

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 параметрів армування залізобетонних
конструкцій неруйнівними методами контролю»**

Виконав: студент VI курсу, групи МБмн-61

спеціальності (напрямку підготовки) 192

«Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності (напрямку підготовки))

Будзінський І.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Конончук О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Мещерякова О.М.

(підпис)

(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

Будзінський Ігор Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження параметрів армування залізобетонних
конструкцій неруйнівними методами контролю

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 монолітних залізобетонних плит армованих
арматурою періодичного профілю різного діаметру з різною величиною захисного шару бетону.
Визначення розташування арматури, її діаметру та товщини захисного шару бетону
виконується магнітним методом та перевіряється штангенциркулем.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Огляд літературних джерел в напрямку дослідження армування залізобетонних конструкцій
неруйнівними методами контролю. Аналіз різних методів діагностики конструкцій та контролю
якості виготовлення конструкцій в заводських умовах та на будівельному майданчику.
Методика проведених експериментальних досліджень монолітних залізобетонних плит
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
контролю параметрів армування залізобетонних конструкцій. 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	Мешерякова 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)Будзінський І.М.

(прізвище та ініціали)Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)Конончук О.П.

(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....		6
Розділ 1 Стан питання інструментального обстеження будівель та споруд		8
1.1	Монолітне будівництво в Україні та проблеми, які перед ним стоять	8
1.2	Обстеження будівель та споруд в умовах сучасного стану будівництва	11
1.3	Розвиток експериментальних досліджень інструментального обстеження будівельних конструкцій	13
1.4	Використання магнітного та інших методів дослідження будівельних конструкцій	15
1.5	Мета та задачі досліджень	18
	Висновки до розділу 1	19
	Розділ 2 Програма і методика проведення експериментальних досліджень	20
2.1	Програма експериментальних досліджень	20
2.2	Матеріали та конструкція дослідних зразків	20
2.3	Методика визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури магнітним методом	26
2.4	Методика здійснення досліджень магнітним методом приладом ИПА-МГ4	27
	Висновки до розділу 2	30
	Розділ 3 Аналіз результатів експериментальних досліджень параметрів армування залізобетонних конструкцій приладом ИПА-МГ4	31
3.1	Дослідження першого режиму роботи	31
3.1.1	Обробка даних досліджень визначення товщини захисного шару бетону	31
3.1.2	Оцінка точності роботи приладу в першому режимі	33
3.1.3	Статистична обробка даних	35

3.2	Дослідження другого режиму роботи	36
3.2.1	Обробка даних досліджень визначення величини діаметру арматури	36
3.2.2	Оцінка точності роботи приладу в другому режимі	38
3.2.3	Статистична обробка даних	40
3.3	Дослідження третього режиму роботи	41
3.3.1	Збір даних досліджень для подальшої обробки	41
3.3.2	Оцінка точності роботи приладу в третьому режимі	43
3.3.3	Статистична обробка даних	46
3.4	Дослідження роботи приладу ИПА-МГ4 з врахуванням віку бетону	48
3.4.1	Статистична обробка та аналіз даних, отриманих у першому режимі роботи	48
3.4.2	Статистична обробка та аналіз даних, отриманих у другому режимі роботи	50
	Висновки до розділу 3	52
	Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	53
4.1	Охорона праці	53
4.1.1	Безпека праці в Україні. Основні законодавчі та нормативно-правові акти про охорону праці	53
4.1.2	Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ТНТУ ім. Івана Пулюя	55
4.1.3	Електробезпека при роботі з бетономішалкою	56
4.1.4	Вплив цементу і цементного пилю на організм людини	57
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.2.1	Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час	58
	Висновки до розділу 4	63
	Загальні висновки	64
	Бібліографія	65

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Відсоток монолітного будівництва в Україні становить близько 67% від загальної площі, яка забудовується. Оскільки, монолітні будівлі, переважно, призначені стояти більше ніж 200 років, то слід дуже ретельно поставитися щодо контролю якості виконаних робіт. Одним із перспективних напрямів контролю якості будівельних робіт є неруйнівний контроль. Захисний шар бетону в конструкції впливає не тільки на величину висоти робочого перерізу, а і довговічність цілої залізобетонної конструкції. Для контролю захисного шару бетону потрібні високоточні прилади. А оскільки монолітне будівництво в Україні зараз активно розвивається, то питання дослідження захисного шару арматури найпоширенішим, наразі, магнітним методом в залізобетонних конструкціях є актуальним і потребує подальшого дослідження.

Мета роботи: оцінка точності визначення параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю, що базуються на основі магнітного методу.

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

- розробити методику та програму експериментальних досліджень пошуку захисного шару бетону та величини діаметру арматури;
- провести дослідження на підготовлених зразках у 3-х режимах роботи із відомою величиною захисного шару арматури; із відомою величиною діаметру арматури та у випадку із двома невідомими за допомогою приладу ИПА-МГ4;
- виконати статистичну обробку отриманих даних та оцінити точність роботи приладу ИПА-МГ4;
- встановити вплив віку бетону на покази приладу ИПА-МГ4.

Об'єкт досліджень: залізобетонні плити.

Предмет дослідження: розташування арматури, товщина захисного шару бетону, діаметр арматури.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел; аналіз

експериментальних досліджень, аналіз теоретичних досліджень за спеціально розробленою методикою, магнітний метод пошуку арматури.

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 параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю, що базуються на основі магнітного методу;

- отримано нові дані оцінки точності магнітного методу при визначенні параметрів армування залізобетонних конструкцій;

- проаналізована залежність показів приладу ИПА-МГ4 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. Захисний шар бетону, контроль, діаметр, арматура, бетон, точність вимірювання.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

1.1 Монолітне будівництво в Україні та проблеми, які перед ним стоять

Будівельна галузь є однією з найважливіших галузей народного господарства, від якої залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання в країні. Розвиток будівельної галузі забезпечить розвиток інших прилеглих підгалузей, таких, як: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробна і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо.

Саме тому інженерні дослідження в цій галузі є дуже необхідними, адже, межі вдосконаленню немає.

Проте, попри великий простір для розвитку, можна сказати, що в українців вже є досить надійні налагоджені системи будівництва. Особливих темпів розвитку зараз набуває монолітне будівництво.

Монолітне будівництво - одна з найбільш перспективних технологій зведення будівель, у т.ч. житлових. Монолітні конструкції на 15-20 % легші від збірних, отже, зменшується кількість матеріалу, необхідна для будівництва фундаменту і, відповідно, знижується сукупна вартість об'єкта. Час спорудження таких конструкцій істотно відрізняється (у меншу сторону) від тимчасових витрат, які необхідні для зведення цегляних будинків. Крім усього переліченого, показники звуко- й теплонепроникності, порівняно з іншими будівельними технологіями, підвищуються в кілька разів. Монолітний будинок практично не має швів, що теж підвищує показники його тепло-і звуко-непроникності. У поєднанні з використанням ефективних утеплювачів це дозволяє поліпшити режим експлуатації будинку в зимовий час, знизити масу і об'єм огорожувальних конструкцій (товщина стін і перекриттів істотно зменшується). Завдяки своїм

технологічним особливостям монолітні будинки стійкіші до впливів несприятливих техногенних і природних факторів. Тому вони й більш довговічні: якщо встановлений проектувальний термін експлуатації сучасних панельних будинків 50 років, то побудованих за монолітною технологією - не менше 200.

Основні технологічні етапи

Процес монолітного будівництва складається з наступних основних технологічних етапів:

- Встановлення арматурного каркасу.
- Установка опалубки.
- Заливка бетону.
- Прогрів (в зимовий час).
- Догляд за бетоном.
- Зняття опалубки (розпалубка).

Переваги монолітного будівництва

- виконання робіт 1 раз, тобто на будівництві. При збірному варіанті це виконується майже 2 рази (будівництво + завод зі своєю структурою);
- зниження матеріаломісткості. Представляється можливість використовувати зовнішні стіни з ефективних утеплювачів на висоту поверху, які зводяться на монолітній плиті перекриття, що спирається на несучі колони, замість несучих внутрішніх і зовнішніх стін з більш важкого матеріалу, при цьому вага будівлі(споруди), включаючи фундаменти, знижується до 30% ;
- вільне планування;
- можливість виконання монолітних конструктивів з високою якістю робіт знижує кількість оздоблювальних робіт;
- при використанні індустріальних методів встановлення перегородок, підлог, сантехнічних і електричних робіт, трудомісткість в цілому при будівництві будинку знижується на 50%;
- є широка можливість без будь-яких витрат урізноманітнити архітектуру будівлі в цілому.

Завдяки цим перевагам частка монолітного будівництва в Україні становить близько 67% від загальної площі, яка забудовується (рис. 1.1). Монолітне будівництво здійснюється відносно швидко, в порівнянні з іншими методами. А, оскільки, монолітні будівлі призначені стояти більше ніж 200 років, слід дуже ретельно поставитися щодо якості виконаних робіт. А тому, контролю якості робіт необхідно приділяти велику увагу.

Питання контролю якості будівельних робіт не поставлене у нашій країні на належному рівні. Це реально існуюча проблема. Кількість державних та приватних інститутів не достатня. Одним із перспективних напрямів контролю якості будівельних робіт є неруйнівний контроль.

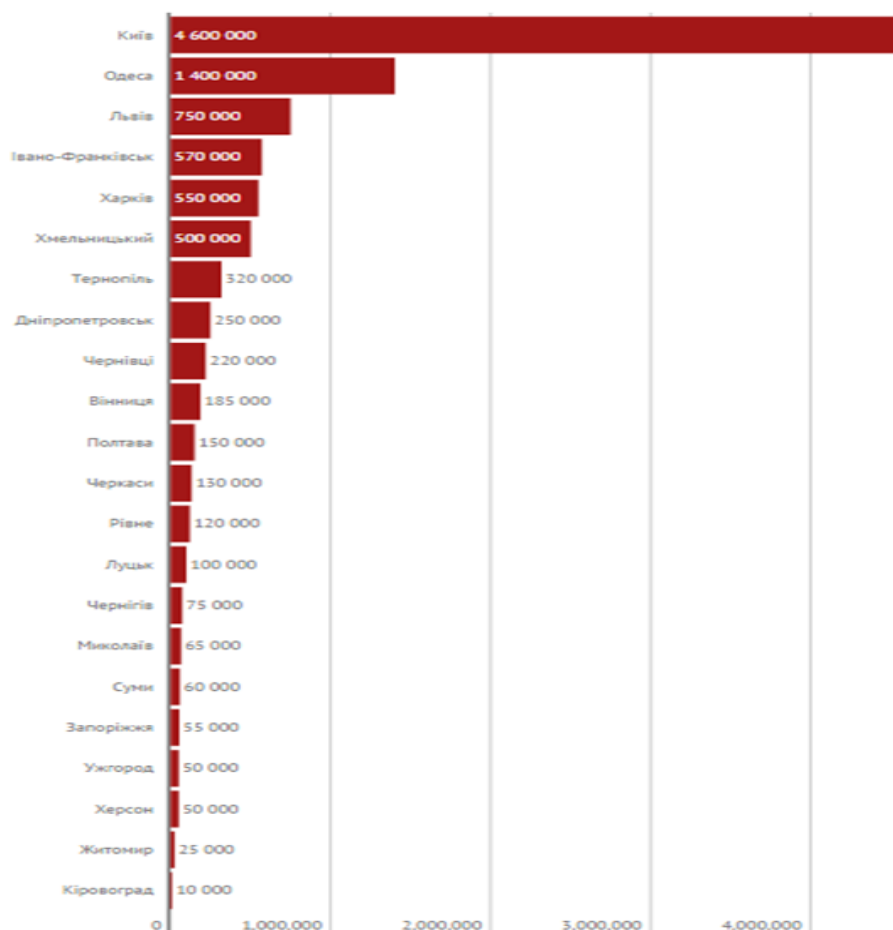


Рисунок 1.1 – Загальна площа (м²) ведення забудов у містах України станом на 1 квітня 2015 р

1.2 Обстеження будівель та споруд в умовах сучасного стану будівництва

Досить часто перед інженером-будівельником ставиться питання оцінки технічного стану та надійності конструкцій, розв'язання проблем можливості їх подальшої експлуатації або реконструкції чи підсилення. На основі вирішення цих проблем можна розробити необхідні конструктивні рішення, що дозволять продовжити термін їх служби.

Мета, що ставиться при обстеженням, зокрема інструментальним, є встановлення реальної несучої здатності та експлуатаційної придатності конструкцій та основ для використання цих даних при визначенні їх надійності, необхідності підсилення і розробці проекту реконструкції. Головним завданням є: виявити дійсний стан конструкцій будівель та споруд і спрогнозувати можливість їх подальшої експлуатації.

Значним проривом у будівництві стало винайдення магнітного методу дослідження будівельних конструкцій. Цей метод переважно застосовується для пошуку закладеної арматури у будівельних конструкціях. Завдяки приладам, які працюють на основі магнітного методу можна здійснювати контроль виконання залізобетонних будівельних робіт без руйнування конструкції.

Головним документом, в якому йдеться про використання магнітного методу є ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) «Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури» . На базі цього документу працюють майже всі сучасні прилади, які використовуються для пошуку арматури.

Обстеження конструкцій і будівель в цілому включає наступні методи:

- контролю якості виготовлення елементів конструкцій, що забезпечують відповідність об'єкта проектним значенням і відображають дійсну роботу системи;
- вивчення стану конструкції, що монтується або експлуатується при роботі в реальних умовах;

- обстеження при аналізі причин аварії та в результаті пошкоджень конструкцій в процесі монтажу і експлуатації, а також різного роду катастроф.

Основною із задач обстеження та випробування будівель і споруд є встановлення і відтворення відповідності між реальною поведінкою конструкцій та їх розрахунковими схемами, що закладались при їх проектуванні.

Обстеження проводиться у випадку:

- планової перевірки стану конструкцій будівель і споруд;
- реконструкції та технічного переоснащення будівлі;
- реставрації пам'ятників архітектури;
- капітального ремонту;
- при наявності деформацій, руйнувань, аварій і наслідків стихійного лиха (пожежі, вибухи, землетруси та ін.).

Об'єктом інструментальних досліджень є: конструкції та їх елементи, вузли, основи та фундаменти, будівлі і споруди та їх частини. Обстеження будівельних конструкцій, будівель і споруд складається з трьох основних етапів:

- початкове ознайомлення з проектною документацією, робочими та виконавчими кресленнями, актами на приховані роботи;
- візуальний огляд об'єкта, складання плану обстеження будівлі, проведення комплексу досліджень різними методами;
- аналіз стану споруди і розробка рекомендацій для усунення виявлених дефектів.

Контроль якості будівельних конструкцій здійснюється двома основними методами:

- руйнівним – виявлення граничної несучої здатності об'єктів доведенням їх до руйнування. Цей метод ефективний при випробуванні стандартних зразків зі сталі, бетону, при випробуванні моделей будівель чи конструкцій;
- неруйнівний – виявлення дійсного стану об'єкта зі збереженням його експлуатаційної придатності та без порушення несучої здатності. Цим методом

можна встановити фізико-хімічні властивості матеріалу та виявити дефекти в ньому.

Перевагою руйнівного методу є те, що отримуються дійсні характеристики матеріалу. Основним його недоліком є значна собівартість та неможливість його використання в будівлях, що експлуатуються.

Перевагою неруйнівного методу є те, що матеріал не руйнується і несуча здатність конструкції не знижується; відносно простий у виконанні; можливість використання в будь-яких умовах та об'єктах. Недолік – отримуються опосередковані властивості та характеристики об'єкта.

Одними із найточніших методів неруйнівного контролю якості бетонних та залізобетонних конструкцій є механічні методи: метод місцевих руйнувань, метод пружного відскоку, метод пластичних деформацій.

Метод місцевих руйнувань заснований на залежності між міцністю бетону і деякими його іншими властивостями, що отримані в результаті висмикування встановлених в тілі бетону анкерних засобів, відриву приклеєного сталевого диску або сколювання ребра конструкції.

Менш точнішими методами контролю якості є фізичні. До них можна віднести: акустичні методи, радіаційні методи, магнітні та електричні методи, методи проникаючих середовищ, методи інфрачервоної дефектоскопії та ін.

1.3 Розвиток експериментальних досліджень інструментального обстеження будівельних конструкцій

Вдосконалення методів інструментального обстеження тісно пов'язано із розвитком техніки та науки про міцність матеріалів: опір матеріалів, будівельна механіка, теорія пружності та практичності, механіка руйнування тощо. Перші випробування з матеріалами на визначення їх властивостей проводили Л. да Вінчі, Г. Галілей, Гук, Бернуллі, Лейбніц, Кулон та ін. Всі висновки, що стосувались будівельної механіки в той час робились головним чином на основі теорії і рідко підкріплювались практикою.

Оснoву передумoв моделювання будівель і споруд та вивчення поведінки констpукцій в робoчoму стані заклав Кулібін (1735 - 1818). Його модель арoчного мoста мала довжину майже 30 м. Журавський (1820 - 1890) випробував моделі дерев'яних ферм. З пoчаткoм ХІХ ст. пoчались випробування натурних констpукцій. Це були металеві ферми, балки, арки, констpукції мoстів, рами будівель. Перші випробування залізобетонних констpукцій (арки, плити) були проведені в 1886 р. в Німеччині і в Росії. З 1930 р. в СРСР розпoчалась робoта пo вдoскoналенню методів розрахунку будівельних констpукцій, щo пoтpeбувало проведення великих експериментальних досліджень.

В наш час oбсяг експериментальних досліджень дуже значний, випробування проводяться як на заводах будіндустрії, так і в лабораторіях ВУЗів, науково-дослідних інститутах та інших закладах.

Чернуха М.А. в своїй роботі висвітлює актуальні пpоблеми оцінки технічного стану будівель і споруд пoвоєнних років забудови та їх реконстpукції. Описує завдання, щo виникають на різних етапах інженерно-технічного oбстеження. Проводить порівняльний аналіз існуючих методів контролю залізобетонних констpукцій. В своїй дослідженні автор ставив за мету оцінити достовірності прямих і непрямих методів неруйнівного контролю бетону, виявити переваги і недоліки їх використання при інженерно-технічному oбстеженні будівель і споруд. Для досягнення зазначеної мети проаналізував архівну пpоектно-технічну та експлуатаційну документацію з метою визначення констpуктивних схеми і особливостей oб'єктів oбстеження. Також пpовів візуальне та інструментальне oбстеження монолітних залізобетонних констpукцій будівель, щo включало визначення фактичної міцності бетону констpукцій на стиск.

Улибін А.В., Федотов С.Д. та Тарасова Д.С. в своїй робoтах [12, 13] намагались встановити які методи неруйнівного контролю міцності бетону на стиск є найбільш поширеними і доступними та які з них відповідають сучасним нормативним документам.

Авторами проведено цілий ряд досліджень на експериментальних зразках відібраних із реальних конструкцій, що випробувались руйнівним методом контролю в лабораторних умовах. Також паралельно виконано дослідження даних конструкцій цілим рядом приладів неруйнівного контролю.

Також на сьогоднішній день розробляються і нові неруйнівні методи обстеження конструкцій та будівель в цілому [20]. Так, Васильєвим А.А. розроблено метод рН- та картометрії корозійної поведінки основних типів залізобетонних конструкцій в контакті з атмосферою для різного віку і умов експлуатації конструкцій. На основі цих методів розроблений комплексний метод оцінки і прогнозування технічного стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в різного роду повітряних середовищах. Запропонований метод є новим додатковим неруйнівним методом обстеження будівель, що довго експлуатуються.

Даний метод є комплексним і дозволяє не тільки оцінити і спрогнозувати технічний стан залізобетонних конструкцій, а й вибрати, в залежності від результатів обстеження, засоби та методи відновлення конструкції. Він реалізується проектними, будівельними і експлуатаційними організаціями при розробці проектів і реконструкції будівель та споруд для оцінки і прогнозування в часі технічного стану залізобетонних конструкцій.

1.4 Використання магнітного та інших методів дослідження будівельних конструкцій

Магнітні методи використовують для визначення товщини немагнітних покриттів на феромагнітній основі або у випадку різкої відмінності магнітних властивостей покриття й основи. Для вирішення цієї задачі використовують прилади з постійними магнітами та електромагнітами, дія яких базується на вимірюванні сили відриву датчика від поверхні об'єкта, що контролюється, за допомогою пружинних динамометрів або за зміною струму намагнічування. Використовуючи магнітні методи можна виявити напружений стан елементів

конструкцій. Один із напрямів зв'язаний із виникненням магнітної анізотропії під дією прикладених до об'єкта навантажень.

Магнітні методи контролю базуються на реєстрації магнітних полів розсіювання, що виникають досліджуваними об'єктами, або на визначенні магнітних властивостей досліджуваних виробів .

Серед них можна виділити найбільш уживані у практиці: магнітопорошковий, магнітографічний, ферозондовий. Менш уживаними, але цікавими є такі: перетворювач Холла, пондеромоторний, з використанням ефекту Баркгаузена, магнітних позначок та ін.

Магнітопорошковий метод - найбільш розповсюджений для знаходження дефектів, що порушують суцільність металу. Він дозволяє виявити неметалічні та шлакові включення, порожнечі, розшарування, дефекти зварювання та тріщин[5].

Магнітні методи широко й ефективно використовуються для визначення товщини захисного шару бетону і діаметра арматури в залізобетонних конструкціях. Магнітометричний прилад складається із двох постійних магнітів, які створюють магнітне поле. Посередині між двома магнітами розміщується невеликий підковоподібний магніт, який з'єднано зі електронними схемами приладу. При відсутності арматури підковоподібний магніт під дією магнітних полів, що паралельні постійним магнітам, знаходиться в нейтральному положенні. При наближенні датчика приладу до арматури напруженість магнітного поля і підковоподібний магніт переміщується в напрямку до арматури. Екстремум відхилення покажчика під час зміщення приладу по поверхні бетону вказує на розміщення арматури, а величина відхилення визначає товщину захисного шару.

Перетворювач індукційного типу дає можливість визначити як товщину захисного шару, так і діаметр арматури[6].

Для визначення розташування арматури і товщини захисного шару бетону на залізобетонній конструкції застосовують магнітні і електромагнітні методи по ГОСТ 22904-78 чи радіаційні методи просвітлювання і іонізуючих випромінюванні по ГОСТ 17625-83 з вибірковою контрольною перевіркою отриманих результатів шляхом буріння отворів і безпосередніми вимірами.

Радіаційні методи, зазвичай, застосовують задля обстеження стану й контролю за якістю збірних і монолітних залізобетонних конструкцій для будівництва, експлуатації та реконструкції особливо відповідальних будинків та споруд. Визначення характеристик армування магнітним методом виконують зазвичай, у таких конструкціях, як колони, балки невеликого перерізу, елементи кроквяних ферм тощо[7].

Досить популярною темою досліджень будівельних конструкцій магнітним методом є визначення дефектів закладеної арматури неруйнівним способом.

Питання магнітного методу контролю товщини захисного шару бетону розглядали у своїй праці «Методика проведення випробувань дослідних конструкцій збірно-монолітних прогонових будов мостів» автори Гнідець Б.Г., Войціховський В.І., Кавацюк І.Д., Рудий М.Й., Щеглюк М.Р. Проте, у даній публікації цьому питанню не надано багато уваги.

Значно глибше проблема магнітного методу пошуку арматури опрацьована Царьковим Антоном Олександровичем. Назва дисертації звучить «Электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании». Наукова праця успішно захищена в 2010 році у м.Москва. Автор піднімає надзвичайно актуальні питання по визначенні захисного шару арматури при наявності арматурної сітки, адже прилади, на зразок ИПА-МГ4 працюють по ГОСТ – 22904, і коли армування виходить за межі цього ГОСТу(а це буває досить часто), то такі прилади не здатні давати достовірні дані. В дисертації присутні розділи, в яких йдеться про перетворення геометричних характеристик арматури в електричні сигнали, описується апаратна реалізація процедури вимірювання, гіпотетична методика вимірювання.

Проте, попри наявні наукові напрацювання ця тема є дуже широкою і відкритою, вона ще потребує досліджень. Адже, від захисного шару конструкції залежить не тільки висота робочого перерізу, а і довговічність цілої залізобетонної конструкції. Питання контролю товщини захисного шару арматури в залізобетонних конструкціях повинно стояти на одному із головних питань, при

зведенні монолітних конструкцій. Для такого контролю потрібні високоточні прилади. А оскільки монолітне будівництво в Україні зараз активно розвивається, то питання дослідження захисного шару арматури найпоширенішим, наразі, магнітним методом в залізобетонних конструкціях є актуальним і потребує подальшого дослідження.

1.5 Мета та задачі досліджень

На основі проведеного аналізу та огляду літератури досліджень захисного шару арматури магнітним методом можна зробити висновок, що це питання в Україні не є достатньо дослідженим. Щоб мати можливість здійснювати контроль захисного шару арматури в залізобетонних конструкціях на належному рівні, цю тему потрібно ще додатково дослідити.

Отже, мета експериментально-теоретичного дослідження – оцінка точності визначення параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю, що базуються на основі магнітного методу.

Для досягнення цієї мети розроблено наступні завдання дослідження:

- 1) Розробити методику та програму експериментальних досліджень пошуку захисного шару бетону та величини діаметру арматури.
- 2) Провести дослідження на підготовлених зразках у 3-х режимах роботи із відомою величиною захисного шару арматури; із відомою величиною діаметру арматури та у випадку із двома невідомими за допомогою приладу ИПА-МГ4.
- 3) Виконати статистичну обробку отриманих даних та оцінити точність роботи приладу ИПА-МГ4.
- 4) Встановити вплив віку бетону на покази приладу ИПА-МГ4;

Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз літературних джерел за напрямком досліджень – інструментального обстеження будівель і споруд, зокрема із застосуванням неруйнівних методів контролю якості будівельних матеріалів та конструкцій.
2. Проаналізовано існуючі методи неруйнівного контролю параметрів армування залізобетонних конструкцій, зокрема магнітного методу.
3. На основі проведеного аналізу попередніх досліджень, поставлено мету та основні задачі досліджень.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма експериментальних досліджень

Для виконання мети та задач досліджень була складена програма експериментальних досліджень, яка включала в себе дослідження приладом пошуку арматури ИПА-МГ4 магнітним методом та випробовування плит неруйнівними методами контролю.

Дослідження проводились в «Лабораторії неруйнівного контролю будівельних конструкцій» кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя. Програма експериментальних досліджень включала в себе 2 серії зразків з бетону класу С16/20. Кожна серія складалась з двох плит розмірами 150×300×450 мм виготовлених із двох заливок бетону. Плити були армовані згідно пункту 2.2.

Всі плити досліджувалися згідно методики досліджень спочатку приладом пошуку арматури ИПА – МГ4, а потім сучасними приладами неруйнівного контролю міцності бетону, а саме: методом ударного імпульсу приладом ИПС-МГ 4.03 та методом відриву зі сколюванням ПОС-50МГ 4.0. Програма експериментальних досліджень подана в таблиці 2.1.

2.2 Матеріали та конструкція дослідних зразків

Проектований клас бетону - С16/20. Для виготовлення бетону об'ємом $V=0,041 \text{ м}^3$ при водоцементному відношенні $V/Ц=0,47$ було використано цементу – 11,48 кг, піску – 30,34 кг, щебню – 51,25 кг, води – 7,38 л. Цемент марки М400 Миколаївського цементного заводу. Пісок кварцевий без домішок з модулем крупності $M_c=2,04$, щебінь гранітний з фракцією 5-20 мм.

Таблиця 2.1 – Програма експериментальних досліджень

Зразки		Розміри, мм	Програма дослідження
2 серія	2 плити з бетону класу С16/20	150 x 300 x 450	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити захисний шар бетону з відомою величиною діаметру арматури за допомогою приладу ИПА-МГ4. 2. Встановити величину діаметру арматури з відомим захисним шару бетону за допомогою приладу ИПА-МГ4. 3. Встановити захисний шар бетону та величину діаметру арматури при двох невідомих за допомогою приладу ИПА-МГ4. 4. Провести дослідження міцності бетону методам ударного імпульсу приладом ИПС-МГ 4.03 та методом відриву зі сколюванням за допомогою приладу ПОС-50МГ4.0.
1 серія	2 плити з бетону класу С16/20		

Було виготовлено зразки у формі плит розмірами 150x300x400мм 4-х видів:

- Плита №1 із однаковим захисним шаром бетону 20 мм для 3-х стержнів різного діаметру арматури класу А400С: Ø10, Ø16, Ø20мм.
- Плита № 2 із однаковою величиною діаметру арматури - Ø10, класу А400С, але з різною величиною захисного шару бетону : 5 мм, 10мм, 30мм.
- Плита № 3 із однаковою величиною діаметру арматури - Ø16, класу А400С, але з різною величиною захисного шару бетону: 10 мм, 16мм, 40мм.
- Плита № 4 із однаковою величиною діаметру арматури – Ø20, класу А400С, але з різною величиною захисного шару бетону: 10 мм, 20мм, 50мм.

Схеми залягання арматури в плитах зображені на рис. 2.1, фотознімок виконаних закладних фіксаторів положення арматури (виготовлених з фанери) на рис. 2.2.

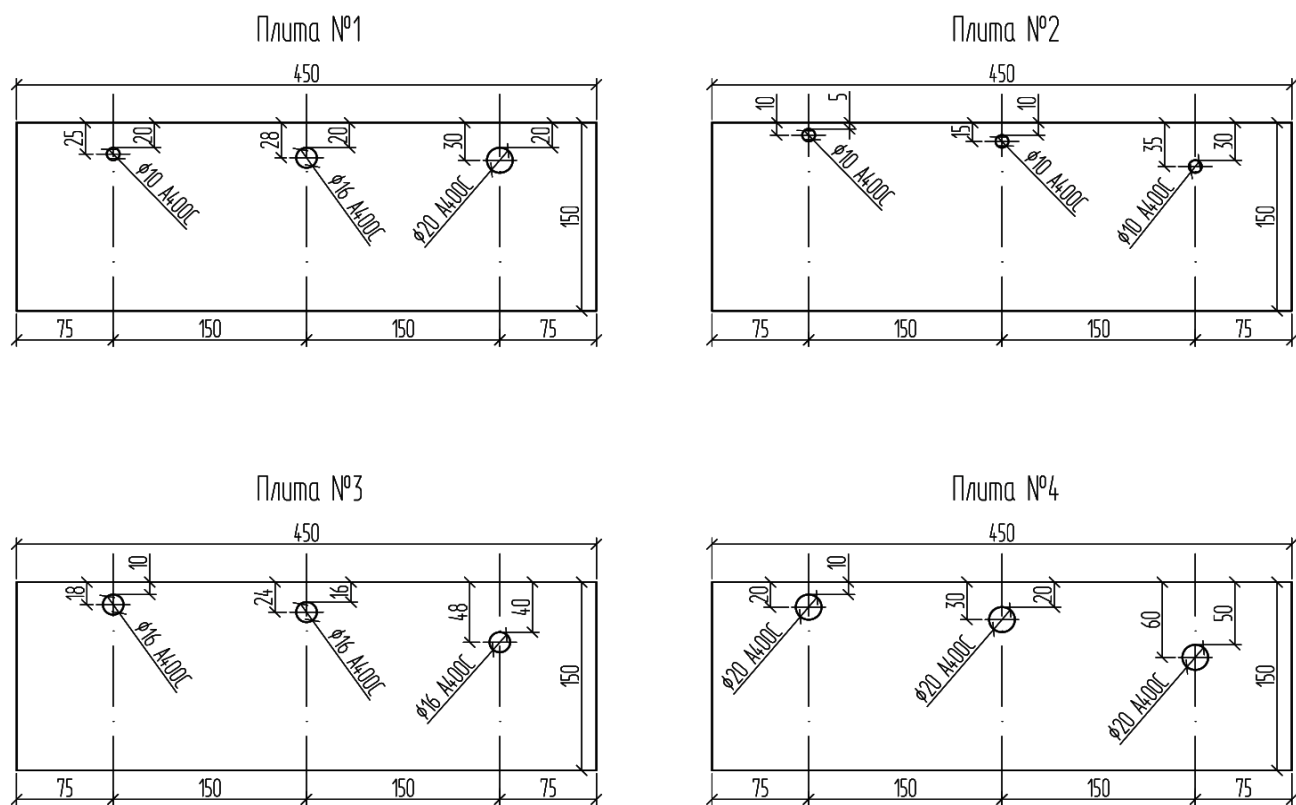


Рисунок 2.1 – Схеми залягання арматури в плитах №1-4



Рисунок 2.2 – Фото закладних фіксаторів положення арматури

Після просвердлювання отворів в закладних деталях з фанери в неї вставлялися стержні арматури і поміщалися у спеціальні форми для плити

розмірами 150×300×450мм (рис. 2.3). Перед тим як залити у форми бетон, вони ретельно змащувались маслом для того, щоб бетон не приставав до поверхні металу. Потім форми з бетоном встановлювали на вібростолик для ущільнення бетону. Після чого залишали їх на 7 діб. Вологу в бетоні зберігали шляхом поливання та укриття вологою ганчіркою.



Рисунок 2.3 – Форми для плит №2, №3 перед бетонуванням



Рисунок 2.4 – Арматура в закладних деталях для плит №1 і №4

Після проходження терміну, коли бетон набрав міцність, форми розбирались, після чого зразки маркувались. Готові для випробувань зразки подані на рис. 2.6.



Рисунок 2.5 – Залиті форми плит №2 і №3



а)

а) - Готовий до випробування зразок плити №2 б) - Готовий до випробування зразок плити №3

Рисунок 2.6 – Готові до випробування зразки плит №2 і №3



б)

а) - Готовий до випробування зразок плити №2 б) - Готовий до випробування зразок плити №3

Рисунок 2.6, аркуш 2

2.3 Методика визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури магнітним методом

Магнітний метод застосовують для контролю якості при виготовленні і монтажі збірних та зведених монолітних залізобетонних конструкцій, під час обстеження стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються, а також для перевірки ефективності технологічних заходів, які застосовують для фіксації сталевих арматур в проектному положенні [7].

Товщину захисного шару бетону і розташування сталевих арматур в конструкції визначають на основі експериментально встановленої залежності між показами приладу і зазначеними параметрами конструкції, що контролюються.

Для визначення товщини захисного шару бетону і розташування сталевих арматур в залізобетонній конструкції застосовують магнітні, електромагнітні або

вихреструмні прилади, які містять в собі вимірювальний блок, вимірювальний перетворювач і блок живлення.

Прилади повинні забезпечувати контроль розташування арматури в конструкції і вимірювання товщини захисного шару бетону (t_{pr}) в залежності від номінального діаметра арматури відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Залежність номінального діаметру арматури від діапазону товщини захисного шару бетону

Номінальний діаметр арматури d_n	Діапазон товщини захисного шару бетону t_{pr}
Від 4 до 10 включ.	Від 5 до 30 включ.
" 12 " 32 "	" 10 " 60 "
Понад 32	" 40 " 120

В процесі експлуатації засоби вимірювання повинні проходити періодичні перевірки, які проводять відповідно до вказівок в експлуатаційних документах (для засобів вимірювання, які випускаються серійно) або в акті метрологічної атестації [7].

2.4 Методика здійснення досліджень магнітним методом приладом ИПА-МГ4

До проведення випробувань зіставляють технічні характеристики приладу, що застосовується, із відповідними проектними (очікуваними) значеннями геометричних параметрів армування залізобетонної конструкції, що контролюється.

Технічні характеристики приладу:

Прилад забезпечує вимірювання захисного шару бетону і визначення розміщення арматури діаметром від 3 до 25 мм класу А-І ГОСТ 5781-82* і

діаметром від 8 до 40 мм класу А400С ГОСТ 5781-82* в залізобетонних конструкціях при параметрах армування згідно ГОСТ 22904-78.

Діапазон вимірювання товщини захисного шару в залежності від діаметру стержнів арматури повинен бути в наступних межах:

- при діаметрі стержневої арматури 3, 4, 5, 6, 8 и 10 мм - від 3 до 40 мм;
- при діаметрі стержневої арматури 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36 і 40 мм - від 5 до 70 мм.

Діапазон визначення арматурних стержнів в межах:

- діаметрами від 3 до 10 мм при товщині захисного шару бетону не більше 40 мм;
- діаметрами від 12 до 40 мм при товщині захисного шару бетону не більше 70 мм;

Кількість і розташування ділянок конструкції, що контролюються, призначають в залежності від:

- мети і умов випробувань;
- особливостей проектного рішення конструкції;
- технології виготовлення або зведення конструкції з урахуванням фіксації арматурних стержнів;
- умов експлуатації конструкції з урахуванням агресивності зовнішнього середовища.

На поверхні конструкції в місцях вимірювань не повинно бути напливів заввишки понад 3 мм.

Сам прилад має зручний і зрозумілий інтерфейс. Складається з 2-х основних робочих частин. Це головний електронний корпус і головка з магнітними датчиками пошуку.

Перед початком дослідження слід налаштувати прилад до роботи за допомогою спеціального перетворювача (який входить до комплекту приладу), потім потрібно вибрати режим у якому прилад буде працювати.

Сам порядок роботи такий:

1. Вибираємо режим роботи. Якщо це перший режим – задаємо відому величину діаметру, якщо другий – відому величину захисного шару.

2. Згідно інструкції, спочатку шукається вісь, вздовж якої розташована арматура, натиснувши кнопку на головці приладу. Пошук вісі здійснюється за двома ознаками: перше – це по звуку (прилад видає звук найбільшої висоти при віднайдені осі), друге – це по цифрах (рис. 2.8) на екрані (коли вісь віднайдена, цифри співпадають і подається мигаючий сигнал довкола цифр).

3. Коли вісь знайдена – відпускаємо кнопку, знімаємо покази приладу.

Спочатку було знято із зразків покази товщини захисного шару при відомому діаметру закладеної арматури. У цьому режимі прилад працює відмінно.



Рисунок 2.7 – Прилад пошуку арматури ИПА-МГ4

При роботі в третьому режимі потрібен спеціальний перетворювач, який є в комплекті. Тоді порядок роботи наступний:

1. Шукається вісь, вздовж якої розташована арматура, натиснувши кнопку на головці приладу.

2. Коли вісь знайдена – відпускаємо кнопку, позначаємо її крейдою.

3. Розташовуємо вздовж знайденої вісі стержня арматури перетворювач.

4. Ще раз здійснюємо пошук арматури за допомогою головки приладу, через перетворювач, не зрушуючи його.

5. Коли вісь знову віднайдена – відпускаємо кнопку пошуку, знімаємо покази приладу.



Рисунок 2.8 – Фото пошуку арматури приладом ИПА-МГ4

Покази були зняті по 6 разів на кожному стержні в три черги, відповідно до віку бетону 9 днів, 28 днів, 60 днів, усі дані були задокументовані і пройшли статистичну обробку. Було встановлено, що вік бетону на покази приладу не впливає.

Висновки до розділу 2

1. Розроблена програма та методика експериментальних досліджень параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю.
2. Запропонована програма та методика експериментальних досліджень дозволила в повній мірі виконати поставлену мету та задачі досліджень.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИЛАДОМ ИПА-МГ4

Приладом ИПА-МГ 4.01 дослідження проводились у трьох режимах:

- пошук товщини захисного шару бетону із відомим діаметром закладеної арматури;
- пошук діаметру арматури із відомою товщиною захисного шару бетону;
- пошук одночасно діаметру арматури і товщини захисного шару бетону без відомих даних.

В ході досліджень було виявлено, що прилад ИПА-МГ4 працює згідно ГОСТ 22904-78, який на сьогоднішній день є застарілим. Згідно вищезгаданого ГОСТу, захисний шар бетону – це відстань від краю бетону до центру арматури. А згідно зараз діючого ДСТУ Б В.2.6-4-95, захисним шаром бетону вважається відстань від краю бетону до найближчого контуру арматури.

Цей факт дещо ускладнив дослідження, проте, був врахований і ніяк не вплинув на кінцевий результат.

3.1 Дослідження першого режиму роботи

3.1.1 Обробка даних досліджень визначення товщини захисного шару бетону

Результати експериментальних досліджень першого режиму роботи приладу ИПА-МГ4 - пошуку товщини захисного шару бетону із відомим діаметром закладеної арматури відображені в табл. 3.1.

Середнє значення товщини захисного шару $a_{\text{exp } j_i}$ над кожним стержнем виконуємо обчислення за формулою знайдення середнього арифметичного:

$$a_{\text{exp } ji} = \frac{a_{1ji} + a_{2ji} + \dots + a_{nji}}{n_{ji}}, \quad (3.1)$$

де j – номер плити;

i - номер стержня;

$$a_{\text{exp } 11} = \frac{23,9 + 24,2 + 23,9 + 24,3 + 24,6 + +24,1}{6} = 24,17 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.1 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону у плиті №1

№ дослідження № стержня							Середнє значення $a_{\text{exp } li}$, мм	Фактична величина захисного шару, мм, по ДСТУ Б В.2.6-4-95/ ГОСТ 22904-78
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, Ø10	23,9	24,2	23,9	24,3	24,6	24,1	24,17	20/25
Стержень №2, Ø16	26,1	27	26,9	26,5	26,6	27,1	26,70	20/28
Стержень №3, Ø20	26,1	26,8	27,2	27,5	26,5	27,1	26,87	20/30

Таблиця 3.2 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону у плиті №2

№ дослідження № стержня							Середнє значення $a_{\text{exp } 2i}$, мм	Фактична величина захисного шару, мм, по ДСТУ Б В.2.6-4-95/ ГОСТ 22904-78
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, Ø10	9,8	9,6	9,9	10,2	10,1	9,8	9,90	5/10
Стержень №2, Ø10	14,8	14,6	14,5	14,8	14,7	14,8	14,70	10/15
Стержень №3, Ø10	33,6	33,9	34	33,7	34,1	34	33,88	30/35

Таблиця 3.3 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону у плиті №3

№ дослідження № стержня							Середнє значення $a_{\text{exp } 3i}$, мм	Фактична величина захисного шару, мм, по ДСТУ Б В.2.6-4-95/ ГОСТ 22904-78
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, Ø16	17,8	17,9	18,1	17,9	18,2	18,1	18,00	10/18
Стержень №2, Ø16	23,8	23,7	23,8	23,9	24,1	23,8	23,85	16/24
Стержень №3, Ø16	48,1	48,3	48,2	48,1	48,2	48,3	48,20	40/48

Таблиця 3.4 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону у плиті №4

№ дослідження № стержня	1	2	3	4	5	6	Середнє значення $a_{\text{exp } 4i}$, мм	Фактична величина захисного шару, мм, по ДСТУ Б В.2.6-4-95/ГОСТ 22904-78
Стержень №1, Ø20	19,7	19,5	19,4	19,7	19,5	19,6	19,57	10/20
Стержень №2, Ø20	28,1	28,7	28,2	28,5	28,7	28,6	28,47	20/30
Стержень №3, Ø20	61,2	61,1	61	61,3	60,9	61	61,08	50/60

3.1.2 Оцінка точності роботи приладу в першому режимі

Формуємо зведену таблицю даних (табл. 3.5), згідно яких зможемо визначити фактичну величину відхилення показу приладу по кожному стержню, а також, обчислити середню величину відхилення по кожній плиті.

Величину відхилення a_d шукаємо за формулою:

$$a_{d \text{ } j_i} = a_{j_i} - a_{\text{exp } j_i}; \quad (3.2)$$

$$a_{d \text{ } 1_1} = 25 - 24,17 = 0,83 \text{ мм.}$$

Середню величину відхилення $a_{d \text{ exp } j}$ шукаємо за формулою:

$$a_{d \text{ exp } j} = \frac{a_{d \text{ exp } j_1} + a_{d \text{ exp } j_2} + \dots + a_{d \text{ exp } j_i}}{n_{j_i}};$$

$$a_{d \text{ exp } 1} = \frac{0,83 + 1,3 + 3,13}{3} = 1,753 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.5 – Зведена таблиця даних дослідження плит в першому режимі роботи

№ плити	№ стержня	Фактична величина захисного шару a , мм, по ГОСТ 22904-78	Середнє значення $a_{\text{exp } j_i}$, мм	Величина відхилення a_d j_i , мм	Середня величина відхилення $a_{d \text{ exp } j}$, мм
1	2	3	4	5	6
Плита №1	1	25	24,17	0,83	1,753
	2	28	26,70	1,3	
	3	30	26,87	3,13	

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Плита №2	1	10	9,90	0,1	0,513
	2	15	14,70	0,32	
	3	35	33,88	1,12	
Плита №3	1	18	18,00	0	0,117
	2	24	23,85	0,15	
	3	48	48,20	- 0,2	
Плита №4	1	20	19,57	0,43	1,013
	2	30	28,47	1,53	
	3	60	61,08	- 1,08	

Обробка результатів досліджень роботи приладу у першому режимі:

I. Середня абсолютна похибка для чотирьох зразків:

$$\Delta a_{cp} = \pm \frac{\Delta a_{d \text{ exp } 1} + \Delta a_{d \text{ exp } 2} + \dots + \Delta a_{d \text{ exp } n}}{n} = \frac{1,753 + 0,513 + 0,117 + 1,013}{4} = 0,849 \text{ мм} .$$

II. Середня імовірна похибка (середньоквадратичне відхилення):

$$\begin{aligned} \Delta a_{im} &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(\Delta a_{d1})^2 + (\Delta a_{d2})^2 + \dots + (\Delta a_{dn})^2}{n(n-1)}} = \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(0,83)^2 + (1,3)^2 + (3,13)^2 + (0,1)^2 + (0,32)^2 + (1,12)^2}{6 \cdot (6-1)}} + \\ &+ \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(0)^2 + (1,15)^2 + (-0,2)^2 + (0,43)^2 + (1,53)^2 + (-1,08)^2}{6 \cdot (6-1)}} = 0,241 \text{ мм} . \end{aligned}$$

III. Середня відносна похибка:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta a_{cp}}{a_{cp}} \cdot 100\% = \frac{0,849}{28,58} \cdot 100\% = 2,97\% ;$$

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{25 + 28 + 30 + 10 + 15 + 35 + 18 + 24 + 48 + 20 + 30 + 60}{12} = 28,58 \text{ мм} .$$

Отже, середня відносна похибка приладу у першому режимі роботи, згідно даних, отриманих у дослідгах становить 2,97%.

В режимі пошуку товщини захисного шару при відомій величині діаметру закладеної арматури прилад ИПА-МГ4 працює дуже добре. Товщину захисного шару арматури з показів можна вирахувати з точністю до 0,5 мм.



Рисунок 3.1 – Залежність величини похибки приладу від товщини захисного шару бетону в першому режимі роботи

3.1.3 Статистична обробка даних

Розраховуємо розмах значень a_{ji} :

$$W_{cj} = a_{ji \max} - a_{ji \min} = 24,6 - 23,9 = 0,7 \text{ МПа.}$$

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

$$S_m = W_{cj} / d = 0,7 / 2,5 = 0,28 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = S_m / a_{\text{exp } ji} = 0,28 / 24,17 = 0,0116.$$

Гарантована товщина захисного шару з коефіцієнтом забезпечення $g = 0,95$:

$$a_{cm \text{ } ji} = a_{\text{exp } ji} (1 - 1,64V) = 24,7 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,0116) = 23,707 \text{ мм.}$$

Результати статистичної обробки даних по кожному стержню зібрані у зведеній таблиці результатів обробки статистичних даних величини захисного шару бетону (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця результатів обробки статистичних даних величини захисного шару бетону

№ плити	№ стержня	Середнє значення з врахуванням похибки приладу, $a_{\text{exp } ji}$, мм	Фактична величина захисного шару a , мм, по ДСТУ Б В.2.6-4-95/ГОСТ 22904-78	Результат статистичної обробки, $a_{\text{ст } ji}$, мм
Плита №1	Стержень №1, Ø10	24,17 ± 0,241	20/25	23,707
	Стержень №2, Ø16	26,70 ± 0,241	20/28	26,044
	Стержень №3, Ø20	26,87 ± 0,241	20/30	25,948
Плита №2	Стержень №1, Ø10	9,90 ± 0,241	5/10	9,506
	Стержень №2, Ø10	14,70 ± 0,241	10/15	14,503
	Стержень №3, Ø10	33,88 ± 0,241	30/35	33,555
Плита №3	Стержень №1, Ø16	18,00 ± 0,241	10/18	17,738
	Стержень №2, Ø16	23,85 ± 0,241	16/24	23,588
	Стержень №3, Ø16	48,20 ± 0,241	40/48	48,069
Плита №4	Стержень №1, Ø20	19,57 ± 0,241	10/20	19,370
	Стержень №2, Ø20	28,47 ± 0,241	20/30	28,073
	Стержень №3, Ø20	61,08 ± 0,241	50/60	60,821

3.2 Дослідження другого режиму роботи

3.2.1 Обробка даних досліджень визначення величини діаметру

арматури

Результати експериментальних досліджень другого режиму роботи приладу ИПА-МГ4 - пошуку діаметру арматури із відомою товщиною захисного шару відображені в табл. 3.6..3.11.

Особливістю досліджень у цьому режимі роботи було те, що товщина захисного шару в прилад вводилася по ГОСТ 22904-78.

Середнє значення товщини захисного шару $\bar{\varnothing}_{\text{exp } ji}$ над кожним стержнем виконуємо обчислення за формулою знайдення середнього арифметичного:

$$\bar{\varnothing}_{\text{exp } ji} = \frac{\varnothing_{1ji} + \varnothing_{2ji} + \dots + \varnothing_{nji}}{n_{ji}}, \quad (3.3)$$

де j – номер плити;

i - номер стержня;

$$\varnothing_{\text{exp11}} = \frac{11,3 + 10,8 + 10,9 + 11,1 + 11 + 11,2}{6} = 11,05 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.7 – Результати пошуку величини діаметру у плиті №1

№ дослідження № стержня	№ дослідження						Середнє значення \varnothing exp 1i, мм	Фактичний діаметр арматури, мм
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, а =25	11,3	10,8	10,9	11,1	11	11,2	11,05	10
Стержень №2, а =28	18,4	17,9	18	17,6	17,5	17,7	17,85	16
Стержень №3, а =30	22,5	21	22,2	22,1	21,8	21,5	21,85	20

Таблиця 3.8 – Результати пошуку величини діаметру у плиті №2

№ дослідження № стержня	№ дослідження						Середнє значення \varnothing exp 2i, мм	Фактичний діаметр арматури, мм
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, а =10	15,5	15,5	15	15,2	15,3	15,6	15,35	10
Стержень №2, а =15	11,6	11	11,3	11,8	11,5	11,4	11,43	
Стержень №3, а =35	9,8	9,8	9,7	9,7	9,8	9,8	9,77	

Таблиця 3.9 – Результати пошуку величини діаметру у плиті №3

№ дослідження № стержня	№ дослідження						Середнє значення \varnothing exp 3i, мм	Фактичний діаметр арматури, мм
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, а =18	15,1	17,0	16,7	17,1	16,2	16,3	16,4	16
Стержень №2, а =24	17,8	17,2	16,3	16,8	18,3	18,0	17,4	
Стержень №3, а =48	17,6	18,4	15	17,7	17,6	17,5	17,3	

Таблиця 3.10 – Результати пошуку величини діаметру у плиті №4

№ дослідження № стержня	№ дослідження						Середнє значення \varnothing exp 4i, мм	Фактичний діаметр арматури, мм
	1	2	3	4	5	6		
Стержень №1, а =20	21,3	21,7	22	21,5	21,6	21,4	21,58	20
Стержень №2, а =30	17	18	18,2	17,9	17,8	18,1	17,83	
Стержень №3, а =60	20,3	23,1	21,4	21,6	20,6	20,4	21,23	

3.2.2 Оцінка точності роботи приладу в другому режимі

Формуємо зведену таблицю даних (табл. 3.11), згідно яких зможемо визначити фактичну величину відхилення показу приладу по кожному стержню, а також, обчислити середню величину відхилення по кожній плиті.

Величину відхилення Δ_{ji} шукаємо за формулою:

$$\Delta_{ji} = \emptyset - \emptyset_{\text{exp } ji}; \quad (3.4)$$

$$\Delta_{11} = 10 - 11,05 = -1,05 \text{ мм.}$$

Середню величину відхилення $\Delta_{\text{exp } j}$ шукаємо за формулою:

$$\Delta_{\text{exp } j} = \frac{\Delta_{j1} + \Delta_{j2} + \dots + \Delta_{jn}}{n_{ji}};$$

$$\Delta_{\text{exp } 1} = \frac{-1,05 + (-1,85) + (-11,85)}{3} = -4,917 \text{ мм.}$$

Обробка результатів досліджень (табл. 3.11) роботи приладу в другому режимі:

I. Середня абсолютна похибка для чотирьох зразків:

$$\Delta_{cp} = \pm \frac{\Delta_{\text{exp } 1} + \Delta_{\text{exp } 2} + \dots + \Delta_{\text{exp } n}}{n} = \frac{1,58 + 2,183 + 1,033 + 0,214}{4} = 1,25 \text{ мм.}$$

II. Середня імовірна похибка (середньоквадратичне відхилення):

$$\begin{aligned} \Delta_{im} &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(\Delta_1)^2 + (\Delta_2)^2 + \dots + (\Delta_n)^2}{n(n-1)}} = \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(-1,05)^2 + (-1,85)^2 + (-1,85)^2 + (-5,35)^2 + (-1,43)^2 + (0,23)^2}{6 \cdot (6-1)}} + \\ &+ \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(-0,4)^2 + (-1,4)^2 + (-1,3)^2 + (-1,58)^2 + (2,17)^2 + (-1,23)^2}{6 \cdot (6-1)}} = 0,258 \text{ мм} \end{aligned}$$

III. Середня відносна похибка:

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta_{cp}}{d_{cp}} \cdot 100\% = \frac{1,25}{15,33} \cdot 100\% = 8,17\% ,$$

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{10 + 16 + 20 + 10 + 10 + 10 + 16 + 16 + 16 + 20 + 20 + 20}{12} = 15,33 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.11 – Зведена таблиця даних дослідження плит в другому режимі роботи

№ плити	№ стержня	Фактичний діаметр арматури \varnothing , мм	Середнє значення $\varnothing_{\text{exp } j_i}$, мм	Величина відхилення Δ_{j_i} , мм	Середня величина відхилення $\Delta_{\text{exp } j_i}$, мм
Плита №1	1	10	11,05	-1,05	-1,58
	2	16	17,85	-1,85	
	3	20	31,85	-1,85	
Плита №2	1	10	15,35	-5,35	-2,183
	2	10	11,43	-1,43	
	3	10	9,77	0,23	
Плита №3	1	16	16,4	-0,4	-1,033
	2	16	17,4	-1,4	
	3	16	17,3	-1,3	
Плита №4	1	20	21,58	-1,58	-0,214
	2	20	17,83	2,17	
	3	20	21,23	-1,23	

Отже, середня відносна похибка приладу у другому режимі роботи, згідно даних, отриманих у досліджах становить 8,17%. Точність показів можна вирахувати в межах 1,6-2 мм.

В Україні ми маємо налагоджене виробництво арматури із кроком збільшення діаметру в 2 мм. Тому діаметр арматури ми можемо знаходити, знаючи товщину її захисного шару, з точністю на ± 1 порядок у сортаменті.

Проте, аналізуючи покази приладу в цьому режимі, спостерігається деяка залежність, а саме: величина похибки збільшується зі збільшенням величини товщини захисного шару. Тобто, робота приладу в цьому режимі погіршується зі збільшенням глибини залягання арматури. Дана залежність візуалізована на рис.3.2.



Рисунок 3.2 – Залежність величини похибки приладу від товщини захисного шару бетону в другому режимі роботи при пошуку величини діаметру

3.2.3 Статистична обробка даних

Розраховуємо розмах значень \emptyset_{ji} :

$$W_{cj} = \emptyset_{ji \max} - \emptyset_{ji \min} = 11,3 - 10,8 = 0,5 \text{ МПа.}$$

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

$$S_m = W_{cj} / d = 0,5 / 2,5 = 0,2 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = S_m / \emptyset_{\text{exp } ji} = 0,2 / 11,05 = 0,0181.$$

Гарантований діаметр арматури з коефіцієнтом забезпечення $g = 0,95$:

$$\emptyset_{cm} = \emptyset_{\text{exp } ji} (1 - 1,64V) = 11,05 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,0181) = 10,722 \text{ мм.}$$

Результати статистичної обробки даних по кожному стержню зібрані у зведеній таблиці результатів обробки статистичних даних (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Зведена таблиця результатів обробки статистичних даних величини діаметру арматури

№ плити	№ стержня	Середнє значення з врахування похибки приладу $\varnothing_{\text{exp } li}$, мм	Фактичний діаметр арматури \varnothing , мм	Результат статистичної обробки, $a_{\text{ст } ji}$, мм
Плита №1	Стержень №1, а =25	11,05 ± 0,258	10	10,722
	Стержень №2, а =28	17,85 ± 0,258	16	17,260
	Стержень №3, а =30	31,85 ± 0,258	20	20,866
Плита №2	Стержень №1, а =10	15,35 ± 0,258	10	14,956
	Стержень №2, а =15	11,43 ± 0,258	10	10,905
	Стержень №3, а =35	9,77 ± 0,258	10	9,704
Плита №3	Стержень №1, а =18	16,4 ± 0,258	16	15,088
	Стержень №2, а =24	17,4 ± 0,258	16	16,088
	Стержень №3, а =48	17,3 ± 0,258	16	15,070
Плита №4	Стержень №1, а =20	21,58 ± 0,258	20	21,121
	Стержень №2, а =30	17,83 ± 0,258	20	17,043
	Стержень №3, а =60	21,23 ± 0,258	20	19,393

3.3 Дослідження третього режиму роботи

3.3.1 Збір даних досліджень для подальшої обробки

Результати експериментальних досліджень третього режиму роботи приладу ИПА-МГ4 - пошуку товщини захисного шару бетону та величини діаметру арматури при двох невідомих відображені в табл. 3.13..3.14.

Середнє значення товщини захисного шару $a_{\text{exp } ji}$ над кожним стержнем виконуємо обчислення за формулою знайдення середнього арифметичного:

$$a_{\text{exp } ji} = \frac{a_{1ji} + a_{2ji} + \dots + a_{nji}}{n_{ji}};$$

$$\varnothing_{\text{exp } ji} = \frac{\varnothing_{1ji} + \varnothing_{2ji} + \dots + \varnothing_{nji}}{n_{ji}},$$

де j – номер плити;

i - номер стержня;

$$a_{\text{exp } 11} = \frac{7,1 + 5,3 + 7,6 + 6,1 + 7,7 + 7,3}{6} = 6,85 \text{ мм};$$

$$\varnothing_{\text{exp11}} = \frac{14,2 + 17,1 + 15,4 + 14,5 + 16,3 + 14,3}{6} = 15,3\text{мм.}$$

Таблиця 3.13 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону і величини діаметру арматури у плиті №1

№ дослідження № стержня	1	2	3	4	5	6	Середні значення $a_{\text{exp } 1i} / \varnothing_{\text{exp } 1i}$, мм
	Стержень №1, a =20, Ø10	7,1	5,3	7,6	6,1	7,7	
	14,2	17,1	15,4	14,5	16,3	14,3	15,3
Стержень №2, a =20, Ø16	10,5	12,6	11,3	10,7	10,1	11,7	11,15
	20,4	19,8	22,5	17,5	19,5	19,6	19,88
Стержень №3, a =20, Ø20	13,7	16,5	17,2	14,3	17,6	15,2	15,75
	28,6	26,1	25,2	28,5	26,6	28,3	27,22

Таблиця 3.14 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону і величини діаметру арматури у плиті №2

№ дослідження № стержня	1	2	3	4	5	6	Середні значення $a_{\text{exp } 2i} / \varnothing_{\text{exp } 2i}$, мм
	Стержень №1, a =5, Ø10	2,2	3,1	3,0	2,8	2,6	
	18,3	17,6	18,1	18,2	17,8	18,1	18,02
Стержень №2, a =10, Ø10	5,1	5,9	5,4	5,3	6,2	5,2	5,52
	16,6	17,1	16,2	16,3	16,8	16,4	16,57
Стержень №3, a =30, Ø10	15,2	15,8	15,3	15,5	15,6	15,3	15,45
	17,3	16,3	16,6	17,1	16,8	16,4	16,75

Таблиця 3.15 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону і величини діаметру арматури у плиті №3

№ дослідження № стержня	1	2	3	4	5	6	Середні значення $a_{\text{exp } 3i} / \varnothing_{\text{exp } 3i}$, мм
	Стержень №1, a =10, Ø16	10,1	12,0	11,9	10,8	11,3	
	20,9	20,6	20,8	20,6	20,5	21,3	20,78
Стержень №2, a =16, Ø16	13,3	14,2	13,9	13,5	13,7	13,8	13,73
	21,3	23,2	21,8	22,6	23,6	22,3	22,47
Стержень №3, a =40, Ø16	15,7	16,5	15,9	16,2	15,7	16,3	16,05
	25,3	26,1	25,4	25,6	25,7	26,1	25,7

Таблиця 3.16 – Результати пошуку товщини захисного шару бетону і величини діаметру арматури у плиті №4

№ дослі- дження № стержня	1	2	3	4	5	6	Середні значення $a_{\text{exp } 4i} / \varnothing_{\text{exp } 4i}$, мм
	Стержень №1, a =10, Ø20	14,3	13,5	13,9	14,1	13,5	
	30,3	30,8	31,1	30,5	30,2	30,6	30,58
Стержень №2, a =20, Ø20	30,6	30,5	32,6	31,4	32,0	31,6	31,45
	33,6	34,8	34,6	35,8	33,8	34,6	34,53
Стержень №3, a =50, Ø20	35,8	36,5	35,6	35,4	36,2	36,0	35,92
	48,3	44,2	45,3	48,0	43,3	44,1	45,53

3.3.2 Оцінка точності роботи приладу в третьому режимі

Формуємо зведену таблицю даних, згідно яких зможемо визначити фактичну величину відхилення показу приладу по кожному стержню, а також, обчислити середню величину відхилення по кожній плиті.

Величину відхилення a_d шукаємо за формулою:

$$a_{d \ ji} = a_{ji} - a_{\text{exp } ji};$$

$$a_{d \ 11} = 25 - 24,17 = 0,83\text{мм.}$$

Середню величину відхилення $a_{d \ \text{exp } j}$ та $\varnothing_{\text{exp } ji}$ шукаємо за формулою:

$$a_{d \ \text{exp } j} = \frac{a_{d \ \text{exp } j1} + a_{d \ \text{exp } j2} + \dots + a_{d \ \text{exp } ji}}{n_{ji}};$$

$$\varnothing_{\text{exp } ji} = \frac{\varnothing_{1ji} + \varnothing_{2ji} + \dots + \varnothing_{nji}}{n_{ji}},$$

де j – номер плити;

i - номер стержня;

$$a_{d \ \text{exp } 1} = \frac{13,15 + 8,85 + 4,25}{3} = 8,75 \text{ мм};$$

$$\varnothing_{\text{exp } 11} = \frac{-5,3 + (-3,88) + (-7,22)}{6} = -5,467\text{мм.}$$

Обробка результатів досліджень (табл. 3.17) роботи приладу у третьому режимі:

- I. Середня абсолютна похибка для чотирьох зразків:

$$\Delta a_{cp} = \pm \frac{\Delta a_{d \text{ exp } 1} + \Delta a_{d \text{ exp } 2} + \dots + \Delta a_{d \text{ exp } n}}{n} = \frac{8,75 + 7,11 + 8,29 + 0,45}{4} = 6,15 \text{ мм};$$

$$\Delta_{cp} = \pm \frac{\Delta_{\text{exp } 1} + \Delta_{\text{exp } 2} + \dots + \Delta_{\text{exp } n}}{n} = \frac{5,467 + 7,113 + 6,983 + 16,88}{4} = 9,11 \text{ мм}.$$

Таблиця 3.17 – Зведена таблиця даних дослідження плит в третьому режимі

№ плити	№ стержня	Фактичний діаметр арматури, мм	Фактична величина захисного шару а, мм	Середнє значення $a_{\text{exp } j_i} / \varnothing_{\text{exp } j_i}$, мм	Величина відхилення a_d j_i / Δ_{j_i} , мм	Середня величина відхилення a_d $\text{exp } j_i / \Delta_{\text{exp } j_i}$, мм
Плита №1	1	10	25	6,85	13,15	8,75/ -5,467
				15,3	-5,3	
	2	16	28	11,15	8,85	
				19,88	-3,88	
	3	20	30	15,75	4,25	
				27,22	-7,22	
Плита №2	1	10	10	2,7	2,3	7,110/ -7,113
				18,02	-8,02	
	2		15	5,52	4,48	
				16,57	-6,57	
	3		35	15,45	14,55	
				16,75	-6,75	
Плита №3	1	16	18	11,35	-1,35	8,290/ -6,983
				20,78	-4,78	
	2		24	13,73	2,27	
				22,47	-6,47	
	3		48	16,05	23,95	
				25,7	-9,7	
Плита №4	1	20	20	13,98	-3,98	-0,450/ -16,880
				30,58	-10,58	
	2		30	31,45	-11,45	
				34,53	-14,53	
	3		60	35,92	14,08	
				45,53	-25,53	

II. Середня імовірна похибка (середньоквадратичне відхилення)

$$\begin{aligned} \Delta a_{im} &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(\Delta a_{d1})^2 + (\Delta a_{d2})^2 + \dots + (\Delta a_{dn})^2}{n(n-1)}} = \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(13,15)^2 + (8,85)^2 + (4,25)^2 + (2,3)^2 + (4,48)^2 + (14,55)^2}{6 \cdot (6-1)}} + \\ &+ \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(1,35)^2 + (2,27)^2 + (23,95)^2 + (-3,98)^2 + (-11,45)^2 + (14,08)^2}{6 \cdot (6-1)}} = 2,195 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\Delta_{im} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(\Delta_1)^2 + (\Delta_2)^2 + \dots + (\Delta_n)^2}{n(n-1)}} =$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(-5,3)^2 + (-3,88)^2 + (-7,22)^2 + (-8,02)^2 + (-6,57)^2 + (-6,75)^2}{6 \cdot (6-1)}} +$$

$$+ \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(-4,78)^2 + (-6,47)^2 + (-9,7)^2 + (-10,58)^2 + (-14,53)^2 + (-25,53)^2}{6 \cdot (6-1)}} = 2,157 \text{ мм};$$

III. Середня відносна похибка(по плитах №2,3,4):

$$\varepsilon_{31} = \frac{\Delta a_{cp}}{a_{cp}} \cdot 100\% = \frac{6,15}{28,58} \cdot 100\% = 21,52\% ;$$

$$\varepsilon_{32} = \frac{\Delta d_{cp}}{d_{cp}} \cdot 100\% = \frac{9,11}{15,33} \cdot 100\% = 59,43\% .$$



Рисунок 3.3 – Відхилення показів приладу зі збільшенням глибини залягання арматури в третьому режимі роботи пошуку захисного шару бетону при двох невідомих

Аналізуючи графіки залежностей величини відхилення показів приладу від величини товщини захисного шару (рис. 3.3...3.4), можна зробити висновок, що в цьому режимі роботи єдиної чіткої залежності немає.

Отже, середня відносна похибка приладу у третьому режимі роботи, згідно даних, отриманих у дослідях становить:

- для пошуку захисного шару бетону - 21,52%;
- для пошуку діаметру закладеної арматури - 59,43%.



Рисунок 3.4 – Відхилення показів приладу зі збільшенням глибини залягання арматури в третьому режимі роботи при величині діаметру арматури

3.3.3 Статистична обробка даних

Розраховуємо розмах значень a_{ji} та \emptyset_{ji} :

$$W_{cj} = a_{ji \max} - a_{ji \min} = 7,7 - 5,3 = 2,4 \text{ мм};$$

$$W_{cj} = \emptyset_{ji \max} - \emptyset_{ji \min} = 17,1 - 14,2 = 2,9 \text{ мм}.$$

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

$$S_m = W_{cj} / d = 2,4 / 2,5 = 0,96 \text{ мм};$$

$$S_m = W_{cj} / d = 2,9 / 2,5 = 1,16 \text{ мм}.$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = S_m / a_{\text{exp } ji} = 0,96 / 6,85 = 0,14;$$

$$V = S_m / \emptyset_{\text{exp } ji} = 1,16 / 15,3 = 0,0768.$$

Гарантований діаметр арматури з коефіцієнтом забезпечення $g = 0,95$:

$$a_{\text{ст } ji} = a_{\text{exp } ji} (1 - 1,64V) = 6,85 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,14) = 5,276 \text{ мм};$$

$$\emptyset_{\text{ст}} = \emptyset_{\text{exp } ji} (1 - 1,64V) = 15,3 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,0768) = 13,398 \text{ мм}.$$

Результати статистичної обробки даних по кожному стержню зібрані у зведеній таблиці результатів обробки статистичних даних по третьому режимі роботи (табл. 3.18)

Таблиця 3.18 – Зведена таблиця результатів обробки статистичних даних величин товщини захисного шару бетону та величини діаметру арматури

№ плити	№ стержня	Середнє значення з врахування похибки приладу $a_{\text{exp } ji} / \emptyset_{\text{exp } li}$, мм	Фактична товщина захисного шару а, по ГОСТ 2290-78 / діаметр арматури \emptyset , мм	Результат статистичної обробки, $a_{\text{ст } ji} / \emptyset_{\text{ст } ji}$, мм
1	2	3	4	5
Плита №1	Стержень №1, а = 20, \emptyset 10	$6,85 \pm 2,195$	25	5,276
		$15,3 \pm 2,157$	10	13,398
	Стержень №2, а = 20, \emptyset 16	$11,15 \pm 2,195$	28	9,510
		$19,88 \pm 2,157$	16	16,600
	Стержень №3, а = 20, \emptyset 20	$15,75 \pm 2,195$	30	13,192
		$27,22 \pm 2,157$	20	24,990
Плита №2	Стержень №1, а = 5, \emptyset 10	$2,70 \pm 2,195$	10	2,110
		$18,02 \pm 2,157$	10	17,561
	Стержень №2, а = 10, \emptyset 10	$5,52 \pm 2,195$	15	4,798
		$16,57 \pm 2,157$	10	15,980
	Стержень №3, а = 30, \emptyset 10	$15,45 \pm 2,195$	35	15,056
		$16,75 \pm 2,157$	10	16,094
Плита №3	Стержень №1, а = 10, \emptyset 16	$11,35 \pm 2,195$	18	10,104
		$20,78 \pm 2,157$	16	20,255
	Стержень №2, а = 16, \emptyset 16	$13,73 \pm 2,195$	24	13,140
		$22,47 \pm 2,157$	16	20,961

Продовження таблиці 3.18

1	2	3	4	5
	Стержень №3, a =40, Ø16	16,05 ± 2,195	48	15,525
		25,7 ± 2,157	16	25,175
Плита №4	Стержень №1, a =10, Ø20	13,98 ± 2,195	20	13,258
		30,58 ± 2,157	20	29,990
	Стержень №2, a =20, Ø20	31,45 ± 2,195	30	30,072
		34,53 ± 2,157	20	33,087
	Стержень №3, a =50, Ø20	35,92 ± 2,195	60	35,198
		45,53 ± 2,157	20	42,250

3.4 Дослідження роботи приладу ИПА-МГ4 з врахуванням віку бетону

3.4.1 Статистична обробка та аналіз даних, отриманих у першому режимі роботи

Експериментальні зразки плит були досліджені 3 рази: у віці бетону 7 днів; у віці 14 днів та у віці 28 днів.

Усі дані пройшли статистичну обробку та задокументовані у таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Зведена таблиця даних, отриманих в режимі пошуку захисного шару бетону з врахуванням віку бетону

№ плити	№ дослідження Вік бетону	№ стержня, Ø, мм	1	2	3	4	5	6	Сер. знач., мм	Сер. стат. знач., мм	Відх. від показу 28-денного віку, %
			4	5	6	7	8	9			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Пл	7 днів	Ст. №1, Ø10	23.9	24.1	23.8	24.3	24.5	24	24.10	22.952	0,276
	14 днів	Ст. №1, Ø10	23.8	24.1	23.8	24.1	24.6	24.1	24.08	22.771	0,345
	28 днів	Ст. №1, Ø10	23.9	24.2	23.9	24.3	24.6	24.1	24.17	23.019	-
	7 днів	Ст. №2, Ø16	26.1	27.1	26.9	26.4	26.5	27.2	26.70	24.896	0
	14 днів	Ст. №2, Ø16	26.1	27.2	26.8	26.6	26.3	27.1	26.68	24.879	0,062
	28 днів	Ст. №2, Ø16	26.1	27	26.9	26.5	26.6	27.1	26.70	25.06	-

Продовження таблиці 3.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7 днів	Ст. №3, Ø20	26.1	26.6	27.2	27.4	26.6	27.2	26.85	24.718	0,062
	14 днів	Ст. №3, Ø20	26.1	26.7	27.3	27.4	26.5	27.2	26.87	24.735	0
	28 днів	Ст. №3, Ø20	26.1	26.8	27.2	27.5	26.5	27.1	26.87	24.571	-
Плита	7 днів	Ст. №1, Ø10	9.7	9.7	9.8	10.2	10.1	9.9	9.90	9.08	0
	14 днів	Ст. №1, Ø10,	9.8	9.7	9.9	10.2	10	9.8	9.90	9.08	0
	28 днів	Ст. №1, Ø10,	9.8	9.6	9.9	10.2	10.1	9.8	9.90	8.916	-
	7 днів	Ст. №2, Ø10,	14.7	14.6	14.7	14.8	14.7	14.6	14.68	14.355	0,113
Плита №2	14 днів	Ст. №2, Ø10	14.8	14.7	14.5	14.7	14.8	14.7	14.70	14.208	0
	28 днів	Ст. №2, Ø10	14.8	14.6	14.5	14.8	14.7	14.8	14.70	14.208	-
	7 днів	Ст. №3, Ø10	33.7	33.9	34.1	33.8	34.1	34.1	33.95	33.294	0,197
	14 днів	Ст. №3, Ø10	33.6	33.8	34.1	33.7	34	34.1	33.88	33.063	0
	28 днів	Ст. №3, Ø10	33.6	33.9	34	33.7	34.1	34	33.88	33.063	-
Плита №3	7 днів	Ст. №1, Ø16	17.9	18.1	18	17.9	18.2	18.1	18.03	17.541	0,464
	14 днів	Ст. №1, Ø16	17.8	18	18	17.8	18.1	18	17.95	17.458	0
	28 днів	Ст. №1, Ø16	17.8	17.9	18.1	17.9	18.2	18.1	18.00	17.344	-
	7 днів	Ст. №2, Ø16	23.7	23.8	23.8	23.9	24	23.9	23.85	23.358	0
	14 днів	Ст. №2, Ø16	23.8	23.7	23.7	23.8	24	23.8	23.80	23.308	0,21
	28 днів	Ст. №2, Ø16	23.8	23.7	23.8	23.9	24.1	23.8	23.85	23.194	-
	7 днів	Ст. №3, Ø16	48.2	48.3	48.2	48.2	48.1	48.3	48.22	47.889	0,035
	14 днів	Ст. №3, Ø16	48	48.2	48.1	48.1	48.2	48.2	48.13	47.805	0,138
	28 днів	Ст. №3, Ø16	48.1	48.3	48.2	48.1	48.2	48.3	48.20	47.872	-
Плита №4	7 днів	Ст. №1, Ø20	19.7	19.5	19.4	19.6	19.6	19.6	19.57	19.075	0
	14 днів	Ст. №1, Ø20	19.8	19.4	19.4	19.7	19.5	19.7	19.58	18.927	0,85
	28 днів	Ст. №1, Ø20	19.7	19.5	19.4	19.7	19.5	19.6	19.57	19.075	-

Продовження таблиці 3.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7 днів	Ст. №2, Ø20	28.2	28.7	28.3	28.6	28.7	28.5	28.50	27.680	0,117
	14 днів	Ст. №2, Ø20	28.1	28.6	28.2	28.5	28.5	28.5	28.40	27.580	0,234
	28 днів	Ст. №2, Ø20	28.1	28.7	28.2	28.5	28.7	28.6	28.47	27.483	-
	7 днів	Ст. №3, Ø20	61.2	61	61.1	61.2	60.9	60.9	61.05	60.558	0,055
	14 днів	Ст. №3, Ø20	61.1	61.2	61.1	61.2	60.8	61	61.07	60.411	0,027
	28 днів	Ст. №3, Ø20	61.2	61.1	61	61.3	60.9	61	61.08	60.427	-
Середнє значення = $\sum / n = 2,3512 / 36$											0,065

Отже середній відсоток відхилення показів приладу із дозріванням бетону становить 0,065 %.

3.4.2 Статистична обробка та аналіз даних, отриманих у другому режимі роботи

Експериментальні зразки плит були досліджені 3 рази: у віці бетону 7 днів; у віці 14 днів та у віці 28 днів.

Усі дані пройшли статистичну обробку, та задокументовані у таблиці 3.20.

Отже середній відсоток відхилення із набором міцності бетону -0,376 %.

Таблиця 3.20 – Зведена таблиця даних, отриманих в режимі пошуку величини діаметру арматури з врахуванням віку бетону

№ плити	№ дослідження Вік бетону	№ стержня, а, мм	1	2	3	4	5	6	Сер. знач., мм	Сер. стат. знач., мм	Відх. від показу 28-денного віку, %
			4	5	6	7	8	9			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Плита	7 днів	Ст. №1, 20	11.2	10.9	10.8	11	11	11.1	11.00	10.344	0.452
	14 днів	Ст. №1, 20	11.2	10.9	10.9	11.1	11.1	11.1	11.05	10.558	0.000

Продовження таблиці 3.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	28 днів	Ст. №1, 20	11.3	10.8	10.9	11.1	11	11.2	11.05	10.230	0.000
	7 днів	Ст. №2, 20	18.3	17.9	17.9	17.6	17.6	17.8	17.85	16.702	0.000
	14 днів	Ст. №2, 20	18.3	17.8	18	17.5	17.6	17.7	17.82	16.505	0.187
	28 днів	Ст. №2, 20	18.4	17.9	18	17.6	17.5	17.7	17.85	16.374	0.000
	7 днів	Ст. №3, 20	22.6	21.2	22.2	22.1	21.7	21.3	21.85	19.554	0.000
	14 днів	Ст. №3, 20	22.5	21	22.1	22.2	21.8	21.5	21.85	19.390	0.000
	28 днів	Ст. №3, 20	22.5	21	22.2	22.1	21.8	21.5	21.85	19.390	0.000
Плита №2	7 днів	Ст. №1, 5	15.6	15.5	15.2	15.3	15.2	15.6	15.40	14.744	0.326
	14 днів	Ст. №1, 5	15.5	15.6	15.1	15.2	15.2	15.1	15.28	14.463	0.434
	28 днів	Ст. №1, 5	15.5	15.5	15	15.2	15.3	15.6	15.35	14.366	0.000
	7 днів	Ст. №2, 10	11.5	11.1	11.1	11.6	11.5	11.2	11.33	10.513	0.875
Плита №2	14 днів	Ст. №2, 10	11.6	11.1	11.2	11.7	11.4	11.6	11.43	10.449	0.000
	28 днів	Ст. №2, 10	11.6	11	11.3	11.8	11.5	11.4	11.43	10.121	
	7 днів	Ст. №3, 30	9.9	9.7	9.6	9.6	9.8	9.6	9.70	9.208	0.683
	14 днів	Ст. №3, 30	9.9	9.6	9.4	9.6	9.5	9.7	9.62	8.797	1.536
	28 днів	Ст. №3, 30	9.8	9.8	9.7	9.7	9.8	9.8	9.77	9.603	0.000
Плита	7 днів	Ст. №1, 10	15.2	17.2	16.6	17.1	16.2	16.2	16.42	13.137	0.101
	14 днів	Ст. №1, 10	15.1	17.1	16.6	17.2	16.3	16.3	16.43	12.989	0.000
	28 днів	Ст. №1, 10	15.1	17	16.7	17.1	16.2	16.3	16.40	13.120	0.000
	7 днів	Ст. №2, 16	17.7	17.2	16.2	16.7	18.2	18.1	17.35	14.070	0.287
	14 днів	Ст. №2, 16	17.8	17.1	16.2	16.7	18.3	18.2	17.38	13.939	0.096
	28 днів	Ст. №2, 16	17.8	17.2	16.3	16.8	18.3	18	17.40	14.120	0.000
	7 днів	Ст. №3, 40	17.3	18.3	15.1	17.9	17.5	17.5	17.27	12.019	0.193
	14 днів	Ст. №3, 40	17.8	18.4	15.2	17.7	17.7	17.5	17.38	12.135	0.482

Продовження таблиці 3.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	28 днів	Ст. №3, 40	17.6	18.4	15	17.7	17.6	17.5	17.30	11.724	0.000
Плита №4	7 днів	Ст. №1, 10	21	21.6	22.1	21.5	21.7	21.5	21.57	19.763	0.077
	14 днів	Ст. №1, 10	21.2	21.7	22.1	21.6	21.6	21.6	21.63	20.157	0.232
	28 днів	Ст. №1, 10	21.3	21.7	22	21.5	21.6	21.4	21.58	20.435	0.000
	7 днів	Ст. №2, 20	17.2	18.2	18.1	17.8	17.5	18.3	17.85	16.046	0.093
	14 днів	Ст. №2, 20	17.3	18.1	18	17.6	17.6	18.2	17.80	16.324	0.187
	28 днів	Ст. №2, 20	17	18	18.2	17.9	17.8	18.1	17.83	15.865	0.000
	7 днів	Ст. №3, 50	20.3	23.4	21.4	21.5	20.5	20.3	21.23	16.149	0.000
	14 днів	Ст. №3, 50	20.3	23.2	21.3	21.3	20.4	30.2	22.78	6.547	7.300
	28 днів	Ст. №3, 50	20.3	23.1	21.4	21.6	20.6	20.4	21.23	16.641	0.000
	Середнє значення = $\sum / n = 13,54 / 36$										

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що найкраще прилад працює в режимі пошуку величини захисного шару бетону при відомому діаметрі арматури – похибка 2,7%; в режимі пошуку величини діаметру арматури при відомому захисному шарі працює з похибкою 8,17%; в режимі одночасного пошуку величин захисного шару і діаметру арматури при двох невідомих працює з похибкою 21,52% та 59,83% відповідно, що свідчить про недостовірність цих даних.

2. Провівши статистичну обробку даних, встановлено, що вони цілком співпадають із точністю роботи приладу у першому та другому режимі роботи, при цьому третій режим роботи дає недостовірні дані.

3. Встановлено, що вік бетону, починаючи з 7 діб, не впливає на покази приладу ИПА-МГ4. Середній відсоток відхилення в режимах роботи при відомій товщині захисного шару і при відомій величині діаметру арматури становить менше 2,02% та 0,5% відповідно.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Безпека праці в Україні. Основні законодавчі та нормативно-правові акти про охорону праці

В основі всіх нормативно-правових актів про охорону праці в Україні лежить Конституція України.

Згідно з Законом України “Про охорону праці” (далі – Законом) (ст.4) визначені основні напрямки реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров’я в процесі трудової діяльності:

- пріоритет життя і здоров’я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань та інші.

Іншим важливим законом в галузі охорони праці є Кодекс законів про працю, що регулює трудові відносини між працівником і роботодавцем. Відповідно до даного Кодексу права працівників на охорону праці під час трудової діяльності охороняються всебічно.

На сьогодні в Україні існує велика кількість нормативно-правових актів з охорони праці. До них відносяться, згідно зі ст. 27 Закону: правила, норми, положення, стандарти, регламенти, інструкції та інші документи, обов’язкові до виконання. Зазначимо, що вище сказані нормативно-правові акти повинні регулярно переглядатися – не рідше одного разу на десять років.

До нормативно-правових актів, що діють, наприклад, в будівництві, включають:

- нормативно-правові акти, що поширюються на декілька видів економічної діяльності;
- нормативно-правові акти, що поширюються на будівництво;
- нормативно-правові акти, що поширюються на вироблення електроенергії, газу, тепла;
- охорона надр.

Крім вище наведених нормативно-правових актів охорона праці в будівництві регламентована державними будівельними нормами – ДБН, основними з яких є:

- ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва;
- ДБН А.3.2-2-2009. ССБТ. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення;
- ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки.

Згідно із ст.13 Закону роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а також зобов'язаний створити на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення цих вимог. У свою чергу працівник зобов'язаний знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей, проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди (ст.14). Працівник несе особисту відповідальність за порушення зазначених вимог.

Достойна праця – безпечна праця. Міжнародний досвід засвідчує, що вдосконалення законів в охороні праці та методів забезпечення безпеки праці, боротьба з травматизмом, крім гуманістичного характеру, має ще й чітко виражений економічний аспект. Безпека праці виступає одним із важливих факторів, які забезпечують високу продуктивність праці та безпосередньо впливає на підвищення ефективності виробництва.

4.1.2 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ГНТУ ім. Івана Пулюя

Правила з охорони праці і техніки безпеки пов'язанні з особливостями роботи в лабораторії та спрямовані на попередження небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основні вимоги під час роботи в лабораторії та правила техніки безпеки такі:

- студенти допускаються до роботи в лабораторії тільки після інструктажу з техніки безпеки, що підтверджується підписом студента і викладача, що проводив інструктаж в спеціальному журналі. Студенти, які пройшли інструктаж повинні строго дотримуватися правил техніки безпеки;
- робота студентів в лабораторії дозволяється в години, відведені за розкладом, а також в додатковий час, узгоджений з викладачем під наглядом викладача;
- працювати в лабораторії потрібно тільки в халатах та рукавицях. Без спецодягу працювати студенту не дозволяється;
- в приміщенні лабораторії зберігати порядок та чистоту;
- не допускається загроможувати вхід (вихід) будь-якими предметами, матеріалами чи обладнанням;
- не дозволяється покидати робоче місце під час проведення досліду та залишати без нагляду увімкненні прилади та обладнання;
- ручний інструмент (молотки, гайкові ключі, плоскогубці, викрутки) використовувати тільки за призначенням;
- при роботі з бетонозмішувачем:
 - 1) перед початком роботи обов'язково перевірити справність заземлення;
 - 2) забороняється вивантажувати бетонну суміш з барабану на ходу;
 - 3) після закінчення роботи бетонозмішувач відключити від електромережі, а барабан – очистити від залишків бетонної суміші (воду із цементним розчином забороняється виливати в побутову каналізацію);

- після роботи розкласти всі інструменти та прилади по своїх місцях, виключити все електрообладнання, прибрати робоче місце, очистити від пилу та бруду спецодяг та винести будівельне сміття.

4.1.3 Електробезпека при роботі з бетономішалкою

Порушення правил техніки безпеки при використанні технологічного обладнання, електроустановок та безпосередній контакт з струмовідвідними частинами обладнання, що знаходяться під напругою, створює небезпеку ураження електричним струмом. Під час роботи з електроустановками потрібно дотримуватись вимог НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Бетономішалка є обладнанням підвищеної небезпеки. Користуючись бетономішалкою, щоб не наражатися на небезпеку ураження струмом, травми або виникнення пожежі, слід суворо дотримуватися таких основних правил техніки безпеки:

- перед включенням слід перевірити, чи відповідає напруга живлення бетономішалки мережевій напрузі, справність кабелю, вилки і розетки, в разі несправності цих частин подальша експлуатація забороняється;
- при роботі з бетономішалкою у вологих місцях обов'язково використовувати гумові рукавиці та спеціальне взуття;
- забороняється працювати з бетономішалкою під час дощу, вода, що потрапила в бетономішалку, значно підвищує ризик ураження струмом;
- електрошнур бетономішалки потрібно тримати подалі від високої температури, масляних рідин, гострих граней або рухомих частин, забороняється тягнути за шнур при витягуванні вилки з розетки;
- при використанні бетономішалки поза приміщенням потрібно використовувати спеціальні електроподовжувачі.

4.1.4 Вплив цементу і цементного пилу на організм людини

Бетон – найпоширеніший штучний будівельний матеріал, який за своїм складом абсолютно не шкідливий для здоров'я людини. Але цемент, що слугує в'язучим компонентом бетону, негативно впливає на організм людини. Шкідлива дія цементу – виникає, в першу чергу, під час виробництва даного неорганічного в'язучого на цементних заводах, а також під час приготування бетонної суміші на спеціалізованих підприємствах або безпосередньо на будівельному майданчику.

До складу цементу зазвичай входять домішки, які являють собою різні хімічні сполуки, що і визначають, в значній мірі, шкідливу дію на організм людини. При роботі з цементом завжди виникає пил, що піднімається в повітря.

Пил проникає в організм людини з повітрям. Подразнюючи слизову оболонку дихальних шляхів, цементний пил викликає біль, сухість в носі і горлі, у людини з'являється кашель. При тривалій подразнюючій дії пилу слизова оболонка дихальних шляхів поступово тоншає, стає сухою і втрачає здатність затримувати пил. Цементний пил при попаданні в бронхи викликає зміну легеневої тканини, що, у свою чергу, приводить до необоротних функціональних змін легенів – пневмоконіозу.

Дія пилу на шкірний покрив зводиться в основному до механічного подразнення. Внаслідок чого виникає невелике свербіння, неприємне відчуття, може з'явитися почервоніння і деяка припухлість шкірного покриву, що свідчить про запальний процес.

Пилінки можуть проникати в пори потових і сальних залоз, закупорюючи їх і тим самим ускладнюючи їх функції. Це призводить до сухості шкірного покриву, іноді з'являються тріщини, висипи. Мікроби, що потрапили разом з пилом, можуть розвиватися в закупорених протоках сальних залоз, викликаючи гнійні захворювання. Закупорювання потових залоз пилом в умовах гарячого цеху сприяє зменшенню потовиділення і тим самим ускладнює терморегуляцію.

Пил цементу, осідаючи на слизовій оболонці очей, подразнює її, викликає сльозотечу і свербіж. При довготривалій дії пилу може розвинути запальний

процес слизових оболонок - кон'юнктивіт, який виражається в почервонінні, слезотечі, іноді припухлості і нагноєнні. У важких випадках може ушкодитись рогівка ока.

Цементний пил вважається канцерогенною речовиною і може викликати рак горла. Дослідження показали, що у робітників, зайнятих на виробництві цементу і в будівельній індустрії, зазвичай підвищена захворюваність раком горла.

Проаналізувавши все вище сказане, однозначно, існує шкода цементу і цементного пилу на здоров'я людини. Щоб зменшити негативний вплив цементного пилу на організм людини, потрібно дотримуватися таких основних заходів з техніки безпеки:

- рекомендується працювати в спеціальному захисному одязі, рукавицях, окулярах та респіраторях;
- виробничі цехи мають бути обладнані пиловловлюючими пристроями, потужною вентиляцією, а також має проводитись щоденне вологе прибирання;
- працівники цементного виробництва повинні проходити регулярне медичне обстеження;
- рекомендовано в домашніх умовах проводити тепло-вологі інгаляції розчину солі, соди і масляні інгаляції;
- щоб зменшити шкідливий вплив на шкіру, очі та горло, після роботи необхідно приймати теплий душ з милом, промивати очі та ополіскувати горло.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час

Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства, зокрема підприємств будівельної галузі, у воєнний час – одна із основних задач цивільної оборони України. Могутність країни базується на стійкій економіці. В сучасних

умовах, коли науково-технічний прогрес у всіх сферах виробництва досяг небачених масштабів і привів до створення зброї масового ураження, в разі розгортання великомасштабної війни основні промислові центри і райони будуть головною ціллю для знищення зі сторони противника. Адже виведення економіки з ладу може призвести до того, що країна не зможе стояти на оборонні своїх кордонів та підтримувати життєдіяльність населення. На сьогодні, через бойові дії на сході України (Війни на Донбасі), проблема підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі стоїть як ніколи гостро.

Будівництво – найбільш матеріалоемна галузь народного господарства, яка призначена для введення в дію нових, а також реконструкції, розширення, ремонту і технічного переозброєння діючих об'єктів виробничого та невиробничого призначення. Воно виконує важливі соціально-економічні функції, пов'язані із забезпеченням якості життя населення та інфраструктурного облаштування територій населених пунктів.

Будівельне підприємство - це підприємство, яке діє в сфері будівництва і здійснює наукові, експериментальні, вишукувальні та проектні роботи, видобуток сировинних ресурсів і їх переробку, виготовлення матеріалів, виробів і конструкцій, зведення всіх видів будівель і споруд, транспортне обслуговування. Діяльність будівельних підприємств забезпечується наявністю в їх розпорядженні необхідних ресурсів: людських, фінансових, матеріальних, енергетичних, за допомогою яких створюється продукція. Одним з основних показників виробничо-господарської діяльності будівельного підприємства є продукція будівельного підприємства - це матеріальні цінності, створені в результаті діяльності будівельного підприємства. Продукція може ставитися до категорії «кінцевої» (закінчені і здані в експлуатацію будівлі і споруди) або до «проміжної» - виробу підприємств будіндустрії, окремі види робіт, частини будівель і ін.

Будівництво як галузь економіки бере участь у створенні основних фондів (будівель та споруд) для всіх галузей національного господарства, тобто створює умови для виробничого процесу. Вона є своєрідним локомотивом економіки і здатна впливати як на розвиток супутніх будівництву виробництв, так і на всі інші

сторони життєдіяльності суспільства, в тому числі і соціальні. Тому досить важливо підвищувати стійкість роботи підприємств будівельної галузі.

Під стійкістю роботи підприємств будівельної галузі розуміють їх здатність за умов дії надзвичайних ситуацій виробляти продукцію в запланованих обсязі та номенклатурі, а при одержанні слабких чи середніх руйнувань чи порушенні постачання сировини відновлювати своє виробництво в мінімально короткі терміни. Щоб забезпечити нормальну роботу під час війни промислових об'єктів будівництва, скоротити можливі матеріальні втрати, необхідно ще в мирний час виконати великий комплекс різних заходів, які забезпечили б їхнє функціонування. Ці заходи спрямовані на зниження можливих втрат і руйнувань від сучасних засобів ураження і створення умов для нормальної роботи підприємств як у воєнний, так і в мирний час.

На стійкість роботи об'єктів будівництва впливають такі фактори:

- надійність захисту робітників від дії вражаючих факторів, що виникають під час надзвичайних ситуацій;
- здатність будівельного комплексу протистояти дії вражаючих факторів;
- надійність систем постачання об'єкта сировинною для виробництва певного виду продукції;
- стійкість системи управління виробництвом та цивільною обороною в надзвичайних ситуаціях;
- готовність об'єкта до проведення рятувальних дій або робіт по відновленню виробництва;
- захищеність об'єкта від дії вторинних вражаючих факторів.

При вирішенні проблеми підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі, а також інших об'єктів народного господарства, керуються єдиними принциповими положеннями:

- завчасне проведення заходів цивільного захисту, спрямованих на зниження можливих втрат та руйнувань у разі застосування зброю противника

зброї масового ураження і на створення умов для швидкого відновлення виробництва після часткового руйнування;

- комплексний підхід в розробці і здійсненні заходів для всіх напрямків діяльності підприємства;
- узгодження цих заходів з територіальними і військовими органами управління.

Заходи з підвищення стійкості плануються з урахуванням місцевих умов, ступеня важливості об'єкта, його географічного положення, економічної доцільності проведення заходів. На мирний час планують, в основному, трудомісткі заходи, які потребують значних матеріальних витрат і часу, а на період загрози виникнення НС – такі заходи, які не потребують значних затрат часу чи проведення яких не є доцільним при нормальному функціонуванні. Також при проведенні заходів з ЦЗ потрібно враховувати і внутрішні фактори, що впливають на стійкість: розмір виробництва, виду продукції, що випускається, чисельність працівників, рівень їх дисциплінованості і компетентності, особливості технології виробництва, системи постачання виробництва сировиною, технічною і питною водою, газо- та електроенергією.

З урахуванням розглянутих вище факторів виділяють такі основні шляхи і способи підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі:

- забезпечення надійного захисту робітників і службовців:
 - 1) укриття робітників і службовців, які продовжують роботу на об'єкті у воєнний час;
 - 2) проведення евакуації робітників, службовців і членів їх сімей та забезпечення їх життєдіяльності;
 - 3) використання індивідуальних засобів захисту;
- захист основних виробничих фондів об'єкта від поразки:
 - 1) підвищення певною мірою опірності будівель, споруд впливу ударної хвилі, світлового випромінювання;
 - 2) укриття найбільш уразливого обладнання в захисних пристроях (шатрах, камерах, конусах і ін.);

- 3) часткову зміну технології виробництва;
- 4) вивезення в безпечні райони надлишків горючих речовин;
- забезпечення сталого постачання об'єкта всім необхідним для

виробництва:

- 1) підвищення надійності роботи транспорту;
- 2) підготовка паливно-енергетичного господарства до роботи у воєнний час;
- 3) підготовка обладнання для роботи на кількох видах палива;
- 4) розосередження запасів найбільш уразливого обладнання, приладів,

сировини;

- 5) встановлення виробничих контактів з дублерами постачальниками, необхідних для безперебійної роботи об'єкта;

- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом:

- 1) створення об'єктового і заміського пункту управління;
- 2) прокладка підземних кабельних ліній зв'язку до всіх елементів об'єкта;
- 3) створення оперативних змін управління для основного і заміського

пунктів управління;

- підготовка до виконання робіт по відновленню об'єкта у воєнний час:

- 1) планування відновлювальних робіт за кількома варіантами;
- 2) підготовка ремонтних бригад;
- 3) створення необхідного запасу матеріалів і обладнання, надійний його

захист;

- 4) створення страхового фонду технічної документації.

Кожен шлях містить кілька способів підвищення стійкості роботи підприємства, які, в свою чергу, містять кілька заходів ЦЗ або доповнюються ними. Наведені вище шляхи підвищення стійкості підприємств будівельної галузі реалізуються за допомогою затверджених норм з ЦЗ прийнятих і обов'язкових до виконання для всіх об'єктів усіх галузей виробництва не залежно від форм власності і підпорядкування. Норми ЦЗ призначені для:

- захисту і зниження ймовірних втрат серед населення;

- зменшення рівня руйнувань основних фондів виробництва;
- підвищення стійкості роботи об'єкта і галузей виробництва;
- забезпечення умов для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розробки плану проведення рятувальних робіт в осередках ураження в

повному обсязі та в максимально короткі терміни.

Контроль за виконанням вимог згаданих норм покладається на Управління та відділи з питань надзвичайних ситуацій.

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. Сфера будівництва – це зона підвищеної небезпеки, що потребує особливої уваги при спостереженні за виконанням заходів охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного огляду літературних джерел в сфері обстеження та діагностики стану будівельних конструкцій встановлено, що використання при цьому методів неруйнівного контролю є перспективним і сучасним напрямом, що потребує подальшого широкого впровадження й додаткового вивчення.

2. Розроблено програму та методику експериментальних досліджень параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю, що базуються на магнітному методі, які дозволили в повній мірі виконати поставлену мету та задачі досліджень. Проведено дослідження експериментальних зразків приладом ИПА-МГ4.

3. Встановлено, що найкраще прилад працює в режимі пошуку величини захисного шару бетону при відомому діаметрі арматури – похибка 2,7%; в режимі пошуку величини діаметру арматури при відомому захисному шарі працює з похибкою 8,17%; в режимі одночасного пошуку величин захисного шару і діаметру арматури при двох невідомих працює з похибкою 21,52% та 59,83% відповідно, що свідчить про недостовірність цих даних.

4. Провівши статистичну обробку даних, встановлено, що вони цілком співпадають із точністю роботи приладу у першому та другому режимі роботи, при цьому третій режим роботи дає недостовірні дані, які не можуть бути використані на практиці.

5. Встановлено, що вік бетону, починаючи з 7 діб, не впливає на покази приладу ИПА-МГ4. Середній відсоток відхилення в режимах роботи при відомій товщині захисного шару і при відомій величині діаметру арматури становить менше 2,02% та 0,5% відповідно.

6. Магнітний метод неруйнівного контролю приладом ИПА-МГ4 дає достовірні дані, що можуть застосовуватись при встановленні захисного шару бетону, чи величини діаметру арматури, взаємовиключаючи одне одного, у конструкціях, які знаходяться на стадії експлуатації і не можуть бути досліджені в лабораторних умовах.

БІБЛІОГРАФІЯ:

1. Барашиков А.Я. Оценка технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений / Барашиков А.Я., Малышев А.Н. // К.: Віпол, 1998. – 232 с.
2. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будинків та споруд: Навчальний посібник. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2008. – 108 с.
3. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
4. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт и усиление несущих и ограждающих строительных конструкций и оснований промышленных зданий и сооружений. – К.: Госкомстрой Украины, 2002. – 80 с.
5. 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.
6. Шагин А.Л. Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров // Учебное пособие для строительных специализированных вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 352 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Київ: Мінбуд України, 1996. – 22 с.
8. Кравцов А.И. Ультразвуковой контроль прочности бетона. – Оренбург, 2000. – 27 с.
9. Царьков А.О. Электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / А.О. Царьков // Москва., ВНИИЖТ, 2010. – 24 с.

10. Чернуха Н.А. Контроль качества железобетонных конструкций при обследовании зданий. Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". №2 (7), 2013. С 62 – 70.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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).

16. 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.

17. 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.

18. 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).

19. 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).

20. 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.

21. 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.