мінімальне значення даної серії становить 19,80 МПа, а максимальне – 24,30 МПа.

Від максимального значення віднявши мінімальне і поділивши на 10 отримали крок:

$$h = (24,30 - 19,80) / 10 = 0,45. \quad (24)$$

Таблиця 3.18

Отримані результати зразків II-ї серії

Міцність σ_i , МПа	19,80	20,25	20,70	21,15	21,60	22,05	22,50	22,95	23,40	23,85
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20,25	20,70	21,15	21,60	22,05	22,50	22,95	23,40	23,85	24,30
К-сть сторін	3	5	1	3	3	2	7	7	2	3

Знаходили середини даних інтервалів і приймали їх за варіанти. Одержаний розподіл вибірки зразків II-ї серії представлено в таблиці 3.19.

Таблиця 3.19

Отримані результати розподілу вибірки зразків II-ї серії

$\overline{\sigma}_i$	20,02	20,47	20,92	21,37	21,82	22,27	22,72	23,17	23,62	24,07
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
n_i	3	5	1	3	3	2	7	7	2	3

Оскільки варіанти рівновіддалені, то $C = 21,825$ (варіант 21,825 розміщений у середині варіаційного ряду). Згідно з вихідними даними експерименту $h = 0,45$, об'єм вибірки $n = 36$.

Умовні варіанти обчислили за формулою:

$$u_i = \frac{\sigma_i - C}{h} = \frac{\sigma_i - 21,825}{0,45}, \quad (25)$$

Для спрощення обчислень склали розрахункову таблицю 3.20.

Розрахункова таблиця умовних варіантів зразків II-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	n_i	u_i	$n_i \cdot u_i$	$n_i \cdot u_i^2$	$n_i (u_i + 1)^2$
20,025	3	-4	-12	48	27
20,475	5	-3	-15	45	20
20,925	1	-2	-2	4	1
21,375	3	-1	-3	3	0
21,825	3	0	0	0	3
22,275	2	1	2	2	8
22,725	7	2	14	28	63
23,175	7	3	21	63	112
23,625	2	4	8	32	50
24,075	3	5	15	75	108
	$\sum n_i = 36$		$\sum n_i \cdot u_i = 28$	$\sum n_i \cdot u_i^2 = 300$	$\sum n_i (u_i + 1)^2 = 392$

Для контролю обчислень скористалися тотожністю:

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot (u_i + 1)^2 = \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n. \quad (26)$$

В даному випадку:

$$\sum_{i=1}^{10} n_i \cdot (u_i + 1)^2 = 392, \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n = 300 + 2 \cdot 28 + 36 = 392. \quad (28)$$

Отже, тотожність справджується.

Середній умовний варіант u_B :

$$u_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i = \frac{1}{36} \cdot 28 = 0,78. \quad (29)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(U)$:

$$D_B(U) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i^2 - (u_B)^2 = \frac{1}{36} \cdot 300 - 0,78^2 = 7,72. \quad (30)$$

Вибіркова середня:

$$\bar{\sigma}_B^2 = h \cdot u_B + C = 0,45 \cdot 0,78 + 21,825 = 22,18. \quad (31)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(X)$:

$$D_B(X) = h^2 \cdot D_B(U) = 0,45^2 \cdot 7,72 = 1,56. \quad (32)$$

Вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B(X) = \sqrt{1,56} = 1,25. \quad (33)$$

Проміжок, в який входять результати після статичної обробки:

$$\bar{\sigma}_B^2 \pm \sigma_B(X) = 22,18 \pm 1,25. \quad (34)$$

Результати після статичної обробки зразків II-ї серії подано в таблиці 3.21.

Таблиця 3.21

Результати після статичної обробки зразків II-ї серії

Грань, номер	Результати ударного імпульсу на	Результати міцності
--------------	---------------------------------	---------------------

куба і плити	проміжку 20,93 – 23,43, МПа	по пресу σ , МПа
П–1.3	22,80	22,89
П–1.4	22,30	22,22
П–1.5	23,40	22,62
К–2.2	21,40	22,37
К–2.3	23,10	22,89
К–2.4	21,80	22,22
К–2.5	22,90	22,62
К–3.3	23,40	22,89
К–3.4	22,00	22,22
К–3.5	22,70	22,62
К–4.2	21,20	22,37
К–4.3	22,60	22,89
К–4.4	21,90	22,22
К–4.5	22,60	22,62
К–5.3	23,20	22,89
К–5.4	22,60	22,22
К–5.5	23,00	22,62
К–5.6	23,40	22,23
К–6.2	21,30	22,37
К–6.3	22,90	22,89
К–6.4	22,40	22,22
К–6.5	23,30	22,62
Середнє	22,55	–

Методом ударного імпульсу перевірено на міцність 36 сторін зразків III-ї серії. Отримані результати подані в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22

Отримані результати зразків III-ї серії

Міцність σ_i , МПа	40,20	40,84	41,48	42,12	42,76	43,40	44,04	44,68	45,32	45,96
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40,84	41,48	42,12	42,76	43,40	44,04	44,68	45,32	45,96	53,63
К-сть сторін	3	3	1	2	4	10	6	4	0	3

Знаходили середини даних інтервалів і приймали їх за варіанти. Одержаний розподіл вибірки представлено в таблиці 3.23.

Таблиця 3.23

Отримані результати розподілу вибірки зразків III-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	40,52	41,16	41,80	42,44	43,08	43,72	44,36	45,00	45,64	46,28
n_i	3	3	1	2	4	10	6	4	0	3

Оскільки варіанти рівновіддалені, то $C = 43,08$ (варіант 43,08 розміщений у середині варіаційного ряду). Згідно з вихідними даними експерименту $h = 0,64$, об'єм вибірки $n = 36$.

Умовні варіанти обчислили за формулою:

$$u_i = \frac{\sigma_i - C}{h} = \frac{\sigma_i - 43,08}{0,64}, \quad (33)$$

Для спрощення обчислень склали розрахункову таблицю 3.24.

Таблиця 3.24

Розрахункова таблиця умовних варіантів зразків III-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	n_i	u_i	$n_i \cdot u_i$	$n_i \cdot u_i^2$	$n_i (u_i + 1)^2$
40,52	3	-4	-12	48	27
41,16	3	-3	-9	27	12
41,80	1	-2	-2	4	1
42,44	2	-1	-2	2	0
43,08	4	0	0	0	4
43,72	10	1	10	10	40
44,36	6	2	12	24	54
45,00	4	3	12	36	64
45,64	0	4	0	0	0
46,28	3	5	15	75	108
	$\sum n_i = 36$		$\sum n_i \cdot u_i = 24$	$\sum n_i \cdot u_i^2 = 226$	$\sum n_i (u_i + 1)^2 = 310$

Для контролю обчислень скористалися тотожністю:

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot (u_i + 1)^2 = \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n. \quad (34)$$

В даному випадку:

$$\sum_{i=1}^{10} n_i \cdot (u_i + 1)^2 = 310, \quad (35)$$

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^k n_i \cdot u_i + n = 226 + 2 \cdot 24 + 36 = 310. \quad (36)$$

Отже, тотожність справджується.

Середній умовний варіант u_B :

$$u_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i = \frac{1}{36} \cdot 24 = 0,67. \quad (37)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(U)$:

$$D_B(U) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} n_i \cdot u_i^2 - (u_B)^2 = \frac{1}{36} \cdot 226 - 0,67^2 = 5,83. \quad (38)$$

Вибіркова середня:

$$\bar{\sigma}_B^3 = h \cdot u_B + C = 0,64 \cdot 0,67 + 43,08 = 43,51. \quad (39)$$

Вибіркова дисперсія $D_B(X)$:

$$D_B(X) = h^2 \cdot D_B(U) = 0,64^2 \cdot 5,83 = 2,39. \quad (40)$$

Вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B(X) = \sqrt{2,39} = 1,55. \quad (41)$$

Проміжок, в який входять результати після статичної обробки:

$$\bar{\sigma}_B^3 \pm \sigma_B(X) = 43,51 \pm 1,55. \quad (42)$$

Результати після статичної обробки зразків III-ї серії подано в таблиці 3.25.

Таблиця 3.25

Результати після статичної обробки зразків III-ї серії

Грань, номер	Результати ударного імпульсу на	Результати міцності
--------------	---------------------------------	---------------------

куба і плити	проміжку 41,96 – 45,06, МПа	по пресу σ , МПа
П–1.1	44,80	49,71
П–1.2	43,70	51,78
П–1.4	43,40	49,25
П–1.5	44,60	53,89
П–1.6	43,60	49,43
К–2.2	44,80	51,78
К–2.4	42,50	49,25
К–2.5	44,30	53,89
К–2.6	43,90	49,43
К–3.2	44,00	51,78
К–3.4	42,70	49,25
К–3.5	44,20	53,89
К–3.6	44,50	49,43
К–4.2	44,10	51,78
К–4.4	43,20	49,25
К–4.5	43,80	53,89
К–4.6	43,80	49,43
К–5.2	43,20	51,78
К–5.4	42,00	49,25
К–5.5	43,30	53,89

К–5.6	44,00	49,43
К–6.2	43,90	51,78
К–6.4	43,70	49,25
К–6.5	43,50	53,89
К–6.6	44,20	49,43
Середнє	43,75	–

3.4 Результати експериментальних досліджень

В результаті опрацювання статистичних даних по методу ударного імпульсу і по пресу отримали розкид даних для кожної із 3-х серій.

Для побудови графіка (рис. 4.16) з розкидом значень для I-ї серії використано дані з таблиці 4.18. По осі x задавали значення по пресу (σ_{ϕ}), а по y – ударного імпульсу ($\sigma_{\text{н}}$). Також на даному графіку за середніми значеннями міцності бетону отриманими в результаті випробувань на пресі та методом ударного імпульсу отримано точку f_m з координатами (20,31; 17,86).

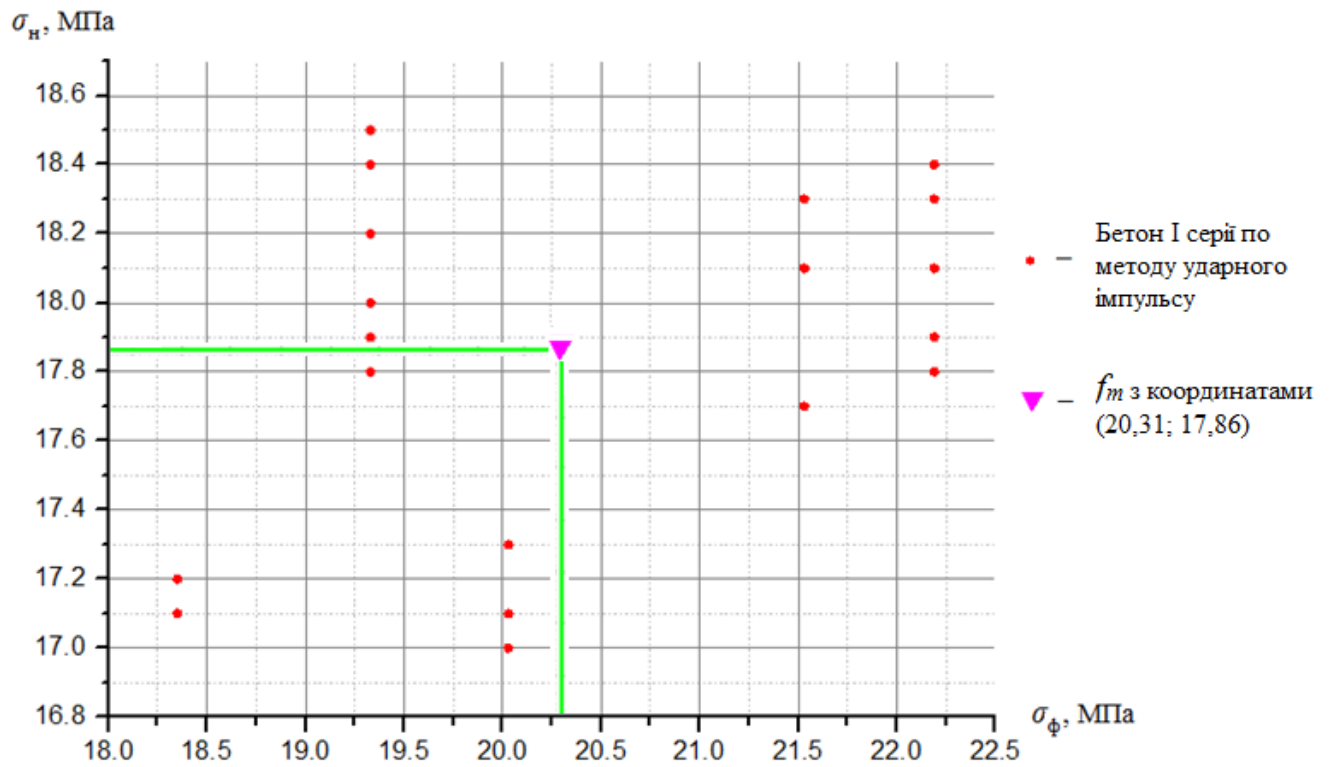


Рисунок 3.1 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для I-ї серії

Згідно з даними таблиці 3.21 побудовано графік з розкидом значень для II-ї серії (рис. 4.17). Значення задавали аналогічно як і для I-ї серії. Для цієї серії середнє значення міцності бетону f_m має такі координати: 22,58; 22,55 (див. рис. 4.17).

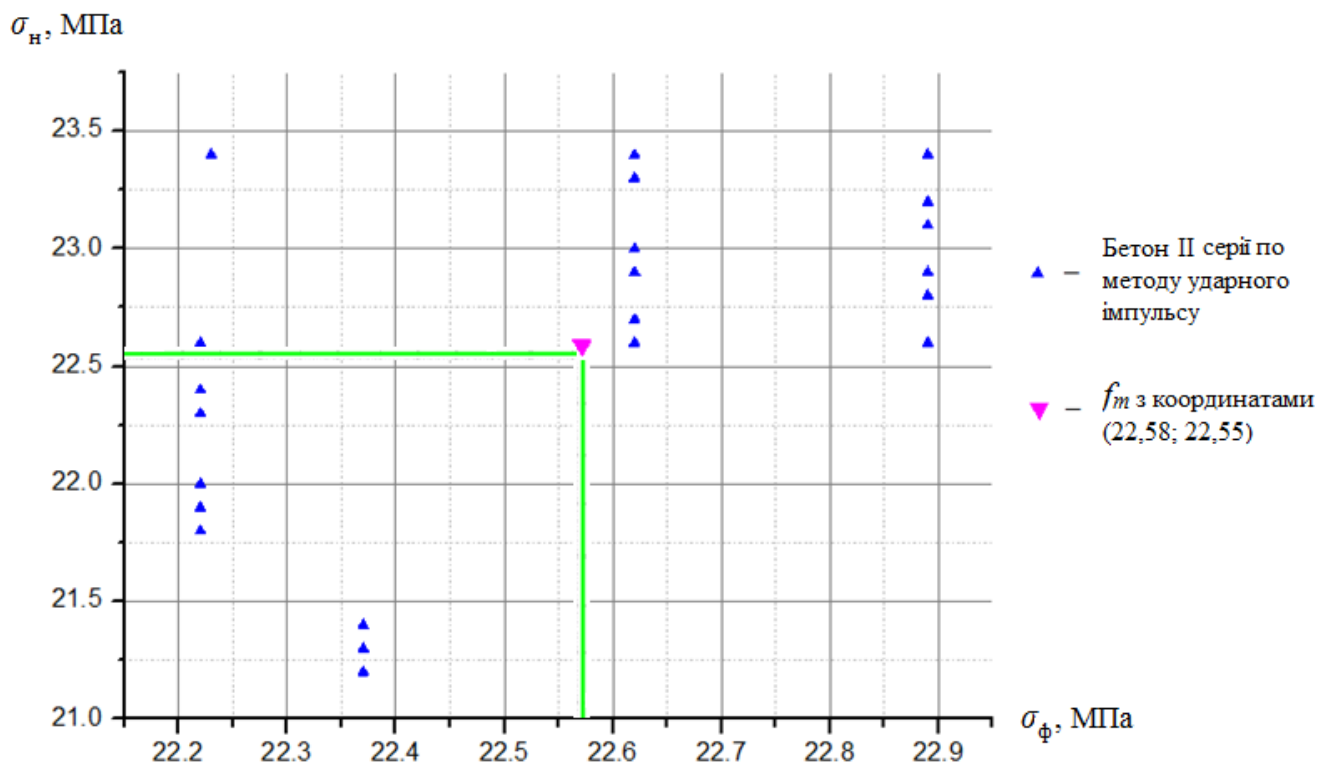


Рисунок 4.2 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для II-ї серії

Аналогічно побудовано графік і для III-ї серії (рис. 4.18). На ньому точка f_m зображена з наступними координатами (51,37; 43,75).

На графіку приведеному на рис. 3.18 зображено розкид даних по методу ударного імпульсу по 3-х серіях. Для більшої наглядності середні значення міцності бетону отримані даним методом для 3-х серій зразків було сполучено штриховою лінією. Також на даному графіку приведено реальну міцність бетону, що була отримана за результатами випробувань кубів на пресі. Середні значення міцності бетону отримані руйнівним методом сполучено суцільною лінією.

Зобразивши дві лінії реальної міцності бетону та отриманої методом неруйнівного контролю (див. рис. 3.4), можна говорити про відхилення показів ударного імпульсу при визначенні міцності бетону. Ламана зображена штриховою лінією є градуовальною залежністю приладу ударного імпульсу для бетонів даного складу, що були використані в нашому експерименті. Таким чином можна визначити середнє квадратичне відхилення, похибки та коефіцієнти співпадіння для даного приладу в експерименті.

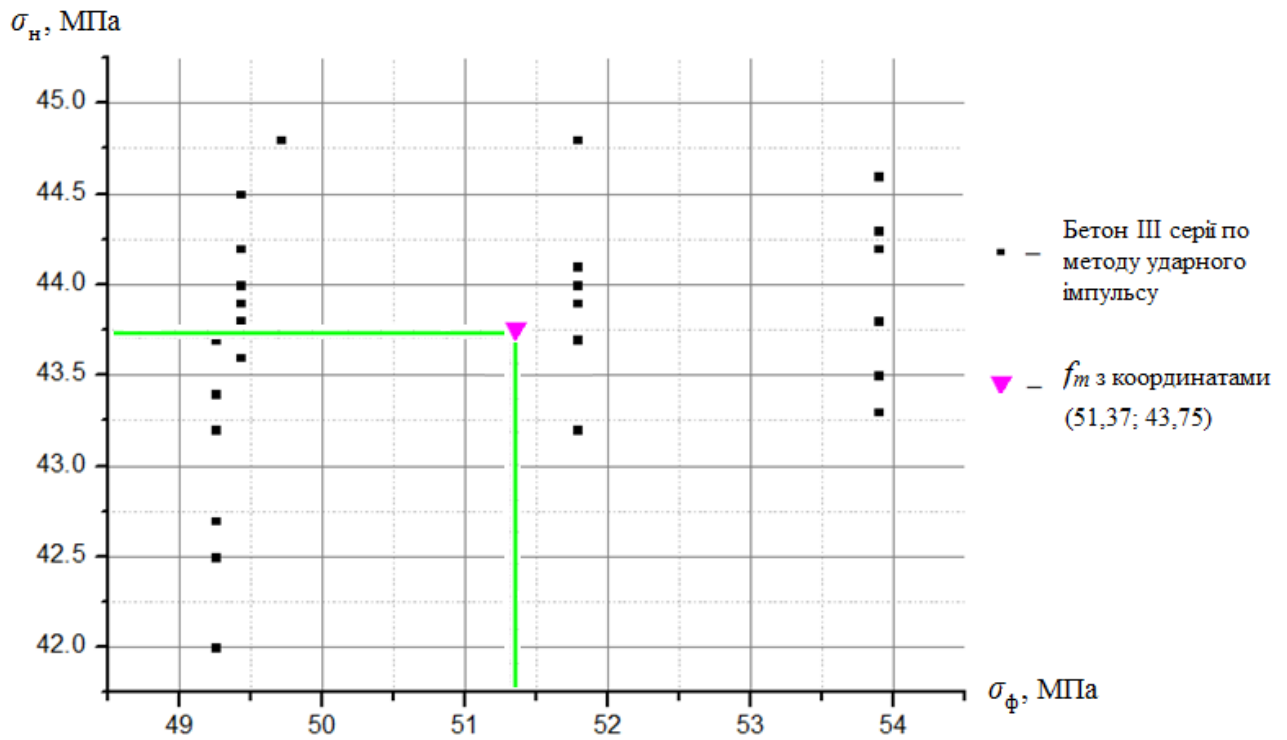


Рисунок 3.3 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для III-ї серії

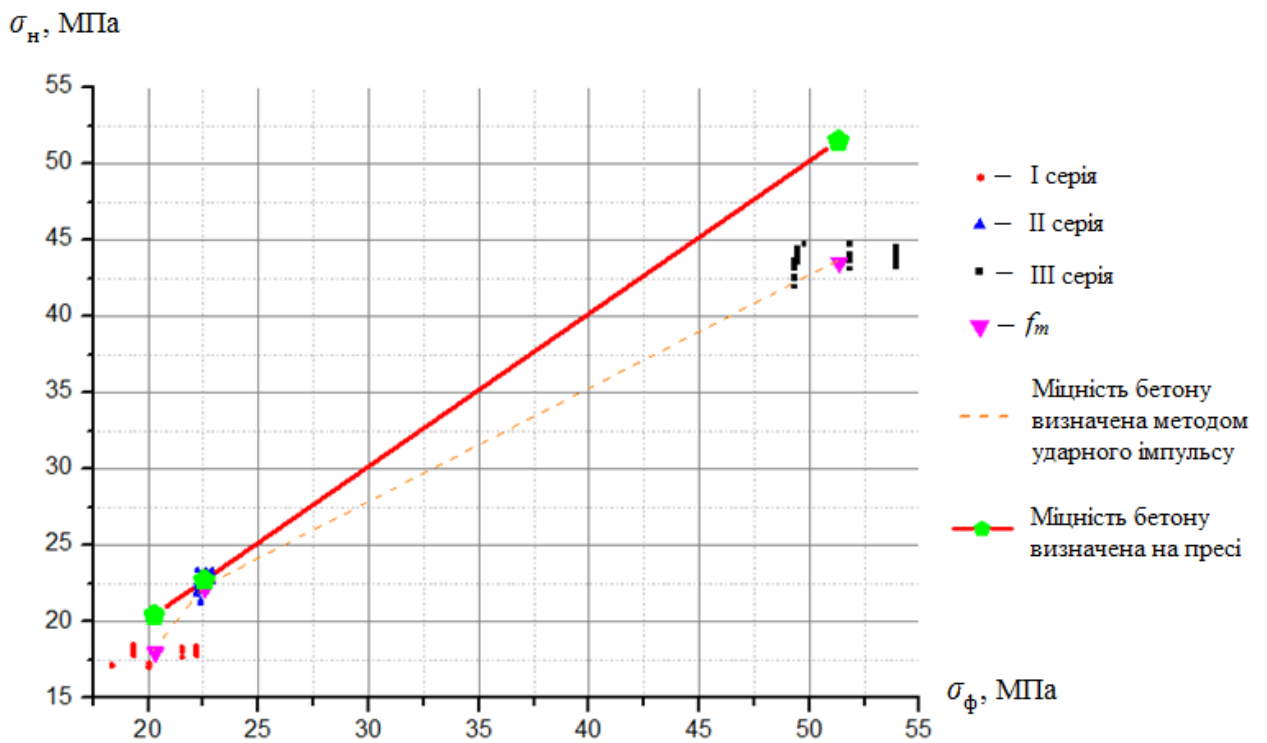


Рисунок 3.4 – Відхилення показів ударного імпульсу від реальної міцності бетону

Похибка між середніми значеннями по ударному імпульсу і по пресу для I-ї серії становить:

$$\Delta_I = \frac{\sigma_\phi - \sigma_n}{\sigma_\phi} \cdot 100\% = \frac{20,31 - 17,86}{20,31} \cdot 100\% = 12,06\%. \quad (43)$$

Похибка між середніми значеннями по ударному імпульсу і по пресу для II-ї серії:

$$\Delta_{II} = \frac{\sigma_\phi - \sigma_n}{\sigma_\phi} \cdot 100\% = \frac{22,58 - 22,55}{22,58} \cdot 100\% = 0,13\%. \quad (44)$$

Похибка між середніми значеннями по ударному імпульсу і по пресу для III-ї серії:

$$\Delta_{III} = \frac{\sigma_\phi - \sigma_n}{\sigma_\phi} \cdot 100\% = \frac{51,37 - 43,75}{51,37} \cdot 100\% = 14,83\%. \quad (45)$$

Коефіцієнт співпадіння градуєвальної залежності з результатами випробувань бетону на стиск для I-ї серії становить:

$$K_{CI} = \frac{\sigma_\phi}{\sigma_n} = \frac{20,31}{17,86} = 1,137. \quad (46)$$

Коефіцієнт співпадіння для II-ї серії:

$$K_{CII} = \frac{\sigma_\phi}{\sigma_n} = \frac{22,58}{22,55} = 1,004. \quad (47)$$

Коефіцієнт співпадіння для III-ї серії:

$$K_{CIII} = \frac{\sigma_\phi}{\sigma_n} = \frac{51,37}{43,75} = 1,174. \quad (48)$$

Середнє квадратичне відхилення по 3-х серіях становить:

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{i\phi} - \sigma_{in})^2}{N-2}} = \quad (49)$$

$$= \sqrt{\frac{(20,31-17,86)^2 + (22,58-22,55)^2 + (51,37-43,75)^2}{3-2}} = 8 \text{ МПа.}$$

3.5 Висновки до розділу

Отже, проаналізувавши отримані дані можна сказати, що найбільшою є похибка між середніми значеннями по ударному імпульсу і по пресу для III-ї серії ($\Delta_{III} = 14,83\%$), а найменшою – для II-ї серії ($\Delta_{II} = 0,13\%$). Такі невеликі відхилення свідчать про достовірність показів методу ударного імпульсу та перспективи його застосування при дослідженні міцності бетону.

Найменшим значенням характеризується коефіцієнт співпадіння градууювальної залежності з результатами випробувань бетону на стиск для II-ї серії і становить $K_c = 1,004$, а найбільшим – для III-ї серії ($K_c = 1,174$).

Таким чином, для II-ї серії зразків за всіма параметрами покази методу ударного імпульсу показали практично повне співпадіння із реальною міцністю бетону, а відхилення по інших серіях не перевищує 15 %.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні законодавчі акти України з охорони праці

Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Воно складається з Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Інші нормативні акти мають відповідати не тільки Конституції та іншим законам України, але, насамперед, цьому Закону.

Відповідно до Конституції України, Закону України «Про охорону праці» та Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування у 1999 р. було прийнято Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності». Цей закон визначає правову основу, економічний механізм та організаційну структуру загальнообов'язкового державного соціального страхування громадян від

нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які призвели до втрати працездатності або загибелі застрахованих на виробництві.

4.2 Охорона праці і техніка безпеки при будівництві в стіснених умовах

Правильна організація охорони праці під час виконання робіт в умовах існуючої забудови є надзвичайно важливим питанням через специфіку виконуваних робіт.

Земляні роботи в зоні діючих підземних комунікацій слід виконувати тільки під безпосереднім керівництвом виконроба або майстра, а в охоронній зоні електричних кабелів, які знаходяться під напругою, або діючого газопроводу, крім того, - під наглядом працівників електро або газового господарства.

При механізованій розробці котловану потрібно керуватися технологічною картою. Щоб виключити можливість обвалення укосів котловану треба розташовувати техніку і вантажі за межами призми обвалення ґрунту. Людям слід спускатися в котлован по спеціально встановлених для цього сходах, або по з'їздам для бульдозерів. Засипку котловану бульдозером слід починати після дозволу виконавця робіт. Крім того, потрібно ретельно стежити за станом існуючих конструкцій. У разі виникнення найменших ознак їх деформування чи руйнування усі земляні роботи слід негайно припинити.

До монтажу та виконання робіт з складування і стропування збірних елементів робочі допускаються тільки після вступного інструктажу. Для виконання висотних робіт допускають монтажників не нижче 4-го розряду, старших 18 років і зі стажем роботи не менше двох років. Змонтовані міжповерхові перекриття та покриття повинні бути огорожені до початку наступних робіт. Усі сигнали подає тільки одна особа, крім сигналу "Стій!", який може подавати будь-який працівник, помітивши явну небезпеку.

При встановленні опалубки в декілька ярусів кожен подальший ярус встановлюється тільки після закріплення нижнього. Щодня перед початком укладання бетону необхідно перевіряти стан опалубки, у разі виявлення

пошкоджень їх слід негайно усунути. Розбирати опалубку після досягнення бетоном заданої міцності можна тільки з дозволу виконавця робіт. Отвори в перекриттях або покриттях, що залишаються після зняття опалубки слід огороджувати.

При ущільненні бетонної суміші електровібраторами переміщувати їх за струмопідвідні дроти не допускається, а при перервах у роботі і переходах з одного місця на інше вібратори слід вимикати. У процесі вібрування бетонної суміші через кожні 30 ÷ 35 хвилин вібратор вимикають на 5 ÷ 7 хвилин для охолодження. Корпуси вібраторів необхідно заземлювати, працювати з ними дозволяється тільки в гумових рукавичках і чоботах. Мити водою не рекомендується.

Зона електропрогрівання бетону повинна бути огорожена, у нічний час освітлена, мати світлову сигналізацію, що включається при подачі напруги в мережу обігріву. Перебування людей і виконання ними будь-яких робіт в цій зоні без відповідних засобів захисту не допускається. Підключення нагрівальних проводів, заміри температури бетону технічними термометрами проводиться при відключеній напрузі.

Не допускається користуватися відкритим вогнем в радіусі 50 м від місця застосування і складування матеріалів, які вміщують легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини. лакофарбові, ізоляційні, оздоблювальні та інші матеріали, які виділяють вибухонебезпечні й шкідливі речовини, дозволяється зберігати на робочих місцях в кількостях, що не перевищують змінну потребу.

4.3 Цивільний захист

4.3.1 Законодавство України про цивільну оборону

Кодекс цивільного захисту України регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів

державної влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності.

Кодекс цивільного захисту України складається з десяти розділів.

У першому розділі кодексу говориться, що цивільний захист - це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Цивільний захист забезпечується з урахуванням особливостей, визначених Законом України "Про основи національної безпеки України", суб'єктами, уповноваженими захищати населення, території, навколишнє природне середовище і майно, згідно з вимогами Кодексу цивільного захисту - у мирний час, а також в особливий період - у межах реалізації заходів держави щодо оборони України. Координацію діяльності органів виконавчої влади у сфері цивільного захисту у межах своїх повноважень здійснюють: Рада національної безпеки і оборони України; Кабінет Міністрів України.

4.3.2 Мікроклімат робочої зони

На мікроклімат робочої зони впливають такі показники:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Чинним нормативним документом, який регламентує мікроклімат виробничого середовища, є ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007 «Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва» [55]. Сьогодні заводи з виробництва сухих будівельних сумішей є високо автоматизованими і механізованими

підприємствами і згідно ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007 роботи на такому підприємстві належать до категорії робіт середньої тяжкості класу ІІа, інтенсивність енерговитрат 151-200 ккал / год (175-232 Вт).

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Організація цивільного захисту на промислових об'єктах будівельної галузі

Цивільний захист на підприємстві (далі – об'єкті) будівельної галузі організовується з метою своєчасної підготовки об'єкта до захисту від наслідків НС та оперативного проведення рятувальних і інших невідкладних робіт. Згідно зі ст. 8 закону України "Про цивільну оборону України" "Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків НС та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з цивільної оборони і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством" [64].

На об'єктах підвищеної небезпеки (хімічно-, вибухонебезпечних) створюються локальні системи виявлення загрози виникнення НС і оповіщення працівників цих об'єктів та місцевого населення, що проживає в зоні можливого ураження (згідно з законом України "Про цивільну оборону України" власники таких об'єктів відповідають за захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах).

Відповідальність за цивільний захист об'єкта несе керівник цього об'єкта, він є начальником ЦЗ об'єкта і підпорядковується своєму старшому начальнику (міністерства чи відомства), а в оперативному відношенні начальнику цивільного захисту міста чи району.

Начальник цивільного захисту об'єкта несе відповідальність за:
– створення, організацію, підготовку і дієздатність системи цивільного

- захисту на підпорядкованому об'єкті;
- забезпечення захисту персоналу (а на об'єктах підвищеної небезпеки і за захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах) під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;
 - організацію і здійснення заходів щодо попередження НС, а у разі їх виникнення – за мінімізацію збитків від них;
 - створення і організацію роботи системи оповіщення на об'єкті;
 - створення і організацію роботи комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, а також евакуаційної комісії об'єкта;
 - постійну готовність органів управління і невоєнізованих формувань об'єкта до функціонування в мирний і воєнний час;
 - фінансове та матеріально-технічне забезпечення заходів у сфері цивільного захисту;
 - підготовку і навчання персоналу до дій у НС.

Наказом начальника ЦЗ об'єкта призначаються заступники (як варіант – з евакуації, інженерно-технічної частини, з матеріально-технічного постачання, з оперативних питань).

Органом управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту об'єкта є штаб цивільної оборони та надзвичайних ситуацій (штаб ЦО та НС) (далі – штаб ЦО).

Штаб ЦО очолює начальник штабу, який є першим заступником начальника ЦЗ об'єкта. До складу штабу входять заступники начальника штабу і необхідні спеціалісти. Штаб комплектується як штатними працівниками ЦЗ об'єкта так і посадовими особами підприємства, не звільненими від виконання своїх основних обов'язків.

Начальник штабу ЦО відповідає за безпосередню організацію та функціонування сил і засобів цивільного захисту під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру. Він має право віддавати розпорядження з питань цивільної оборони, захисту від НС техногенного, природного та воєнного характеру від імені начальника

цивільного захисту об'єкту [65].

Начальник штабу ЦО несе відповідальність за:

- організацію своєчасного оповіщення і збору персоналу об'єкта;
- організацію роботи і узгодженість дій створених на об'єкті органів управління і структурних підрозділів цивільного захисту;
- розробку планової документації з питань цивільного захисту, її своєчасне уточнення і коригування;
- стан готовності особового складу невоєнізованих формувань цивільного захисту до дій за призначенням;
- своєчасне доведення до виконавців рішень начальника цивільного захисту та організацію контролю за їх виконанням;
- організацію збору і аналізу інформації щодо вірогідного виникнення надзвичайних ситуацій, відпрацювання пропозицій щодо захисту персоналу (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) від їх наслідків;
- виконання заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкта в воєнний час та при виникненні надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру;
- організацію взаємодії з місцевими органами державної влади, підрозділами МНС України, аварійно-рятувальними службами тощо;
- організацію спеціальної підготовки і підвищення кваліфікації персоналу у сфері цивільної оборони, захисту від надзвичайних ситуацій.

Проводячи всі ці заходи, буде надійно захищений виробничий персонал, інженерно-технічний комплекс, системи постачання, що дозволить у разі НС швидко відновити всі сили підприємства і відновити порушене виробництво.

4.5 Висновки до розділу

Бетонування при негативних температурах пов'язане з ризиками розморожування бетону. При температурі $+ 5^{\circ} \text{C}$ і нижче, волога, що знаходиться в розчині, кристалізується і припиняється процес гідратації цементу. Крім того, вода при кристалізації (замерзання) збільшується в об'ємі, і при розширенні розриває існуючі структурні зв'язки, які при відтаванні вже не відновлюються.

Данні випробування бетонних зразків показали ефективність використання проти морозних модифікаторів бетону, у порівнянні із звичайним цементним каменем. Дані модифікатори допомагають витримувати відємні температури до -20°C , не дозволяючи кристалізації води у порах. Також дані випробування показали що модифікований цементний розчин має кращу пластичність, що позитивно впливає на проведення монолітних робіт.

Модифікований розчин пришвидшує закінчення термінів будівельних робіт за рахунок покращення текучості та пластичності, що дає більшу зручність укладання бетону.

Для підвищення морозостійкості бетону необхідно провести додаткові дослідження, в яких будуть використовуватись не лише різні види добавок-модифікаторів, також будуть використовуватись різні типи наповнювача, заповнювача та в'язучого. Що дозволить дізнатись який оптимальний склад бетону краще використовувати в тій чи іншій ситуації. Також потрібно випробувати більше видів хімічних добавок, які у взаємодії з різними типами складових бетону дадуть різні результати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Інструментальне обстеження з використанням методів неруйнівного контролю є перспективним напрямком контролю міцності бетонних та залізобетонних конструкцій. Дані методи мають велике майбутнє, оскільки володіють достатньою точністю, простотою та економічністю при їх застосуванні.

2. Розроблено методику та програму експериментальних досліджень бетонів різних класів руйнівними та неруйнівними методами контролю міцності.

3. Проведено експериментальні випробування дослідних зразків методом ударного імпульсу та на гідравлічному пресі.

4. Отримано нові дані у сфері дослідження міцності бетону методами неруйнівного контролю. За результатами досліджень приладом ударного імпульсу вдалось побудувати градувальну залежність для бетонів, що були використані в нашому експерименті.

5. Внаслідок статистичної обробки даних отриманих за результатами експериментальних досліджень міцності бетонів різних класів методом ударного імпульсу встановлено, що найбільшою є похибка між середніми значеннями по ударному імпульсу і по пресу для III-ї серії ($\Delta_{III} = 14,83\%$), а найменшою – для II-ї серії ($\Delta_{II} = 0,13\%$).

6. Практично повне співпадіння показів приладу неруйнівного контролю для II-ї серії зразків за всіма параметрами та незначне відхилення по інших серіях зразків (до 15 %), свідчить про достовірність показів методу ударного імпульсу та великі перспективи його застосування при дослідженні міцності бетону.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів спеціаліста та дипломних робіт магістра для студентів спеціальності 7.06010101 та 8.06010101 «Промислове і цивільне будівництво» денної і заочної форми навчання / Ковальчук Я.О., Конончук О.П., Дубіжанський Д.І. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 51 с.
2. Методичний посібник для виконання дипломної роботи магістра за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво» // Ковальчук Я.О., Дубіжанський Д.І. Тернопіль, 2013. – 49 с.
3. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення: ДСТУ 3008-95, – К., Держстандарт України 1995. – 39 с.
4. ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи: Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
6. Жидкова Т.В. Довідковий посібник до розрахунково-графічної роботи і практичних занять з курсу «Міська кліматологія». – Харків: ХНАМГ, 2008. – 24 с.
7. ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень», Держкоммістобудування, 1992. – 131 с.
8. ДБН В.2.2-9:1999. Громадські будинки та споруди: Основні положення. – Київ: Держбуд України, 1999. – 51 с.
9. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Мінбуд України. – Київ, 2006. – 68 с.
10. ДСТУ Б В.2.5-25:2005 (ГОСТ 6942-98) Труби чавунні каналізаційні і фасонні частини до них. Технічні умови. Держбуд України. – Київ, 2005. – 26 с.
11. ДСТУ Б В.2.5-31:2007. Трубопроводи попередньо теплоізовані спіненим поліуретаном для мереж гарячого водопостачання та теплових мереж. Труби, фасонні вироби та арматура. Технічні умови. Мінбуд України. – Київ, 2007. – 88 с.
12. Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. А. Я. Барашикова. – К.: «Вища школа», 1987. – 416 с.

13. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. Госстрой СССР – М.:1989 – 80 с.
14. ДСТУ Б В.2-6-53:2008. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови. – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 29 с.
15. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов.– М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.
16. Кудзис А.П. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб.пособие. – Часть 2.: Конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений. – М.: Высшая школа, 1989. – 264 с.
17. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
18. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 166 с.
19. Сперанский И.М. и др. Примеры расчета железобетонных конструкций: Учебн.пособие. – М.: Высшая школа, 1989. – 176 с.
20. Стасюк М. І. Залізобетонні конструкції, Ч. І.: Основи розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами: Навч. Посібник.: ІЗМН, 1997. – 272 с.
21. Мандриков А. П. Примеры расчета железобетонных конструкций. – Москва. Стройиздат, 1989. – 211 с.
22. Котляр М. І. Конспект лекцій з курсу «Технологія зведення будівель та споруд і технологія реконструкції» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 7.06010101, 8.06010101 «Промислове та цивільне будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво») / М. І. Котляр; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 109 с.

23. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2001. – 125 с.
24. Пшінько О.М., Лисняк В.П., Зінкевич А.М. Порівняння результатів неруйнівного контролю міцності бетону, отриманих декількома способами, [Текст], 2011.
25. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 34 с.
26. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 33 с.
27. Леонович, С. Оценка прочностных характеристик монолитного бетона неразрушающими методами [Электрон. ресурс] / С.Леонович, Д.Снежков, М.Ашмян; БНТУ.
28. Гладишев Г.М. та Гладишев Д.Г. Визначення міцності бетону та глибини тріщоутворень у залізобетонному фундаменті під стели пам'ятника С. Бандері у м. Львові, 2012.
29. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 24 с.
30. Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений, [Текст], 2011.
31. Воронцова М.В. Анализ результатов контроля прочности бетона неразрушающим методом ИПС, [Текст], 2012.
32. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 42 с.
33. Методичні рекомендації з курсу «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для напрямку 6.060101 «Будівництво» / О.П. Конончук – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 9 с.
34. Методичний посібник з курсу вищої математики (теорія ймовірності та математична статистика). / Б.Г. Шелестовський – Тернопіль: ТДТУ, 1998. – 62 с.

35. Карасев А.И. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Статистика, 1977. – 369 с.
36. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 123 с.
37. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. – 94 с.
38. В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширгі, Н.І. Акімов. Цивільна оборона: Підручник для вузів / Під ред. Д.І. Михайлика. – М.: Вища школа, 1986. – 207 с.
39. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держархітектурбуд, 2002. – 62 с.