

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

**«Дослідження міцнісних характеристик бетону
методом ударного імпульсу»**

Виконав: студент VI курсу, групи МБмн-61

спеціальності (напряму підготовки) 192

«Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Фіцай Р.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Конончук О.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мещерякова О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Будівельної механіки

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Фіцай Ростислав Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження міцнісних характеристик бетону
методом ударного імпульсу

Керівник проекту (роботи) Конончук Олександр Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 10 » квітня 2023_ року № 4/7 – 364

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 19.05.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Дослідження міцнісних характеристик бетону різних класів неруйнівними методами контролю, зокрема методом ударного імпульсу.

Визначення міцності бетону на різних стадіях його твердіння та встановлення залежності похибки приладу ударного імпульсу від віку бетону. Порівняння показів приладу із фактичною міцністю бетону встановленої руйнівним методом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Огляд літературних джерел в напрямку дослідження міцності бетону неруйнівними методами контролю, а також досліджень пов'язаних із обстеженням будівель і споруд.

Методика проведених експериментальних досліджень зразків виготовлених із різного класу Міцності бетону неруйнівними методами контролю. Статистична обробка отриманих даних проведених експериментальних досліджень та їх аналіз. Визначення похибки досліджень. Розробка заходів по охороні праці. Розробка заходів з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Постановка мети та задач досліджень. Найпоширеніші методи діагностики залізобетонних конструкцій неруйнівними методами. Методика проведення експериментальних досліджень
Визначення міцнісних характеристик бетону методами неруйнівного контролю. Фотографії експериментальних досліджень. Результати експериментальних досліджень. Аналіз отриманих даних. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Конончук О.П., к.т.н., доц.		
Охорона праці	Каспрук В.Б., к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викл.		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 10.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літературних джерел в напрямку дослідження	18.04.2023	
2	Аналіз попередніх досліджень та постановка мети і задач досліджень	25.04.2023	
3	Опис методики проведених експериментальних досліджень	30.04.2023	
4	Опис отриманих даних проведених експериментальних досліджень	05.05.2023	
5	Аналіз отриманих результатів та побудова нових залежностей	10.05.2023	
6	Формулювання висновків	12.05.2023	
7	Розробка заходів по охороні праці.	15.05.2023	
8	Розробка заходів з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	18.05.2023	

Студент

_____ (підпис)

Фіцай Р.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Конончук О.П.

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

	Ст.
Вступ.....	6
Розділ 1 Стан питання інструментального обстеження будівель та споруд	8
1.1 Обґрунтування актуальності обраної теми та аналіз літературних джерел	8
1.2 Постановка мети і конкретних задач дослідження	14
Висновки до розділу 1	14
Розділ 2 Програма і методика проведення експериментальних досліджень	15
2.1 Вибір і обґрунтування методики проведення досліджень неруйнівними методами контролю	15
2.2 Методика експериментальних досліджень	17
2.2.1 Виготовлення дослідних зразків	18
2.2.2 Випробування зразків методом ударного імпульсу	22
2.2.3 Випробування зразків на пресі	25
Висновки до розділу 2	27
Розділ 3 Аналіз результатів експериментальних досліджень	28
3.1 Числові дані досліджень приладом методом ударного імпульсу	28
3.2 Статистична обробка даних	30
3.2.1 Статистична обробка даних по пресу	30
3.2.2 Статистична обробка даних по методу ударного імпульсу	33
3.3 Результати експериментальних досліджень	42
Висновки до розділу 3	47
Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	48
4.1 Загальні положення охорони праці	48
4.2 Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії	49
4.2.1 Загальні положення електрозварювальних робіт	51

4.2.2	Безпечна експлуатація електрозварювальних установок	51
4.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях	54
	Висновки до розділу 4	56
	Загальні висновки	57
	Бібліографія	58

ВСТУП

Актуальність теми роботи. За останні роки значно зросли обсяги будівництва багатопверхових 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.

Мета роботи: порівняння даних отриманих в результаті випробування дослідних зразків приладом ударного імпульсу із реальною міцністю бетону різних класів та встановлення достовірності цих показників.

Для досягнення мети в роботі ставилися такі **задачі**:

- розробити методикку 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.

Об'єкт досліджень: бетонні куби і залізобетонні плити.

Предмет дослідження: міцність бетону встановлена методом ударного імпульсу.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел; аналіз експериментальних досліджень, аналіз теоретичних досліджень за спеціально розробленою методикою, метод ударного імпульсу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності із науковою тематикою кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримали подальший розвиток дослідження міцнісних характеристик бетону методом ударного імпульсу;
- отримано нові дані оцінки точності вимірювань міцності бетону методом ударного імпульсу;
- проаналізована залежність показів приладу ИПС-МГ4.03 від віку бетону.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані в роботі результати можуть бути використані будівельними організаціями при контролі якості виконання робіт, або при обстеженні існуючих будівельних об'єктів.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 7 – 8 грудня 2022 року.

Публікації. Використання неруйнівних методів контролю при дослідженні залізобетонних конструкцій / О.П. Конончук, І.М. Будзінський, А.Я. Данилків, Р.І. Фіцай // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 7 – 8 грудня 2022 року — Т. : ТНТУ, 2022 — Том I. — С. 11-12.

Ключові слова. Міцність бетону, контроль, точність вимірювання, неруйнівний метод.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

1.1 Обґрунтування актуальності обраної теми та аналіз літературних джерел

За останні роки значно зросли обсяги будівництва багатопверхових 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 градууювальною (кореляційною) залежністю між величиною міцності бетону та побічною характеристикою міцності (показом приладу).

Під час проведення діагностики технічного стану бетон конструкції за своїми характеристиками може значно відрізнитися від бетону, що використовувався для побудови кореляційної залежності. Відповідні нормативні документи

передбачають можливість коригування градувальних 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 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.

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., 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 градувальних 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 [1].

Для встановлення градууювальних залежностей за [2] та [3] 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 [1].

Статистичні параметри отриманих градууювальних 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 [4] 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 [1].

Гладишев Г.М. та Гладишев Д.Г. виконали інструментальне обстеження бетону фундаменту під стели пам'ятника С. Бандери у Львові неруйнівним методом ударного імпульсу після 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 [2].

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 $15 \times 15 \times 15$ см) [5].

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 неруйнівним методом 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 [7].

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 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) [7].

Таблиця 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. знач.	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, 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% [7].

Для зіставлення результатів вимірювань вони представлені в графічному вигляді на рис. 1. Значення наведені у вигляді відхилень результату вимірювання по кожному ярусу від середнього по всіх ярусах.

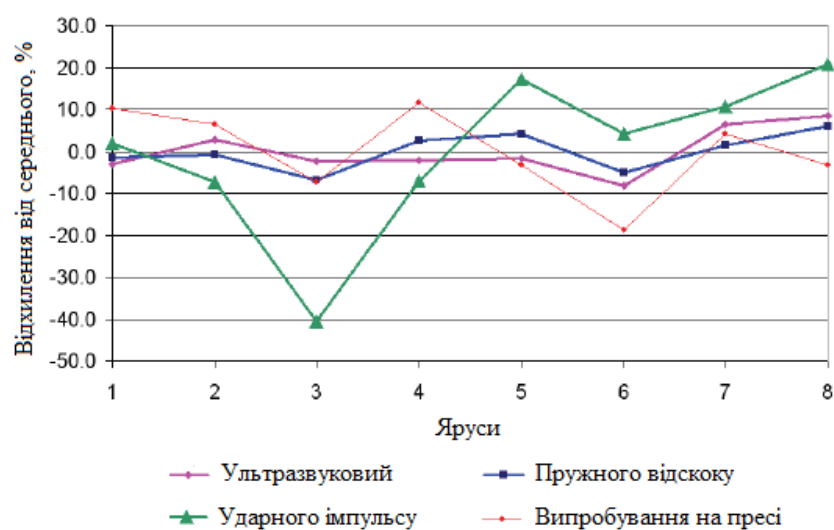


Рисунок 1 – Порівняння результатів вимірювання міцності бетону різними методами

За графіками (рис. 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 [7].

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 бетонних та залізобетонних конструкцій. Дані методи мають

велике майбутнє, оскільки володіють достатньою точністю, простотою та економічністю при їх 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

Мета досліджень: 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 методіку 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.

Висновки до розділу 1

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. На основі проведеного аналізу попередніх досліджень, поставлено мету та основні задачі досліджень.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОЛІДЖЕНЬ

2.1 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. 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 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.

2.2 Методика експериментальних досліджень

Дослідження проводились на базі «Науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та 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 кубики 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 прилада.

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.

2.2.1 Виготовлення дослідних зразків

Для експериментальних досліджень спеціально були виготовлені дві форми розмірами 150×300×450 мм під куби (рис. 3) і плиту відповідно, які повністю розбираються (рис. 4).

Для армування плити використано зварні сітки з дроту Ø4 класу Вр-1. В лабораторії кафедри будівельної механіки за допомогою точкової зварки зробили арматурний каркас із двох сіток для плити (рис. 5 і 6). Оскільки у досліді було 3 серії зразків, то відповідно для кожної по одному каркасу.



Рисунок 3 – Форма для кубів



Рисунок 4 – Форма для плити

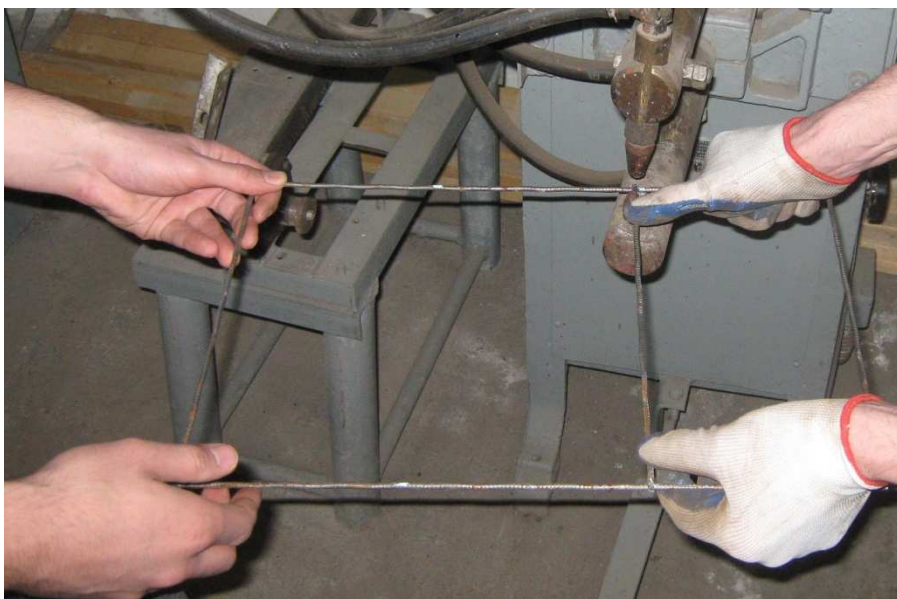


Рисунок 5 – Зварювання сітки точковою зваркою

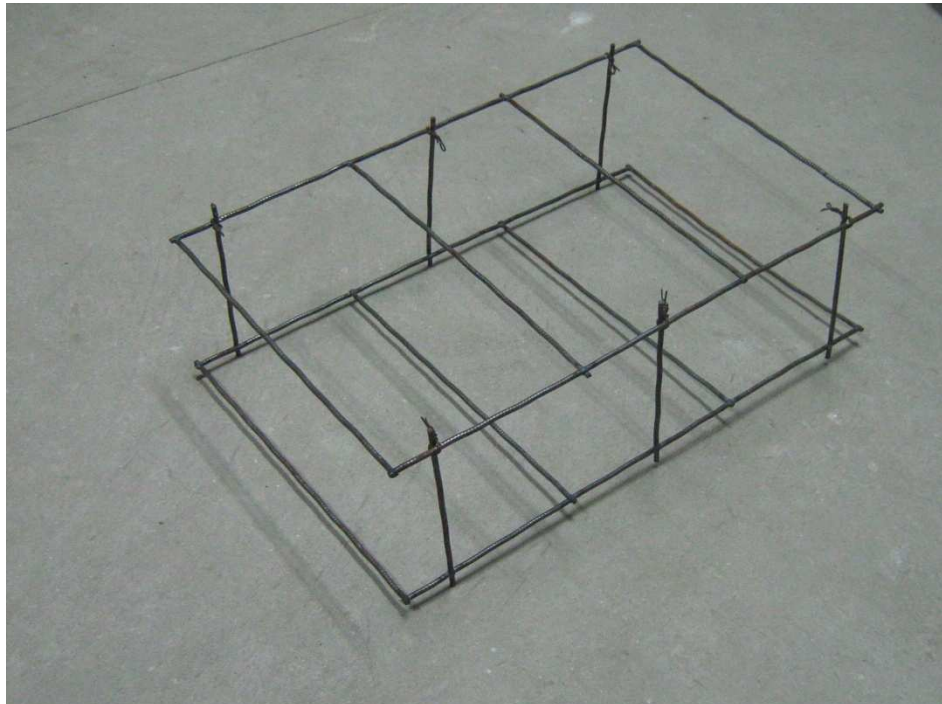


Рисунок 6 – Загальний вигляд каркасу сітки

Форми ретельно змащували маслом перед заливанням бетонної суміші, щоб запобігти її приставанню до поверхні металу. Тоді у форму для плити вкладався зварний каркас (рис. 7).



Рисунок 7 – Форма з каркасом

В підготовлені форми заливали бетонну суміш (рис. 8). Потім вже заповнені форми встановлювали на вібростіл для її ущільнення.



Рисунок 8 – 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. 10) та складували зразки в лабораторії для подальшого твердіння в нормальних умовах при температурі (20 ± 2) °C і відносній вологості повітря 95%.



Рисунок 9 – Форма для кубів зі згладженою поверхнею бетону






Рисунок 10 – 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.

2.2.2 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 .

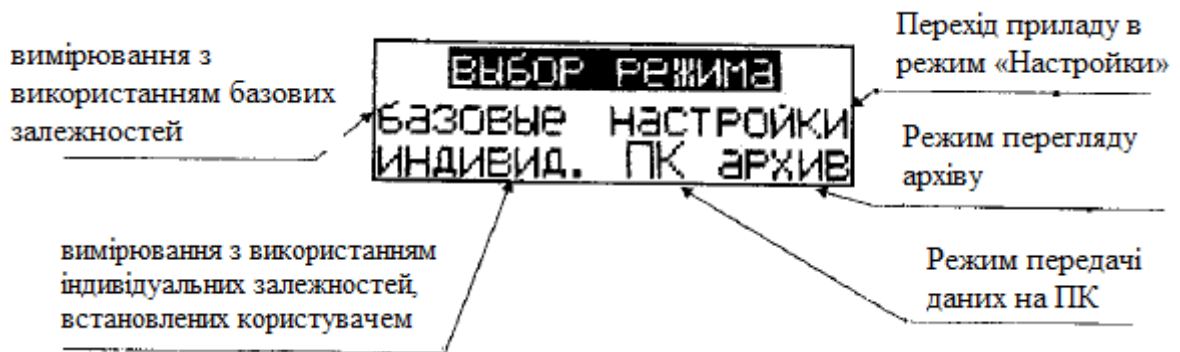













Рисунок 11 – Меню приладу ИПС-МГ 4.03





Для даних дослідів вибрали режим вимірювання з використанням базових залежностей.





Натисканням кнопки  відбувалося мигання верхнього рядка дисплея і кнопками ,  вибирали потрібну градуювальну 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 напряму удару (перпендикулярно) здійснювався натисканням кнопки .

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

Також передбачена можливість «маркирування» вимірювань за типом контролюючого виробу. Вибір типу виробу на дисплей виконувався натисканням кнопки  одночасно з вибором градуовальних 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 защолкою. Розташовували перетворювач таким чином, щоб зусилля прикладалося перпендикулярно до досліджуваної поверхні виробу. Перетворювач опирався на три точки (рис. 12).



Рисунок 12 – 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 4.13 – Випробування плити приладом ИПС-МГ 4.03

2.2.3 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 ВАТ «ТернопільБуд».

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. 14).

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



Рисунок 14 – Правильне розташування куба на пресі



Рисунок 15 – Куб після випробування на пресі

Висновки до розділу 2

1. Розроблено методику та програму експериментальних досліджень бетонів різних класів руйнівними та неруйнівними методами контролю міцності.
2. Запропонована програма та методика експериментальних досліджень дозволила в повній мірі виконати поставлену мету та задачі досліджень.
3. Проведено експериментальні випробування дослідних зразків методом ударного імпульсу та на гідравлічному пресі.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Числові дані досліджень приладом методом ударного імпульсу

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 2-7.

Таблиця 2 – Числові дані досліджень кубів І-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 – 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 4 – Числові дані досліджень кубів II-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 5 – Числові дані досліджень залізобетонної плити II-ї серії

№ сторони П-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 6 – 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 7 – 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 8-10.

Таблиця 8 – 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 9 – 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 10 – 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

3.2.1 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 11 – Фактичні розміри граней І-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:

- 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±0,21) МПа/сек.

Таблиця 12 – Результати випробувань кубів І-ї серії

Марка зразка	Площа перерізу A , см ²	Руйнівне навантаження N_u , кН	Міцність σ , МПа	Середня міцність f_m , 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”.

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 13 – 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 14 – 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:

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

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

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

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

3.2.2 Статистична обробка даних по методу ударного імпульсу

Методом ударного імпульсу перевірено на міцність 36 результатів зразків I-ї серії, з яких 30 результатів по кубах і 6 – по плиті. Отримані дані представлені в таблиці 15.

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 15 – 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 16.

Таблиця 16 – 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 вибірку середню міцність $\bar{\sigma}_B^1$ зразків I-ї серії, а також вибірку дисперсію D_B та вибірку 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 17.

Таблиця 17 – 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 18.

Таблиця 18 – Результати після статичної обробки зразків І-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 19.

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 19 – 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
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
σ_i , МПа	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 20.

Таблиця 20 – Отримані результати розподілу вибірки зразків II-ї серії

$\bar{\sigma}_i$	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 21.

Таблиця 21 – 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 22.

Таблиця 4.22 – Результати після статичної обробки зразків II-ї серії

Грань, номер куба і плити	Результати ударного імпульсу на проміжку 20,93 – 23,43, МПа	Результати міцності 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 23.

Таблиця 23 – 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 24.

Таблиця 24 – 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 25.

Таблиця 25 – 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 26.

Таблиця 26 – Результати після статичної обробки зразків III-ї серії

Грань, номер куба і плити	Результати ударного імпульсу на проміжку 41,96 – 45,06, МПа	Результати міцності 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	–

3.3 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. 16) з розкидом значень для I-ї серії використано дані з таблиці 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).

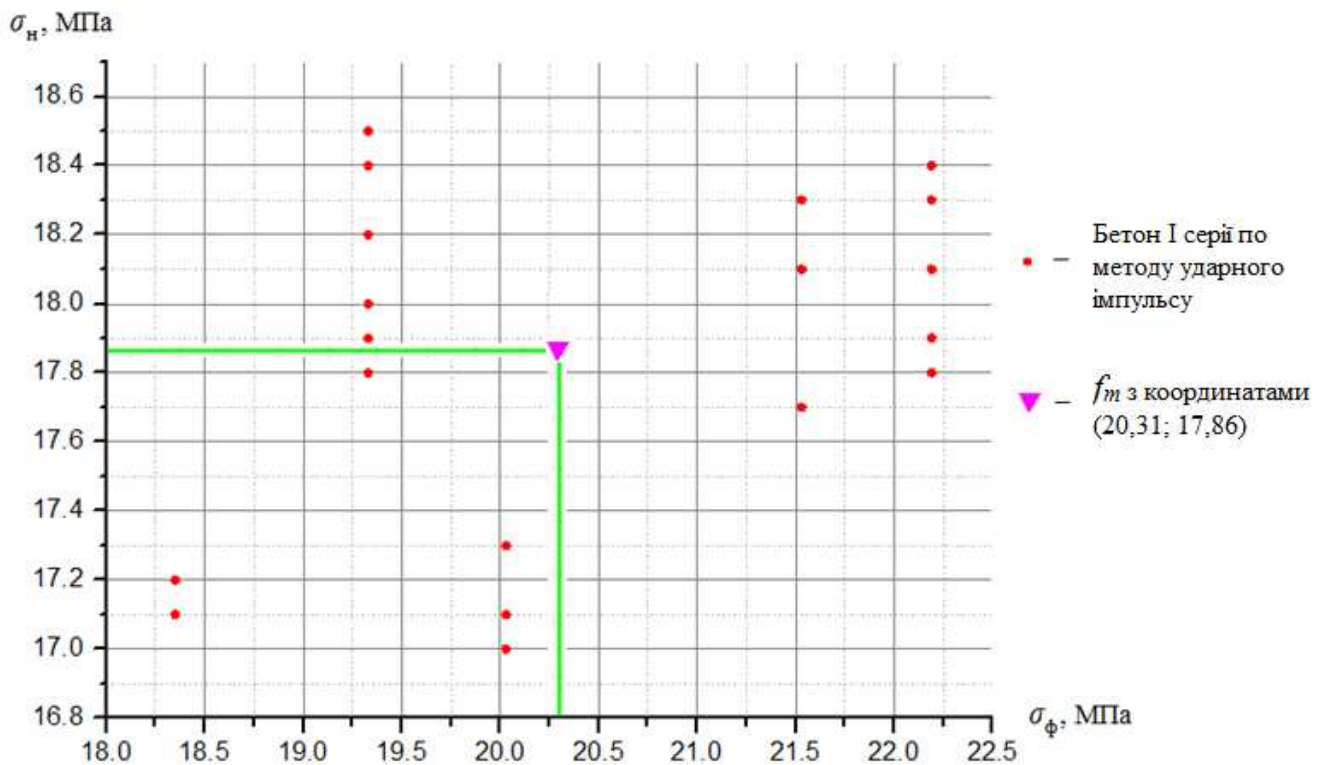


Рисунок 16 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для I-ї серії

Згідно з даними таблиці 22 побудовано графік з розкидом значень для II-ї серії (рис. 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. 17).

Аналогічно будовано графік і для III-ї серії (рис. 18). На ньому точка f_m зображена з наступними координатами (51,37; 43,75).

На графіку приведенному на рис. 19 зображено розкид даних по методу ударного імпульсу для 3-х серій. Для більшої наглядності середні значення міцності бетону отримані даним методом для трьох 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 отриманих руйнівним методом сполучено суцільною лінією.

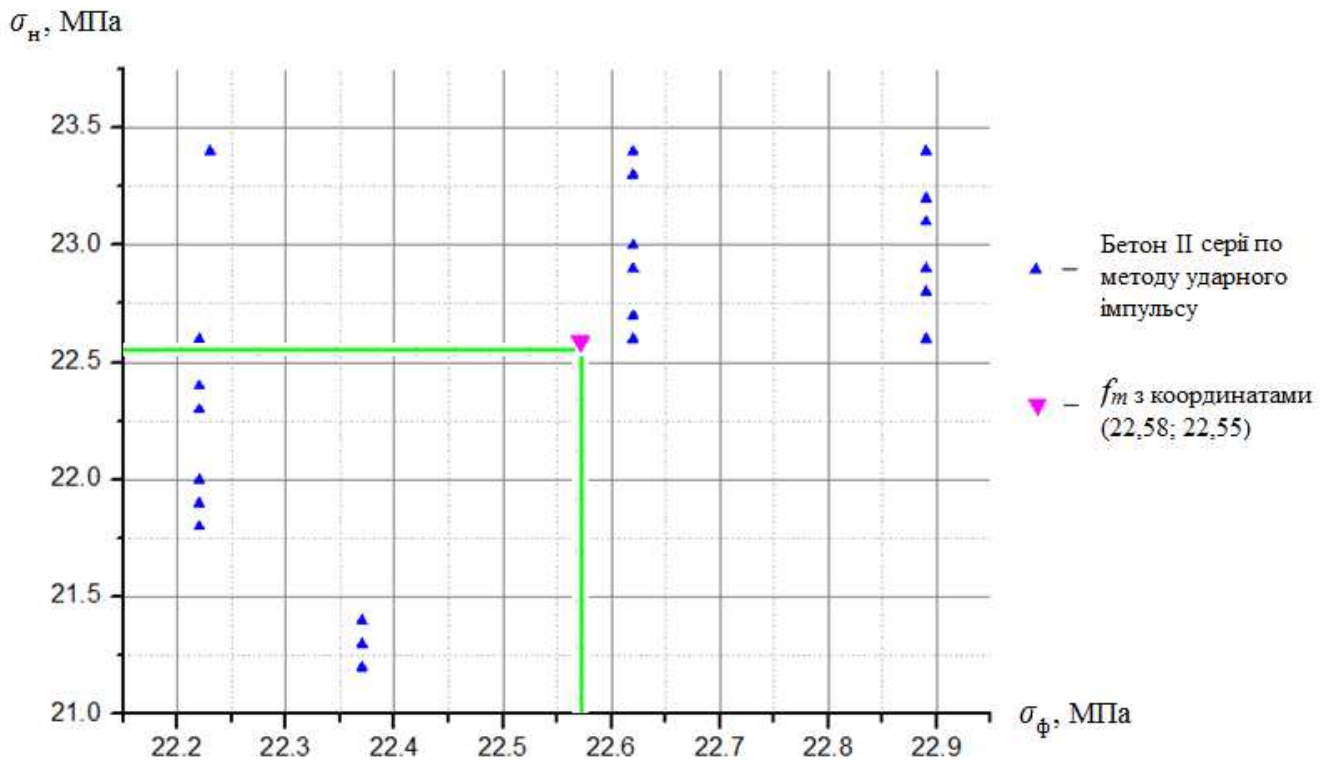


Рисунок17 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для II-ї серії

Зобразивши дві лінії реальної міцності бетону та отриманої методом неруйнівного контролю (див. рис. 19), 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.

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:

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

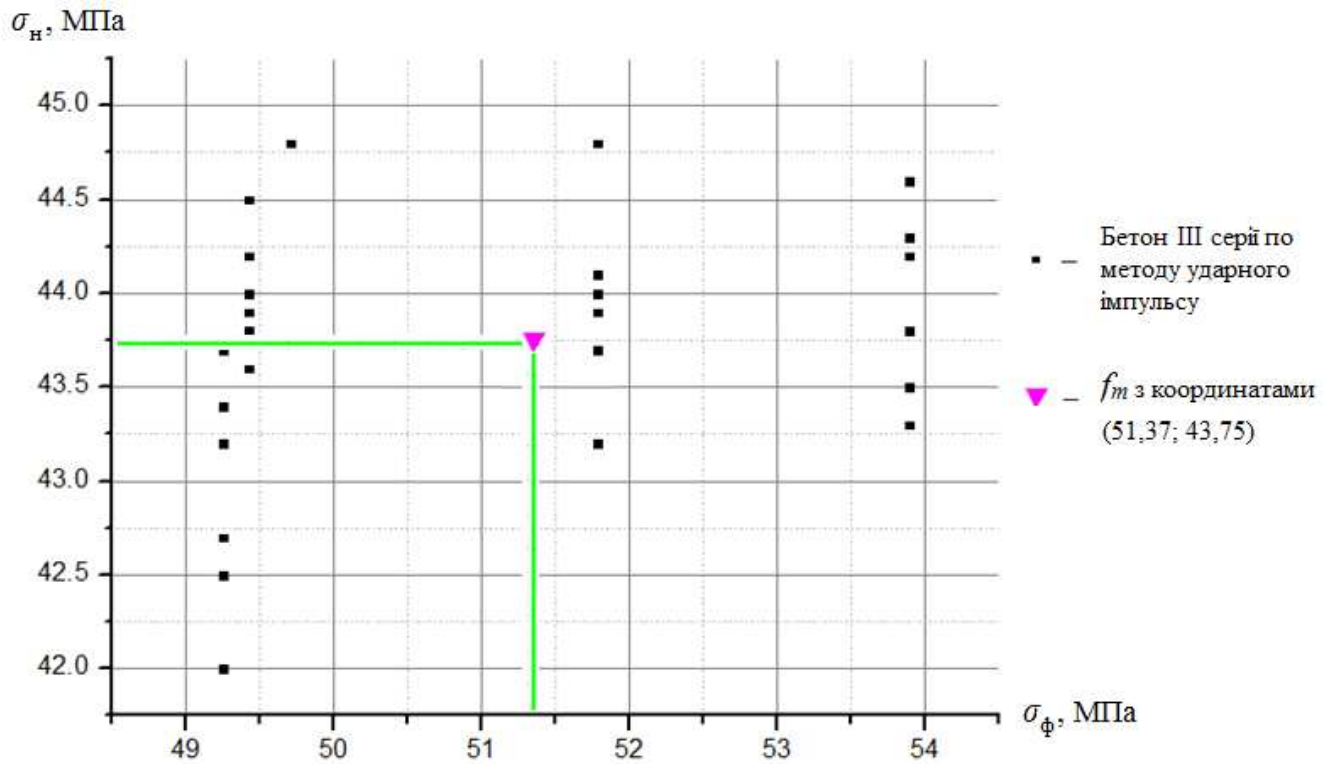


Рисунок 18 – Розкид даних по методу ударного імпульсу для III-ї серії

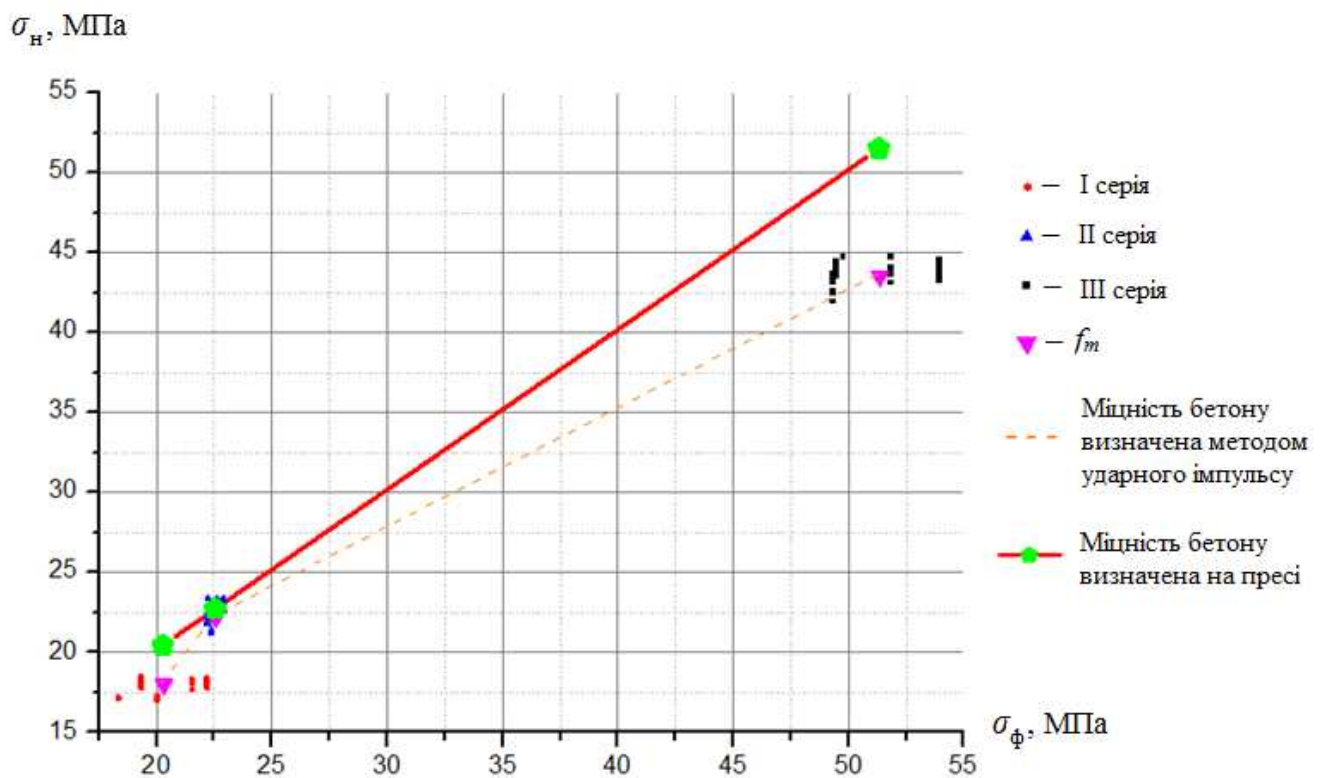


Рисунок 19 – Відхилення показів ударного імпульсу від реальної міцності бетону

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 співпадання градувальної 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 співпадання для II-ї серії:

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

Коефіцієнт співпадання 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:

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{i\phi} - \sigma_{in})^2}{N - 2}} = \sqrt{\frac{(20,31 - 17,86)^2 + (22,58 - 22,55)^2 + (51,37 - 43,75)^2}{3 - 2}} = 8 \text{ МПа}. \quad (49)$$

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 співпадання 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 другої 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 %.

Висновки до розділу 3

1. Отримано нові дані в сфері дослідження міцності бетону методами неруйнівного контролю. За результати досліджень приладом ударного імпульсу вдалось побудувати градууювальну залежність для бетонів, що були використані в нашому експерименті.
2. 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 ($\Delta_{II} = 0,13\%$).
3. Практично повне співпадання показів приладу неруйнівного контролю для другої 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.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні положення охорони праці

Законодавство про охорону праці складається з Кодексу законів про працю України: закону України „Про охорону праці” та інших нормативних актів. Закон України „Про охорону праці” був прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року і введений в дію з 24 жовтня 1992 року. Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону, їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і устанавлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Головний об'єкт охорони праці - це людина в процесі праці, виробниче середовище, організація праці на виробництві. Основна мета охорони праці - це створення здорових і безпечних умов праці.

Важливими нормативними актами з питань охорони праці є міжнародні договори або міжнародні угоди, до яких приєдналась Україна у встановленому порядку. Крім того, законодавство про охорону праці складається з Кодексу законів про працю України та інших нормативних актів.

Крім законодавчих актів, правові відносини у сфері охорони праці регулюються підзаконними нормативно-правовими актами, Указами і розпорядженнями Президента, рішеннями Уряду, нормативними актами Міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади.

До найважливіших актів з охорони праці належать:

Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" (23.09.1999 р. № 1105);

Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві (25.08.2004 р. №1112);

Порядок видачі дозволів Державним комітетом з нагляду за охороною праці та його територіальними органами (15.10.2003 р. № 1631);

Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (01.08.1992 р. №442) і ін.

Спеціальними законодавчими актами є міжгалузеві та галузеві акти про охорону праці: Державні стандарти, Системи стандартів безпеки праці, будівельні норми і правила. Санітарні норми, правила будови електроустановок, норми радіаційної безпеки, правила будови та безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів та ін.

4.2 Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії

Перед проведенням дослідження будівельних конструкцій у лабораторії студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки, що підтверджується особистим підписом у спеціальному журналі проходження інструктажу на робочому місці. Інструктаж студентів з правил техніки безпеки проводить викладач, підпис якого повинен стояти в спеціальному журналі навпроти кожного прізвища студента.

При цьому особа, яка проводить інструктаж, звертає увагу на наступне:

- зони, які є небезпечними у відношенні ураження електричним струмом та падіння;
- дію персоналу в екстрених випадках;
- комутаційні апарати, що переривають електропостачання лабораторій;
- індивідуальні засоби захисту від ураження електричним струмом та заходи надання першої допомоги постраждалому.

При виконанні лабораторних робіт необхідно суворо дотримуватися наступних правил безпеки:

- категорично забороняється ввімкнення та відключення комутаційних апаратів ввідного щита;
- не можна залишати без нагляду лабораторну установку, що знаходиться під напругою;
- у разі виникнення аварійної або непередбаченої ситуації, установку необхідно вимкнути;
- необхідні з'єднання в схемах здійснювати лише при відсутності напруги на лабораторному стенді;
- заборонено здійснювати переключення чи інші дії, які не передбачено порядком проведення лабораторної роботи;
- подача напруги на об'єкт дослідження чи пристрій здійснюється лише після перевірки схеми викладачем та в його присутності.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Забороняється допускати студентів, аспірантів і співробітників до роботи в лабораторії без ознайомлення із інструкцією безпеки праці. Проходження інструктажу відзначається розписом в лабораторному журналі по техніці безпеки. Відповідальність за це несе керівник лабораторії.

Під час роботи в лабораторії дотримуйте чистоту, порядок і правила техніки безпеки, оскільки безладність, поспішність або неохайність в роботі часто призводять до нещасних випадків з тяжкими наслідками.

Забороняється в лабораторії пити воду, приймати їжу, палити.

4.2.1 Загальні положення електрозварювальних робіт

При провадженні електрозварювальних робіт на зварника діють промені зварної дуги, на очі й частини тіла можуть попасти бризки розплавленого металу й шлаку, йому загрожує небезпека враження електрострумом.

Безпека зварювальних робіт цілком залежить від рівня професійної майстерності, знань і уміння виконання їх зварником.

До виконання електрозварювальних робіт допускаються особи не молодше 18-літнього віку, які пройшли медичний огляд, навчені за програмою теоретичної і практичної підготовки, склали іспит кваліфікаційній комісії і мають посвідчення установленого зразка з вкладишем талона пожежної безпеки та яким присвоєна II група з техніки безпеки.

Осіб жіночої статі можна допускати до виконання ручного електродугового зварювання тільки на відкритих майданчиках, не в приміщенні.

Кожен електрозварник може бути допущений до роботи тільки після проходження ним ввідного (загального) інструктажу з техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежобезпеки, інструктажу на робочому місці, який слід проводити при кожному переході на іншу роботу або при зміні умов праці.

Повторний інструктаж провадиться не рідше одного разу на три місяці. Проведення інструктажу реєструється у спеціальному журналі. Знання зварниками правил техніки безпеки перевіряються щорічно.

4.2.2 Безпечна експлуатація електрозварювальних установок

Електрозварювальна установка (трансформатор, агрегат, перетворювач) повинні мати паспорт, інструкцію по експлуатації та інвентарний номер.

Джерелами зварного току можуть бути спеціально призначені для електрозварювальних робіт трансформатори, генератори і випрямлювачі. В електричну мережу їх включають тільки за допомогою пускових пристроїв.

Здійснювати живлення зварною дугою від силової або освітлювальної електромережі забороняється.

Включати в електромережу і відключати від неї електрозварювальні установки, а також ремонтувати їх повинні тільки електрики. Зварникам виконувати ці роботи забороняється.

При одночасному використанні кількох трансформаторів їх встановлюють не ближче як 0,35 м один від одного. Відстань між ними і ацетиленовими генераторами повинна бути не менше 3 м. Електрозварювальні трансформатори слід перевіряти не рідше одного разу на місяць.

Оглядають і чистять установки пускової апаратури не рідше як один раз на місяць. Ізоляцію струмоведучих частин зварного ланцюга перевіряють не рідше як один раз на три місяці (при автоматичному зварюванні під шаром флюса - один раз на місяць). При цьому витримується напруга 2 кВ протягом 5 хв. Результати перевірки реєструються в журналі.

Електродотримач повинен бути легким, зручним у роботі, забезпечувати надійний затиск і швидку зміну електродів, просто і надійно з'єднуватись зі зварювальним проводом, а також мати козирок, який захищає руку зварника.

Користуватися саморобними електродотримачами забороняється.

Держак електродотримача повинен бути з теплоізоляційного діелектричного матеріалу.

Забороняється застосовувати електродотримачі з підвідними проводами в держаку при силі току 600 А й більше. Як зворотний провід, який з'єднує зварювальний виріб з джерелом току, можуть бути гнучкі проводи, а також, де це можливо, сталеві шини будь-якого профілю достатнього перерізу, плити і сама зварювана конструкція. Використання як зворотного проводу мережі заземлення металевих будівельних конструкцій, комунікацій і незварюваного технологічного обладнання забороняється. Корпус зварювального трансформатора і вторинну обмотку необхідно заземлювати (занулювати). Діаметр заземлюючого гвинта - не менше 8 мм.

Виконують електрозварювальні роботи в спеціальному приміщенні, вільна площа якого (без обладнання) повинна бути не менше 3 м² для кожного поста, підлога - щільна, з вогнестійких матеріалів, стіни пофарбовані світлою матовою фарбою (сірою, голубою, жовтою), стіл - заземлений, стілець - на ніжках з регулятором висоти сидіння, під ногами - килимок.

Роботу в закритих приміщеннях слід вести не менше як двом особам, причому одна повинна мати кваліфікаційну групу не нижче II і знаходитися зовні зварювальної місткості для контролю за безпечним веденням роботи зварником.

Електрозварювальні установки, що працюють в особливо небезпечних умовах, повинні бути забезпечені пристроями автоматичного включення. Місця провадження робіт при відсутності неспалимого захисного настилу або настилу, захищеного неспалним матеріалом, повинні бути захищені від спалимих матеріалів у радіусі не менше 5 м, а від вибухонебезпечних - 10 м.

Електрозварник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту - брезентовим костюмом, черевиками, щитками-масками з світлофільтрами.

При зварюванні сталі, крім спецодягу, взуття та рукавиць, зварнику слід користуватися шлемом, азбестовими або брезентовими нарукавниками, а при зварюванні кольорових металів і сплавів з вмістом цинку, міді, свинцю - респіраторами і хімічним фільтром.

У майстернях, на будівельних майданчиках, робочих місцях необхідно вивішувати плакати, попереджувальні написи про небезпеку опромінення очей і шкіри працюючих. Усі обертові частини зварних агрегатів повинні бути огорожені.

Електрозварювальна установка повинна бути зареєстрована, паспорт та інструкція по експлуатації знаходитися у головного механіка підприємства. Кожен зварювальний агрегат слід підключати до індивідуального рубильника з запобіжниками або до автомата.

При провадженні зварювальних робіт забороняється:

- працювати з несправною апаратурою, зварювати свіжопофарбовані конструкції та вироби до повного висихання фарби, користуватися одягом і рукавицями зі слідом на них масел, жирів, бензину, гасу та інших горючих рідин;
- зварювати або нагрівати відкритим вогнем апарати і комунікації, заповнені горючими і токсичними речовинами, а також знаходитися під тиском негорючих рідин, газів, парів, повітря та електричної напруги.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Внаслідок надзвичайної ситуації природного чи техногенного характеру (а загалом будь-якого походження) може сформуватися надзвичайний екологічний стан, коли на певній території проживання населення може бути або однозначно неможливе (як це сталося після аварії на Чорнобильській АЕС), або потребуватиме обмежень.

Згідно з чинним законодавством України рішення про запровадження надзвичайного екологічного стану ухвалює Президент України за поданням Ради національної безпеки і оборони України або Кабінету Міністрів України.

Згідно з термінологією, прийнятою в законодавстві України, надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру — це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, у тому числі епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, що призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, здійснення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат.

Надзвичайна ситуація може виникнути в результаті виникнення аварій на виробництві. Виробничі аварії при виникненні надзвичайної ситуації можуть бути різноманітними. Причинами їх можуть бути: стихійні лиха (землетруси, зсуви, повені, пожежі тощо), а також порушення технології виробництва і правил техніки безпеки.

Найбільш типовими наслідками аварій можуть бути: вибухи, пожежі, затоплення, завали шахт, зараження навколишнього середовища сильнодіючими отруйними речовинами.

Під стихійним лихом розуміють таке явище природи, яке не може бути відвернуте і характеризується порушенням нормальної життєдіяльності значної групи населення, загрози для їх життя, руйнуванням чи затопленням та знищенням матеріальних цінностей. До них відносяться: повені; селеві потоки; урагани; зсуви; землетруси та інші.

До стихійних лих відносяться також масові лісові пожежі по тим втратам, які вони завдають народному господарству і великій небезпеці для населення, що проживає у районах, охоплених пожежами.

Масштабними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні ситуації, які викликають раптову зупинку робот, створюють небезпеку для життя людей і можуть призвести до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції, а також до зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери. Наслідком аварій, а іноді і причиною їх можуть бути вибухи і пожежі.

Масштабні виробничі аварії і катастрофи можуть призводити до загибелі людей і завдавати відчутних втрат народному господарству. Тому забезпечення безаварійної роботи підприємств слід розглядати як важливу державну справу, яка потребує повсякденної уваги керівництва. інженерно-технічних працівників. Аварії можуть трапитися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті, унаслідок безвідповідального відношення до своїх обов'язків усіх посадових осіб. Однак, найбільшу небезпеку несуть об'єкти, що виробляють чи застосовують у технології сильнодіючі отруйні речовини, вибухо і пожежонебезпечні матеріали і продукти. Небезпечними об'єктами є також склади, бази, залізничні станції і порти, де зберігаються чи маються запаси цих матеріалів і продуктів. Аварії можуть трапитися унаслідок:

- стихійних лих; допущення прорахунків у проектуванні будівництві і обладнанні підприємства; прийняттям в експлуатацію вентиляційних систем без

випробування на ефективність їх роботи; недоробок по техніці безпеки і охороні праці тощо.

Вони можуть бути також наслідком порушення технологічного процесу, несправності електропроводки і недостатнього впровадження надійних систем пожежогасіння. Аварії виникають і унаслідок необачного поводження з вогнем.

Крім того, причинами аварії можуть бути: порушення вимог і правил техніки безпеки: низька трудова і технологічна дисципліна, відсутність належного контролю за процесом виробництва.

Аналіз причин аварій показує, що вони виникають головним чином унаслідок поганої навченості персоналу, допущеної халатності, порушень технологічного процесу виробництва і правил техніки безпеки.

Правильний підхід до вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини – одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

Висновки до розділу 4

1. Виконання заходів із охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при проведенні будь яких робіт в сфері будівництва є запорукою збереження життя та здоров'я особи, що виконує ці роботи.
2. Для запобігання аваріям на промислових підприємствах і транспорті заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи.

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 в сфері дослідження міцності бетону методами неруйнівного контролю. За результати досліджень приладом ударного імпульсу вдалось побудувати градувальну залежність для бетонів, що були використані в нашому експерименті.

5. На основі 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 співпадання показів приладу неруйнівного контролю для другої 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. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будинків та споруд: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету ”Львівська політехніка”, 2008. – 108с.
2. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. – К.: Державний комітет України з будівництва і архітектури, 2003. – 82 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона.
4. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
5. ДСТУ 4042-2001 Прокат арматурний. Метод випробувань на втому
6. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці / За ред. Гандзюка М. П. - К.: Каравела 2003 - 405 с.
7. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В.В., та інші. Основи охорони праці: Підручник. -К.: Основа, 2006. -444 с.
8. Справочник по охране труда на промышленных предприятиях, Ткачук К.Н. и др.-К.: Техника, 1991 -285 с.
9. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. - К.: Основа, 2002. - 320 с.
10. Савельев П. С. Пожары и катастрофы. -М.: Стройиздат, 1994-432 с.
11. Пожежна безпека. Навч. посіб. /За ред. Рожкова А. П. — К.: Пожінформтехніка, 1999-255 с.
12. Ротань В. Г., Зуб І. В., Сличинський Б. С. Науково-практичний коментар до законодавства України про працю. Восьме видання. Доповнене та перероблене. — К.: Видавництво А.С.К., 2007. - 944 с.
13. Ясній П.В. Дослідження міцності бетону неруйнівними методами контролю / П.В. Ясній, О.П. Конончук, О.М. Якубишин // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2016. – Вип. 32. – С. 296 – 303.

14. Конончук О.П. Дослідження товщини захисного шару та діаметру арматури магнітним методом // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. пр. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – Вип. 5. – С. 240 – 247.
15. Конончук О.П. Дослідження товщини захисного шару арматури магнітним методом / О.П. Конончук, Т.М. Кривецький, М.Ф. Бітківський // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25 – 26 листопада 2015.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – Том 1. – С. 20 – 21.
16. Конончук О.П. Експериментальні дослідження міцності бетону неруйнівними методами контролю / О.П. Конончук, М.Б. Найда // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25 – 26 листопада 2015.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – Том 1. – С. 162.
17. Дослідження кубової міцності бетону неруйнівними методами контролю / Н. М. Ксьондзик, М. І. Борис, М. В. Вербіцький, О. П. Конончук // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том I. — С. 244-245. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).
18. Сучасні методи діагностики стану будівельних конструкцій після їх тривалої експлуатації / П.В. Ясній, О.П. Конончук, О.М. Якубишин // Праці V Міжнародної науково-технічної конференції «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування», 19-22 вересня 2017 року — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 — С. 222-225.
19. Використання неруйнівних методів контролю при дослідженні залізобетонних конструкцій / О.П. Конончук, І.М. Будзінський, А.Я. Данилків, Р.І. Фіцай // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих

учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 7 – 8 грудня 2022 року — Т. : ТНТУ, 2022 — Том I. — С. 11-12.

20. Дослідження впливу на міцність бетону пластифікаторів, що сповільнюють тужавіння / О.П. Конончук, В.О. Бондар // Матеріали міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України», 28–30 вересня 2020 року — Т. : ТНТУ, 2020 — С. 52-53. — (Важливі аспекти практичного застосування здобутків сучасної науки і новітніх технологій).

21. Дослідження впливу на міцність бетону прискорювачів твердіння / О.П. Конончук, В.Б. Леник // Матеріали міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України», 28–30 вересня 2020 року — Т. : ТНТУ, 2020 — С. 79-80. — (Важливі аспекти практичного застосування здобутків сучасної науки і новітніх технологій).

22. Методичні вказівки до оформлення курсових та дипломних проектів із залізобетонних конструкцій для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво» / Ковальчук Я.О., Дубіжанський Д.І., Сорочак А.П., Конончук О.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – 52 с.

23. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”// Ковальчук Я.О., Крамар Г.М., Мещерякова О.М., Тернопіль, 2020. – 56 с.