

Київський національний університет будівництва та архітектури
Міністерство освіти та науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШАРИКІНА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 69.059.2

ДИСЕРТАЦІЯ
ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

192 – Будівництво та цивільна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Н.В. Шарикіна

Науковий керівник: **Молодід Олександр Станіславович**, доктор технічних наук, доцент

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Шарикіна Н. В. Технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України. Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню задачі відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій, у тому числі і на нижніх поверхнях пролітних конструкцій, яка вирішується шляхом формування високорухливої ремонтної суміші в опалубку конструкцію.

У проаналізованих наукових працях здебільшого розглянуті способи ремонту захисних шарів залізобетонних конструкцій горизонтальних (підлогових) та вертикальних (бокових) поверхонь. При цьому відновлення нижніх поверхонь пролітних конструкцій пропонується виконувати торкретуванням, ручним нанесенням ремонтних сумішей або вкладанням суміші в опалубку. Слід зазначити, що при торкретуванні відбувається перевитрата ремонтної суміші у наслідок відскоку, тому таким способом неможливо виконувати роботи в приміщеннях з обладнанням, при ремонті надводних споруд та на конструкціях з обмеженим доступом. При цьому технологія відновлення захисного шару вручну є трудомісткою, через що збільшує тривалість та вартість виконання ремонтних робіт. В свою чергу дослідження, направлені на відновлення захисних шарів формуванням суміші в опалубку, фактично відсутні, а досвід використання такої технології саме для відновлення нижніх поверхонь пролітних конструкцій налічується поодинокими прикладами.

З аналізу наукової літератури стало відомо, що комплексного дослідження з виявлення впливу технологічних чинників, що виникають в процесі виконання ремонтно-відновлювальних робіт на проектні параметри відремонтованих конструкцій не проводилося. А отже, дана робота спрямована на вирішення актуальної наукової задачі, результати якої дадуть можливість сформулювати

науково-обґрунтовану технологію відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій.

Окремої уваги потребують дослідження таких визначальних техніко-економічних показників для остаточного прийняття конкретної технології як: трудомісткість, вартість та тривалість ремонтних робіт. Завершальною задачею, яку передбачено виконати у межах даної роботи, є впровадження результатів досліджень, тобто досліджену технологію, в будівельну практику.

У **вступі** обґрунтовано актуальність напрямку наукового дослідження, сформульовано мету і основні завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** розглянуто передумови актуальності дослідження технології відновлення захисного шару способом формування ремонтного розчину в опалубку.

За напрямком наукової роботи та для виявлення обґрунтованих результатів наукових досліджень було проаналізовано відомі технології ремонту залізобетонних конструкцій і визначено їх переваги та недоліки. Аналіз науково-технічної літератури показав, що проблема ремонту залізобетонних конструкцій залишається відкритою, оскільки ефективні способи відновлення мають високі техніко-економічні показники, а технології відновлення нижніх поверхонь горизонтальних конструкцій майже відсутні.

Також виявлено та класифіковано основні чинники, що погіршують стан залізобетонних конструкцій. До них відносяться: хімічні, фізичні та механічні, що впливають на зовнішній вигляд конструкцій та погіршують їх проєктні параметри.

Виявлено технологічні чинники, що можуть впливати на проєктні параметри відновлених залізобетонних конструкцій та формувати технологію виконання робіт. До них відносяться: стан основи відновлюваної конструкції; спосіб нанесення ремонтних матеріалів; положення ремонтної поверхні відносно лінії горизонту; умови твердіння ремонтного розчину; ущільнення ремонтного матеріалу при влаштуванні контактного шару; час витримування між нанесенням

та його товщина; вологість відновлюваної поверхні; температура навколишнього середовища при виконанні ремонтних робіт.

У **другому розділі** дисертаційної роботи виконано аналітичне дослідження, спрямоване на визначення важливості технологічних чинників, які мають найбільший вплив на проєктні параметри відновлених частин залізобетонних конструкцій. Розроблено загальну методику досліджень за обраним науковим напрямком, яка базується на теоретичних дослідженнях, спрямованих на виявлення технологічних чинників, що виникають в процесі ремонтно-відновлювальних робіт та експериментальних дослідженнях, спрямованих на виявлення залежностей впливу таких чинників на проєктні параметри відновленої конструкції. В результаті на основі отриманих теоретичних та експериментальних досліджень передбачено запропонувати науково-обґрунтовану технологію відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій.

У **третьому розділі** представлено методику експериментальних досліджень, відповідно до якої поетапно виконувалася дослідницька робота з виявлення впливу технологічних чинників на проєктні параметри відновленої конструкції. Такі дослідження розділено на чотири етапи.

На *першому етапі* експериментальних досліджень визначено, як рухливість ремонтної суміші впливає на якість наповнення опалубної конструкції при відновленні та міцність зчеплення ремонтного шару з основою. Дослідження проводили з сумішами різної рухливості, а саме з розпливом конуса (РК): РК – 30-35 см, РК – 45-45 см, та РК – 55-60 см. Серії бетонних зразків відновлювали по трьох поверхнях (зверху, збоку та знизу). За результатами досліджень з'ясувалося, що якісно заповнює порожнину опалубки при відновленні нижніх поверхонь пролітних конструкцій лише суміш з розпливом конуса – 55-60 см.

Також перший етап експериментальних досліджень передбачав визначення впливу способу підготовки бетонної поверхні та просторового положення ремонтної ділянки відносно лінії горизонту на міцність зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном. Відповідно до методики експериментальних

досліджень передбачено виконання відновлення зразків п'ятьма серіями, в яких змінювали спосіб підготовки основи.

Перша серія підготовки зразків основи полягала в нанесенні на очищену суху поверхню двокомпонентного клею «Ерогір» виробництва ТМ «МАПЕІ» за допомогою щітки, на який через 40 хв вкладали ремонтну суміш.

Друга серія з використанням адгезійного шару – двокомпонентного клею «Едмок» виробництва ТОВ «Композит».

Третя серія включала нанесення на очищену суху бетонну поверхню одного шару композиції «Консолід 1» виробництва ТОВ «Композит». Через 24 год на поверхню наносили ще один шар композиції «Консолід 2» та через 2 год відновлювали зразки, вкладаючи бетонний розчин в опалубку.

Четверта серія підготовки основи – контрольна. Поверхню зразків лише очистили, знепилили та зволожили водою, після чого відновили зразки.

П'ята серія підготовки основи полягала у зволоженні водою підготовленої поверхні та влаштуванні зразків в опалубку з подальшим вкладанням модифікованої бетонної суміші.

За результатами даного етапу досліджень визначено пріоритетний напрямок подальших експериментальних досліджень і як ремонтний розчин надалі використано високорухливу модифіковану бетонну суміш.

На *другому етапі* визначали вплив стану підготовки поверхонь бетонних зразків та просторового положення ремонтної поверхні на міцність з'єднання шарів.

Різними серіями досліджень даного етапу досліджень передбачено наступну підготовку основи бетонних зразків: ніяким чином не готували (гладка основа); зачищали кутовою шліфувальною машиною; зачищали та робили по ній насічки (50% від площі) кутовою шліфувальною машиною; механічним способом штучно руйнували.

Всі серії зразків після підготовки поверхонь знепилювали стисненим повітрям, зволожували та проводили відновлення по трьох поверхнях.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень, було встановлено, що підготовка ремонтної основи перед відновленням верхньої горизонтальної поверхні та вертикальної бокової поверхні бетонних зразків при вкладанні на них модифікованої суміші фактично не впливає на проєктні показники відновлених зразків. При відновленні нижніх поверхонь горизонтальних конструкцій найвищий показник міцності зчеплення ремонтного шару з відновлюваною конструкцією спостерігався на зачищеній поверхні. Інші серії зразків мали нижчі показники.

На третьому етапі експериментальних досліджень встановили вплив вологості відновлюваної поверхні та тривалості вібрування опалубки при відновленні зразків на трьох поверхнях (зверху, збоку та знизу) на проєктні параметри відновленої конструкції.

При плануванні експерименту було обрано три вологісні стани поверхні, а саме: суха, волога та мокра. Тривалість вібрування опалубки змінювали на трьох рівнях. Відновлені частини зразків після вкладання в опалубку вібрували, прикладаючи до боковиків опалубної конструкції вібраційну шліфувальну машину на 10 – 15 с, 30 – 35 с та 55 – 60 с. В результаті експериментальних досліджень визначено, що найбільша міцність зчеплення ремонтного шару з відновлюваною поверхнею спостерігалась при відновленні вологих бетонних поверхонь. Найгірші результати отримано при відновленні сухих поверхонь. Оптимальною тривалістю вібрування опалубки слід вважати 30 – 35 с. Найвища міцність зчеплення ремонтного розчину з бетонною основою отримана при відновленні верхніх горизонтальних поверхонь, найгірша – при відновленні нижніх горизонтальних поверхонь.

На четвертому етапі експериментальних досліджень визначали залежність міцності зчеплення ремонтного шару з основою від його товщини. За планом експериментів зразки відновлювали на нижніх поверхнях, при цьому змінювали товщину відновленого шару, а саме: 1,5 см, 2 см, 3 см, 5 см, та 7 см. Результати дослідів дали змогу визначити, що зі збільшенням товщини ремонтного шару зменшується міцність зчеплення шарів.

Разом з тим проводили дослідження, спрямовані на визначення впливу температури навколишнього середовища на міцність зчеплення шарів конструкції. Для цього проводили відновлення на нижніх поверхнях бетонних зразків при різних температурних режимах: $+4 - +7\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+20 - +23\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+30 - +35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначено, що оптимальна температура при виконанні відновлюваних робіт та твердінні ремонтної суміші повинна становити $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $50 \pm 5\%$.

На завершальному етапі виконано дослідження техніко-економічних показників вдосконаленої технології відновлення та альтернативних технологій ремонту захисного шару нижніх пролітних залізобетонних конструкцій. За результатами таких досліджень встановлено найбільш оптимальну технологію з економічної та технологічної точки зору.

У **четвертому розділі** розроблено та викладено основні положення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку. Технологія полягає у підготовці основи конструкції, монтажі опалубної конструкції, наповненні її ремонтним розчином, розпалубленні та догляді за відновленою поверхнею.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень вдосконалено технологію відновлення захисного шару нижніх поверхонь пролітних залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку через отвори в плитах перекриття, в якій враховано вплив технологічних чинників, що досліджувалися в третьому розділі.

Запропоновану технологію перевірено в напівнатурних та натурних умовах. Виконано відновлення залізобетонних балок в умовах наближених до реальних. В результаті встановлено, що міцність зчеплення ремонтного розчину з основою балки становить $0,88\text{ МПа}$.

З використанням розроблених в даній роботі теоретичних та практичних положень проведено ремонт щілини на нижній поверхні монолітної плити басейну, що утворилася в процесі бетонування на об'єкті «Торговельний центр в передмісті м. Києва». Також проведено ремонтні роботи з відновлення геометрії

пролітних залізобетонних конструкцій в підземному переході по вул. Лермонтова в м. Кривий Ріг.

Ключові слова: залізобетон, захисний шар, відновлення, ремонтний розчин, опалубка, технологічні чинники, міцність зчеплення.

ABSTRACT

Sharykina N. V. Technology of restoration of the protective layer of reinforced concrete structures – qualification scientific work on the rights of a manuscript.

The thesis paper for the degree of Doctor of philosophy in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine. Kyiv, 2023.

The thesis paper is devoted to solving the problem of restoring the protective layer of reinforced concrete structures, including on the lower surfaces of span structures, which is solved by forming a highly mobile repair mixture into a formwork structure.

In the analyzed scientific works, methods of repairing the protective layers of reinforced concrete structures of horizontal (floor) and vertical (side) surfaces are mainly considered. At the same time, it is proposed to restore the lower surfaces of span structures by shotcrete, manual application of repair mixtures, or embedding the mixture in the formwork. It should be noted that shotcrete overspends the repair mixture, as a result of rebound, and in this way it is impossible to perform work in rooms with equipment, when repairing surface structures and on structures with limited access. At the same time, the technology of restoring the protective layer manually is time-consuming, which in turn increases the duration and cost of repair work. In turn, research aimed at restoring protective layers by forming a mixture into the formwork is virtually nonexistent, and the experience of using this technology specifically for restoring the lower surfaces of span structures is a rare example.

From the analysis of scientific literature, it became known that a comprehensive study to identify the influence of technological factors that arise in the process of performing repair and restoration work on the design parameters of repaired structures was not carried out. This means that this work is aimed at solving an urgent scientific

problem, the results of which will make it possible to form a scientifically based technology for restoring the protective layer of reinforced concrete structures.

Special attention should be paid to the study of such defining technical and economic indicators for the final adoption of a particular technology as: labor intensity, cost and duration of repair work. The final task that is planned to be performed within the framework of this work is to introduce the results of research, that is, the studied technology, into construction practice.

In the **introduction** the relevance of the direction of scientific research is substantiated, the purpose and main objectives of the research are formulated, the object and subject of research are determined, the scientific novelty and practical value of the results obtained are revealed.

In **the first section** the prerequisites for the relevance of studying the technology of restoring the protective layer by forming a repair solution into a formwork are considered.

In the direction of scientific work and to identify reasonable results of scientific research, well-known technologies for repairing reinforced concrete structures were analyzed and their advantages and disadvantages were determined. Analysis of scientific and technical literature has shown that the problem of repair of reinforced concrete structures remains open, since effective methods of restoration have high technical and economic indicators, and technologies for restoring the lower surfaces of horizontal structures are almost nonexistent.

The main factors that worsen the condition of reinforced concrete structures are also identified and classified. These include chemical, physical, and mechanical factors that affect the appearance of structures and degrade their design parameters.

Technological factors that can affect the design parameters of restored reinforced concrete structures and shape the technology of work are identified. These include: the condition of the base of the restored structure; the method of applying repair materials; the position of the repair surface relative to the horizon line; the conditions of hardening of the repair solution; compaction of the repair material; when installing the contact

layer, the holding time between application and its thickness; humidity of the restored surface; ambient temperature when performing repair work.

In the second section an analytical study aimed at determining the importance of technological factors that have the greatest impact on the design parameters of restored parts of reinforced concrete structures was carried out. A general research methodology for the chosen scientific direction has been developed. Which is based on theoretical studies aimed at identifying technological factors that arise in the process of repair and restoration works and experimental studies aimed at identifying dependencies of the influence of such factors on the design parameters of the restored structure. As a result, based on the obtained theoretical and experimental studies, it is planned to offer a scientifically based technology for restoring the protective layer of reinforced concrete structures.

In the third section the methodology of experimental research is presented, according to which research work was carried out in stages to identify the influence of technological factors on the design parameters of the restored structure. Such studies are divided into four stages.

On *the first stage* experimental studies have determined how the mobility of the repair mixture affects the quality of filling the formwork structure during restoration and the strength of adhesion of the repair layer to the base. The study was conducted with mixtures of different mobility, namely, with a cone flow (CF): CF – 30-35 cm, CF – 45-45 cm, and CF – 55-60 cm. A series of concrete samples were restored on three surfaces (top, side, and bottom). According to the results of research, it turned out that only a mixture with a cone flow – 55-60 cm – fills the formwork cavity efficiently when restoring the lower surfaces of span structures.

Also, the first stage of experimental studies provided for determining the influence of the method of preparing the concrete surface and the spatial position of the repair site relative to the horizon line on the adhesion strength of the repair solution to the restored concrete. In accordance with the methodology of experimental studies, it is planned to perform the restoration of samples in five series, in which the method of preparing the base was changed.

The first series of preparation of the base samples consisted in applying two-component "Eporip" glue produced by MAPEI TM to the cleaned dry surface using a brush, on which the repair mixture was applied after 40 minutes.

The second series was using an adhesive layer – two-component "Edmok" glue produced by "Composite" LLC.

The third series included applying one layer of the composition "Consolid 1" produced by "Composite" LLC to the cleaned dry concrete surface. After 24 hours, another layer of the composition "Consolid 2" was applied to the surface, and after 2 hours the samples were restored by putting concrete mortar in the formwork.

The fourth series of preparation of the basics is control series. The surface of the samples was only cleaned, dedusted and moistened with water, after which the samples were restored.

The fifth series of preparation of the base consisted in moistening the prepared surface with water and placing samples in the formwork, followed by embedding a modified concrete mixture.

Based on the results of this stage of research, the priority direction of further experimental research was determined, and a highly mobile modified concrete mixture was used as a repair solution in the future.

On *the second stage* the influence of the state of preparation of concrete samples' surfaces and the spatial position of the repair surface on the strength of the joint layers was determined.

Various series of studies of this stage of research provides for the following preparation of the base of concrete samples: in no way prepared (smooth base); cleaned with an angle grinder; cleaned and made notches on it (50% of the area) with an angle grinder; mechanically artificially destroyed.

After surface preparation, all series of samples were dedusted with compressed air, moistened, and restored on three surfaces.

Analyzing the results of experimental studies, it was found that the preparation of the repair base before restoring the upper horizontal surface and vertical side surface of concrete samples when laying a modified mixture on them does not actually affect the

design parameters of the restored samples. When restoring the lower surfaces of horizontal structures, the highest adhesion strength of the repair layer to the restored structure was observed on the cleaned surface. Other series of samples had lower rates.

At the third stage of experimental tests studies have established the influence of the humidity of the restored surface and the duration of vibration of the formwork during the restoration of samples on three surfaces (top, side and bottom) on the design parameters of the restored structure.

When planning the experiment, three wet surface states were selected, namely: dry, moist and wet. The duration of vibration of the formwork was changed at three levels. The recovered parts of the samples were vibrated after being placed in the formwork by applying a vibration grinder to the sides of the formwork structure for 10 – 15 seconds, 30 – 35 seconds and 55 – 60 seconds. As a result of experimental studies, it was determined that the greatest adhesion strength of the repair layer to the restored surface was observed during the restoration of wet concrete surfaces. The worst results were obtained when restoring dry surfaces. The optimal duration of vibration of the formwork should be considered 30 – 35 seconds. The highest adhesion strength of the repair mortar to the concrete base is obtained when restoring the upper horizontal surfaces, the worst – when restoring the lower horizontal surfaces.

On the fourth stage experimental studies have determined the dependence of the adhesion strength of the repair layer to the base on its thickness. According to the experiment plan, the samples were restored on the lower surfaces, while changing the thickness of the restored layer, namely: 1.5 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm, and 7 cm. The results of experiments made it possible to determine that with an increase in the thickness of the repair layer, the adhesion strength of the layers decreases.

At the same time, studies were conducted aimed at determining the effect of ambient temperature on the adhesion strength of structural layers. For this purpose, restoration was carried out on the lower surfaces of concrete samples under various temperature conditions: +4 – +7 °C; +20 – +23 °C; +30 – +35 °C. It is determined that the optimal temperature for performing restoration work and hardening of the repair mixture should be 20 ± 2 °C at a relative humidity of 50 ± 5 %.

At the final stage, a study of the technical and economic indicators of the improved restoration technology and alternative technologies for repairing the protective layer of lower span reinforced concrete structures was carried out. Based on the results of such studies, the most optimal technology has been established from an economic and technological point of view.

In **the fourth chapter** the main provisions of the technology for restoring the protective layer of reinforced concrete structures by embedding the repair mixture in the formwork are developed and described. The technology consists in: preparing the base of the structure, installing the formwork structure, filling it with repair mortar, demoulding and caring for the restored surface.

On the basis of theoretical and experimental studies, the technology of restoring the protective layer of the lower surfaces of span reinforced concrete structures by embedding the repair mixture in the formwork through holes in the floor slabs has been improved, which takes into account the influence of technological factors studied in the third chapter.

The proposed technology was tested in semi-natural and full-scale conditions. Reinforced concrete beams were restored in conditions close to real ones. As a result, it was found that the adhesion strength of the repair solution to the beam base is 0,88 MPa.

Using the theoretical and practical provisions developed in this paper, a gap was repaired on the lower surface of a monolithic pool slab formed during the concreting process at the facility "Shopping centre in the suburbs of Kyiv". Repair work was also carried out to restore the geometry of the span reinforced concrete structures in the underpass on Lermontova Street in Kryvyi Rih.

Keywords: reinforced concrete, protective layer, restoration, repair mortar, formwork, technological factors, adhesion strength.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому виданні, що включене до міжнародних наукометричних баз (Scopus):

1. Molodid O. S., Galinsky O. M., Sharikina N. V., Plokhuta R. O. Research of technologies for restoration of the concrete protective layer of reinforced concrete constructions during the reconstruction of the buildings and structures // Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 21–22 May 2020, Volume 907. Kharkiv, Ukraine. URL:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/907/1/012056>, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012056> (стаття індексується в базі Scopus). *Особисто автором розроблено план досліджень та проведено експериментальні дослідження з встановлення впливу просторового положення ремонтної поверхні на проектні параметри відремонтованих конструкцій.*

Статті у вітчизняних фахових виданнях (всі видання індексуються в міжнародних базах даних)

2. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра К, 2018. № 35. С. 172–173. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). *Особисто автором виконано експериментальні дослідження з визначення міцності зчеплення відновлених фрагментів з основою при впливі технологічних чинників.*

3. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Технологічні чинники, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. № 41. С. 3–11. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). *Особисто автором проведено аналіз існуючих досліджень з встановлення технологічних чинників та меж їх впливу на ремонт залізобетонних конструкцій.*

4. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Визначення важливості впливу технологічних чинників на відновлення залізобетонних конструкцій // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. журнал. Вінниця: ВНТУ, 2020. № 2 (29). С 5–12 (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). *Особисто автором визначено та систематизовано важливість технологічних чинників та їх вплив на формування рішення ремонту захисних шарів залізобетонних конструкцій.*

5. Шарикіна Н. В. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій // Будівельне виробництво. Київ: ДП «НДІБВ», 2020. № 69. С. 28–34. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar).

6. Молодід О.С., Шарикіна Н.В. Способи відновлення (ремонту) нижніх поверхонь залізобетонних конструкцій формуванням суміші в опалубку. // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. № 48(1). С. 90-99. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). *Особисто автором розроблено технологічні рішення з відновлення пошкоджень нижніх горизонтальних поверхонь залізобетонних пролітних конструкцій.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

тези доповідей на конференціях

7. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки. Ефективні технології в будівництві: програма та тези III Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 28–29 березня 2018 р. Київ, 2018. С. 139–141. *Особисто автором проведено експериментальні дослідження з визначення впливу способу підготовки бетонної основи на міцність зчеплення відновлених фрагментів з основою та виконано аналіз результатів досліджень.*

8. Шарикіна Н. В., Молодід О. С. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій. Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в

будівництві, містобудуванні, та житлово-комунальному господарстві: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студ. та мол. уч., м. Запоріжжя, 6–8 грудня 2018 р. Запоріжжя, 2018. С. 82–84. *Особисто автором виконано систематизацію способів ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій.*

9. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій. Ефективні технології в будівництві: програма та тези IV Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 27–28 березня 2019 р. Київ, 2019 р. С. 154–155. *Особисто автором проведено аналіз існуючих досліджень з встановлення технологічних чинників та їх вплив на ремонт залізобетонних конструкцій.*

10. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення залежностей міцності зчеплення відновленого бетону з відновлюваним від способу підготовки основи. Build-Master-Class–2019: Int. scien.-pract.conf. young scien., Kyiv, nov. 27–29 2019. Kyiv, 2019. P. 198–199. *Особисто автором виконано експериментальні дослідження з встановлення залежностей міцності зчеплення відновленого бетону з відновлюваним від способу підготовки основи.*

11. Молодід О. С., Галінський О. М., Шарикіна Н. В., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження технологій відновлення захисного шару бетону залізобетонних конструкцій під час реконструкції будівель та споруд. Інноваційні технології в архітектурі і дизайні: тези доп. IV Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Харків, 21–22 трав. 2020 р. Харків, 2020. С. 185–186. *Особисто автором розроблено план досліджень та проведено експериментальні дослідження з встановлення впливу просторового положення ремонтної поверхні на міцність зчеплення відновленого шару з бетонною основою.*

12. Шарикіна Н. В. Причини пошкодження залізобетонних конструкцій. Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет конф. Зб. наук. праць, Вип. 68. Переяслав, 21 березня 2021р. Переяслав, 2021р. С. 235-238.

13. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Дослідження впливу технологічних чинників на якісні показники конструкцій після відновлення їх захисного шару.

Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика: тези доп. IV Міжнарод. наук.-техн. форум. м. Київ, 26–27 жовтня 2021 р. Київ, 2021. С. 359. *Особисто автором розроблено методику експериментальних досліджень та проведено ряд експериментальних досліджень з виявлення впливу просторового положення відновлюваної поверхні та вологості основи на міцність зчеплення відновленого бетону з основою та виконано аналіз результатів досліджень.*

Авторські свідоцтва, дипломи, патенти.

14. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. та ін. Спосіб відновлення (ремонт) нижніх поверхонь залізобетонних плитних конструкцій: пат 133539 Україна E04G 23/00. № u201811315; заявл. 19.11.2018; опубл. 10.04.2019, Бюл. № 7. URL:<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=257410> (дата звернення: 15.12.2020).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
1.1. Аналіз відомих технологій відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій.....	27
1.2. Виявлення та класифікація чинників, що погіршують стан залізобетонних конструкцій.....	36
1.3 Виявлення технологічних чинників, які впливають на проєктні параметри відновлених конструкцій.....	46
Висновки до першого розділу.....	61
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ТА ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Визначення важливості технологічних чинників.....	63
2.2. Загальна методика досліджень.....	69
Висновки до другого розділу.....	81
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
3.1. Методика експериментальних досліджень	82
3.2. Дослідження впливу рухливості ремонтної суміші, способу підготовки основи та її просторового положення на проєктні параметри відновленої конструкції	84
3.3. Визначення впливу просторового положення ремонтної поверхні та впливу стану підготовки поверхонь бетонних зразків на проєктні параметри відновленої конструкції	92
3.4. Визначення впливу вологості бетонної поверхні, тривалості вібрування опалубки та просторового положення ремонтної поверхні на проєктні параметри відновленої конструкції	98

3.5. Визначення впливу товщини ремонтного шару та температури навколишнього середовища на проєктні параметри відновленої конструкції.....	104
3.6. Дослідження техніко-економічних показників технологій відновлення захисного шару бетону на залізобетонних конструкціях.....	109
Висновки до третього розділу.....	131
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ СПОСОБОМ ВКЛАДАННЯ РЕМОНТНОЇ СУМІШІ В ОПАЛУБКУ	
4.1. Технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку	134
4.2. Перевірка технології в напівнатурних умовах та впровадження результатів досліджень у виробничу практику.....	143
Висновки до четвертого розділу.....	150
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	154
ДОДАТКИ.....	168

ВСТУП

Актуальність теми: На сьогодні залізобетон – матеріал, який використовують для будівництва об'єктів різної складності та призначення. Він є одним із найбільш поширених будівельних матеріалів, бо його параметри, такі як: довговічність, висока міцність, щільність, вогнестійкість, морозостійкість, сейсмостійкість, здатність чинити опір статичним та динамічним навантаженням в порівнянні з іншими матеріалами мають значні переваги. Його параметри як з технічної, так і економічної точки зору задовольняють вимоги до будівельних конструкцій більш ніж інші будівельні матеріали, саме тому він і посідає провідне місце у світовому будівництві. Використання залізобетону охоплює цивільне та промислове будівництво, а також зведення інженерних споруд. За проєктними нормами вони повинні мати тривалість служби для житлових споруд 100 років, сільськогосподарських, виробничих та складських 50 – 60 років, а інженерних споруд до 100 – 120 років, яка визначається згідно [1]. Протягом зазначеного періоду конструкції повинні відповідати експлуатаційним вимогам [1, 2, 3, 4]. З плином часу та різних чинників впливу, зокрема: навколишнього середовища, фізичних, механічних, хімічних та інших позапроєктних – будівельні конструкції старіють, зношуються, втрачають свої проєктні параметри та в результаті не відповідають проєктним рішенням [5, 6]. Наявність дефектів та пошкоджень знижує несучу здатність, експлуатаційну придатність та погіршує зовнішній вигляд будівельних конструкцій. Продовження терміну експлуатації будівель в наш час є дуже важливим, оскільки країна перебуває у важкому економічному стані, і ремонтні роботи, зазвичай, значно дешевші в порівнянні із новим будівництвом.

Неправильний вибір ремонтних матеріалів, технології чи кваліфікованого складу робітників, а також хибна чи недостатня діагностика причин руйнування бетону та його дійсного стану призводять до неякісного ремонту, що протягом короткого часу експлуатації призведе до потреби у повторних ремонтно-відновлюваних роботах [7]. Руйнування починаються з поверхневого шару бетону

та поширюються в глибину конструкції, зокрема і на армування, враховуючи, що навіть незначне руйнування конструкцій призводить до зменшення її перетину і, в свою чергу, до зниження експлуатаційної надійності споруд в цілому. Особливої актуальності робота набула з початком військових дій на території України, що пов'язано з величезними масштабами руйнувань об'єктів будівництва у наслідок позапроектних впливів.

На даний час існує декілька способів відновлення захисних шарів залізобетонних конструкцій, які широко використовуються у будівництві, це зокрема: нанесення ремонтних сумішей вручну та нанесення сумішей торкрет установкою. Проте відомо, що обидва способи є доволі трудомісткими, особливо при відновленні нижніх поверхонь пролітних конструкцій. Відомий також спосіб вкладання ремонтної суміші в опалубку, що може бути менш трудомістким і в той же час дешевшим та з меншою тривалістю робіт. Проте його здебільшого використовують в разі відновлення верхніх поверхонь пролітних конструкцій або бокових поверхонь опорних конструкцій. При цьому застосовують дорогі суміші, які після приготування мають високу рухливість.

Саме тому, автором було взято за мету удосконалити та науково обґрунтувати технологію відновлення захисних шарів залізобетонних конструкцій вкладанням ремонтної суміші в опалубку. При цьому передбачено дослідження та використання ремонтних сумішей з місцевих будівельних матеріалів з додаванням сучасних полімерних добавок, що забезпечуватимуть їй необхідні реологічні і в той же час технологічні властивості.

Зазначеною проблематикою займалися такі вітчизняні та іноземні вчені: Авренюк А. М., Агеєв А. О., Бліхарський З.З., Бугаєв В. А., Гончаренко Д. Ф., Горидько Д. В., Дмитренко Є. А., Духанін П. В., Журавський О. Д., Карапузов Є. К., Кононенко О. М., Коваленко О. В., Молодід О. С., Пшінько О. М., Старкова О. В., Стародубцев В. Г., Ісмаїл Ель-Рашид Алі та інші. В тому числі науковці, які займалися проблемами реконструкції будівель та споруд: Арутюнян І. А., Галушко В. О., Кравчуновська Т. С., Осипов О. Ф.,

Радкевич А. В., Романушко Є. Г., Савйовський В. В., Тонкачєєв Г. М.,
Шумаков І. В.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у межах науково-дослідної роботи, що здійснювалася за участі автора на кафедрі будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури, а саме: «Технологічні основи виконання будівельних робіт та процесів будівельного виробництва» (ДР № 0119U000544).

Мета і завдання досліджень. Підвищення ефективності технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій на основі обґрунтування та удосконалення технології вкладання високорухливих ремонтних сумішей в опалубку (рис. 1.1).

Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати відомі технології відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій та виявити технологічні чинники, які впливають на проєктні параметри відновлених конструкцій;
- розробити загальну методику проведення досліджень;
- дослідити технологію відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій, виявивши вплив технологічних чинників на проєктні параметри відновлених конструкцій експериментальними методами;
- розробити удосконалену, науково-обґрунтовану технологію відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій та впровадити її у виробництво.

Об'єктом дослідження є технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій.

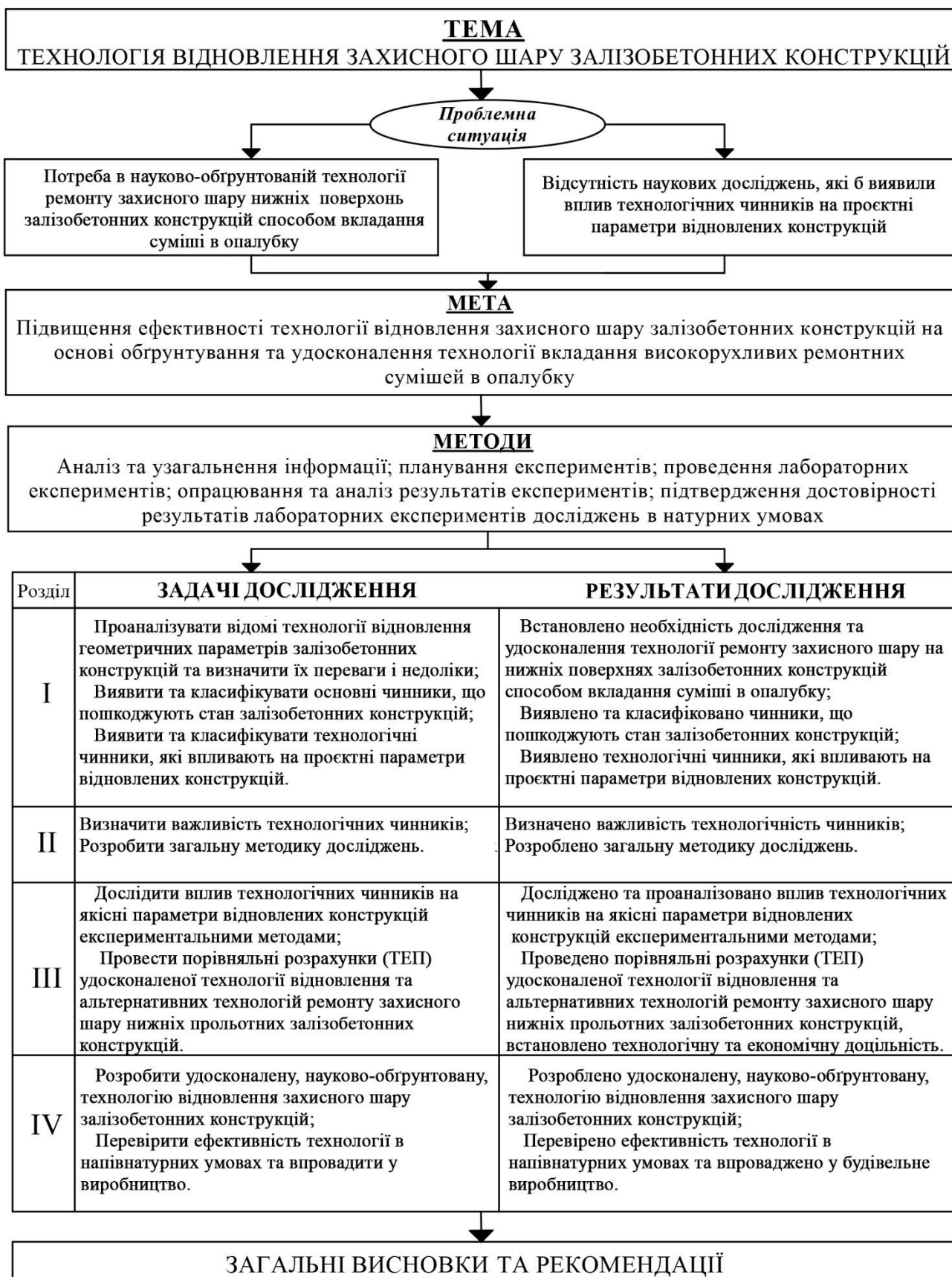


Рис. 1.1. Структурно-логічна схема дисертаційної роботи

Предметом дослідження є технологічні чинники, проєктні параметри та техніко-економічні показники технології відновлення залізобетонних конструкцій.

Методи дослідження. В роботі використано загальновідомі методи дослідження: аналіз та узагальнення інформації; планування та виконання експериментальних досліджень; аналітичних досліджень; статистичне опрацювання й аналіз результатів експериментів; напівнатурних експериментів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в положеннях, що винесені на захист:

- *Уперше виявлено:*

- вплив технології відновлення захисного шару залізобетонної конструкції способом вкладання ремонтної суміші в опалубку на проєктні показники конструкції після її ремонту, що підтверджено залежностями міцності зчеплення ремонтного шару з основою при зміні параметрів технологічних чинників, що виникають в процесі відновлення: рухливість ремонтної суміші, стан та спосіб підготовки основи, просторове положення відновлюваної поверхні, вологість бетонної поверхні, тривалість вібрування опалубки, товщина захисного шару та температура навколишнього середовища.

- досліджено техніко-економічні показники удосконаленої та відомих технологій відновлення захисного шару нижніх поверхонь пролітних конструкцій та встановлено технологічну та економічну ефективність запропонованої.

- *удосконалено* методичні підходи до вивчення технології ремонту залізобетонних конструкцій а саме: методика експериментальних досліджень, розширено межі технологічних чинників, що виникають в процесі ремонтних робіт.

- *отримали подальший розвиток* теоретичні положення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій, основна суть яких полягає у встановленні меж параметрів технологічних чинників, що забезпечать в процесі відновлення необхідні проєктні параметри відновленої конструкції.

Практичне значення одержаних результатів визначається:

- удосконаленою технологією відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання високорухливої ремонтної суміші в опалубку;
- науково-обґрунтованою граничною межею значень технологічних чинників;
- впровадженням результатів досліджень під час проведення ремонтно-відновлюваних робіт: заповнення порожнини на нижній поверхні монолітної плити басейну на об'єкті «Торговельний центр в передмісті м. Києва» (довідка про впровадження наукових досліджень № 22 від 15 вересня 2021 року); відновлення захисного шару бетону у підземному переході по вул. Лермонтова у м. Кривий Ріг (довідка про впровадження наукових досліджень від 28 вересня 2021 року).

Особистий внесок здобувача: полягає в аналізі науково-технічної літератури, плануванні та проведенні експериментальних та аналітичних досліджень з подальшою обробкою одержаних результатів. Розроблення плану експериментальних досліджень та аналіз отриманих результатів, що є основною постановкою завдання, виконано під керівництвом наукового керівника д.т.н., доц. Молодіда О. С.

Отримані автором особисто результати наукових досліджень, що наведені в дисертаційній роботі, висвітлені в одноосібній статті. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягав у наступному: розроблено план досліджень та проведено експериментальні дослідження з встановлення впливу просторового положення ремонтної поверхні на проєктні параметри відремонтованих конструкцій. Виконано експериментальні дослідження з визначення міцності зчеплення відновлених фрагментів з основою при впливі технологічних чинників. Проведено аналіз існуючих досліджень з встановлення технологічних чинників та меж їх впливу на ремонт залізобетонних конструкцій. Визначено та систематизовано важливість технологічних чинників та їх вплив на формування рішення ремонту захисних шарів залізобетонних конструкцій.

Розроблено технологічні рішення з відновлення пошкоджень нижніх горизонтальних поверхонь залізобетонних пролітних конструкцій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку» м. Переяслав 21 березня 2021р.; Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих учених «Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні, та житлово-комунальному господарстві» в м. Запоріжжя 6–8 грудня 2018 р.; IV Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві» м. Київ 27–28 березня 2019 р.; International scientific-practical conference of young scientists «Build master class» 27–29 листопада 2019 р.; IV Міжнарод. науково-практична конференція «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні» м. Харків, 21–22 травня 2020 р.; III Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві» 28–29 березня 2018 р в м. Київ та IV Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика» 26–27 жовтня 2021 р м. Київ.

Публікації. Основні етапи, результати та висновки дисертаційної роботи представлено у 14-ти друкованих працях, з яких: 1 стаття – у міжнародному виданні, що індексується у наукометричних базах даних Scopus; 5 статей – у вітчизняних фахових виданнях (усі індексуються у міжнародних базах даних); 1 патент України на корисну модель; 7 публікацій апробаційного характеру у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного з розділів та загальних висновків. Списку використаних джерел зі 123 найменувань та 5 додатків. У дисертації розміщено 22 таблиці та 69 рисунків. Повний обсяг дисертації – 190 сторінок. Основна частина у складі чотирьох розділів і загальних висновків містить 153 сторінки, список використаних джерел – 14 сторінок, додатки – 23 сторінки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Аналіз відомих технологій відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій

Розрізняють два типи ремонту залізобетонних конструкцій в залежності від характеру та глибини пошкоджень [8]:

- неконструкційний – ремонт поверхневих дефектів для відновлення захисного шару бетону (пори, каверни, тріщини шириною розкриття до 0,2 мм);
- конструкційний – відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій (втрата захисного шару бетону, потоншення армування, вибоїни, значні сколи, тріщини шириною розкриття понад 0,2 мм).

Важливою задачею, що постає при відновленні залізобетонних конструкцій, є вибір системних рішень [9, 10], в яких сукупність матеріалів та технологія їх використання дасть можливість забезпечити довговічність відремонтованих конструкцій.

Згідно з ДСТУ Б В.3.1-2:2016 «Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд» [11] для ремонту та підсилення залізобетонних конструкцій в залежності від основного їх призначення [12], з урахуванням виду (стану) старого бетону можуть використовувати:

- конструкційний бетон на щільних чи пористих заповнювачах, а також розчини на цементному в'язучому;
- спеціальний бетон: теплоізоляційний, жаростійкий, хімічно стійкий, пружний, декоративний, радіаційно-захисний, цементно-полімерний, полімербетон, бетон на цементі, що розширюється;
- сухі будівельні суміші згідно з ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [11].

Відновлення захисного шару проводиться нанесенням ремонтної суміші методом нанесення набризку (сухе чи мокре торкретування), а при підсиленні конструкцій – методом оббетонування (влаштуванням залізобетонної обойми) та торкретування.

Стандарт EN 1504 «Продукти та системи для захисту і ремонту бетонних конструкцій» [13], що діє у країнах Європи, чітко описує всі процеси відновлення та захисту бетонних та залізобетонних конструкцій, що включають: діагностику причин пошкоджень, технічні вимоги до матеріалів, технічні вимоги до ремонту, визначення загальних правил до застосування матеріалів для ремонту бетону та контроль якості робіт. Для відновлення геометрії бетонних та залізобетонних конструкцій стандарт визначає такі методи: нанесення розчину вручну, відновлення наливними сумішами, нанесення бетонної розчинної суміші методом набризку.

Також при застосуванні технологій підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами при реконструкції споруд важливим технологічним процесом є відновлення пошкодженого захисного шару [14].

Відповідно до вітчизняних та європейських стандартів, ремонт бетонних та залізобетонних конструкцій виконують трьома основними способами [11, 13], а саме: нанесення на пошкоджену поверхню ремонтного розчину вручну, методом набризку та відновлення геометрії конструкції наливними сумішами методом вкладання ремонтного розчину в опалубку [15, 16].

Дослідженням технології ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій нанесенням на пошкоджені поверхні ремонтного розчину вручну (рис. 1.2) займалися такі вчені: Агеєв А. О., Дорошенко О. Ю., Карапузов Є. К., Коваленко О. В., Соха В. Г., Jure Franciskovic, Boris Miksic, Ivan Rogan, Mijo Tomićic, Kurt F. von Fay [17, 18, 19, 20, 21, 22] та інші. Технологія відновлення залізобетонних конструкцій включає такі процеси: підготовку поверхні під відновлення, а саме: видалення з поверхні пошкодженого крихкого шару бетону та очищення її від пилу та бруду; визначення стану оголеної арматури та її очищення від продуктів корозії, за потреби нанесення антикорозійного та

контактного покриття; влаштування відновлюваних шарів, де приготований ремонтний розчин наносять на місця пошкодження за допомогою шпателя або терки. У разі необхідності на завершальному етапі виконують нанесення захисних покриттів.

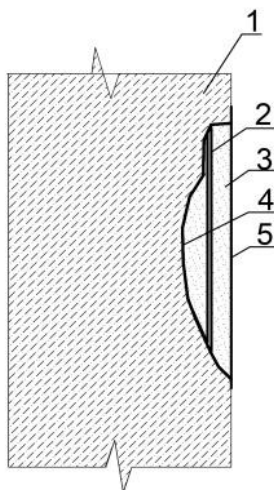


Рис. 1.2. Принципова схема технології ремонту залізобетонних конструкцій нанесенням на пошкоджені поверхні ремонтного розчину вручну:

- 1 – пошкоджена конструкція; 2 – арматура; 3 – ремонтний розчин;
4 – контактний шар; 5 – захисне покриття

Перевагою відновлення залізобетонних конструкцій з використанням ручного інструменту є можливість ремонту незначних за площею та об'ємом пошкоджень, не використовуючи механізованого обладнання. Недоліком даного способу є висока трудомісткість та тривалість виконання робіт в разі великих обсягів пошкодження залізобетонних конструкцій.

Спосіб ремонту конструкцій, що скорочує час ремонтних робіт шляхом зменшення часу набору міцності ремонтного матеріалу розробили Ремізов В. В., Алексєєв С. З. та інші [23]. Спосіб полягає у видаленні пошкодженого бетону з дефектної ділянки, яку потім прогривають до температури $+120^{\circ}\text{C}$ на глибину до 20 мм та наносять на її поверхню ґрунтовку з сірчаного в'язучого, розігрітого до температури $+130^{\circ}\text{C}$. Відновлювану ділянку в один прийом заповнюють ремонтною сумішшю, розігрітою до температури $+140^{\circ}\text{C}$, та проводять вібрування

постукуванням гарячою металевою або дерев'яною кельмою. Після вібрування виконують розрівнювання поверхні нанесеного матеріалу в рівень з відновлюваною конструкцією (ремонтна суміш має такий склад: сірчане в'язуче 25 %, мінеральний наповнювач 75 %). Перевагою даного способу є можливість почати експлуатацію через 1,5 години після завершення робіт, а недоліком – енергозатрати на розігрів, що веде до збільшення вартості ремонтних робіт, та висока трудомісткість і тривалість виконання робіт в разі великих обсягів пошкодження залізобетонних конструкцій.

Сисоєва Н. А. та Сисоєв А. К. займалися відновленням захисного шару з додаванням прискорювача твердіння [24]. Поверхні конструкції, що підлягають ремонту, ретельно очищають та щіткою або валиком наносять водний розчин прискорювача твердіння. При ремонті залізобетонних конструкцій бажано застосовувати прискорювач твердіння з пасивувальними властивостями. Після технологічної перерви протягом 30 хвилин щіткою або валиком наносять ґрунтовочний контактний шар (портландцемент, мікрокремнезем, суперпластифікатор, кремнійорганічний розчин, чи його водну емульсію та воду) з його витриманням протягом 5 – 30 хвилин. Потім наносять основний бетонний шар, де вібрування на горизонтальній поверхні виконують за допомогою віброрейки. Вкладання бетонного шару на вертикальну поверхню виконують в опалубку або за допомогою пластинчатих вібраторів.

Перевагою способу ремонту з використанням прискорювачів твердіння є підвищені фізико-механічні якості захисного шару. Недоліком можна вважати дотримання часових рамок пошарового нанесення кожної з сумішей, що підвищує трудовитрати та час виконання робіт.

Технологію ремонту та влаштування захисного шару на вертикальних поверхнях (рис. 1.3) досліджував Духанін П. В. [25] та інші. Спосіб відновлення та нарощування захисного шару бетону полягає в нанесенні бетонної суміші на пошкоджену поверхню та її поверхневе вібрування з застосуванням вібраційного щита. Ремонтний розчин заповнює простір між поверхнею залізобетонної конструкції та вібраційним щитом. Одночасно з поверхневим вібруванням

ремонтної суміші здійснюється і глибинне вібрування в зоні контакту з поверхнею конструкції вібрувальною пластиною, яку переміщують вгору зі швидкістю 1 – 30 мм/с паралельно вібраційному щиту. Для кращого ущільнення шару ремонтну суміш перед нанесенням на поверхню розігрівають до температури +40 – +80 °С. До початку твердіння ремонтного розчину на відновлену поверхню вкладають водонепроникну плівку, з-під якої видаляють повітря, що дає можливість створити вологі умови для кращого процесу набору міцності. Відновлений фрагмент витримують під плівкою 12 – 96 годин, після чого плівку знімають.

Унаслідок таких технологічних заходів підвищується міцність зчеплення, корозійна стійкість та водонепроникність відновлюваної поверхні залізобетонної конструкції.

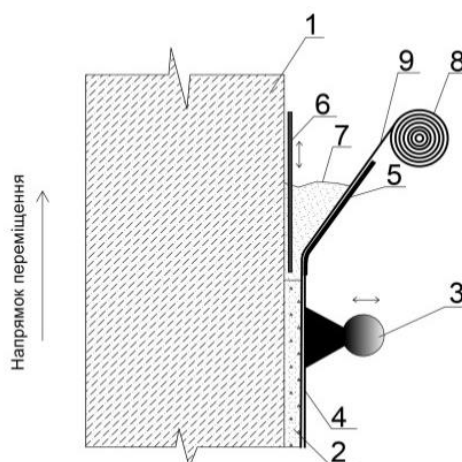


Рис. 1.3. Принципова схема технології ремонту та нарощування захисного шару на вертикальних поверхнях з використанням вібраційного щита:

1 – пошкоджена конструкція; 2 – дрібнозернистий бетон; 3 – поверхневий вібратор; 4 – вертикальний щит ковзної опалубки; 5 – завантажувальний бункер; 6 – вібропластина; 7 – дрібнозерниста бетонна суміш; 8 – рулон з повітро-водонепроникною плівкою; 9 – повітро-водонепроникна плівка

Недоліком даного способу відновлення можна вважати додаткові витрати на розігрів бетонної суміші чи поверхневого шару, що призводить до підвищених

енергозатрат та збільшення вартості ремонтних робіт, а також складне технологічне обладнання, необхідне для виконання робіт.

Згідно з аналізом науково-технічної літератури, поширеним способом ремонту залізобетонних конструкцій є метод торкретування (рис. 1.4) [26, 27, 28, 29, 30]. Відомі два основні методи торкретування: мокрий та сухий. Відмінність цих методів полягає у відповідному стані заповнювача, що використовується при змішуванні з водою чи водними розчинами хімічних добавок, які впливають на консистенцію та вологість ремонтної суміші, а також на спосіб транспортування до місця використання. До підготовчих робіт даної технології відноситься попереднє очищення поверхні від забруднень та видалення нестійких, крихких частин бетону. При цьому гладкій бетонній поверхні потрібно надати шорсткості з метою збільшення міцності зчеплення ремонтної суміші з основою. При зруйнованому захисному шарі оголену арматуру потрібно очистити від бруду та корозії, а бетонну поверхню, перед нанесенням ремонтного розчину, продувають та промивають спеціальними установками. За потреби, для збільшення міцності покриття, ремонтний розчин наносять на металеву сітку, яка з'єднується з бетоном конструкції штирями (шипами). Ремонтну суміш наносять на поверхню під тиском з використанням торкрет установки.

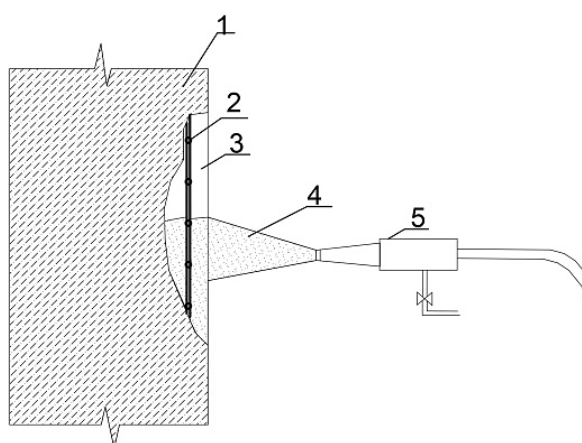


Рис. 1.4. Принципова схема ремонту методом торкретування:

1 — відновлювана конструкція; 2 – оголена арматура; 3 – зруйнована ділянка; 4 – ремонтний торкрет-розчин; 5 – сопло торкрет установки

Перевага способу торкретування – можливість відновлювати великі площі пошкоджень; подача ремонтного розчину на великі відстані; простота технологічного обладнання; використання на вертикальних та похилих поверхнях. Проте проаналізований спосіб має і недоліки, а саме: втрати ремонтного розчину внаслідок відскоку від основи, при сухому методі торкретування високе пилоутворення, що негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я робітників. Крім того, відремонтована поверхня має шороховату фактуру, що впливає на зовнішній вигляд конструкції та її архітектурну виразність.

Технологією відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій, суть яких полягає в поєднанні полімерних та мінеральних шарів (рис. 1.5), займалися: Олійник С. П., Ляшенко Т. В. та інші [31]. Спосіб включає нанесення на підготовлену поверхню почергово полімерних та мінеральних шарів. В зоні дефекту рівномірним шаром товщиною 2 – 5 мм наносять епоксидний композит, поверх нього наносять шар торкрет-бетону до 40 мм, який покривають шаром полімерного композиту, внаслідок чого шари об'єднуються у монолітний ремонтний конгломерат. Частинки торкрет-бетону проникають у шар полімерного композиту та сприяють виникненню екзотермічного ефекту в полімерних шарах, що покращує структуру ремонтного матеріалу та підвищує адгезійні властивості конструктивних шарів. Такий спосіб поліпшує умови твердіння цементно-піщаного торкрет-бетону та скорочує термін введення конструкції в експлуатацію, а пошарове заповнення зони пошкодження дозволяє ремонтувати дефекти різних розмірів. Недоліком даного способу є складна технологія пошарового нанесення ремонтного розчину, що призводить до підвищення трудомісткості робіт, застосування спеціального обладнання для торкретування, та необхідність дотримання часових рамок при проведенні робіт, що збільшує собівартість відновлюваних робіт. Даний спосіб підходить для відновлення великих поверхонь і економічно недоцільний для малих зон пошкоджень.

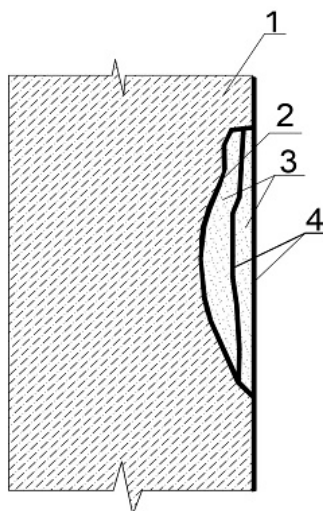


Рис. 1.5. Принципова схема ремонту конструкції на основі поєднання полімерних та мінеральних шарів: 1 – відновлювана конструкція; 2 – праймувальний шар полімерного розчину; 3 – шар торкрет-бетону; 4 – шар полімер-розчину

Одним зі способів відновлення залізобетонних конструкцій є метод «Тіролін», що полягає в нанесенні розчинів різних консистенцій з використанням форсунок та лопатей, що обертаються [28]. За даною технологією розчин на стіну наноситься краплями, не подрібненими повітрям при розпиленні. Перевагами такого способу є те, що розчин попередньо змішується, і його можна точно дозувати, а також вводити добавки відповідно до рецептури. Швидкість удару при нанесенні не настільки велика, щоб утворювався відскок, а також не порушується зчеплення, як при роботі з розрівнюванням ремонтної суміші вручну. Основним недоліком такого способу є потреба у специфічному обладнанні, що застосовується для нанесення суміші.

Спосіб ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій вкладанням в опалубку ремонтної суміші використовується для відновлення значних об'ємів пошкоджень бокових поверхонь, вертикальних або верхніх поверхонь, горизонтальних конструкцій. Опалубна конструкція встановлюється на певній відстані від існуючої конструкції (при ремонті збільшує поперечний переріз конструкції та одночасно підсилює її), або безпосередньо по відновлюваних

гранях конструкції [32, 33, 34]. Подача високорухливої бетонної суміші здійснюється через отвори або через спеціальні муфти в опалубці, куди розчин нагнітається бетононасосом.

Відновленням залізобетонних конструкцій способом вкладання в опалубку займалися: Старкова О. В., Савицький А. Н., Пшинько А. Н., Савицький Н. В. та інші [35, 36, 37, 38]. В роботі вчені [36] застосовують безусадкову бетонну суміш наливного типу (рис. 1.6). Підготовка бетонної поверхні та армування аналогічна до тих, що описані в попередніх технологіях. При цьому обов'язковим є зволоження поверхні. Приготовану бетонну суміш вкладають в опалубку, яка повинна бути надійно закріплена та витримувати тиск на стінки після вкладання ремонтного розчину. Стики опалубки потрібно зачеканити для запобігання витіканню суміші. У верхній частині опалубки на протилежних гранях влаштовують отвори, у які встановлюють патрубки та виводять на 150...200 мм вище верхнього рівня відновлюваної ділянки. Укладання бетонної суміші проводиться через лійку, вставлену в один із патрубків, інший патрубок призначений для виведення повітря та контролю наповнення опалубки. Ремонтний розчин подають поступово, не ущільнюючи вібруванням та штикуванням, та тільки з одного боку, для запобігання захоплення повітря сумішшю та утворення пустот. Важливо, щоб бетонна суміш повністю заповнила простір між опалубкою та конструкцією. Знімається опалубка не раніше ніж через одну добу після вкладання. Відремонтвану ділянку бажано захистити від втрати вологи внаслідок випаровування води. Такі заходи можна здійснити, зрошуючи відновлену поверхню водою, укриваючи вологою мішковиною або обробкою спеціальними плівкоутворювальними сумішами.

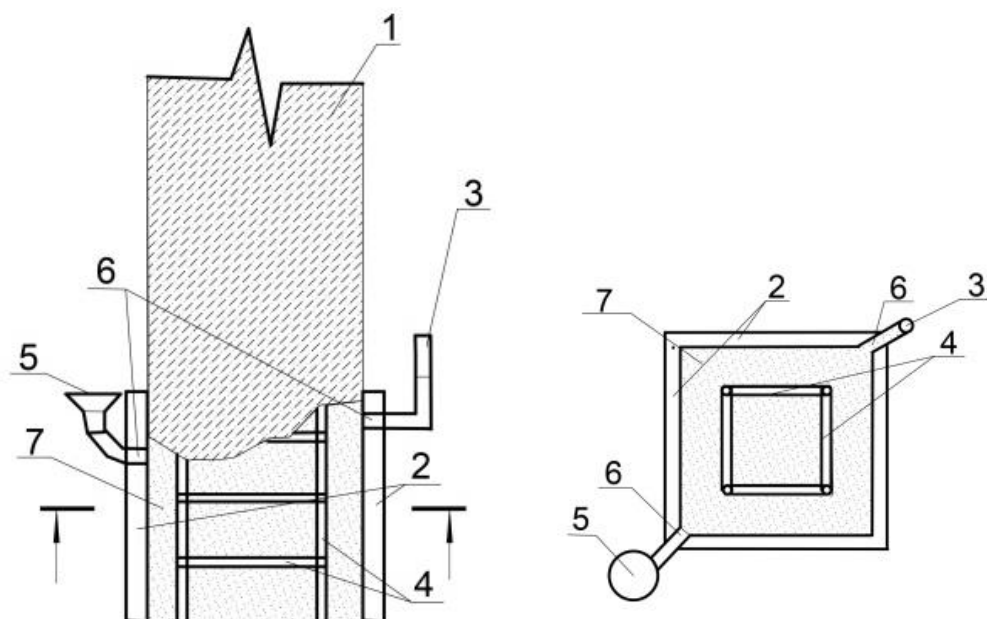


Рис. 1.6. Принципова схема відновлення бокових поверхонь вертикальної конструкції способом укладання ремонтної суміші в опалубку:

1 – відновлювана конструкція; 2 – опалубка; 3 – патрубок для виходу повітря; 4 – оголена арматура; 5 – лійка для подачі ремонтної суміші;
6 – отвори в опалубці; 7 – ремонтний розчин

Розглянутий спосіб відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій має ряд переваг над іншими, саме тому він і буде взятий за основу для вдосконалення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій, зокрема і на нижніх поверхнях пролітних конструкцій.

1.2. Виявлення та класифікація чинників, що погіршують стан залізобетонних конструкцій

Залізобетонні конструкції будівель та споруд під впливом часу та негативних чинників руйнуються. Чинники, що призводять до пошкодження та руйнування бетонних та залізобетонних конструкцій, можуть бути різні. Дефекти та пошкодження залізобетонної конструкції можуть бути закладені або набуті на одному з етапів її життєвого циклу: проєктування, виготовлення, транспортування, монтажу та експлуатації.

Насамперед невідповідність залізобетонних конструкцій вимогам може сформуватися в результаті допущених помилок при проєктуванні конструкцій [39], що проявляються у вигляді дефектів та пошкоджень під час будівництва або на початковому етапі експлуатації. До таких помилок можна віднести: невідповідність армування конструкцій, закладені фізико-механічні параметри бетону, що не відповідають розрахунку, некоректність конструювання вузлів, проєктування захисних покриттів бетону, технологічних рішень на будівельно-монтажні роботи, порушення вимог нормативних документів при компонуванні розрахункової схеми та її розрахунку [40, 41].

Також невідповідність будівельної конструкції необхідним параметрам може закладатися в процесі її виготовлення, при використанні неякісних або невідповідних будівельних матеріалів та виробів, зокрема бетонний розчин або армування чи закладні деталі, які не відповідають проєктним рішенням.

При виготовленні залізобетонних конструкцій можливе утворення дефектів залізобетонних конструкцій, наслідками яких є допущені помилки в технології. До таких чинників виникнення дефектів конструкцій відносяться: помилки монтажу опалубних конструкцій або недостатня їх жорсткість, що спричиняє витіканню суміші з обмежувальних конструкцій, допущені помилки при вкладанні бетонної суміші призводять до утворення каверн, порожнин, розшарування. Відмінна від проєкту рухливість бетонної суміші призводить до утворення порожнин, високої пористості, розшарування суміші, витікання з опалубки, значні усадкові явища та появу тріщин, відміну фізико-механічних показників бетону від проєктних рішень та інше.

Допущені помилки при проєктуванні та виготовленні залізобетонних конструкцій можуть спричинити появу в них напружень, що не передбачені проєктом, понаднормові прогини, розтріскування, корозію армування та інше [42]. Позапроєктні впливи на залізобетонні конструкції, такі як: корозійні процеси, пожежі, складні умови експлуатації об'єкта (вода, у тому числі з вмістом хлоридів, висока вологість повітря, різкі перепади температури, що спричиняють регулярне заморожування та відтавання вологи в порах бетону, сильні вітри,

вплив агресивних хімічних сполук, висока сейсмічна активність, біопошкодження [43] та інше) – можуть стати чинниками, що спричиняють руйнування як захисного шару залізобетонних конструкцій, так і конструкції в цілому.

Тривалий термін експлуатації залізобетонних конструкцій без своєчасного відновлення захисного шару бетону стає причиною корозії арматури та призводить до її руйнування [43, 44].

Слід зазначити, що пошкодження в залізобетонних спорудах поділяють за характером впливу на несучу здатність на три групи:

- I група – пошкодження, що практично не знижують міцність та довговічність конструкції;

- II група – пошкодження, що знижують довговічність конструкції;

- III група – пошкодження, що знижують несучу здатність конструкції.

До пошкоджень, що призводять до порушення цілісності та зниження міцності бетону в залізобетонних конструкціях, можна віднести підвищену пористість (ділянки «слабкого» бетону), тріщини, вибоїни, відколи, каверни, пустоти, робочі шви та розриви, що виникають при бетонуванні, та поверхневе руйнування бетону [44, 45]. До пошкоджень бетону, які не знижують міцність та не порушують цілісність конструкцій, можна віднести: замокання, висоли, поверхневі забруднення, порушення рельєфності, незначні біопошкодження та інше, що усуваються поверхневою обробкою.

Бетон та залізобетон має високу міцність, низьку пластичність та високі експлуатаційні характеристики. Але під впливом різного роду чинників залізобетонні конструкції пошкоджуються, що призводить до втрати належного зовнішнього вигляду, зміни проєктних параметрів, а також при значних пошкодженнях – зниження несучої здатності конструкції [46]. Чинники руйнування конструкцій умовно можливо розділити на групи, а саме: хімічні, фізичні та механічні [47].

Хімічні чинники впливають в результаті взаємодії хімічних речовин компонентів бетону, води й розчинених в ній речовин, газів та спричиняють корозійні дії в бетонних та залізобетонних конструкціях.

Одним з основних процесів, що сприяє руйнуванню залізобетонних конструкцій є корозія. Корозія – це руйнування в результаті хімічного, електрохімічного або фізико-хімічного впливу з навколишнього середовища. Корозія бетону виникає в результаті проникнення агресивних речовин в його товщу [48], вона особливо інтенсивна при постійній фільтрації руйнівних речовин через тріщини або пори бетону. До агресивних впливів зовнішнього середовища найчастіше відносять прісні і мінералізовані води, перемінну дію температур на мокрі конструкції та почергове зволоження і висушування [43].

При вивченні стійкості залізобетонних конструкцій, що мали різні умови експлуатації, поширеним та небезпечним пошкодженнями є пошкодження, спричинені корозією арматури [49, 50].

Найпоширеніша причина корозії сталеві арматури в бетоні – це корозійне руйнування його структури під впливом навколишнього середовища, тобто розчинення складових частин цементного каменю. У залізобетонних конструкціях доріг, промислових будівлях, спорудах мостів, причалів та інших об'єктів руйнування захисного шару бетону і корозію арматури можна виявити вже через 4 – 5 років. До факторів, що ініціюють і підсилюють цей негативний процес, варто насамперед віднести водонепроникність бетону, проникнення до нього агресивних газів і солей, а також схильність до карбонізації (поступової втрати лужності). Етапи корозії арматури в бетоні, що спричиняють його руйнування, схематично зображено на рис. 1.7.

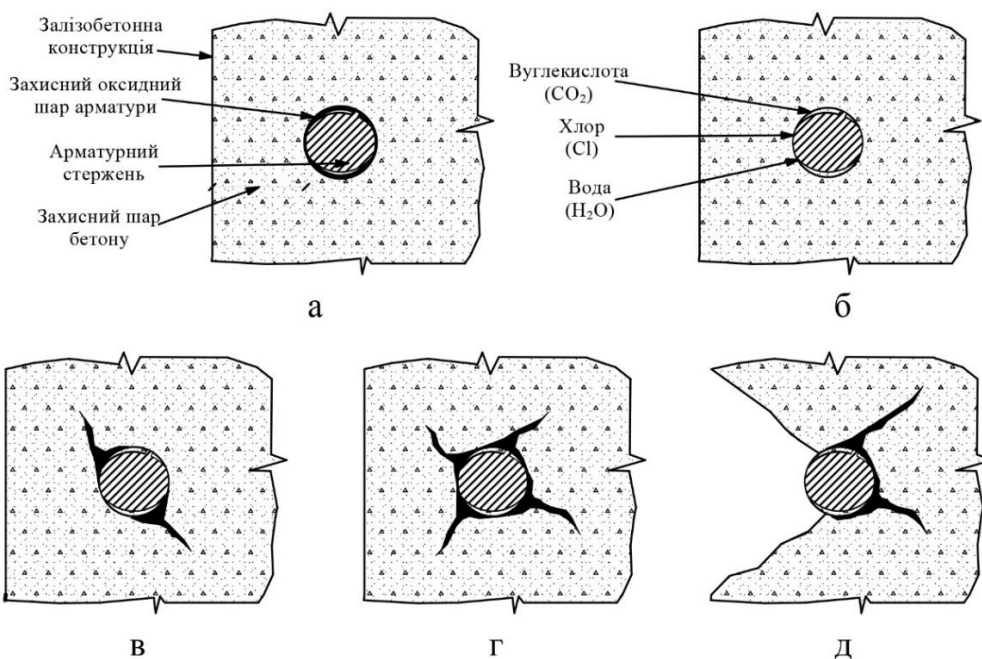


Рис. 1.7. Етапи корозії арматури в бетоні, що спричиняють його руйнування.

а) арматура в стабільному корозійному стані знаходиться в лужному середовищі свіжого бетону, б) початок руйнування оксидного шару арматури під впливом зовнішніх факторів, в) утворення мікротріщин в бетоні при іржавінні сталевих арматур, г) прискорення процесу корозії сталевих арматур при утворенні мікротріщин, д) руйнування залізобетонної конструкції при виході її тріщин на поверхню.

Можна відзначити дві основні схеми розвитку процесів корозії залізобетонних конструкцій. За першою – корозія арматури починається після руйнування бетону в захисному шарі. Тобто, причина пошкодження конструкції полягає в недостатній стійкості бетону. Розвиток корозії за другою схемою починається з арматури, коли бетон не володіє достатніми захисними властивостями, але і не руйнується під дією середовища, яке в цьому випадку не є щодо нього агресивним. Руйнування бетону відбувається під тиском зростаючої в об'ємі на арматурі корозії і має суто механічний характер. Зазвичай такого роду руйнування залізобетонних конструкцій виникає внаслідок дії вологого повітря, або періодичного зволоження, особливо за умови забруднення атмосфери

агресивними газами. Довговічність залізобетонних конструкцій значною мірою залежить від збереження арматури [50, 51].

Пошкодження захисного шару бетону можуть виникати під час транспортування та в процесі монтажу та експлуатації конструкцій та виробів. Також чинниками руйнування захисного шару можуть бути помилки при проєктуванні, порушення в роботі з пластифікаторами та неправильна технологія монтажу конструкцій. Відповідна товщина захисного шару, що рекомендована стандартами будівництва [52], може варіюватися від 20 до 40 мм в залежності від рівня вологості, температури та умов експлуатації конструкцій і забезпечить безпечну передачу зусиль зчеплення арматури з бетоном, захист арматурної сталі від корозії та запобігання її швидкому нагріванню при дії високих температур.

Крім цього, чинниками руйнування захисного шару є складні умови експлуатації об'єкта (морська вода, зatoryжні зливи, висока вологість повітря, різкі перепади температури, що спричиняють регулярне заморожування та відтавання вологи в порах бетону, сильні вітри, вплив агресивних рідин і олій, висока сейсмічна активність і т. ін.), тривалий термін експлуатації конструкцій без своєчасного відновлення захисного шару бетону (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Корозія бетону та арматури

До фізичних чинників, які спричиняють руйнування залізобетонних конструкцій, можна віднести: температурні перепади, циклічне заморожування і відтавання бетону та усадкові процеси, що розвиваються як в процесі вкладання бетону, так і під впливом часу. Усадку бетону можна поділити на декілька видів:

первинна пластична усадка (рис. 1.9), спричинена швидким випаровуванням вологи з бетонної суміші в перші дні після вкладання бетону, яка спостерігається ще в пластичній стадії. Основними ознаками пластичної усадки є мікротріщини, тріщини та утворення локальних осідань бетону на поверхні конструкції. Вторинна усадка – гігрометрична, відбувається в перші місяці після твердіння бетону, а також усадка, яка характерна для великих конструкцій, які висихають роками з поступовим випаровуванням вологи. Також розрізняють усадку, що відбувається внаслідок хімічних процесів в цементному камені: при гідратації – контракційна усадка; при взаємодії продуктів гідратації з проникаючими із зовнішнього середовища компонентами – карбонізуюча усадка; а також, усадка внаслідок фізичних і фізико-хімічних процесів, пов'язаних зі зневодненням структури цементного каменю – вологісна і радіаційна усадка [53].



Рис. 1.9. Результат впливу пластичної усадки бетону

Поширеним чинником, що призводить до руйнування незахищених від атмосферних впливів бетонних і залізобетонних конструкцій, є дія низьких температур, а саме: цикл замерзання і відтавання хімічно незв'язаної води, що проникла в середину бетону (в порах і капілярах), та її подальше замерзання зі збільшенням об'єму і створення напруження в тілі конструкції, що призводить до утворення тріщин та відшарувань захисного шару (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Руйнування бетону внаслідок поперемінної дії низьких температур

Високі температури, спричинені пожежею, знижують міцність бетону та його захисні властивості для арматури. Хоча бетон є вогнетривким та досить вогнестійким матеріалом, але при тривалій дії високих температур відбувається нагрівання арматури, в якій з'являються значні пластичні деформації, що утворюють неприпустимі прогини та надмірно розкриті тріщини в згинальних елементах, внаслідок чого позациентрово стиснуті елементи втрачають стійкість [54, 55]. Руйнування залізобетонних конструкцій, що піддалися впливу високої температури, обумовлено різними коефіцієнтами термічного розширення арматури й бетону та швидким охолодженням матеріалу при гасінні пожежі водою, внаслідок чого відбуваються розриви між заповнювачем та в'язучим.

Механічні чинники спричиняють руйнування залізобетонних конструкцій механічними діями, а саме: динамічні впливи (рис. 1.11), інтенсивні механічні навантаження [56], пошкодження від сейсмічної активності ґрунтів, стиранням внаслідок регулярного впливу твердих абразивних частинок, пішохідних і механічних навантажень, фізичне осідання бетону або ґрунту під ним в період експлуатації споруди, вібраційні навантаження.



Рис. 1.11. Механічне пошкодження залізобетону від динамічних впливів

Також до механічних чинників пошкодження бетонних та залізобетонних конструкцій відносяться вивітрювання та ерозія, які внаслідок впливу вітру, води та обмерзання спричиняють руйнування поверхні бетону та оголюють її до заповнювача (рис. 1.12).

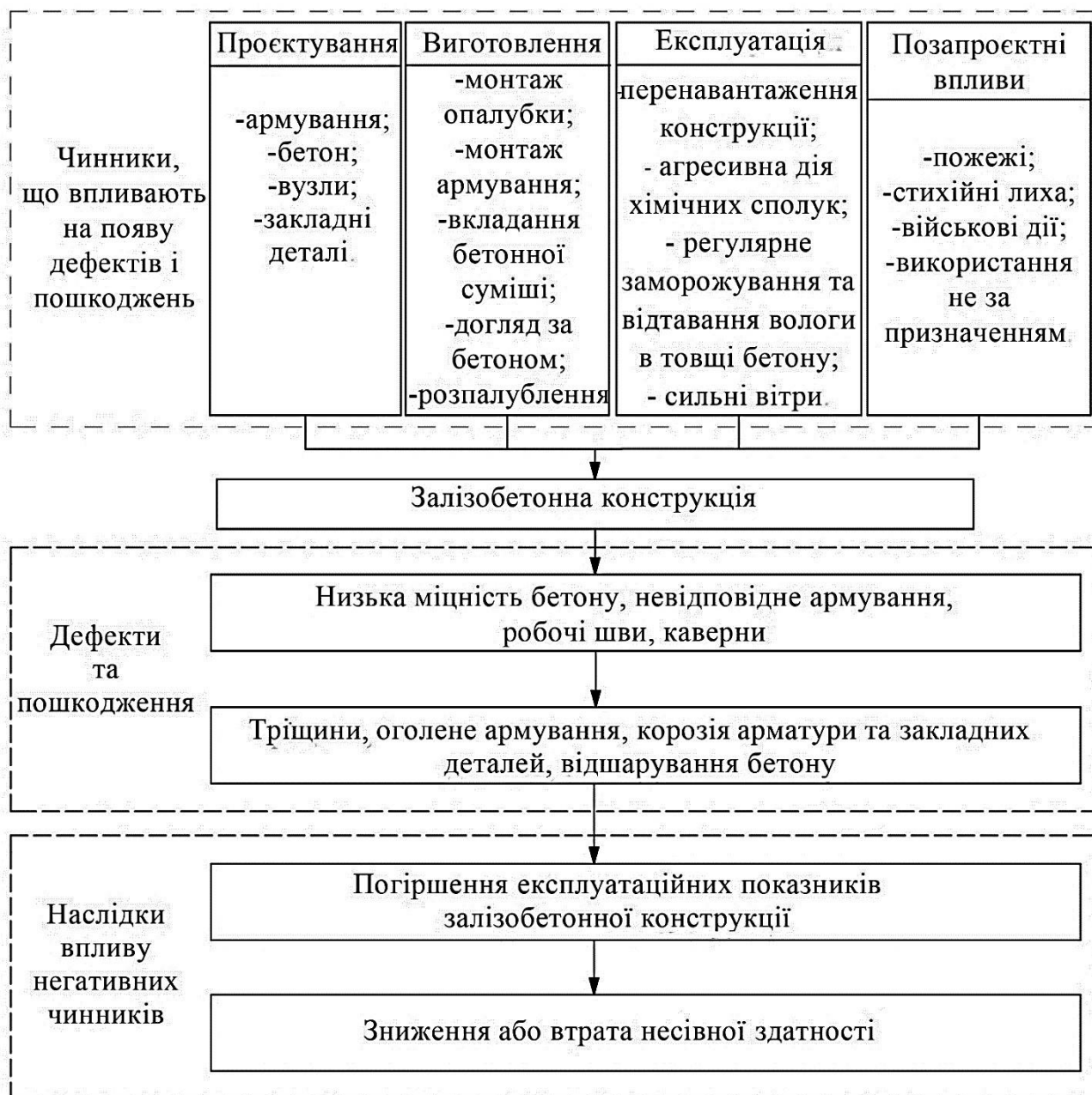


Рис. 1.12. Ерозія бетонної поверхні

Основні види пошкоджень залізобетонних конструкцій та чинники, від впливу яких вони виникають, представлені в табл. 1.1.

Основні чинники від впливу яких виникають дефекти та пошкодження залізобетонних конструкцій

Таблиця 1.1



1.3. Виявлення технологічних чинників, які впливають на проєктні параметри відновлених конструкцій

Передбачено виконати аналіз науково-технічної літератури з метою виявлення технологічних чинників, що впливають на проєктні параметри відновлених конструкцій.

Дослідження, що визначають оптимальний спосіб підготовки основи пошкоджених бетонних та залізобетонних конструкцій, викладені в таких наукових працях [57, 58, 59]. Науковцям вдалося виявити, що при ремонті залізобетонних конструкцій важливим є якісна підготовка поверхні пошкодженого бетону та арматури шляхом повного очищення, що дає змогу забезпечити сумісну роботу відновленого бетону з існуючим. Встановлено, що від стану бетонної основи напряму залежить довговічність зчеплення ремонтного розчину з основою, і для належного зчеплення шарів потрібно повністю видалити пошкоджений шар бетону. У своїх дослідженнях Авренюк А. М. виконував підготовку кородованої бетонної поверхні різними способами. При цьому було виявлено, що при обробці поверхні водою під тиском 150 – 250 атм видалявся лише крихкий поверхневий шар продуктів корозії, а міцний перехідний сульфатизований шар залишався. При обробці поверхні водою під тиском 500 атм сульфатизований шар видалявся повністю, але залишався внутрішній карбонізований шар. При обробці струменем води 600 атм показники були такі, як і в попередньому випадку, але з'явилися пошкодження структури бетону. При тиску води 900 атм очищення від сульфатизованого шару відбулось на 30 %, але при цьому значно пошкодилась структура бетону, з'явилися тріщини глибиною більш ніж 5 мм, та спостерігалось викришування зерен заповнювача. Дослідник встановив, що при дробоструминному методі обробки під тиском 7 атм повністю видаляються кородовані шари бетону, не пошкоджуючи при цьому поверхню нормального бетону. Крім цього, утворюється високий ступінь шорсткості поверхні бетону, що збільшує зчеплення ремонтного шару з бетонною основою.

В результаті ряду досліджень встановлено, що найбільш ефективними способами очищення кородованого бетону та арматурних стрижнів є:

- водоструминний з тиском 450 – 500 атм;
- дробоструминний з тиском 7 атм;
- водо-піскоструминний з тиском 250 – 300 атм.

Бугаєв В. А. та Горидько Д. В. [60] за результатами експериментальних досліджень встановили вплив стану відновлюваної бетонної поверхні на міцність на зсув ремонтного розчину з поверхні відновлюваної конструкції. В дослідженнях розглядали не зачищену звичайну бетонну поверхню та зачищену з високою якістю в зоні контакту нового бетону зі старим. Відновлення проводили звичайним бетоном на основі портландцементу, та модифікованим бетоном. Показники міцності на зсув при відновленні звичайним бетоном очищеної поверхні становили – 2,64 МПа, а звичайної поверхні – 2,21 МПа, Міцність на зсув модифікованого бетону з очищеною поверхнею становила – 5,74 МПа, а звичайною поверхнею – 4,83 МПа. Результати (рис. 1.13).

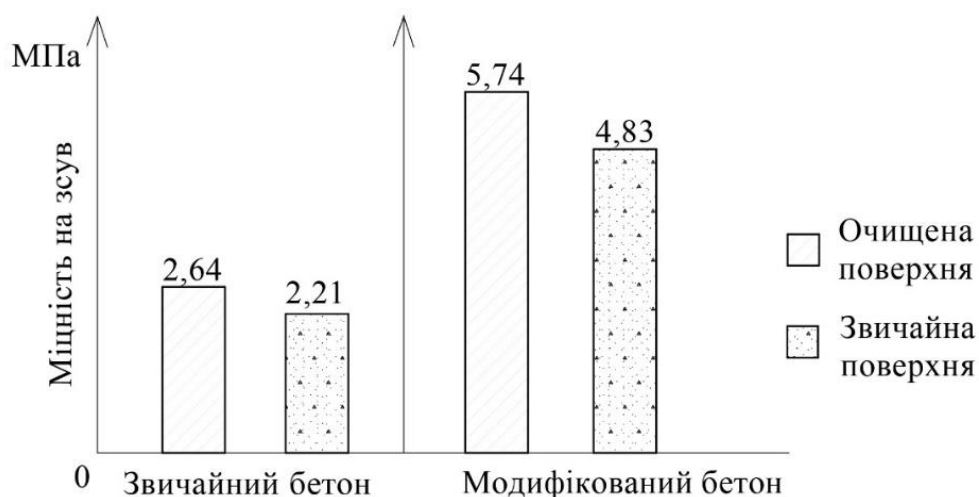


Рис. 1.13. Вплив стану відновлюваної поверхні на міцність зчеплення ремонтного розчину з основою

Схожі дослідження проводили науковці з Алжиру [61], США [62], Польщі та Канади [63], Ірану [64], відновлюючи бетонні поверхні, підготовлені різними

способами. Останні дослідили гладку розпилянну бетонну поверхню, оброблену металевою щіткою, з насічками на поверхні та протравлену соляною кислотою. Після набору міцності проводили дослідження на косий зсув. За результатами досліджень, найкращий показник міцності зчеплення спостерігався з поверхнею, що піддалася кислотному протравлюванню, найгірший результат – гладка розпиляна поверхня.

Отже, технологічний чинник – спосіб підготовки основи та її стан – впливає на міцність зчеплення ремонтного розчину з основою.

Кононенко О. М. [66] досліджував залежність міцності зчеплення ремонтного розчину з основою від способу його нанесення на відновлювану конструкцію. В дослідженнях ремонтні матеріали наносили вручну з використанням шпателя і методом торкретування. Вищі показники міцності зчеплення ремонтного розчину з бетонною основою спостерігалися при відновленні бетонної конструкції методом торкретування і в середньому становили – 2,04 МПа. Показники міцності зчеплення ремонтного розчину до відновленої поверхні з використанням шпателя становили – 1,69 МПа.

Духанін П. В. [25] також проводив дослідження, метою яких було визначення впливу способу влаштування ремонтного шару на міцність зчеплення його з бетонною основою. Науковець дослідив відновлення залізобетонних поверхонь методами оштукатурювання, віброоштукатурювання та торкретування. Крім цього, було досліджено методи з додатковими технологічними прийомами, а саме: застосування вібраційного впливу з використанням вібропластини на бетонну суміш в зоні контакту з поверхнею конструкції, що ремонтується, та влаштування адгезійного шару на поверхню конструкції, що відновлюється. За результатами досліджень найбільшу міцність зчеплення ремонтного матеріалу з відновленою конструкцією отримано при вібруванні вібропластиною свіжоукладеної бетонної суміші в зоні його контакту з поверхнею, що ремонтується. Дослідник також встановив, що максимальна міцність зчеплення досягається при щільному контакті (при мінімально можливому зазорі) вібропластини з поверхнею, що ремонтується і становить – 1,47 МПа, міцність зчеплення при торкретуванні

становить – 1,4 МПа, а при відновленні з нанесенням клейового контактного шару – 1,9 МПа. В разі оштукатурювання та віброоштукатурювання показники міцності зчеплення становлять – 0,4 та – 0,6 МПа відповідно (рис. 1.14).

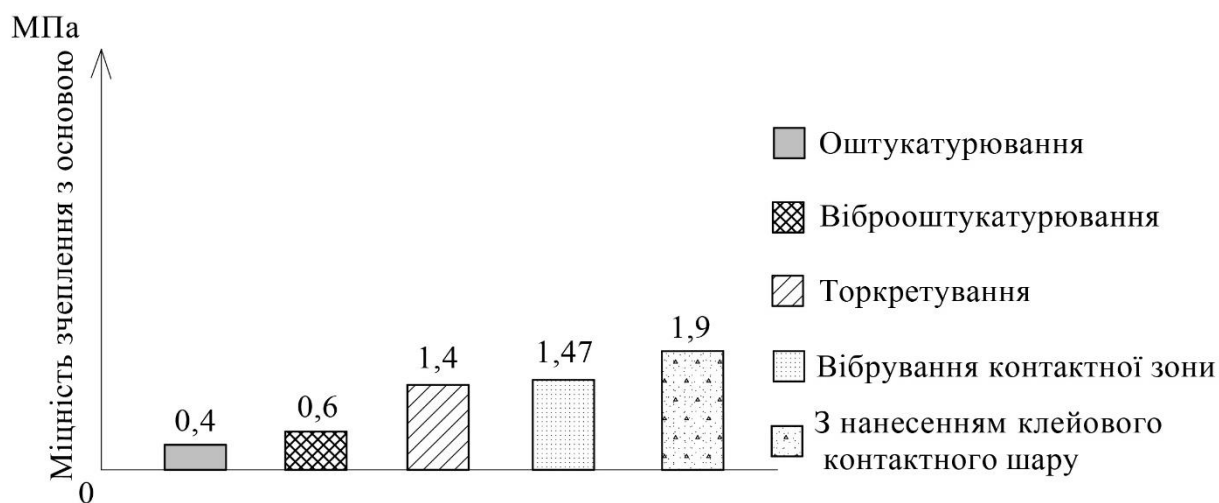


Рис. 1.14. Вплив способу влаштування ремонтного шару на міцність зчеплення його з бетонною основою

Отже, спосіб нанесення ремонтного матеріалу впливає на міцність зчеплення ремонтного матеріалу з відновлюваною поверхнею.

Кононенко О. М. [66], досліджуючи методи відновлення залізобетонних конструкцій, встановив, що міцність зчеплення ремонтного матеріалу з залізобетонною конструкцією залежить від кута нахилу до горизонту поверхні, що відновлюється: горизонтальна, похила (під кутом 30° до горизонту) та вертикальна. За результатами досліджень встановлено, що найбільша міцність зчеплення спостерігалась при відновленні горизонтальної поверхні зверху, і становила – 1,76 МПа, а найменша – при ремонті вертикальної площини – 1,17 МПа, під нахилом – 1,65 МПа. Крім цього, спостерігалась залежність показників морозостійкості та водонепроникності від кута нахилу поверхні до горизонту. Автор відмітив, що при відновленні горизонтальної поверхні зверху, показник водонепроникності коливався W10 – W12, а морозостійкість $F > 300$. Зі збільшенням кута нахилу до горизонту показники водонепроникності та морозостійкості погіршуються і коливаються від W8 – W10, та F200 – 300. На

вертикальних поверхнях водонепроникність становила W6 – W4, морозостійкість F150 (рис. 1.15).

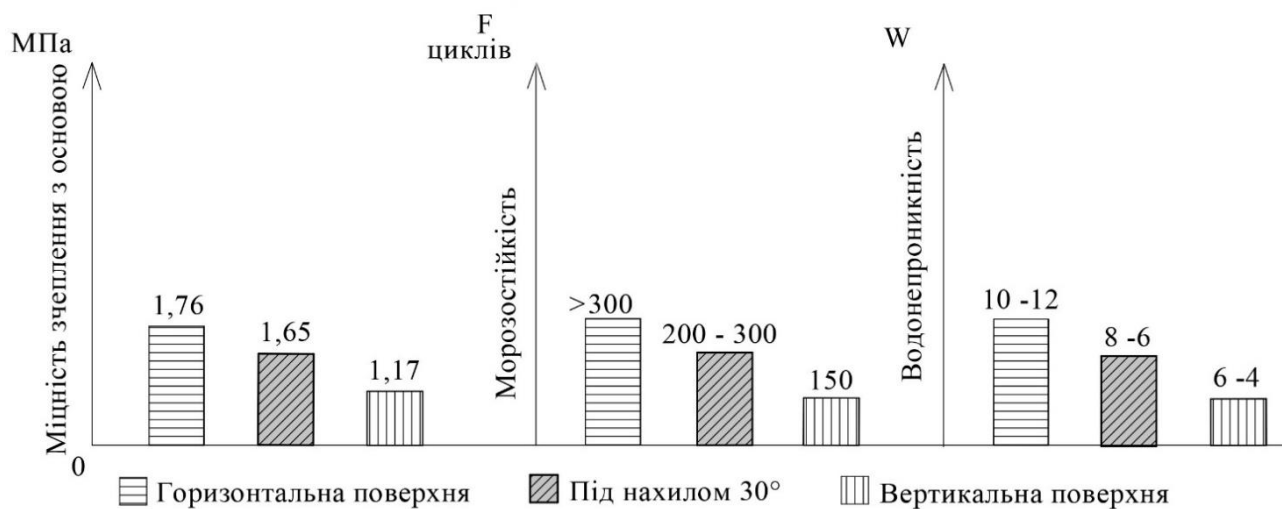


Рис. 1.15. Вплив просторового положення поверхні, що відновлюється на міцність зчеплення ремонтного розчину з основою, морозостійкість та водонепроникність

Ісмаїл Ель-Рашид Алі [67] виявив вплив положення ремонтної ділянки на міцність розтягу при вигині. Найкращі результати він отримав в разі ремонту дефектів зверху на горизонтальних конструкціях. При положенні дефектів знизу та вертикально міцність розтягу при вигині знижувалася на 9 – 10 %.

Отже, такий технологічний чинник, як положення поверхні, що відновлюється, впливає на міцність на розтяг при вигині, водонепроникність, морозостійкість та міцність зчеплення ремонтного розчину з основою.

Агеєв А. О. [17], досліджуючи умови, при яких розчин набирає міцність на основі полімерцементних сухих будівельних сумішей, витримував зразки в нормально-вологих умовах (вологість не менша 80 %), повітряно-сухих (вологість повітря 50 – 60 %) та двох комбінованих режимах. Провівши аналіз результатів експериментів, науковець дійшов висновку, що для підвищення показників міцності зчеплення оптимальними є нормально-вологі умови догляду (2,05 МПа) та комбінований режим (2,35 МПа). Найменші показники міцності зчеплення

зафіксовані у зразках, які витримували в повітряно-сухих умовах, що мають негативний вплив на проєктні параметри матеріалу.

У своїх дослідженнях Бефарнія, Джон-несарі та Мошараф [64] дійшли висновку, що початкові умови твердіння ремонтного розчину значно впливають на міцність зчеплення ремонтних матеріалів з основою. Відновлені зразки залишали в опалубці на 1, 3 та 7 діб. Після розпалублення витримували їх протягом 28 діб та проводили випробування. Результат експерименту показав, що довше початкове твердіння в опалубці покращує міцність зчеплення ремонтного матеріалу з основою.

Також одним із напрямків їх досліджень було визначення впливу агресивного середовища на міцність зчеплення ремонтного шару з поверхнею бетонного зразка при витримуванні відновлених зразків у різному середовищі. Серії зразків занурили у сиру нафту, розчин сульфату (15% $MgSO_4$ + 0,1N H_2SO_4) та у воду на 90 і 180 днів. Отримані результати показали, що міцність зчеплення ремонтних матеріалів з часом значно знижується в агресивному середовищі.

Отже, такі технологічні чинники, як умови, при яких ремонтний розчин набирає міцність, та час витримування ремонтного матеріалу в опалубці впливають на наступні проєктні параметри відремонтованих залізобетонних поверхонь: міцність зчеплення, водонепроникність, корозійну стійкість та морозостійкість відновленої поверхні.

Стародубцев В. Г. та інші [68, 69] досліджували вплив ущільнення бетонної суміші на якість бетону. У роботі [68] визначили, що міцність на стиск та однорідність бетону залежить від тривалості вібрування. Бетон, ущільнений протягом 60 секунд, має міцність на стиск – 31 МПа; ущільнений протягом 120 с – 39 МПа; 180 с – 44 МПа; 240 с – 47 МПа (рис. 1.16). При цьому слід зазначити, що вібрування може негативно вплинути на однорідність бетонної суміші внаслідок розшарування.

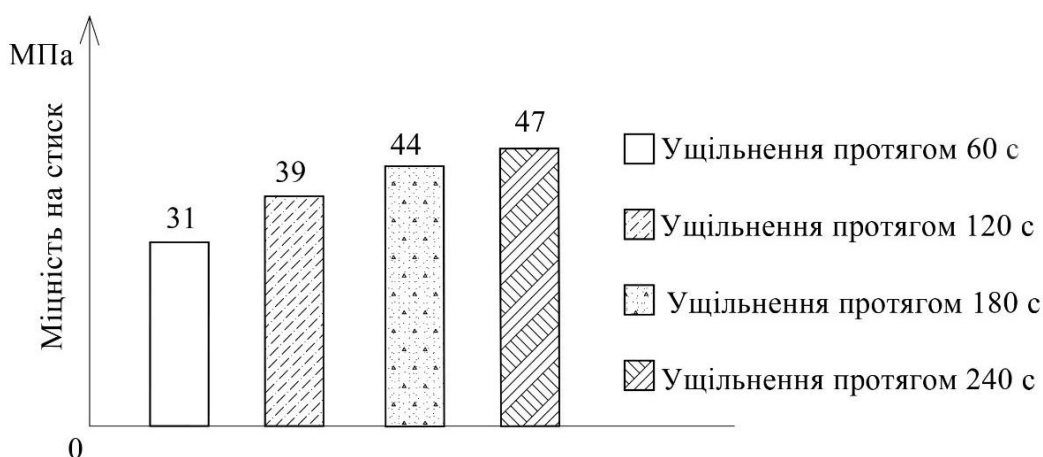


Рис. 1.16. Вплив вібрування бетонної суміші на його міцність на стиск

Агеєв А. О. [17] експериментально встановив, що вібрування ремонтної розчинної суміші та її товщина впливає на показники міцності на стиск та згин. Дослідник укладав ремонтну суміш в один та три шари, ущільнюючи її. Міцність розчину на згин зросла як при укладанні суміші в один шар, так і при укладанні у три шари. З 9,2 МПа до 10,7 МПа – при вкладанні в один шар; з 10,1 МПа до 11,0 МПа – при вкладанні у три шари. Розчин, для якого суміш вкладали в один шар (40 мм), мав найбільший показник міцності на згин за умови його вібрування протягом 60 секунд. Розчин, для якого суміш укладали у три шари, найбільшу міцність на згин отримав після вібрування протягом 10 секунд, при продовженні вібрування міцність зразків зменшувалася. Пояснюється це тим, що відбувається процес переміщення наповнювача вниз, що призводить до розшарування та порушення однорідності ремонтного матеріалу. Показник міцності на стиск при укладанні розчину в один шар не ущільнених вібруванням зразків становить 41,5 МПа, а ущільнених – 60,9 МПа, а при укладанні в три шари міцність на стиск не ущільнених вібруванням зразків становить – 52,6 МПа, ущільнених – 62,9 МПа (рис. 1.17).

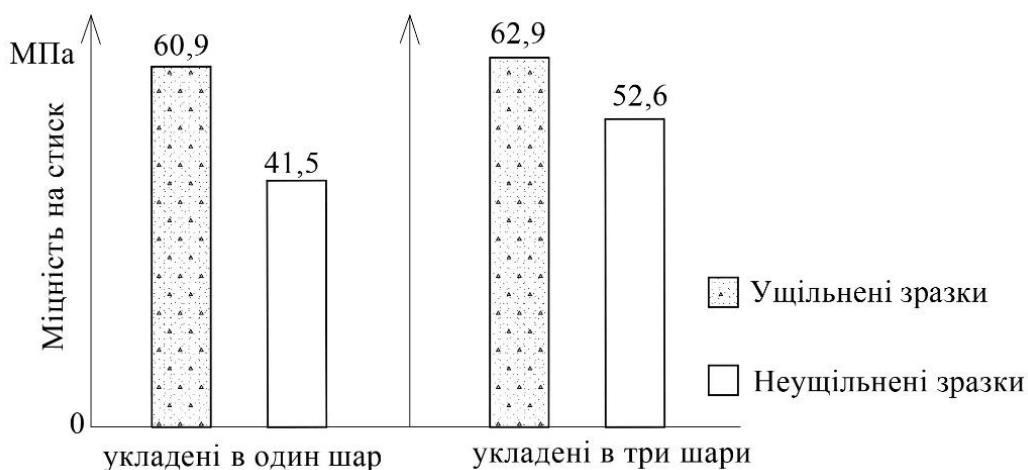


Рис. 1.17. Вплив вібрування ремонтної розчинної суміші на показники міцності на стиск

Аналізуючи приведені дослідження, можна дійти висновку: вібрування бетонної суміші є важливим технологічним чинником, що впливає на міцність, на стиск та згин і однорідність ремонтного матеріалу, а тривалість вібрування бетонної суміші залежить від товщини ремонтного шару.

Попередній розігрів ремонтної бетонної суміші позитивно впливає на міцність зчеплення з відновлюваною конструкцією. До таких висновків дійшов Духанін П. В. [25], визначивши, що розігрів ремонтного матеріалу сприяє зниженню водопоглинання, підвищує корозійну стійкість, водонепроникність та морозостійкість відновленої ділянки. Досліджуючи водонепроникність, було встановлено, що зразки виготовлені з бетонної суміші без попереднього розігріву мали коефіцієнт фільтрації $5,4 \cdot 10^{-8}$ см/с, що відповідає марці бетону по водонепроникності W2, а в зразках, що виготовлені з попередньо розігрітого бетону до 60 °C коефіцієнт фільтрації становив $1,8 \cdot 10^{-8}$ см/с і відповідав марці бетону по водонепроникності W4. Встановлено вплив попередньо розігрітої бетонної суміші або поверхні відновлюваної конструкції на збільшення міцності зчеплення бетонного розчину з поверхнею конструкції. Оптимальними температурами слід вважати 65 °C для розчину та 60 °C для конструкції. Отже, розігрів бетонної суміші або конструкції при відновлюваних роботах впливає на

водопоглинання, корозійну стійкість, водонепроникність, морозостійкість та на міцність зчеплення з основою.

Також вчені дослідили [17, 70, 71, 72], що для досягнення високих показників міцності зчеплення ремонтного матеріалу з основою можна використовувати контактний шар – праймер. Зокрема встановлено, що для забезпечення якісної роботи праймера, важливим технологічними параметрами є тривалість витримування між нанесенням праймера на бетонну основу і вкладанням ремонтної суміші. При пересушенні праймера знижується міцність зчеплення ремонтного матеріалу до бетонної основи, а його перезволоження підвищує небезпеку сповзання ремонтної суміші (особливо на вертикальних поверхнях) та знижує якість відновлених конструкцій.

Досліджено [25] залежність впливу товщини та тривалості витримування контактної клейової пасти на міцність зчеплення ремонтного шару з поверхнею відновлюваної конструкції та встановлено, що підвищенню міцності зчеплення сприяє зменшення товщини контактного шару. Крім того, в тонкому шарі розвиток пластичних деформацій обмежений, і як наслідок, він міцніший за товщий. Встановлено, що збільшення товщини контактного шару призводить до зниження міцності зчеплення, а оптимальна його товщина рівна – 0,5 – 1,5 мм. Збільшення часу витримування між нанесенням клейової пасти на відновлювану поверхню перед укладанням ремонтного розчину призводить до зниження зчеплення ремонтного шару з відновлюваною конструкцією. Також визначено, що найкращий показник міцності зчеплення спостерігався в разі вкладання ремонтної суміші на свіжнанесену клейову пасту та становить – 2 МПа. Перерва між нанесенням в 30 хвилин знизила показник міцності зчеплення до 1,4 МПа; 60 хв – 1.1 МПа; 150 хв – 0,8 МПа (рис. 1.18).

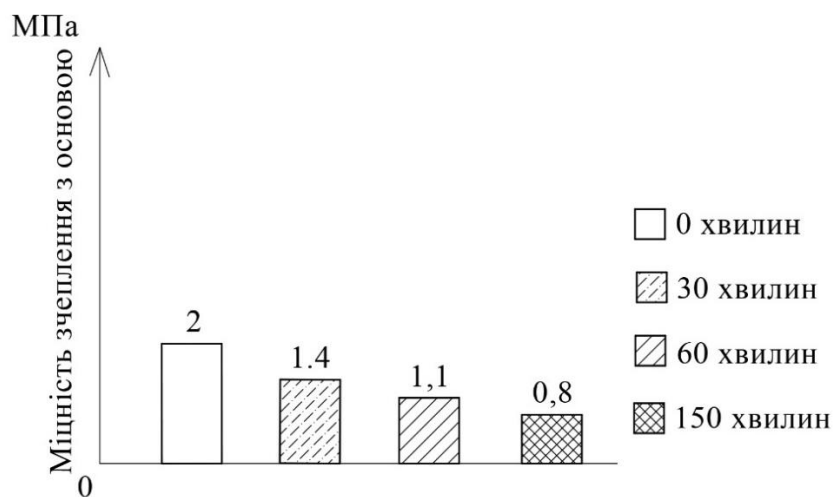


Рис. 1.18. Вплив тривалості витримування контактної клейової пасти на міцність зчеплення ремонтного шару з поверхнею відновлюваної конструкції

Таким чином, можна зробити висновок, що при влаштуванні контактного шару важливими технологічними чинниками є його товщина і тривалість витримування між нанесенням контактного шару на бетонну поверхню та вкладанням ремонтного матеріалу, які суттєво позначаються на міцності зчеплення ремонтного розчину з бетонною основою.

Спорідненими дослідженнями займалися вчені з Алжиру [61], США [62] та України [17], які встановили, що вологість основи впливає на експлуатаційні показники відновленої ділянки. Зокрема науковець [17] наносив на суху бетонну поверхню (вологість менш як 60 %), вологу (вологість в межах 60 %) та водонасичену (вологість понад 80 %) три види ремонтних систем: проникаючу та укріплюючу ґрунтовку, адгезійний шар – праймер та ґрунтовку і праймер разом. Провівши аналіз результатів досліджень, вчений дійшов висновку, що для сухої поверхні найбільші показники міцності зчеплення досягаються при нанесенні ґрунтовки та ремонтного розчину (Рад – 1,37 – 1,45 МПа) і поєднання праймеру та ґрунтовки (Рад – 1,25 – 1,67 МПа), низькі показники отримані при нанесенні праймера (Рад – 1,08 – 1,22 МПа). На вологій поверхні найкращий результат отримано при застосуванні праймеру та ремонтного матеріалу Рад – 2,0 МПа, з використанням ґрунтовки на вологій поверхні показник міцності зчеплення

становить $R_{ад} = 1,0 - 1,1$ МПа, що нижчий в порівнянні з сухою поверхнею. Грунтовка та праймер на вологій поверхні мають міцність зчеплення $R_{ад} = 1,8 - 2,0$ МПа, що збільшилася в порівнянні з сухою поверхнею. Міцність зчеплення ремонтного матеріалу до водонасиченої поверхні бетону значно знизилася: при використанні грунтовки показник становить $R_{ад} = 0,8 - 1,0$ МПа, грунтовка в поєднанні з праймером – $1,2 - 1,36$ МПа, праймер – $1,6 - 1,83$ МПа (рис. 1.19).

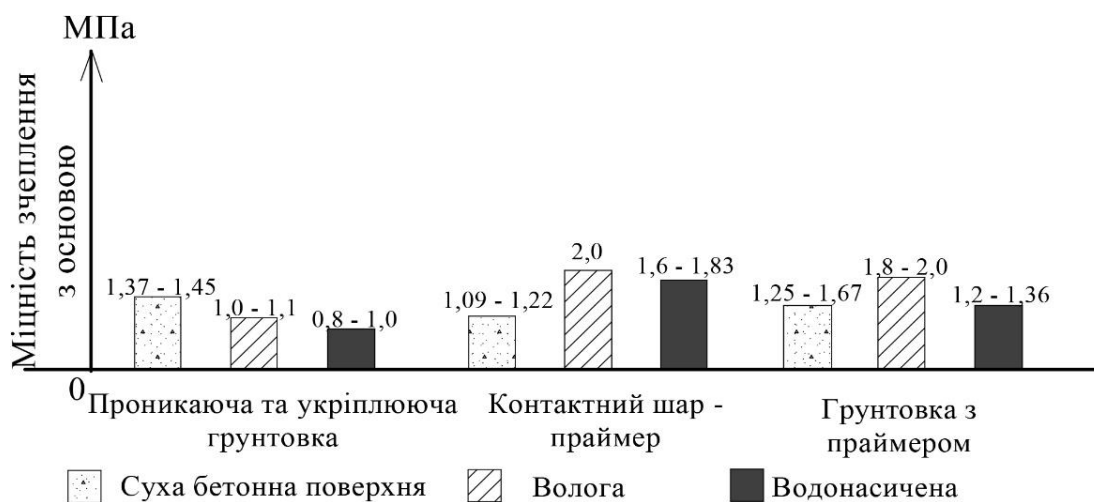


Рис. 1.19. Вплив вологості основи на міцність зчеплення

Отже, технологічний чинник – вологість поверхні бетонних конструкцій, що підлягають відновленню, впливає на міцність зчеплення ремонтного розчину з бетонною основою.

Багато наукових робіт присвячено дослідженням впливу температури в процесі виконання ремонтних робіт на міцність на стиск, на згин і міцність зчеплення ремонтних матеріалів [73, 74]. Досліджуючи ремонтні матеріали на основі полімерів [17], вчений дійшов висновку, що оптимальною температурою навколишнього середовища при виконанні робіт є $+20$ °С, при якій проєктні параметри розчину будуть наступні: $R_{зг} = 10,58$ МПа; $R_{ст} = 75,1$ МПа; $R_{ад} = 2,41$ МПа. Трохи гірші проєктні параметри зразків спостерігались при температурі $+35$ °С: $R_{зг} = 9,25$ МПа; $R_{ст} = 69,2$ МПа; $R_{ад} = 2,03$ МПа, а найгірші показники у зразків, витриманих при температурі $+5$ °С: $R_{зг} = 7,23$ МПа; $R_{ст} = 50,9$ МПа; $R_{ад} = 1,29$ МПа (рис. 1.20).

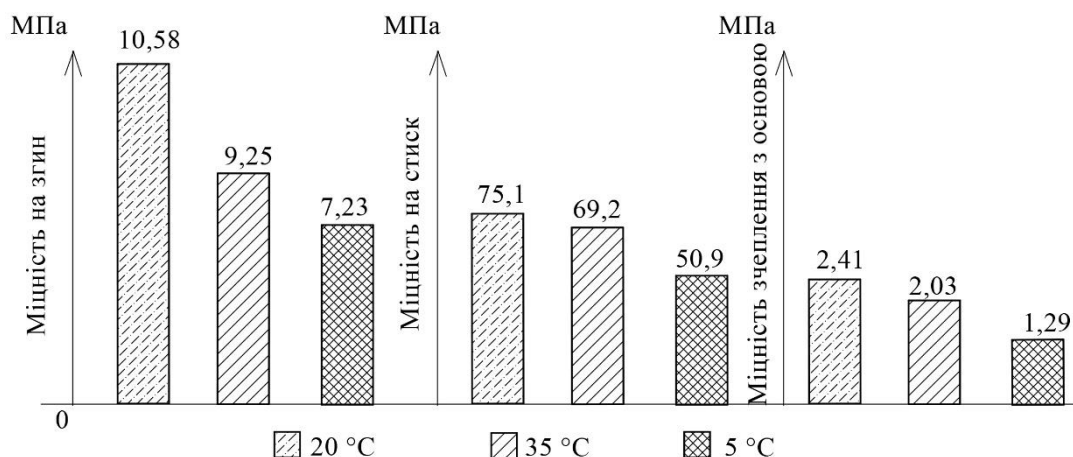


Рис. 1.20. Вплив температурних умов в процесі виконання ремонтних робіт на міцність, на стиск, на згин і міцність зчеплення ремонтних матеріалів

Ісмаїл Ель-Рашид Алі [67], відновлюючи залізобетонні конструкції, визначив, що найкращий показник міцності на розтяг при вигині отримано в разі відновлення конструкції за температури +35 °C. При цьому показник дефектності становив – 0,28. При температурі +50 °C показник міцності знизився на 8 – 12 %, а показник дефектності зріс на 15 – 18 %, при температурі +20 °C на 8 – 10 % нижче міцність та на 8 – 10 % вище показник дефектності в порівнянні з бетоном, що витримувався при температурі +35 °C.

Слід зазначити, що дослідники [60] визначили, що температура, при якій твердне та набирає міцність бетонна суміш, впливає на показник міцності на зсув. Твердіння звичайного бетону в нормальних умовах при температурі від +15 °C до +27 °C мав показник міцності на зсув – 2,51 МПа, а при температурі твердіння від +5 °C до +12 °C показник міцності на зсув був – 2,29 МПа. Умови твердіння модифікованого бетону при температурі від +15 °C до +27 °C показник міцності на зсув становив – 5,64 МПа, а при температурі твердіння від +5 °C до +12 °C показник був – 5,59 МПа.

Також вчені з Саудівської Аравії [75] дослідили вплив високих температур на міцність зчеплення ремонтних матеріалів з бетонною основою. Як ремонтний

матеріал використали дві звичайні суміші та шість на основі геополімерів з різним компонентним складом. Відновлені зразки поміщали в середовище з нормальною температурою та підвищеною до $+200^{\circ}\text{C}$ і $+400^{\circ}\text{C}$ на 3 годин перед проведенням випробувань на відрив. За результатами досліджень показники міцності зчеплення ремонтних матеріалів з основою мали різні показники. Одні краще працювали в разі їх витримування при нормальній температурі, інші мали підвищений показник міцності зчеплення після того, як зразки піддалися впливу підвищеної температури.

Температура навколишнього середовища і тривалість процесів гідратації та випаровування води з розчинної суміші впливають на легкоукладаність та життєздатність приготованого матеріалу.

Важливими технологічними чинниками при приготуванні ремонтної розчинної суміші є швидкість та тривалість перемішування, що впливають на морозостійкість, водопоглинання та міцнісні показники відновленої конструкції [12, 17]. Крім цього виявлено, що найбільший вплив на життєздатність полімерцементної сухої будівельної суміші є її рухливість [17]. Рухливість суміші залежить від кількості води затворення для забезпечення необхідної легкоукладаності та від випаровування води зі структури матеріалу. Тривалість перемішування матеріалу посідає друге місце за впливом, а швидкість обертання лопатки міксера майже не впливає на життєздатність. Підвищена температура навколишнього середовища сприяє інтенсивному випаровуванню води з розчину та негативно впливає на життєздатність ремонтного матеріалу. Маючи рухливість розчинної суміші з осадкою конуса ОК – 3,5 см і температуру навколишнього середовища $+5 - +20^{\circ}\text{C}$, життєздатність буде понад 30 хвилин. Зменшення рухомості значно зменшує її життєздатність, навіть при мінімальній температурі. При температурі навколишнього середовища $+35^{\circ}\text{C}$ життєздатність розчину взагалі не задовольняє вимогам технологічності, а при рухомості ОК – 2,5 см життєздатність розчину становить не більше 10 хвилин.

Таким чином, життєздатність та легкоукладальність ремонтного матеріалу залежить від рухомості суміші та температури навколишнього середовища.

Отже, температура навколишнього середовища при виконанні ремонтно-відновлюваних робіт впливає на проєктні параметри відновлених бетонних та залізобетонних конструкцій.

Проведений аналіз чинників, які можуть вплинути на проєктні показники відновлених конструкцій і технологію відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій [76, 77], систематизовано у вигляді табл. 1.2.

Таблиця 1.2

**Технологічні чинники, які впливають на проєктні параметри
відновлених залізобетонних конструкцій**



Продовження таблиці 1.2



Висновок до першого розділу

1. Бетон та залізобетон посідає провідне місце у світовому будівництві. З часом та під впливом різних чинників конструкції будівель і споруд старіють, зношуються та втрачають проєктні параметри і в результаті не відповідають проєктним вимогам. Таким чином настає потреба у своєчасному ремонті, що є, зазвичай, дешевше ніж нове будівництво.

2. Аналіз науково-технічної літератури показав, що відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій виконують трьома основними способами: відновлення вручну, торкретування та вкладання ремонтної суміші в опалубку, і саме останній спосіб має ряд переваг над іншими і буде взятий за основу для вдосконалення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій.

3. Проаналізовано науково-технічну літературу та виявлено найбільш поширені чинники, що спричиняють руйнування та утворення дефектів і пошкоджень залізобетонних конструкцій. До таких можна віднести: помилки при проєктуванні та в процесі виготовлення конструкцій; експлуатація будівель та споруд у складних кліматичних умовах та середовищах з агресивною дією хімічних сполук та інші позапроєктні впливи, які неможливо передбачити на стадії проєктування.

4. Аналізом науково-технічної літератури встановлено технологічні чинники, які можуть впливати на проєктні параметри відновлених частин конструкцій при зміні технології виконання робіт. До таких чинників належить: стан основи відновлюваної конструкції; спосіб нанесення ремонтних матеріалів; положення ремонтної поверхні відносно лінії горизонту; умови твердіння ремонтного розчину; вібрування ремонтного матеріалу; при влаштуванні контактного шару, час витримування між нанесенням та його товщина; вологість відновлюваної поверхні; температура навколишнього середовища при виконанні ремонтних робіт.

5. Питання ремонту залізобетонних конструкцій залишається відкритим, адже технології відновлення нижніх поверхонь горизонтальних конструкцій

майже відсутні, а ті технології, які є, не завжди придатні до використання, або ж потребують складного спеціального обладнання. Відновлення залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтного розчину в опалубку є одним з ефективних способів ремонту конструкцій. Проте наукові дослідження, направлені на відновлення нижніх пролітних горизонтальних конструкцій способом вкладання ремонтного розчину в опалубку, фактично відсутні.

6. Основні результати першого розділу викладені у роботах [15, 16, 47, 76, 77].

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ТА ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналізом науково-технічної літератури, проведеним в першому розділі, встановлено, що ефективне відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій значною мірою залежить від властивостей ремонтного матеріалу та технології виконання робіт, яка в свою чергу залежить від технологічних чинників, які при зміні меж параметрів можуть впливати на проєктні параметри відновленої конструкції. Тому для визначення почерговості експериментальних досліджень потрібно визначити найбільш впливові з них, які надалі будуть досліджуватися експериментальним методом. Для проведення раціонального дослідження технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій важливо попередньо скласти загальну методикау досліджень, що включає в себе теоретичні та експериментальні дослідження.

2.1. Визначення важливості технологічних чинників

В ході аналізу науково-технічної літератури у п. 1.3 було виявлено ряд чинників, які можуть впливати на проєктні параметри відновленої конструкції та на саму технологію. Проте вплив окремих із них може бути суттєвим при дослідженні технології відновлення залізобетонних конструкцій формуванням ремонтної суміші в опалубку, а інших опосередкованим. Саме тому, для встановлення пріоритетної почерговості досліджень при формуванні програми експериментальних досліджень, було вирішено проранжувати чинники та досліджувати їх в порядку значущості. Для цього визначено важливості технологічних чинників з використання методу експертних оцінок, що є науковим методом, який дозволяє отримати об'єктивну оцінку на основі певної сукупності індивідуальних думок експертів [78, 79]. Для застосування даного методу було проведено опитування спеціальної групи експертів в кількості 10 осіб, які ранжирували вісім технологічних чинників (X_1, X_2, \dots, X_8) по їх важливості [80]

Додаток Г. До складу експертів увійшли люди з достатньою обізнаністю в у галузі будівельного виробництва, з великим практичним досвідом. Інформація, отримана від експертів, піддалася обробці на основі математичного (статистичного) методу. Технологічні чинники, які були представлені експертам до розгляду:

X_1 – стан поверхонь бетонних зразків (поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована);

X_2 – вологість основи (суха, волога, мокра);

X_3 – товщина відновлюваного шару;

X_4 – температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт;

X_5 – просторове положення поверхні, що відновлюється (положення зверху – «підлогова»; збоку – «стінова»; знизу – «стельова»);

X_6 – рухливість суміші;

X_7 – вібрування опалубки;

X_8 – спосіб підготовки ремонтної поверхні (застосування контактного шару).

Оцінку ступеня важливості технологічних чинників при відновленні залізобетонних конструкцій експерти провели шляхом присвоєння їм рангового номера. Чиннику, якому експерт надав найбільшу оцінку важливості – присвоюється ранг 1, найменш важливий чинник, на думку експерта, має рангову оцінку 8. Експерт, що визнав кілька факторів рівнозначними, їм присвоїли однаковий ранговий номер. Через те, що в оцінках 4-го і 8-го експертів є пов'язані ранги, ті, що мають однаковий ранговий номер, виконано переформування рангів. На основі даних анкетного опитування була складена матриця рангів та обчислено суму рангів по кожному окремо розглянутому чиннику ($\sum x_{ij}$), відхилення від середньої суми рангів (d) та квадрат відхилень сум рангів (d^2) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Матриця рангів

Чинники	Експерти										$\sum x_{ij}$	d	d^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
X_1	3	4	4	3,5	6	3	4	3	4	3	37,5	-7,5	56,25
X_2	5	7	5	3,5	4	5	3	6	5	5	48,5	3,5	12,25
X_3	7	6	8	7	7	7	8	8	8	7	73	28	784
X_4	8	8	7	6	5	8	7	7	6	8	70	25	625
X_5	4	3	1	5	3	4	5	4,5	3	4	36,5	-8,5	72,25
X_6	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	14	-31	961
X_7	6	5	6	8	8	6	4	4,5	7	6	62,5	17,5	306,25
X_8	2	1	3	2	2	1	2	2	1	2	18	-27	729
\sum	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	360		3546

Обчислено відхилення від середнього (1)

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} \quad (1)$$

де $\sum x_{ij}$ – сума рангів по x_{ij} чиннику; n – число чинників.

Перевірка правильності складання матриці на основі обчислення контрольної суми (2).

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} \quad (2)$$

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+8)8}{2} = 36$$

Якщо суми по стовпчиках матриці рівні між собою та контрольній сумі, значить, матриця складена правильно.

Аналіз важливості досліджуваних чинників.

Технологічні чинники за важливістю розподілилися наступним чином (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Розташування чинників за важливістю

Чинники	Сума рангів $\sum x_{ij}$
X_6	14
X_8	18
X_5	36,5
X_1	37,5
X_2	48,5

Продовження таблиці 2.2

X7	62,5
X4	70
X3	73

Обчислено оцінку середнього ступеня узгодженості думок всіх експертів (3), для цього скористаємося коефіцієнтом рангової кореляції Кендалла (коефіцієнт конкордації) для випадку, коли є пов'язані ранги (однакові значення рангів в оцінках одного експерта).

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n)-m \sum Ti} \quad (3)$$

де S – сума квадратів відхилень від середнього; m – число експертів; n – число чинників.

Знаходимо Ti – число зв'язок (видів повторюваних елементів) в оцінках i -го експерта (4).

$$Ti = \frac{1}{12} \sum (t_i^3 - t_i) \quad (4)$$

де t_i – кількість елементів в i -й зв'язці для i -го експерта (кількість повторюваних елементів).

$$T_4 = \frac{[(2^3-2)]}{12} = 0.5$$

$$T_8 = \frac{[(2^3-2)]}{12} = 0.5$$

$$\sum Ti = 0.5 + 0.5 = 1$$

$$W = \frac{3546}{\frac{1}{12} \cdot 10^2 (8^3 - 8) - 10 \cdot 1} = 0,85$$

Коефіцієнт конкордації змінюється в діапазоні $0 < W < 1$, причому 0 – повна неузгодженість, 1 – повна одностайність, $W = 0,85$ свідчить про наявність високого ступеня узгодженості думок експертів.

Знаходимо оцінку важливості коефіцієнта конкордації. Для цього обчислено критерій узгодження Пірсона (5):

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot mn(n+1) + \frac{1}{n-1} \cdot \sum Ti} \quad (5)$$

На основі обчислень значень важливості технологічних чинників побудовано діаграму (рис. 2.1).

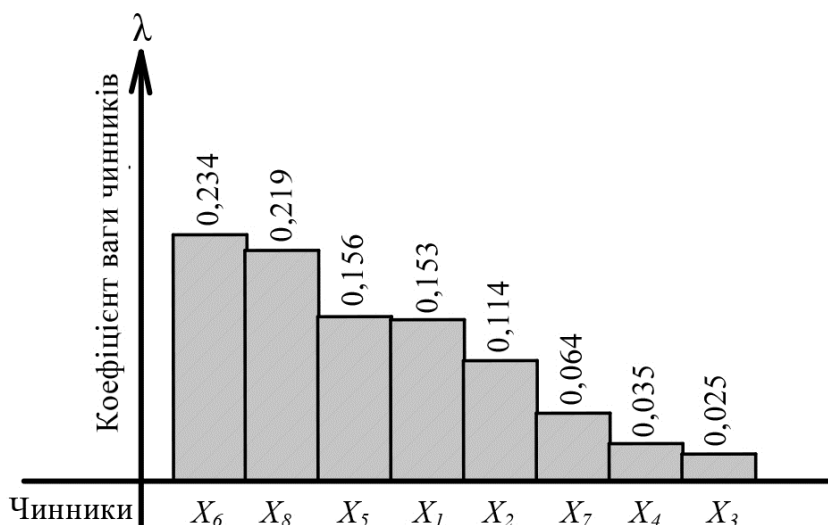


Рис. 2.1. – Діаграма важливості технологічних чинників при відновленні залізобетонних конструкцій: X_1 – стан поверхонь бетонних зразків (поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована); X_2 – вологість основи (суха, волога, мокра); X_3 – товщина відновлюваного шару; X_4 – температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт; X_5 – просторове положення поверхні, що відновлюється (положення зверху – «підлогова»; збоку – «стінова»; знизу – «стельова»); X_6 – рухливість суміші; X_7 – вібрування опалубки; X_8 – спосіб підготовки ремонтної поверхні (застосування контактного шару)

Аналізуючи отримані результати, ступінь важливості чинників на думку експертної комісії буде таким: найважливішим технологічним чинником при відновленні залізобетонних конструкцій вкладанням суміші в опалубку є рухливість суміші, що має показник важливості $\lambda = 0,234$, менш важливим буде спосіб підготовки ремонтної поверхні (застосування контактного шару) $\lambda = 0,219$. Просторове положення поверхні, що відновлюється (положення зверху – «підлогова»; збоку – «стінова»; знизу – «стельова»), та стан поверхонь бетонних зразків (поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована) мають майже однакові показники важливості $\lambda = 0,156$ та $0,153$ відповідно. Вологість

основи (суха, волога, мокра) $\lambda = 0,114$, вібрування опалубки $\lambda = 0,064$. Температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт $\lambda = 0,035$. Найменш важливим технологічним чинником, на думку експертної комісії, є товщина відновлюваного шару, де $\lambda = 0,025$. Таким чином, при плануванні експериментальних досліджень першочерговим є дослідження саме тих чинників, які мають вищий показник важливості.

2.2. Загальна методика досліджень

Результати теоретичних та експериментальних досліджень стануть основою для підвищення ефективності та удосконалення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій. До виконання експериментальних досліджень для забезпечення наукового підґрунтя були проведені теоретичні дослідження з визначення важливості технологічних чинників [80].

З метою отримання значного масиву інформації при виконанні мінімального обсягу досліджень та спрощення процесу аналізу результатів експериментальних досліджень до початку їх виконання передбачено виконати планування експериментальних досліджень [81].

Формуючи план експериментальних досліджень дотримувались таких вимог:

- виконати мінімально можливу кількість експериментів при отриманні необхідної кількості даних;
- забезпечити потрібну точність результатів (достатня довірна вірогідність для технічних вимірювань у галузі будівництва становить 0,95) [82].

Кожен вхідний параметр, що потрібно дослідити експериментально, змінювали в певних межах, утворюючи при цьому окрему серію дослідів. Для виявлення впливу технологічних чинників на досліджувані показники встановлено не менше трьох значень на певних інтервалах для кожного із цих параметрів [82, 83]. Для забезпечення точності результатів експериментальних досліджень їх виконували серіями, у кожній з яких було не менше трьох однакових дослідних зразків [83].

Для досягнення поставленої мети складена загальна програма досліджень, яка викладена поетапно нижче.

Перший етап передбачав аналіз науково-технічних джерел, за результатами якого встановлено, що для відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій на вертикальних (бокових) та горизонтальних (нижніх) поверхнях конструкції високорухливими бетонними сумішами доцільно застосовувати спосіб вкладання в опалубку.

Другий етап досліджень полягав у виявленні технологічних чинників, вплив яких може змінювати проєктні параметри відновлених частин залізобетонних конструкцій. Було досліджено науково-технічну літературу та узагальнено отримані результати відносно досліджень, пов'язаних з технологією відновлення залізобетонних конструкцій. Також проведено теоретичні дослідження з виявлення найбільш впливових технологічних чинників методом експертних оцінок для формування програми експериментальних досліджень.

На *третьому етапі* передбачено проведення ряду попередньо запланованих експериментальних досліджень, які передбачали встановлення залежностей впливу технологічних чинників на проєктні параметри відновлених частин залізобетонних конструкцій, тобто дослідження впливу рухливості суміші, тривалості вібрування опалубки, товщина відновлюваного шару, температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт, стан поверхонь бетонних зразків (поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована), спосіб підготовки ремонтної поверхні (застосування контактного шару), вологість основи (суха, волога, мокра), просторове положення поверхні, що відновлюється на міцність зчеплення ремонтної суміші з поверхнею залізобетонних конструкцій, та додатково досліджували міцність на стиск ремонтних розчинів.

Передбачається, що технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій ґрунтуватиметься на укладанні ремонтної суміші в опалубку. Для виконання експериментальних досліджень в лабораторних умовах буде розроблено спеціальні опалубні конструкції, в які вкладатимуть бетонну суміш

для відтворення зразків, якими моделювали залізобетонні конструкції. Кількість зразків відповідатиме плану досліджень.

Виконання запланованих експериментальних досліджень дасть змогу встановити та проаналізувати залежності проєктних параметрів відновленої конструкції, а саме: зміна міцності зчеплення шарів конструкції від впливу технологічних чинників.

Четвертий етап досліджень полягає у формуванні за результатами теоретичних та експериментальних досліджень науково-обґрунтованої технології відновлення захисних шарів залізобетонних конструкцій способом вкладання високорухливої модифікованої ремонтної суміші в опалубку та визначенні галузі її застосування.

П'ятий етап досліджень має на меті порівняння техніко-економічних показників досліджуваної технології з показниками відомих технологій відновлення ручним способом та механізованим нанесенням ремонтної суміші з використанням торкрет установки.

На *шостому етапі* досліджень буде перевірено результати лабораторних експериментальних досліджень у напівнатурних (модельних) умовах з подальшим впровадженням отриманих результатів в будівельну практику.

Для визначення міцності зчеплення відновлених шарів з основою зразка застосовували спеціальний прилад адгезіометр «НДІБВ-2» (рис. 2.2). Дослідження виконані відповідно до національного стандарту ДСТУ Б EN 1015-12:2012 [84]. Міцність зчеплення визначали як максимальне напруження при розтягу, що виникає внаслідок дії безпосереднього навантаження, перпендикулярного до поверхні бетону, нанесеного на основу. Зусилля розтягу прикладають за допомогою спеціальної відривної пластини, яку наклеюють на поверхню бетону, що випробовується. Отримана міцність зчеплення є відношенням руйнівного навантаження до площі.



Рис. 2.2. – Процес визначення міцності зчеплення шарів конструкцій

Обладнання та матеріали, що використано при дослідженнях:

- квадратні сталеві відривні пластини з розмірами (50 x 50 ±0,1) мм та мінімальною товщиною 5 мм, в центрі яких приварене кріплення з внутрішньою різьбою для приєднання до пристрою, за допомогою якого прикладається розтягувальне зусилля;

- клей на основі епоксидної смоли;

- випробувальна установка – «НДІБВ-2», яка створює направлене розривне напруження для визначення зусилля розтягу та має відповідну потужність і чутливість для проведення випробування. Установка повинна забезпечувати докладання зусиль до відривної пластини через відповідну деталь кріплення, що виключає будь-які згинальні зусилля.

За допомогою клею приклеювали відривні пластини на поверхню зразків, що досліджуються (рис. 2.3). Через одну добу кутовою шліфувальною машиною з насадкою для різання бетону пропилювали на всю товщину ремонтний розчин із заглибленням у бетонний зразок на 5 – 7 мм по периметру всіх пластин (рис 2.4).



Рис. 2.3 – Загальний вигляд зразка з приклеєними пластинами для визначення міцності зчеплення шарів



Рис. 2.4. – Загальний вигляд зразків, підготовлених до визначення міцності зчеплення шарів

В процесі дослідження муфту ходового валу приладу з'єднували з пластиною, адгезіометр виставляли таким чином, щоб розтягувальне зусилля діяло перпендикулярно до поверхні ремонтного шару. Навантаження прикладали з рівномірною швидкістю, уникаючи ударів. Швидкість була такою, щоб напруження збільшувалось в межах діапазону від $0,003 \text{ Н}/(\text{мм}^2 \cdot \text{с})$ до $0,100 \text{ Н}/(\text{мм}^2 \cdot \text{с})$ відповідно до ймовірної міцності зчеплення і щоб руйнування виникало впродовж 20 с – 60 с, фіксуючи при цьому значення міцності зчеплення ремонтного розчину з поверхнею зразка.

Можливі види руйнування при визначенні адгезії, що приводять до отримання обґрунтованих результатів, представлено на рис. 2.5 – 2.7 [84]. Коли

виникають руйнування, показані на рисунках 2.6 і 2.7, тобто за відсутності руйнування на границі між розчином і основою, результати вважають нижніми граничними значеннями. Такі значення обґрунтовані для обчислення середнього значення міцності зчеплення.

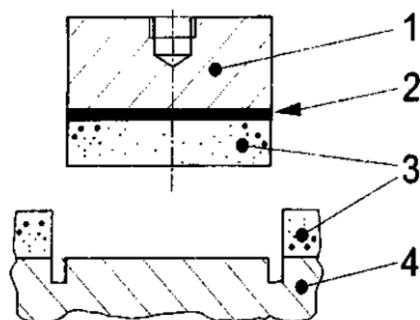


Рис. 2.5. – Вид руйнування – *адгезійне руйнування* – руйнування на границі між розчином і основою: 1 – відривна пластина; 2 – клейовий шар; 3 – розчин, що випробовується; 4 – основа

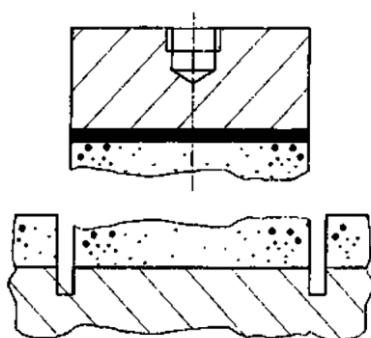


Рис. 2.6. – Вид руйнування – *когезійне руйнування* – руйнування в розчині

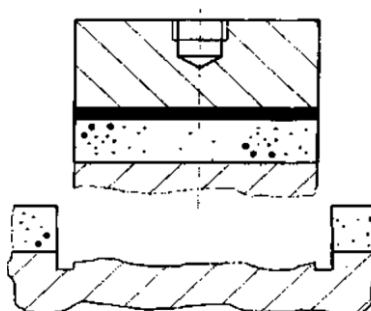


Рис. 2.7. – Вид руйнування – *когезійне руйнування* – руйнування в матеріалі основи

Визначення міцності бетону на стиск. Під час виготовлення та відновлення залізобетонних зразків виконували відбір проб бетонної суміші та високорухливої модифікованої ремонтної суміші для виготовлення контрольних зразків-кубів. Відбір суміші та визначення міцності бетону на стиск виконували за методикою, наведеною в ДСТУ Б.В.2.7-214:2009 [85]. Бетонну суміш вкладали у форми таким чином, щоб утворилися зразки-куби з довжиною ребра 100 мм. Випробування виконували на гідравлічному лабораторному пресі П-50 після досягнення зразками 28 діб.

Матеріали для виготовлення бетонних зразків. Для проведення експериментальних досліджень з визначення впливу технологічних чинників на проєктні параметри відновлених частин залізобетонних конструкцій, в лабораторних умовах були виготовлені експериментальні бетонні зразки з бетону класу С25/30 (середня міцність R 38,53 МПа, 392,9 кгс/см²) [86]. Для приготування бетону, як в'язуче, використовували портландцемент марки М500 виробництва Волинь-Цемент філія ПРАТ «Дікергофф Цемент Україна» (м. Здолбунів). Характеристики цементу відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [87].

Виготовлення дослідних зразків. Для приготування бетонної суміші у лабораторний бетонозмішувач всипали, згідно з рецептурою, пісок, щебінь та цемент, проводили перемішування протягом 2 хвилин. У воду, яку поступово вливали у бетонозмішувач, додавали пластифікатор та перемішували ще протягом 5 хвилин. Готову бетонну суміш за допомогою кельми вкладали в опалубку та періодично проводили штикування. Після наповнення опалубки проводили вібрування, прикладаючи до боковиків опалубки вібраційну шліфувальну машину на низьких обертах на 30 – 40 секунд. Верхню частину опалубки накривали водонепроникною плівкою та через 24 години зволожували поверхню зразків. Розпалублювали дослідні зразки через 2 доби, зволожували та знову накривали плівкою на одну добу. Надалі зразки зволожували 2 рази на добу протягом 3 діб.

Для приготування бетонних кубів використовували рецептуру та технологію описану вище.

Для виготовлення дослідних бетонних зразків (рис. 2.8) використовували опалубку конструкцію виконану з пластику товщиною 7 мм. Стиги боковиків опалубки були з'єднані за допомогою термоклею та закріплені стяжками. Для виготовлення дослідних зразків використовували бетонну суміш, яка мала наступний компонентний склад (з розрахунку на 1 м³ бетонної суміші): цемент (ПЦ I - 500) – 395 кг; пісок річковий (1,5 мм) – 870 кг; щебінь (5 – 20 мм) – 1075 кг; вода – 170 кг; пластифікатор – 7,5 кг.

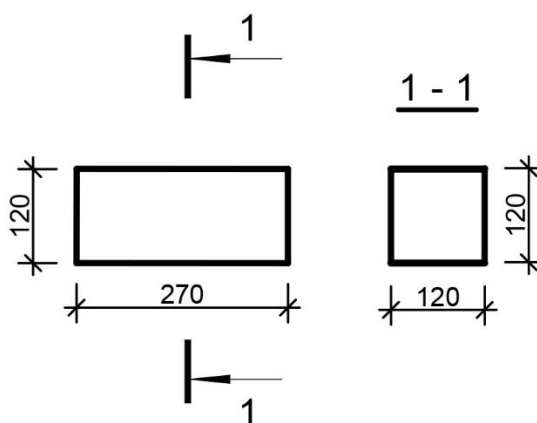


Рис 2.8. Габаритні розміри бетонних дослідних зразків

Приготування бетонної суміші виконували у бетонозмішувачі примусової дії об'ємом 0,5 м³ MIXER MONTOLIT Art. MP110.

Як дрібний наповнювач використано річковий пісок об'ємною густиною $\gamma = 2610 \text{ кг/м}^3$. Гранулометричний склад піску наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Гранулометричний склад піску

Розмір отворів сит, мм	0,16		0,315		0,63		1,25		2,5	
	повні	частк.	повні	частк.	повні	частк.	повні	частк.	повні	частк.
Зерновий склад, %	88,5	69	19,5	17	2,5	1,8	0,7	0,2	0,5	0,5

Характеристики піску відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95 [88] та ДСТУ Б В.2.7-232:2010 [89].

Як крупний наповнювач використовували щебінь мілких фракцій, що відповідають умовам ДСТУ Б В.2.7-75-98 [90].

Гранулометричний склад щебню наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Гранулометричний склад щебню

Розмір отворів сит, мм	5		10		20	
Зерновий склад, %	повні	часткові	повні	часткові	Повні	часткові
	98,5	7	91,8	84,6	5	5

Для визначення необхідної кількості води затворення бетонної суміші проводили просушування піску та визначали його вологість. Вологість сухих компонентів у всіх експериментах була меншою ніж 1 % [91]. Вимірювання ваги сухих компонентів виконували з використанням електронних ваг другого класу точності з ціною поділки в 10 г. Дозування рідини виконували за допомогою мірної колби об'ємом 1,5 л. Роботи виконували при відносній вологості повітря 50 ± 5 % та температурі навколишнього середовища 20 ± 2 °C [92].

Приготування та компонентний склад бетонної (ремонтної) суміші, яку використовували для відновлення конструкцій на першому етапі досліджень, мала наступний компонентний склад (з розрахунку на 1 м³ бетонної суміші): цемент (ПЦ І-500) – 395 кг; пісок річковий (1,5 мм) – 870 кг; щебінь (2-5 мм) – 1075 кг; вода – 170 кг; пластифікатор – 7,5 кг.

Приготування суміші проводили за способом, описаним вище.

Приготування та компонентний склад високорухливої модифікованої бетонної суміші. На першому етапі експериментальних досліджень для відновлення залізобетонних конструкцій застосовували високорухливу модифіковану бетонну суміш з таким компонентним складом: цемент ПЦ І-400 – 450 кг; пісок річковий (1,5 мм) – 750 кг; відсів гранітний (2-5 мм) – 250 кг; щебінь (5-10 мм) – 800 кг; вода – 200 кг; Dynamon SR 3 (1,3 %) – 5,9 кг; Marsecure SRA (1 %) – 4,5 кг. Починаючи з другого етапу експериментальних досліджень, використовували ремонтну суміш зі зміненим рецептурним складом, в якій

замінили цемент (ПЦ П/А-Ш-400) на портландцемент вищої марки М500 виробництва Волинь-Цемент філія ПРАТ «Дікергофф Цемент Україна» (м. Здолбунів).

Високорухлива модифікована бетонна суміш, використана при експериментальних дослідженнях, містить в рецептурі модифікуючі добавки ТОВ «МАПЕІ», які мають такі характеристики:

- Dynamon SR 3 – суперпластифікатор на основі модифікованого акрилового полімеру для товарного бетону, забезпечує низьке водоцементне відношення, довготривале збереження осадки конуса та надзвичайно високу механічну міцність.

- Маресуре SRA – добавка для зменшення гідравлічної усадки та утворення мікротріщин.

Приготування високорухливої модифікованої бетонної суміші необхідно виконувати у наступній послідовності: налити відміряний обсяг води в змішувач, послідовно всипати цемент, пісок та відсів гранітний зі щебенем, додати добавку Маресуре SRA, додати добавку Dynamon SR 3, перемішувати суміш до отримання однорідної маси [93, 94].

Вологість конструкцій вимірювали за допомогою вологоміру «Digital Moisture Meter MS – 300» виробництва Xing Yun (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Вологомір «Digital Moisture Meter MS – 300»

Конструкція опалубки для відновлення бетонних зразків на поверхнях, що характеризуються різним просторовим положенням відносно лінії горизонту.

Для відновлення залізобетонних конструкцій в лабораторних умовах передбачено розміщення зразків у спеціально сконструйованих опалубних конструкціях виготовлених з пластику, що склалися з дна та чотирьох бічних граней (рис. 2.10) [95, 96]. Конструкція опалубки для відновлення нижніх поверхонь мала дві грані виготовлені з прозорого оргскла, що слугують для контролю наповнення опалубки бетонною сумішшю, а інші виготовлені з пластику. В одній із пластикових граней посередині утворено отвір діаметром 35 мм, в який вклеєна металева лійка для подачі ремонтної суміші. Для запобігання витіканню суміші з опалубки, її стики загерметизовані термоклеєм.

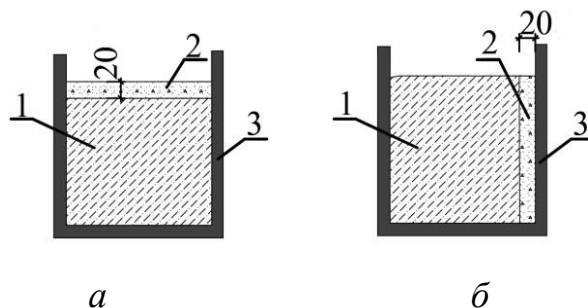


Рис. 2.10. Опалубна конструкція для відновлення дослідних зразків та схеми розміщення зразків відносно опалубки при відновленні:

а) верхньої поверхні; б) бокової поверхні,

де: 1 – бетонний зразок; 2 – ремонтна суміш; 3 – опалубка

Для відновлення верхньої поверхні зразків опалубну конструкцію планується встановлювати по бокових гранях з чотирьох сторін (рис. 2.10 а). Для відновлення бокової поверхні бетонних зразків опалубна конструкція встановлюється таким чином, щоб на одній із бічних граней між підготовленим зразком та опалубкою утворився простір у 2 см (рис. 2.10 б).

Для відновлення нижніх поверхонь бетонних зразків передбачено використати наступну технологію: підготовлений бетонний зразок помістити в опалубну конструкцію (рис. 2.11 а). Попередньо на дно опалубки по кутах

встановити металеві опори висотою 2 см, для утворення порожнини між бетонним зразком та опалубкою. Для вільного проходження розчину в опалубку в тілі зразків передбачено виїмку в місці встановлення лійки (рис. 2.11 б). Розчин буде подаватися в порожнину через лійку, вмонтовану в опалубку (рис. 2.12). Схема відновлення нижньої поверхні зразків зображена на рис. 2.11.

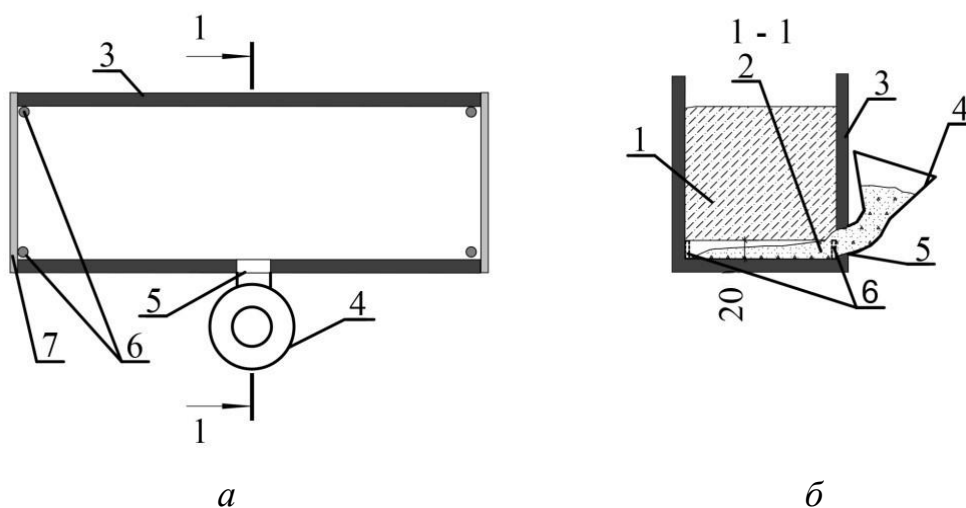


Рис. 2.11. Схема відновлення нижньої поверхні зразка:

а) вид зверху; б) розріз 1-1,

де: 1 – бетонний зразок; 2 – ремонтний розчин; 3 – опалубка:

4 – лійка; 5 – отвір в опалубці; 6 – металеві підставки, 7 – прозоре оргскло



а



б

Рис. 2.12. Опалубна конструкція для відновлення нижніх поверхонь бетонних зразків: а) загальний вигляд; б) вид з боку

Висновки до другого розділу

1. Методом експертних оцінок проведено аналітичне дослідження з визначення найбільш впливових технологічних чинників. Ступінь їх важливості, на думку експертів, розподілився таким чином: найважливішим чинником при відновленні залізобетонних конструкцій є рухливість суміші, менш важливим чинником – спосіб підготовки ремонтної поверхні; положення ремонтної ділянки відносно лінії горизонту та стан поверхонь бетонних зразків (ремонтна поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована) мають майже однакові показники важливості та посідають 3 та 4 місце відповідно. Менш важливим є вологість ремонтної поверхні (суха, волога, мокра) та тривалість вібрування опалубки. Температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт і товщина відновлюваного шару є найменш важливими технологічним чинником на думку експертної комісії.

2. Розроблено загальну методику досліджень технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій, яка полягає: у аналізі відомих технологій відновлення залізобетонних конструкцій та виявленні технологічних чинників, що мають вплив на проєктні параметри відновлених частин конструкцій з визначенням їх важливості; проведенні експериментальних досліджень, які передбачають встановлення залежностей впливу технологічних чинників на проєктні параметри відновлених залізобетонних конструкцій; формуванні науково-обґрунтованої технології відновлення захисних шарів залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку; порівнянні техніко-економічних показників досліджуваної технології з показниками відомих технологій; перевірці технології у напівнатурних (модельних) умовах та впровадженні в будівельну практику.

3. У загальній методиці досліджень зазначено: матеріали; рецептурний склад; спосіб приготування ремонтних сумішей і методи виготовлення дослідних зразків; обладнання, що використано при дослідженнях; методи випробувань дослідних зразків.

4. Основні результати другого розділу викладено у роботах [80, 95, 96].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1. Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій проведено в 5 етапів. Процес дослідження впливу технологічних чинників на проектні параметри відновленої конструкції приведено у структурній схемі (рис. 3.1):

I етап

Рухливість ремонтного розчину та спосіб підготовки відновлюваної поверхні
бетонних зразків і просторове положення ремонтної поверхні

II етап

Просторове положення ремонтної поверхні та вплив стану підготовки
поверхонь бетонних зразків
(зачищена, не зачищена, з насічками, штучно зруйнована)

III етап

Вологість відновлюваної поверхні, тривалість вібрування опалубки та
просторове положення ремонтної поверхні

IV етап

Товщина ремонтного шару та температура навколишнього середовища при
виконанні відновлюваних робіт.

Рис. 3.1. Структурна схема експериментальних досліджень технології
відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій

На *першому етапі* в першій частині експериментальних досліджень передбачено визначити вплив рухливості ремонтного розчину на міцність зчеплення відновлюваного шару з поверхнею бетонних зразків та на заповнення порожнини в опалубній конструкції. Для цього виконували експериментальні дослідження, в яких змінювали рухливість ремонтної суміші, а саме: суміш була

з розпливом конуса: РК – 30-35 см, 40-45 см та 55-60 см. Очищені, знепилені та зволожені бетонні зразки поміщали в спеціально сконструйовану опалубку та почергово проводили відновлення трьох поверхонь зразків (зверху, збоку та знизу). За результатами досліджень стало відомо, що використовувати ремонтну суміш для відновлення нижніх поверхонь зразків можливо з показником РК – 55- 60 см.

Друга частина даного етапу експериментальних досліджень запланована з метою виявлення впливу способу підготовки відновлюваної поверхні бетонного зразка та її просторового положення відносно лінії горизонту на міцність зчеплення ремонтного розчину з поверхнею бетонного зразка. Для цього виконували запланований двофакторний експеримент. Очищені та знепилені бетонні зразки були зволожені або ні, поверхні зразків оброблені або ні клейовими композиціями. Як ремонтний розчин застосовували бетон класу В25 та високорухливу модифіковану бетонну суміш В30. За результатами даного етапу експериментальних досліджень для подальших експериментів було обрано високорухливу модифіковану бетонну суміш.

Другий етап досліджень полягав у визначенні впливу просторового положення ремонтної поверхні та стану підготовки поверхонь бетонних зразків на міцність зчеплення шарів конструкції. Для цього поверхні бетонних зразків з трьох сторін (зверху, знизу та збоку) були підготовані певним чином. У першій серії зразків поверхні залишали не зачищеними, поверхні зразків другої серії зачищали кутовою шліфувальною машиною диском для різання бетону, зразки третьої серії мали на поверхні насічки, а зразки четвертої – поверхні були штучно зруйновані. Також в межах даного етапу досліджень визначено міцність на стиск модифікованого бетонного розчину та бетонного розчину, що використаний для виготовлення дослідних зразків. Подальші експериментальні дослідження виконували з урахуванням результатів цього етапу.

На третьому етапі досліджень проведено дослідження впливу вологості відновлюваної поверхні та тривалості вібрування опалубки при відновленні бетонних зразків на трьох просторових положеннях поверхні (зверху, збоку та

знизу). Планом експериментальних досліджень передбачено три стани поверхні, а саме: суха, волога та мокра. Вологісні стани відтворювали відповідно до EN 1504-52013 [97]. Тривалість вібрування опалубки вибрано в трьох діапазонах. Відновлені частини зразків після вкладання в опалубку вібрували, прикладаючи до боковиків опалубної конструкції вібраційну шліфувальну машину на 10 – 15 с, 30 – 35 с та 55 – 60 с.

На *четвертому етапі* досліджень виявляли вплив товщини відновлюваного шару на міцність зчеплення шарів конструкцій. За планом експериментів, серії бетонних зразків відновлювали на нижніх поверхнях способом вкладання ремонтної суміші в опалубку, при цьому змінювали товщину відновленого шару, а саме: 1,5 см, 2 см, 3 см, 5 см та 7 см. Також паралельно проводили експеримент з визначення впливу температури навколишнього середовища на міцність зчеплення шарів конструкції. Для цього проводили відновлення захисних шарів на нижніх поверхнях бетонних зразків при різних температурних режимах: +4 – +6 °C; +20 – +22 °C; +30 – +35 °C.

3.2. Дослідження впливу рухливості ремонтної суміші, способу підготовки основи та її просторового положення на проєктні параметри відновленої конструкції

В першій частині першого етапу досліджень необхідна кількість дослідних зразків становила 9 одиниць, що призначалися для 3-х видів експериментів по 3 зразки для кожної серії досліджень. Для цього у лабораторії були виготовлені бетонні зразки з бетону класом С 20/25, у яких після повного набору міцності у 28 діб поверхні з трьох сторін зачищали кутовою шліфувальною машинкою, знепилювали та зволожували.

Після розміщення зразків в опалубні конструкції виконували вкладання ремонтної суміші в утворені порожнини. Відновлення проводили сумішами з різною рухливістю відповідно до програми експериментальних досліджень відновлення серії дослідів № 1 проводили сумішшю з розпливом конуса (РК) РК – 30-35 см. Серія дослідів № 2 РК – 40-45 см, серія дослідів № 3 РК – 55-60 см.

Визначення рухливості бетонної суміші за розпливом конуса, відформованого з бетонної суміші, проводили за методикою, наведеною в ДСТУ Б В.2.7-114-2002 [98].

Очищені, знепилені та зволожені бетонні зразки поміщали в спеціально сконструйовані опалубні конструкції та по чергово проводили відновлення зразків на трьох поверхнях (зверху, збоку та знизу).

В серії досліджень № 1 була використана бетонна суміш з РК – 30-35 см. Після приготування ремонтної суміші проводили її вкладання. Така суміш добре заповнила верхню та бокову частину опалубки. Після вкладання суміші проводили її вібрування, прикладаючи до боковиків опалубки вібраційну шліфувальну машину на 10 – 15 с. При відновленні нижньої поверхні серій зразків, ремонтна суміш закупорювала прохід і не вдалося якісно заповнити опалубну конструкцію ремонтною сумішшю. Після розпалублення конструкції було виявлено, що суміш повністю не заповнила кути. Таким чином, дана суміш не придатна для відновлення залізобетонних конструкцій на нижніх поверхнях за досліджуваною технологією.

В серії досліджень № 2 використовували бетонну суміш РК – 40-45 см. Для збільшення рухливості в рецептурі суміші, що використана в досліді №1, було збільшено кількість води. Приготовану ремонтну суміш вкладали за наведеним вище способом. В ході експерименту встановлено, що при відновленні верхніх та бокових поверхонь зразків суміш заповнила опалубку повністю. При відновленні нижньої поверхні серій зразків ремонтна суміш також закупорювала прохід в опалубку і виникали складнощі з її наповненням, проводили постійне штикування металевим стрижнем через лійку, докладаючи зусиль.

При відновленні зразків серії № 3 використано модифіковану бетонну суміш з високою рухливістю РК – 55-60 см. Підготовлені зразки були відновлені на трьох поверхнях за способом, що описаний вище. Під час наповнення опалубної конструкції при відновленні нижньої поверхні суміш добре проходила в лійку та повністю заповнила порожнину опалубної конструкції.

Всі серії бетонних зразків розпалублювали через дві доби, змочували відновлені частини два рази на добу протягом 3 діб та залишали до повного набору міцності на 28 діб.

Після набору зразками проектної міцності визначали міцність зчеплення відновлених шарів з основою. Результати таких досліджень представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Значення міцності зчеплення шарів конструкцій

№ серій дослідів	РК	Міцність зчеплення					
		зверху		збоку		знизу	
		МПа	вид руйн.	МПа	вид руйн.	МПа	вид руйн.
1	30-35	0,8	адгезійне	0,7	адгезійне	0	не вдалось наповнити
2	40-45	0,7	адгезійне	0,4	адгезійне	0	відірвалось при пропилюванні
3	55-60	0,98	когезійне	1,1	когезійне	0,82	адгезійно-когезійне

За результатами дослідження наведеними в табл. 3.1 побудовано діаграму міцності зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном (рис. 3.2).

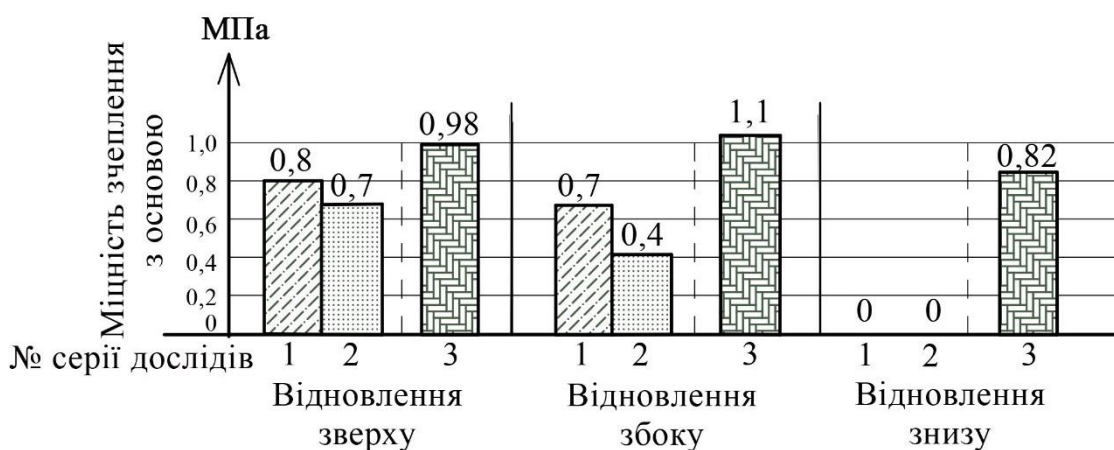


Рис. 3.2. Діаграма міцності зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном

Аналізуючи результати першого етапу експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що відновлення верхніх та бокових поверхонь

вкладанням ремонтної суміші в опалубку можливе усіма сумішами, що досліджувалися.

Відновлення нижніх поверхонь зразків способом вкладання ремонтної суміші в опалубку можливо лише сумішами з РК – 55-60 см.

Визначивши міцність зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном при відновленні зразків на трьох поверхнях (зверху, збоку та знизу), отримали такі показники: при відновленні верхніх поверхонь суміш з РК – 30-35 см має міцність зчеплення з поверхнею бетонного зразка 0,8 МПа, РК – 40-45 см міцність зчеплення становила 0,7 МПа, в обох випадках розрив відбувся на з'єднанні старого і нового бетону. Високорухлива модифікована бетонна суміш з РК – 55-60 см мала показник міцності зчеплення з поверхнею зразка – 0,98 МПа і розрив відбувся в тілі старого бетону. При відновленні бокових поверхонь міцність зчеплення шарів становила для суміші з РК – 30-35 см – 0,7 МПа, з РК – 40-45 см – 0,4 МПа та у двох випадках мали адгезійний розрив. При відновленні бокової поверхні модифікованою сумішшю з РК – 55-60 см показник міцності зчеплення становив 1,1 МПа, і розрив відбувся в тілі старого бетону. Зниження показників міцності зчеплення відновлюваного бетону та ремонтного розчину в серії дослідів №2 в порівнянні з серією дослідів №1 пояснюється тим, що в рецептурі ремонтного розчину для підвищення його рухливості було збільшено кількість води, що і спричинило зниження показників міцності зчеплення. Відновлюючи нижні поверхні бетонних зразків сумішшю з РК – 30-35 см, не вдалося наповнити опалубку конструкцію через спеціальний отвір в лійку, отже, і немає показників міцності зчеплення. Відновлені знизу серії зразків сумішшю з РК – 40-45 см при підготовці до випробування, а саме пропилюванні ремонтного шару, відірвалися без докладання зусиль, отже, міцність зчеплення становить – 0 МПа. Зразки, відновлені знизу модифікованою сумішшю з РК – 55-60 см, мали міцність зчеплення 0,82 МПа та руйнування відбулося адгезійно-когезійне.

У другій частині першого етапу експериментальних досліджень проводили визначення впливу способу підготовки бетонної поверхні та просторового

положення ремонтної ділянки відносно лінії горизонту на міцність зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном.

Оскільки наразі при ремонті бетонних та залізобетонних конструкцій актуальною задачею є забезпечення надійного зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном, провідні світові та вітчизняні виробники полімерних матеріалів, а зокрема клеїв, для сумісної роботи матеріалів рекомендують додатково формувати контактний шар між відновлюваним бетоном та ремонтними сумішами. Для цього ремонтні суміші рекомендують наносити на попередньо нанесені композитні суміші (клеї) та таким чином «склеювати» ремонтний розчин з відновлюваною поверхнею. Саме тому в даній серії досліджень було перевірено такі способи відновлення захисних шарів бетону та порівняно їх з іншими.

Для проведення експериментальних досліджень на другому етапі було виготовлено 15 бетонних зразків. Кількість серій експериментів складає 5 та кількість зразків в кожній серії дорівнює 3, отже, потрібна кількість $5 \times 3 = 15$ одиниць. Методикою експериментальних досліджень передбачено виконання відновлення зразків п'ятьма серіями, в яких змінювали спосіб підготовки основи [95, 96, 99]. Поверхню зразків, що підлягала оновленню, зачищали кутовою шліфувальною машиною з подальшим знепиленням стисненим повітрям.

Після закінчення підготовчих робіт виконували відновлення серії бетонних зразків. Роботи виконували за температури 20 ± 2 °C та відносній вологості повітря 50 ± 10 %.

В серії дослідів №1 підготовка основи полягала в нанесенні на очищену суху поверхню двокомпонентного клею «Ерогір» виробництва ТМ «МАПЕІ» за допомогою щітки, на який через 40 хв вкладали ремонтну суміш [100].

Серія № 2 аналогічна першій з використанням як адгезійного шару двокомпонентного клею «Едмок» виробництва ТОВ «Композит», на який через 40 хв вкладали бетонну суміш [101].

Серія № 3 включала нанесення на очищену суху бетонну поверхню одного шару композиції «Консолід 1» виробництва ТОВ «Композит», приготувану згідно

з рецептурою виробника та через 24 год на поверхню наносили ще один шар композиції «Консолід 2». Далі зразки помістили в опалубку конструкцію та через 2 год в простір між опалубкою та підготовленою поверхнею вкладали бетонну суміш. [102, 103].

Серія № 4 підготовки основи – контрольна. Поверхню зразків після очищення та знепилення лише зволожували водою та проводили відновлення бетонною сумішшю.

Серія № 5 підготовки основи полягала у зволоженні водою підготовленої поверхні та влаштуванні зразків в опалубку з подальшим вкладанням високорухливої модифікованої бетонної суміші, компонентний склад якої та технологія приготування описана в підрозділі 2.3.

Для відновлення верхньої поверхні зразків опалубку конструкцію встановлювали по бокових гранях з чотирьох сторін (рис. 2.10 а) та виконували підготовку поверхні з подальшим вкладанням бетонної суміші товщиною 2 см. Під час укладання суміш штикували, після вкладання проводили вібрування, прикладаючи до опалубної конструкції вібраційну шліфувальну машину на низьких обертах. Тривалість вібрування складала 10 – 15 с. Через дві доби зразки розпалублювали та двічі на добу зволожували відновлену поверхню водою протягом трьох діб.

Для відновлення бокової поверхні бетонних зразків опалубку конструкцію встановлювали таким чином, щоб на одній із бічних граней між підготовленим зразком та опалубкою утворився простір у 2 см (рис. 2.10 б). Під час укладання в опалубку бетонної суміші проводили її штикування, а після заповнення опалубки – вібрування протягом 10 – 15 с. Зразки розпалублювали та зволожували як і в попередньому випадку.

Для відновлення нижніх поверхонь бетонних зразків використовували спосіб [95], наведений у п. 2.3 (рис. 2.11).

Попередніми дослідженнями було встановлено, що якісно заповнити порожнину опалубки при відновленні нижньої поверхні зразків звичайною бетонною сумішшю неможливо, що пов'язано з її жорсткістю. Ремонтна суміш

повинна мати розплив конуса 55-60 см. Саме тому, для збільшення рухливості бетонного ремонтного розчину було вирішено збільшити кількість води в компонентному складі в 1,5 раза. Такий компонентний склад розчину використаний для відновлення серій зразків №1, 2, 3, 4. Для відновлення серій зразків №5 використано високорухливу модифіковану бетонну суміш. Приготований ремонтний розчин подавали в лійку невеликими порціями та періодично проводили штикування стрижнем в отвір лійки для кращого проходження розчину. Через прозоре оргскло контролювали розтікання суміші. Після повного заповнення опалубки розчином проводили вібрування опалубки вібраційною шліфувальною машинкою на низьких обертах протягом 10 – 15 с. Під час вібрації розчин, який залишався в лійці, додатково заповнював опалубку. Після цього лійку виймали, а отвір закривали пробкою. Відновлені зразки розпалублювали через 2 доби. Надалі протягом трьох діб зразки зволожували водою двічі на добу.

Результати експериментальних випробувань наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Значення міцності зчеплення шарів конструкцій

№ серії досл.	Міцність зчеплення з основою при відновленні бетонних зразків:					
	зверху		збоку		знизу	
	МПа	вид руйнування	МПа	вид руйнування	МПа	вид руйнування
1	1,42	когезійне (в шарі нового бетону)	1,15	когезійне(у шарі нового бетону)	0,37	адгезійне (на з'єднанні шарів)
2	0,82	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0,7	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0,57	адгезійне (на з'єднанні шарів)
3	0,91	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0,76	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0	відірвались при пропилюванні
4	0,7	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0,4	адгезійне (на з'єднанні шарів)	0	відірвались при пропилюванні
5	0,98	когезійне (в шарі нового бетону)	1,1	когезійне (у шарі нового бетону)	0,82	адгезійно-когезійне

За результатами дослідження, наведеними в табл. 3.2, побудовано діаграму міцності зчеплення ремонтного розчину та відновлюваного зразка (рис. 3.3).

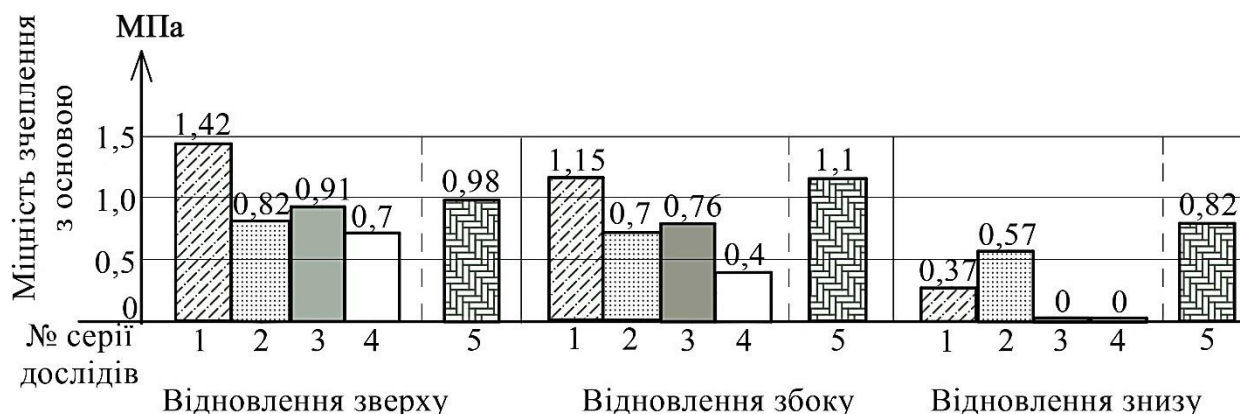


Рис. 3.3. Діаграма міцності зчеплення ремонтного розчину з основою зразка в залежності від способу підготовки поверхонь та просторового положення ремонтної ділянки

Проаналізувавши результати досліджень (табл. 3.2) встановлено, що при відновленні верхніх поверхонь зразків найкраща міцність зчеплення між шарами спостерігалася в серіях досліджень № 1 та № 5. Показник міцності зчеплення становив 1,42 МПа та 0,98 МПа відповідно. При цьому вид руйнування зразків був когезійний, тобто, розриви утворилися в шарі нового бетону (рис. 3.4 а). В серіях досліджень № 2, 3 та 4 руйнування адгезійне (рис. 3.4 б), розриви утворилися на з'єднанні двох шарів, а показники міцності зчеплення ремонтного розчину з відновлюваним бетоном становили: в серії зразків № 2 – 0,82 МПа, № 3 – 0,91 МПа, № 4 – 0,7 МПа.



а



б

Рис. 3.4. Вид руйнування зразків: а – когезійне руйнування; б – адгезійне руйнування

При відновленні бокових поверхонь зразків серії № 1 та № 5 руйнування відбулося в тілі зразка, в інших серіях досліджень руйнування зразків відбулося на з'єднанні шарів. Найвищі показники міцності зчеплення спостерігали в серіях зразків № 1 – 1,15 МПа та № 5 – 1.1 МПа. В серіях зразків № 2 та № 3 – 0,7 МПа та 0,76 МПа відповідно. Найнижчі показники в серії зразків № 3 – 0,4 МПа.

На зразках серій № 3 та № 4, що відновлювали знизу, взагалі зчеплення шарів відсутнє. Під час підготовки зразків до випробувань із визначення міцності зчеплення відновлений шар відокремився. В серії досліджень № 5 спостерігалася найбільша міцність зчеплення, а саме – 0,82 МПа. В серіях досліджень № 1 та № 2 руйнування відбулося на з'єднанні двох шарів, при цьому міцність зчеплення становила 0,37 МПа та 0,57 МПа відповідно.

Таким чином, можна стверджувати, що для відновлення нижніх поверхонь залізобетонних конструкцій найкращим є спосіб відновлення із застосуванням викорухливої модифікованої бетонної суміші.

3.3. Визначення впливу просторового положення ремонтної поверхні та впливу стану підготовки поверхонь бетонних зразків на проєктні параметри відновленої конструкції

Попередній етап досліджень дав змогу визначити пріоритетний напрямок для подальших досліджень. Як ремонтна суміш надалі застосована високорухлива модифікована бетонна суміш з добавками ТМ «МАРЕІ». Ремонтний розчин на I етапі досліджень використовували за рекомендаціями фахівців ТОВ «МАРЕІ Україна», рецептурний склад якої містив цемент (ПЦ II/A-III-400), але при проведенні додаткових пробних випробувань, направлених на визначення міцності зчеплення ремонтного шару та основи бетонного зразка, постійно відбувалися когезійні розриви в тілі нового або старого бетону, тому було вирішено в подальших дослідженнях, починаючи з II етапу, використовувати ремонтну суміш зі зміненим рецептурним складом, в якому замінили цемент (ПЦ II/A-III-400) на вищої марки – портландцемент марки М500 виробництва Волинь-Цемент філія ПРАТ «Дікергофф Цемент Україна» (м. Здолбунів).

Методикою експериментальних досліджень передбачено виконання відновлення зразків чотирьох серій, в яких змінювали стан основи бетонних зразків. На даному етапі заплановано 4 серії дослідів по 3 зразки в кожній серії. Необхідна кількість дослідних зразків становила 12 одиниць.

Роботи виконували за температури 20 ± 2 °С та відносній вологості повітря 50 ± 10 %. Всі серії бетонних зразків були зволожені за методикою, описаною в EN 1504-52013, NEQ [97]. Зразки відновлювали на трьох поверхнях (зверху, збоку, знизу) товщиною 2 см за методикою, описаною в попередньому підрозділі. Ремонтну суміш вкладали в опалубку, після чого проводили вібрування. Передбачено наступну підготовку поверхонь бетонних зразків:

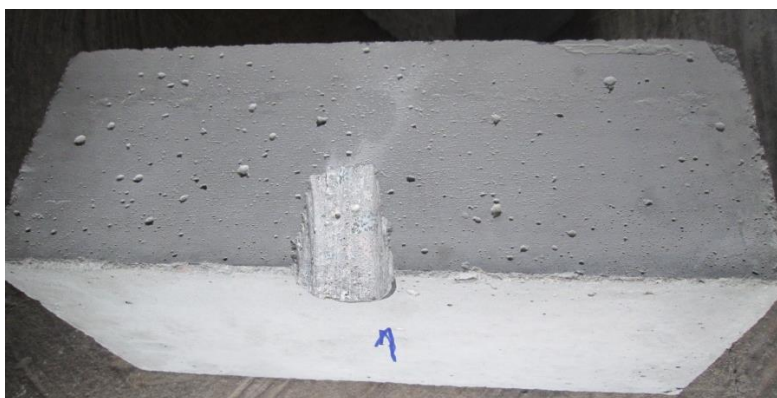
Серія № 1 (гладка основа) стан основи бетонного зразка залишали без змін, поверхню лише знепилювали (рис. 3.5. а).

Серія № 2 (зачищена основа) поверхню зразків, що підлягала оновленню, зачищали кутовою шліфувальною машиною з подальшим знепиленням стисненим повітрям (рис. 3.5. б).

Серія № 3 (з насічками) поверхню зразків зачищали та робили по ній насічки (50% від площі) кутовою шліфувальною машиною з подальшим знепиленням стисненим повітрям (рис. 3.5. в).

Серія № 4 (штучно зруйнована) поверхню зразків механічним способом штучно руйнували та знепилювали стисненим повітрям (рис. 3.5. г).

Після підготовки поверхонь всі серії зразків зволожували.



а



б



в



г

Рис. 3.5. Стан підготовки ремонтної поверхні бетонного зразка.
 а – поверхня не зачищена; б – поверхня зачищена; в – з насічками;
 г – штучно зруйнована

Відновлені зразки розпалублювали через 2 доби та зволожувати протягом трьох днів двічі на добу. Для досягнення проєктної міцності зразки витримували 28 діб, після чого проводили випробування в визначення міцності зчеплення

поверхні зразка з ремонтним розчином. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення міцності зчеплення шарів конструкцій

№ серії досліджень	Міцність зчеплення з основою при відновленні бетонних зразків середнє значення:					
	зверху		збоку		знизу	
	МПа	вид руйнування	МПа	вид руйнування	МПа	вид руйнування
1	2,8	когезійне	2,4	адгезійно-когезійне	1,85	адгезійне
2	2,5	когезійне	2,3	адгезійно-когезійне	2,1	адгезійне
3	2,6	когезійне	2,5	адгезійно-когезійне	1,8	адгезійне
4	2,5	когезійне	2,4	адгезійно-когезійне	1,8	адгезійне

За даними табл. 3.3 побудовано діаграму міцності зчеплення (рис. 3.6).

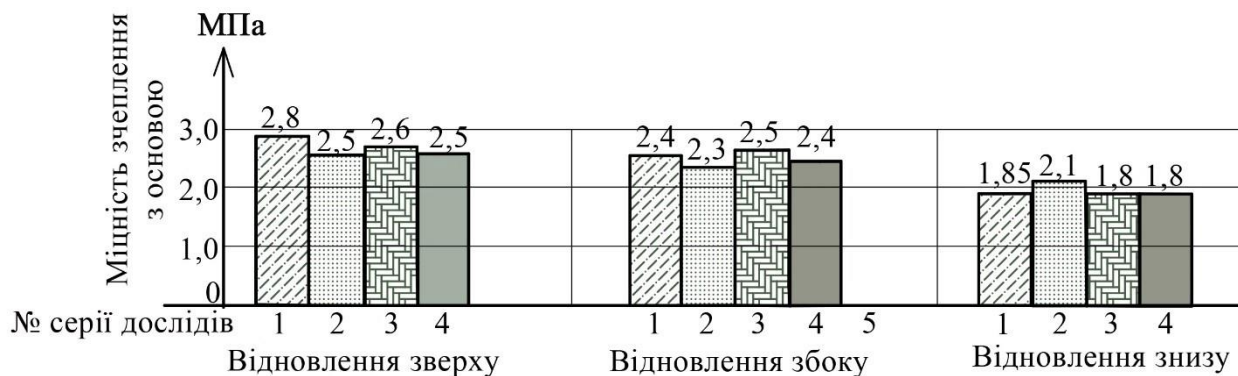


Рис. 3.6. Діаграма міцності зчеплення відновленого бетону з основою зразка в залежності від стану підготовки поверхонь та просторового положення ремонтної ділянки

Аналізуючи результати експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що на міцність зчеплення відновленої верхньої горизонтальної та бокової вертикальної поверхні до зразків підготовка ремонтної основи фактично не впливає. Показники міцності зчеплення з верхніми поверхнями при наступній їх підготовці становили: не зачищена – 2,8 МПа, зачищена – 2,5 МПа,

з насічками – 2,6 МПа та штучно зруйнована – 2,5 МПа. При цьому, у всіх випадках руйнування відбулося в шарі старого або нового бетону, що вказує на хорошу адгезійну міцність. При відновленні вертикальних бокових поверхонь показник міцності зчеплення для не зачищеної основи становив – 2,4 МПа, для зачищеної – 2,3 МПа, з насічками – 2,5 МПа, а для штучно зруйнованої – 2,4 МПа. У всіх випадках вид руйнування був адгезійно-когезійним (частково в шарах бетону та на з'єднанні шарів). Відновлені нижні горизонтальні поверхні мали такі показники міцності зчеплення: основа з насічками та штучно зруйнована – 1,8 МПа, і пояснюється тим, що при відновленні зразків ремонтна суміш не може повністю заповнювати заглиблення на поверхні, утворюючи невеликі пустоти між ремонтним розчином та бетонною основою, що своєю чергою знижує показник міцності зчеплення. Зразки, відновлені на незачищеній бетонній поверхні, мали показник міцності зчеплення 1,85 МПа, зниження показника міцності на не зачищеній поверхні пояснюється тим, що утворене «цементне молочко» погано зчеплюється з гладкою поверхнею. На зачищеній поверхні показник був найвищим та становив 2,1 МПа.

Пояснення зниження міцності зчеплення шарів може бути в наступному. Вкладена суміш в опалубку при її вібруванні утворює на своїй поверхні цементне молочко, що і знижує міцність зчеплення ремонтного розчину та бетонної поверхні.

На даному етапі досліджень додатково проводили дослідження з визначення класу міцності бетону на стиск, з якого виготовлені дослідні зразки та модифікований бетонний розчин [98].

Для визначення класу міцності розчинів на стиск були виготовлені зразки-куби розміром 100 x 100 x 100 мм. Кількість кожної серії зразків становила 4 одиниці. Зразки виготовляли в стандартних сталевих формах. Після наповнення форми до відповідного рівня виконували її вібрування. Надалі за зразками доглядали так, як і за дослідними зразками. Через 28 діб проводили випробування міцності на стиск контрольних зразків на гідравлічному лабораторному пресі. Результати наведені в таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4

Клас міцності бетону на стиск контрольних зразків-кубів виготовлених з високорухливої модифікованої бетонної суміші

№ зразка	Міцність визначена на зразках-кубах $f_{ck.cube}$, МПа	Середня міцність визначена на зразках-кубах $f_{ck.cube}$, МПа	Клас міцності бетону на стиск
1	31,5	31,5	С 25/30
2	30,5		
3	32,0		
4	32,0		

Таблиця 3.5

Клас міцності бетону на стиск контрольних зразків-кубів виготовлених з бетонної суміші

№ зразка	Міцність визначена на зразках-кубах $f_{ck.cube}$, МПа	Середня міцність визначена на зразках-кубах $f_{ck.cube}$, МПа	Клас міцності бетону на стиск
1	25,3	25,3	С20/25
2	25,5		
3	25,0		
4	25,5		

На даному етапі експериментальних досліджень визначили середню міцність контрольних зразків-кубів, виготовлених з високорухливої модифікованої бетонної суміші, становила $f_{ck.cube}$ – 31,5 МПа і відповідає класу міцності бетону на стиск С 25/30. Середня міцність контрольних зразків-кубів, виготовлених з бетонної суміші (для дослідних зразків), становила $f_{ck.cube}$ – 24,3 МПа і відповідає класу міцності бетону на стиск С20/25.

3.4. Визначення впливу вологості бетонної поверхні, тривалості вібрування опалубки та просторового положення ремонтної поверхні на проєктні параметри відновленої конструкції

Для зменшення кількості експериментальних досліджень та спрощення опрацювання отриманих результатів передбачено планування трифакторного експерименту [104]. Для цього використали один із нетипових трифакторних планів з дев'ятьма експериментальними точками [105]. Технологічні чинники, що досліджувалися на даному етапі: вологість відновлюваної поверхні бетонних зразків (X_1); тривалість вібрування опалубки (X_2); просторове положення ремонтної поверхні (X_3), показники яких змінювали на наступних рівнях.

Вологість бетонної поверхні змінювалась на трьох рівнях (мокра, волога та суха), тобто: X_1 – мокра поверхня ($x_1 = 1$) обрана як верхній рівень; X_1 – волога поверхня взята за середній рівень ($x_1 = 0$); X_1 – суха поверхня прийнята за нижній рівень ($x_1 = -1$).

Тривалість вібрування також змінювали на трьох рівнях (10 – 15 с, 30 – 35 с та 55 – 60 с), таким чином: $X_2 = 55 – 60$ с брали за верхній рівень ($x_2 = 1$); $X_2 = 30 – 35$ с середній рівень ($x_2 = 0$); $X_2 = 10 – 15$ с нижній рівень ($x_2 = -1$).

Так як план експерименту проводився на трьох поверхнях, які мають різне просторове положення, то кодування виконано наступним чином: X_3 – верхня горизонтальна поверхня ($x_3 = 1$) обрана за верхній рівень; X_3 – бокова вертикальна поверхня ($x_3 = 0$) – середній рівень; X_3 – нижня горизонтальна поверхня ($x_3 = -1$) нижній рівень. План експериментальних дослідів в кодових та натуральних значеннях змінних наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Модель плану експериментальних досліджень в кодових і натуральних значеннях змінних

№ серії дослідів	Значення технологічного чинника					
	Кодові			Натуральні		
	x_1	x_2	x_3	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	1	суха	10 -15	зверху
2	-1	0	1	суха	30 – 35	зверху
3	-1	1	1	суха	55 – 60	зверху
4	-1	-1	0	суха	10 -15	збоку
5	-1	0	0	суха	30 – 35	збоку
6	-1	1	0	суха	55 – 60	збоку
7	-1	-1	-1	суха	10 -15	знизу
8	-1	0	-1	суха	30 – 35	знизу
9	-1	1	-1	суха	55 – 60	знизу
10	0	-1	1	волога	10 -15	зверху
11	0	0	1	волога	30 – 35	зверху
12	0	1	1	волога	55 – 60	зверху
13	0	-1	0	волога	10 -15	збоку
14	0	0	0	волога	30 – 35	збоку
15	0	1	0	волога	55 – 60	збоку
16	0	-1	-1	волога	10 -15	знизу
17	0	0	-1	волога	30 – 35	знизу
18	0	1	-1	волога	55 – 60	знизу
19	1	-1	1	мокра	10 -15	зверху
20	1	0	1	мокра	30 – 35	зверху
21	1	1	1	мокра	55 – 60	зверху
22	1	-1	0	мокра	10 -15	збоку
23	1	0	0	мокра	30 – 35	збоку
24	1	1	0	мокра	55 – 60	збоку
25	1	-1	-1	мокра	10 -15	знизу
26	1	0	-1	мокра	30 – 35	знизу
27	1	1	-1	мокра	55 – 60	знизу

На даному етапі заплановано 27 серій експериментів, про що свідчать дані з табл. 3.6. Кожен зразок відновлювався на трьох поверхнях (зверху, збоку, знизу) $27 \div 3 = 9$. Кількість зразків, для яких визначали міцність зчеплення шарів в залежності від зміни технологічних чинників, дорівнювала 3 для кожної з 27 серій досліджень. Таким чином, для проведення даного етапу експериментальних досліджень кількість необхідних зразків дорівнює $9 \times 3 = 27$ одиниць.

Для проведення дослідів всі бетонні зразки з трьох сторін були зачищені кутовою шліфувальною машиною та знепилені. Для відтворення відповідної вологості поверхонь зразків використовували спосіб, наведений в EN 1504-52013 [97]. Суть способу полягає в наступному. Для відтворення сухого вологісного стану до проведення досліджень зразки витримували в нормальних умовах при температурі повітря 20 ± 2 °C та відносній вологості повітря 50 ± 10 % дві доби. Для моделювання вологого стану поверхні конструкції, бетонні зразки попередньо витримували дві доби в нормальних умовах при температурі повітря 20 ± 2 °C та відносній вологості повітря 50 ± 10 %. До початку експериментальних досліджень зразки занурювали в воду на 30 хвилин, виймали з води та залишали на 30 хвилин в нормальних умовах, після чого проводили відновлення. Для моделювання мокрого стану поверхонь бетонних зразків їх витримували дві доби в нормальних умовах, при температурі повітря 20 ± 2 °C та відносній вологості повітря 50 ± 10 %, занурювали в воду на 30 хвилин, після виймання з води відразу проводили процес відновлення. Роботи виконували за температури 20 ± 2 °C та відносній вологості повітря 50 ± 5 %. Температура води становила $+ 20$ °C.

Після підготовчих робіт та відтворення відповідної вологості, зразки розміщували в опалубні конструкції та вкладали високорухливу модифіковану бетонну суміш за методикою, що використана в попередніх дослідженнях.

Після вкладання ремонтної суміші проводили вібрування опалубки протягом 10 – 15, 30 – 35 та 55 – 60 с. Оскільки, під час відновлення нижніх поверхонь прольотних конструкцій потрібно, щоб укладений ремонтний розчин розтікався по всій площі опалубки та повністю заповнив порожнину між опалубкою та поверхнею пошкодженої конструкції, для прискорення цього процесу та

збільшення ймовірності потрапляння суміші в найвіддаленіші порожнини з їх заповненням, необхідно проводити вібрування опалубки. При цьому передбачено, що вібраційні коливання в даних дослідженнях в рази менші, ніж застосовуються при вібруванні бетонної суміші.

Всі серії бетонних зразків розпалублювали після двох діб витримування в опалубці, та зволожували відновлені поверхні протягом трьох днів двічі на добу. Після витримування у 28 діб проводили випробування з визначення міцності зчеплення ремонтного розчину з відновлюваною поверхнею. Результати представлені в табл. 3.7, де вид руйнування розшифровується як: А – адгезійне, на стику двох шарів конструкцій; К – когезійне, руйнування відбулося в шарі бетонного зразка або у відновленому шарі; АК – адгезійно-когезійне, руйнування відбулося частково в шарі конструкції та на з'єднанні цих шарів.

Таблиця 3.7

Значення міцності зчеплення шарів

Тривалість вібрування, с	Положення ремонтної поверхні																	
	зверху						збоку						знизу					
	Вологість бетонної поверхні та вид руйнування																	
	суха	Вид руйнув	волога	Вид руйнув	мокра	Вид руйнув	суха	Вид руйнув	волога	Вид руйнув	мокра	Вид руйнув	суха	Вид руйнув	волога	Вид руйнув	мокра	Вид руйнув
	Міцність зчеплення, МПа (середнє значення)																	
10 – 15	2,5	АК	2,5	К	2,5	К	2,1	А	2,2	К	2,2	К	2,0	А	2,1	А	2,1	А
30 – 35	2,4	АК	2,6	К	2,5	К	2,4	АК	2,3	К	2,3	К	2,1	А	2,2	А	2,2	А
55 – 60	2,2	АК	2,4	К	2,4	К	2,0	К	2,1	К	2,2	К	1,8	А	2,1	А	2,0	А

За результатами експериментальних досліджень побудовано залежності зміни міцності зчеплення від вологісного стану основи при зміні просторового положення ремонтної поверхні (рис. 3.7 – 3.9).

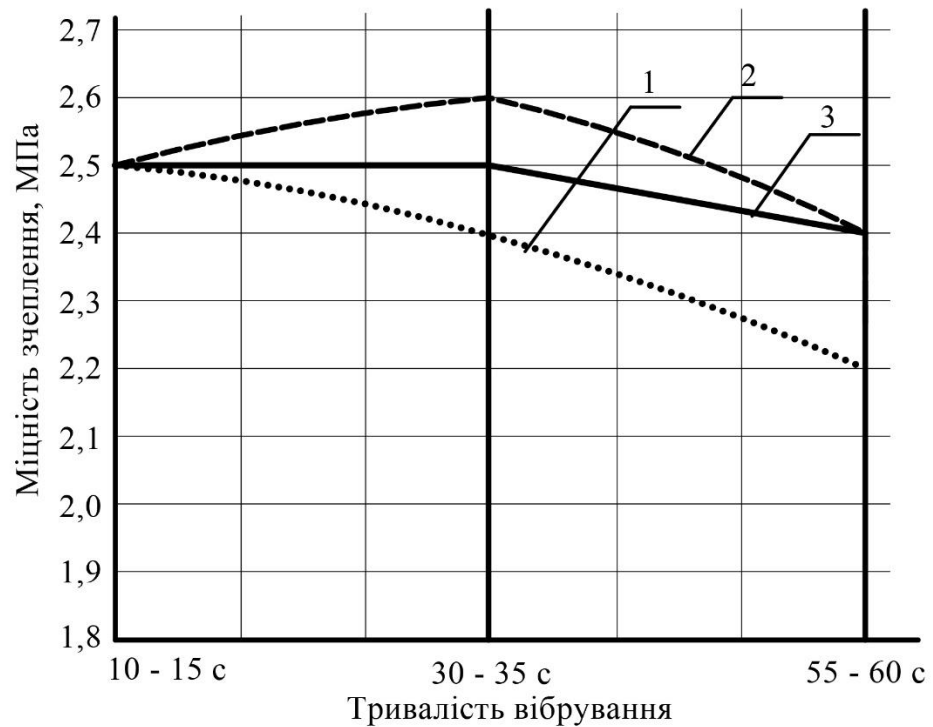


Рис. 3.7. Залежності міцності зчеплення ремонтного шару з основою від тривалості вібрування опалубки на верхній горизонтальній поверхні:

1 – суха поверхня зразка; 2 – волога поверхня; 3 – мокра поверхня

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що оптимальна тривалість вібрування при відновленні поверхні зверху становить 30 – 35 с. Зі збільшенням тривалості вібрування відбувається зниження міцності зчеплення. При аналізі результатів впливу вологості поверхонь на міцність зчеплення отримано найгірші результати при відновленні сухої поверхні, оскільки при проведенні дослідів з визначення міцності зчеплення в серіях дослідів № 1, № 2 та № 3 руйнування було адгезійно-когезійне. При вологій та мокрій поверхні руйнування спостерігалось когезійне, а саме в шарах нового або старого бетону, що вказує на належну міцність зчеплення ремонтного розчину з поверхнею зразків.

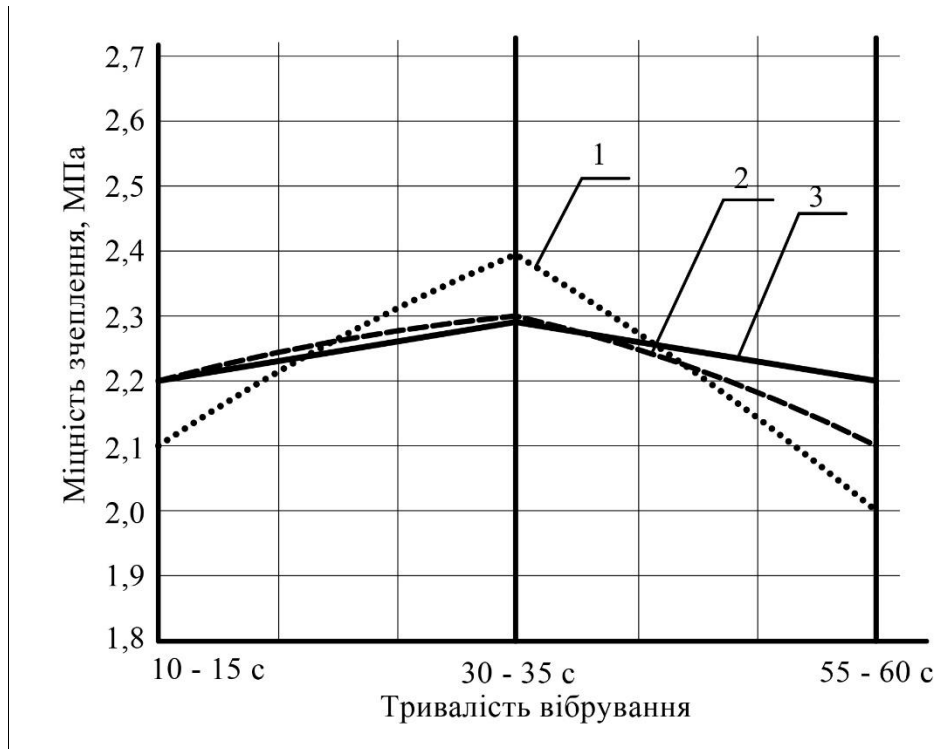


Рис. 3.8. Залежності міцності зчеплення ремонтного шару з основою від тривалості вібрування опалубки на боковій вертикальній поверхні:

1 – суха поверхня зразка; 2 – волога поверхня; 3 – мокра поверхня

Досліджуючи серії зразків, які відновлені на боковій поверхні, найгірші результати спостерігалися на сухій поверхні, де руйнування відбувалося в серії дослідів № 4 при вібруванні 10 – 15 с – адгезійне, а в серії № 5 – руйнування спостерігалось адгезійно-когезійне. Відновлені зразки на вологій та мокрій поверхні мають найвищі показники міцності зчеплення при вібруванні тривалістю 30 – 35 с, зі збільшенням тривалості вібрування показник зменшується. Також можна зробити висновок, що показники міцності зчеплення на вологій та мокрій поверхні мають майже однакові показники при відновленні бокової поверхні.

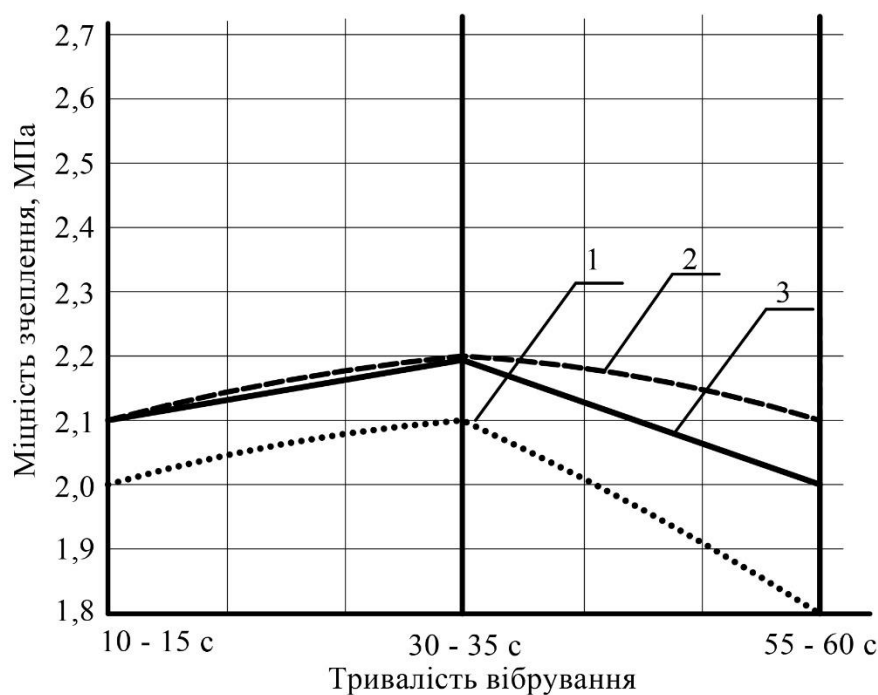


Рис. 3.9. Залежності міцності зчеплення ремонтного шару з основою від тривалості вібрування опалубки на нижній горизонтальній поверхні:

1 – суха поверхня зразка; 2 – волога поверхня;

3 – мокра поверхня

Експериментальні дослідження з відновлення нижніх поверхонь свідчать, що оптимальна тривалість вібрування при будь-яких станах вологості поверхні становить 30 – 35 с, як і в попередніх випадках, зі збільшенням тривалості вібрування показник міцності зчеплення знижується. Аналізуючи вплив вологості відновлюваної поверхні, можна зробити висновок, що при відновленні нижніх вологих та мокрих поверхонь зразків показники міцності зчеплення майже ідентичні та свідчать про достатню міцність зчеплення. Відновлені зразки з сухими поверхнями мають найнижчий показник міцності зчеплення.

3.5. Визначення впливу товщини ремонтного шару та температури навколишнього середовища на проєктні параметри відновленої конструкції

Мета четвертого етапу експериментальних досліджень – визначити вплив товщини відновленого шару та температури навколишнього середовища на

міцність зчеплення відновленого бетону з основою зразків. Дослідження проводили у два етапи. Перший етап полягав у визначенні впливу товщини відновленого шару. Другий етап – вплив температури навколишнього середовища.

Для першого етапу кількість необхідних зразків для кожної серії дослідів прийнято 3, кількість серій дослідів 5, таким чином $3 \times 5 = 15$ одиниць.

Серія дослідів №1 – товщина відновленого шару 1,5 см;

серія дослідів №2 – товщина відновленого шару 2 см;

серія дослідів №3 – товщина відновленого шару 3 см;

серія дослідів №4 – товщина відновленого шару 5 см;

серія дослідів №5 – товщина відновленого шару 7 см.

Всі серії бетонних зразків на нижній поверхні були зачищені кутовою шліфувальною машиною та знепилені. В дослідних зразках серії № 1 та № 2 на нижній поверхні влаштовані виїмки для кращого проходження ремонтної суміші в опалубку. В серіях зразків № 3, № 4 та № 5 виїмок не утворювали.

Відповідно до EN 1504-52013 [97] бетонним зразкам забезпечено вологий стан. Зразки відновлювали тільки на нижній поверхні. В спеціально сконструйовані опалубні конструкції, які виготовлені з пластику та мали вклеєну в отвір лійку в одному з боковиків опалубки, по кутах опалубки влаштовували металеві підкладки відповідної висоти: для серії дослідів № 1 – 1,5 см, № 2 – 2 см, № 3 – 3 см, № 4 – 5 см та № 5 – 7 см. Таким чином, розміщений бетонний зразок на підкладках в опалубці утворював простір відповідної висоти, що наповнювали через лійку ремонтною сумішшю. Під час вкладання суміші проводили штикування через лійку для кращого проходження суміші. Після повного наповнення опалубної конструкції проводили вібрування тривалістю 30 – 35 с. Зразки розпалублювали через дві доби, зволожували їх два рази на добу протягом трьох днів. Результати експериментальних випробувань наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Значення впливу міцності зчеплення шарів конструкцій

Товщина ремонтного шару, см	Міцність зчеплення МПа (середнє значення)	Вид руйнування
1,5	2,2	адгезійне
2	2,1	адгезійне
3	2,1	адгезійне
5	2,0	адгезійне
7	1,7	адгезійне

За даними табл. 3.9 побудовано залежність впливу товщини ремонтного шару на його міцність зчеплення з основою бетонного зразка (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Залежність міцності зчеплення ремонтного розчину з основою від товщини відновлюваного шару

Для визначення впливу температури навколишнього середовища при проведенні відновлюваних робіт та набиранні міцності ремонтним розчином досліджували три температурні режими, а саме: відновлення при зниженій температурі $+4 - +7\text{ }^{\circ}\text{C}$; нормальній: $+20 - +23\text{ }^{\circ}\text{C}$; підвищеній: $+30 - +35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кількість необхідних зразків для кожної серії дослідів прийнято 3, кількість серій дослідів 3, таким чином $3 \times 3 = 9$ одиниць. Поверхні бетонних зразків були зачищені кутовою шліфувальною машиною та знепилені. Відповідно до

EN 1504- 52013 [97] бетонним зразкам забезпечено вологий стан, а саме: попередньо витримані дві доби зразки за нормальних умов занурили в воду на 30 хвилин та залишили на 30 хвилин при температурі $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, після чого зразки щільно обгорнули водонепроникною поліетиленовою плівкою та помістили в наступне середовище:

серію зразків №1 з температурою $+4 - +7\text{ }^{\circ}\text{C}$;

серію зразків №2 залишали при температурі $+20 - +23\text{ }^{\circ}\text{C}$;

серію зразків №3 з температурою $+30 - +35\text{ }^{\circ}\text{C}$,

на 10 годин, для доведення поверхонь зразків до відповідних показників температури. План досліджень представлено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

План досліджень з визначення впливу температури навколишнього середовища при відновленні та твердінні модифікованої суміші

№ серії дослідів	Температура навколишнього середовища	Стан основи	Тривалість вібрування, с	Товщина ремонтного шару, см
1	$+ 4 - + 7\text{ }^{\circ}\text{C}$;	зачищена та волога	30 – 35	2
2	$+ 20 - + 23\text{ }^{\circ}\text{C}$			
3	$+ 30 - + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.			

Відновлення серій зразків проводили на нижніх поверхнях способом вкладання ремонтної суміші в опалубку через отвір-лійку за температури $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $50 \pm 5\%$. Температура модифікованої бетонної суміші становила $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Товщина ремонтного шару 2 см. Після вкладання ремонтної суміші в опалубку проводили вібрування тривалістю 30 – 35 с, після відновлення зразки знову поміщали в середовище з відповідною температурою. Зразки розпалубили через дві доби, та надалі зволожували два рази на добу протягом трьох днів. Залишали на 28 діб до повного набору міцності в середовищі з відповідною температурою. Результати експериментальних випробувань наведено в табл. 3.10 та побудовано діаграму (рис. 3.11).

Таблиця 3.10

Значення впливу міцності зчеплення шарів конструкцій

№ серії зразків	Температура, °С	Міцність зчеплення, МПа (середнє значення)	Вид руйнування
1	+4 – +7	1,23	адгезійне
2	+20 – +23	2,1	адгезійне
3	+30 – +35	1,27	адгезійне

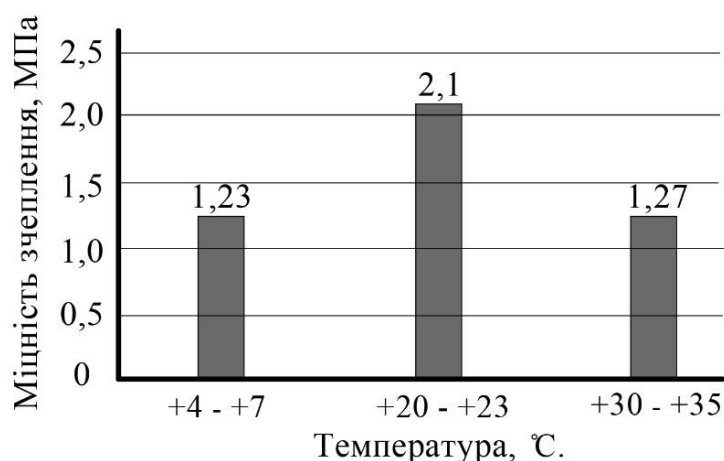


Рис. 3.11. Діаграма міцності зчеплення відновленого бетону з основою зразка від температури навколишнього середовища при відновленні та твердінні високорухливої модифікованої бетонної суміші

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що зі збільшенням товщини ремонтного шару зменшується міцність зчеплення відновленого фрагмента з поверхнею зразка. При відновленні зразків ремонтним шаром товщиною 1,5 см показник міцності зчеплення становив 2,2 МПа. При відновленні зразків товщиною 2 см та 3 см показник міцності зчеплення становив 2,1 МПа в обох випадках. Зі збільшенням товщини ремонтного шару до 5 см міцність зчеплення знизилася до 2 МПа, а при товщині відновленого шару в 7 см показник міцності зчеплення становив 1,7 МПа.

З аналізу результатів експериментальних досліджень при визначенні впливу температури навколишнього середовища при проведенні відновлюваних робіт та набиранні міцності ремонтним розчином можна зробити висновок: при

проведенні ремонтних робіт та твердінні модифікованої ремонтної суміші оптимальна температура становить $+20 - +23$ °С. Показник міцності зчеплення становить 2,1 МПа. При зниженні температурних показників до $+4 - +7$ °С міцність зчеплення шарів знижується до 1,23 МПа, аналогічне зниження міцності відбувається і при підвищенні температури до $+30 - +35$ °С до показників 1,27 МПа.

3.6. Дослідження техніко-економічних показників технологій відновлення захисного шару бетону на залізобетонних конструкціях

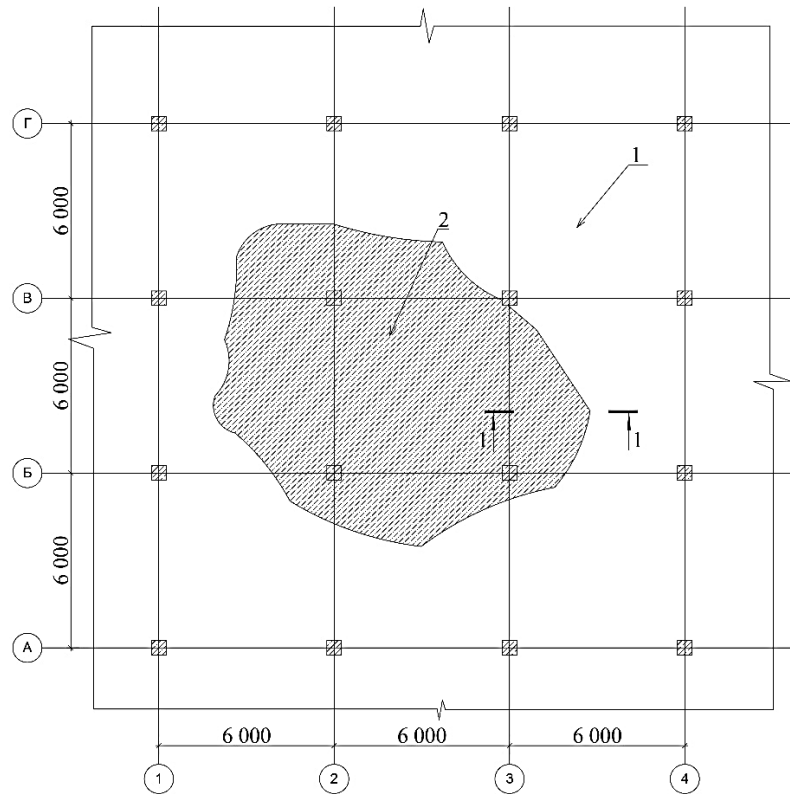
Для оцінки техніко-економічної ефективності запропонованої технології відновлення захисного шару бетону на залізобетонних конструкціях шляхом вкладання високорухливої бетонної суміші в опалубку дослідили та порівняли запропонований спосіб з відомими технологіями. Для цього провели теоретичні дослідження за подібним алгоритмом [106] з встановлення основних техніко-економічних показників (ТЕП) технологій: трудомісткість, вартість та тривалість для нанесення ремонтної суміші вручну, з використанням торкрет установки та запропонованої технології. Для порівняння брали відновлення захисного шару нижньої поверхні залізобетонної плити площею 100 м².

Для встановлення трудомісткості та тривалості виконання ремонтних робіт виконано технологічні розрахунки, для яких використано норми часу з ЕНиР, ТТК, ТУ, а також, за потреби, з власного хронометражу. Розрахунки див. додаток А 1.

Заробітну плату робітників визначали за трудомісткістю та розцінками взятими зі збірника «Ціноутворення в будівництві» [107].

Для порівняння різних технологій відновлення захисного шару бетону залізобетонних конструкцій ремонтні роботи передбачалось виконувати на умовному об'єкті – виробнича монолітно-каркасна будівля. Протягом тривалого терміну експлуатації конструкції будівлі піддавалися впливу температурних перепадів та вологості, а також дії хімічних сполук, внаслідок чого на нижній частині плит перекриття було пошкоджено захисний шар бетону, середня висота

пошкоджень становила 20 мм. Найбільша висота пошкоджень 37,5 мм, а найменша 15 мм. Внаслідок корозії в деяких місцях присутнє незначне пошкодження арматурних стрижнів, що потребують очищення та захисту. Пошкоджена залізобетонна плита (рис. 3.12) розташована на відмітці + 4,200 м від рівня підлоги. Роботи виконуються при денній температурі + 20 – +25 °С, в нічний час + 15 – +18 °С та відносній вологості повітря 50 – 65 %.



Розріз 1 – 1

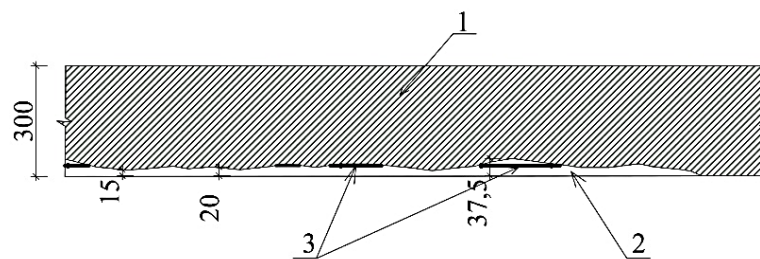


Рис. 3.12. Загальний вигляд плити перекриття з областю пошкоджень:
1 – пошкоджена залізобетонна плита; 2 – область пошкоджень; 3 – оголені арматурні стрижні

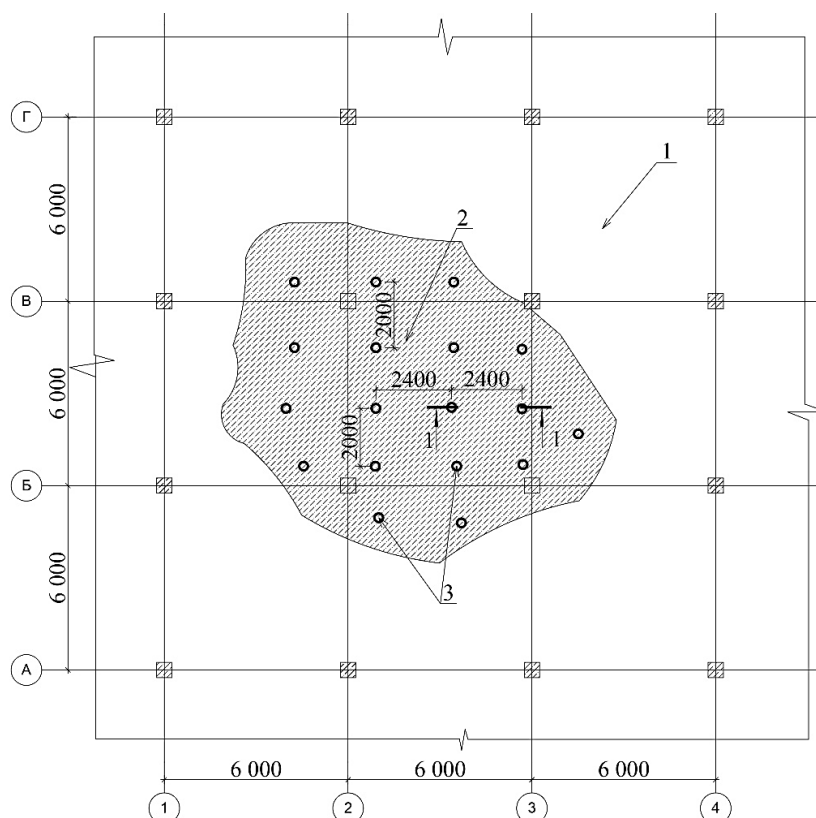
Для відновлення захисного шару залізобетонної плити виконують підготовчі роботи, що включають монтаж пересувних підмостків на металевих опорах висотою 2,3 м. Також виконують підготовку основи, яка полягає у видаленні з поверхні, що потребує відновлення, крихкого та нестійкого бетону за допомогою перфоратора та очищення поверхні за допомогою піскоструминної установки. Після очищення поверхні варто визначити ступінь карбонізації бетону за методикою, описаною в СТБ 1481-2011 [109]. Шари бетону, що не відповідають вимогам вмісту хлоридів і ступеня карбонізації бетону, слід видалити, а поверхню знепилити пиломомом.

Арматурні стрижні, що піддалися впливу корозії, очищають. До початку відновлення бетонної конструкції арматурні стрижні покривають однокомпонентною антикорозійною цементною сумішшю по типу Mapefer 1K для їх захисту.

Спосіб відновлення захисного шару бетону вручну. Роботи виконують згідно з технологічною картою на ремонт бетонних та залізобетонних конструкцій з використанням будівельних сумішей марки «Ceresit» [109]. Для відновлення захисного шару використано ремонтну суміш Ceresit CD 22. Для отримання рівної відновленої поверхні на пошкодженій ділянці залізобетонної плити виконують провішування поверхні та встановлення висотних марок. Зволоження основи виконують традиційним способом з використанням краскопульта. При виконанні ремонтних робіт технологією передбачено влаштування на відновлювану поверхню контактного шару, що має наступний компонентний склад: Ceresit CC 81 – 6 %, Ceresit CD 22 – 14 % та вода, який наноситься щіткою на зволожену поверхню залізобетонної плити. Контактний шар призначений для підвищення адгезійної міцності між старою основою і новим ремонтним матеріалом, а також компенсації усадкових і температурних напружень в основі та ремонтному шарі шляхом її підвищеної еластичності. Після влаштування антикорозійного покриття арматури та контактного шару, на поверхню бетону наносять ремонтну суміш Ceresit CD 22. Приготовану розчинну суміш наносять на ділянки конструкції, що ремонтуються, за допомогою металевого шпателя або

кельми на злегка підсохлий контактний шар. Товщина вирівнювального ремонтного шару в середньому становить 15 – 35 мм. Поверхню свіжоукладеного розчину вирівнюють теркою, або металевою кельмою протягом 10 – 20 хвилин. Через дві доби поверхню вирівнюють шпаклювальним розчином Ceresit CD 24, його наносять за допомогою металевого шпателя або гладилки на злегка вологий контактний шар, але не раніше, ніж через 30 – 60 хвилин.

Спосіб відновлення захисного шару бетону вкладанням ремонтного розчину в опалубку при подачі його через отвори в плиті. До вкладання ремонтної суміші в опалубку через отвори в плиті перекриття необхідно виконати розмітку з визначенням місць для свердління отворів. На площу в 100 м² пошкодженої поверхні кількість отворів становить 18 штук, в розрахунку один отвір на 5,56 м² пошкодженої площі. Розміщення отворів рівновіддалено один від одного. Умовна схема зображена на рис. 3.13. Для запобігання пошкодження арматури, передбачено використання приладу для неруйнівного визначення місць розташування армування конструкції. Рулеткою вимірюють відстань між місцями для свердління та помічають їх крейдою.



Розріз 1 - 1

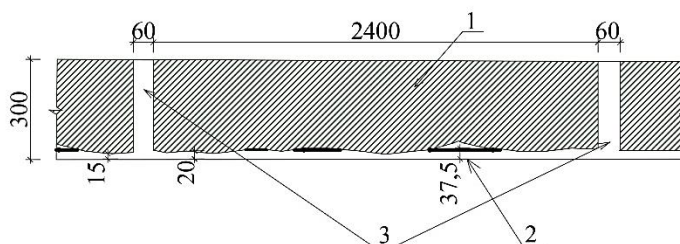


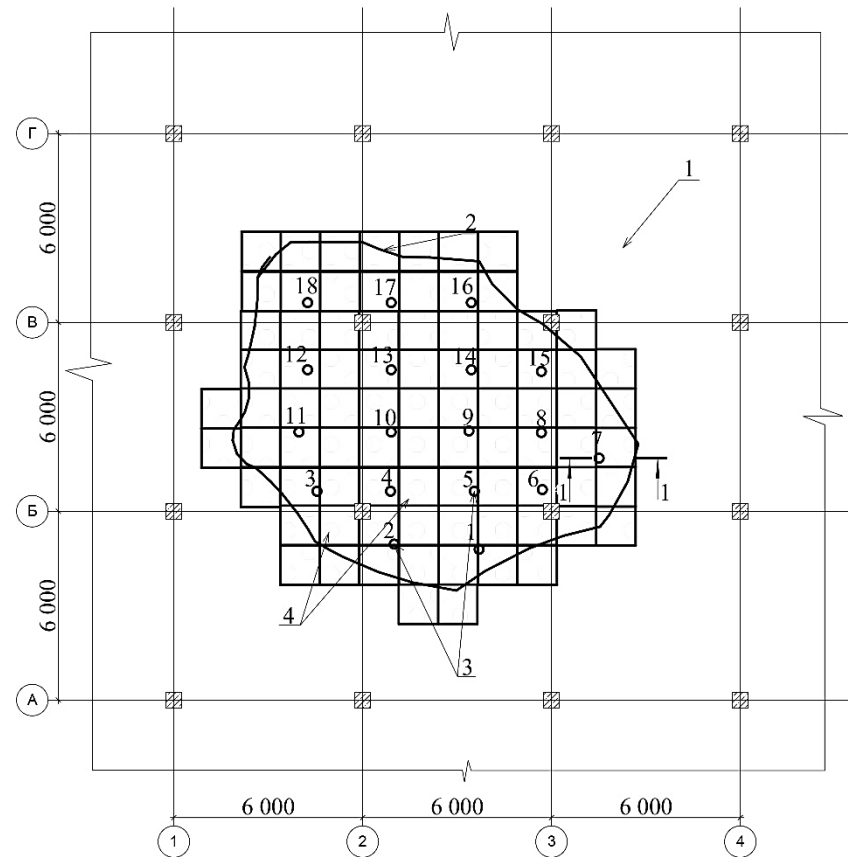
Рис. 3.13. Принципова схема розміщення отворів для вкладання ремонтної суміші: 1 – пошкоджена залізобетонна плита; 2 – область пошкоджень;

3 – отвори для подавання ремонтної суміші

Отвори в плиті перекриття для вкладання ремонтної суміші свердлять буровою установкою з коронкою для різання бетону діаметром 60 мм. Роботи виконують зверху на плиті перекриття по розмічених місцях. Проводять обезпилення поверхні пилосмоком.

В разі наявності вільного простору в приміщенні, де відбуваються ремонтні роботи, монтаж опалубних щитів виконують за класичною технологією на стійках та балках, якщо ж підлога приміщення заповнена по площі ремонтних робіт, тоді монтаж опалубки виконують на анкерних кріпленнях (рис. 3.14). Для кріплення опалубки зазначеним способом виконують монтаж анкерів знизу плити перекриття. Місця для їх кріплення визначають за допомогою спеціального сконструйованого шаблону, у вигляді жорсткої алюмінієвої рамки. Для цього в рамці просвердлюють отвори так, щоб місця їх кріплення збігалися з отворами в опалубці. В отвори рами вставляють металеві гвинти, які повинні легко переміщатися вгору – вниз. Для фіксації гвинтів в рамі (запобігання випаданню гвинтів) на інший край нагвинчують гайку. На торці гвинтів наносять густу фарбу, шаблон приставляють до основи у місце, де слід кріпити опалубку, та відмічають місця влаштування анкерних кріплень. Потім переставляють його на місце наступного опалубного щита і виконують ту саму операцію. Важливо встановлювати анкер таким чином, щоб мати можливість на кінці шпильки

приєднати опалубну конструкцію та закріпити її гайкою до анкера. Перед кріпленням опалубної конструкції очищену поверхню зволожують водою з використанням краскопульта.



Розріз 1 – 1

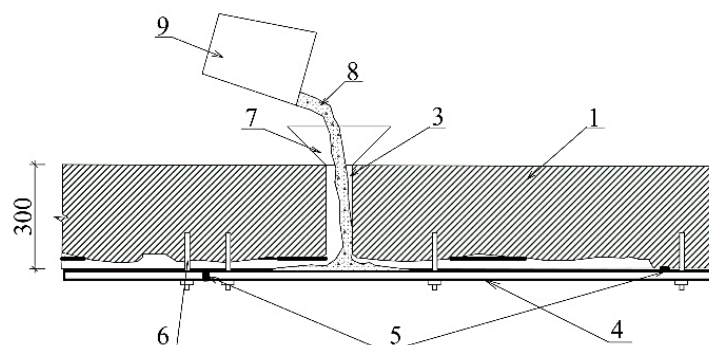


Рис. 3.14. Принципова схема кріплення опалубних щитів на анкерах при способі подачі ремонтної суміші в лійку: 1 – залізобетонна плита; 2 – область пошкодження; 3 – отвір для подавання ремонтної суміші \varnothing 60 мм; 4 – опалубний щит; 5 – гумовий ущільнювач; 6 – анкерне кріплення; 7 – лійка; 8 – високорухлива ремонтна суміш; 9 – відро

Опалубна конструкція являє собою стандартні щити розміром 1250 x 1250 мм з отворами для кріплення до анкерів. В місцях прилягання опалубки до непошкодженої поверхні вкладають гумовий ущільнювач для запобігання витіканню ремонтної суміші з опалубки. Під час монтажу опалубних щитів паралельно роблять їх провішування для забезпечення горизонтальності поверхні, використовуючи лазерний рівень. Регулюють правильність положення щитів затягуванням або послабленням гайок кріплень опалубних щитів до анкерів. На 1 м² розраховано 5 анкерних кріплень, на опалубний щит – 8 анкерних кріплень (рис. 3.15). Таким чином, на всю площу пошкоджень необхідно влаштувати 664 анкери.

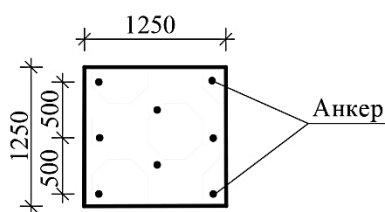
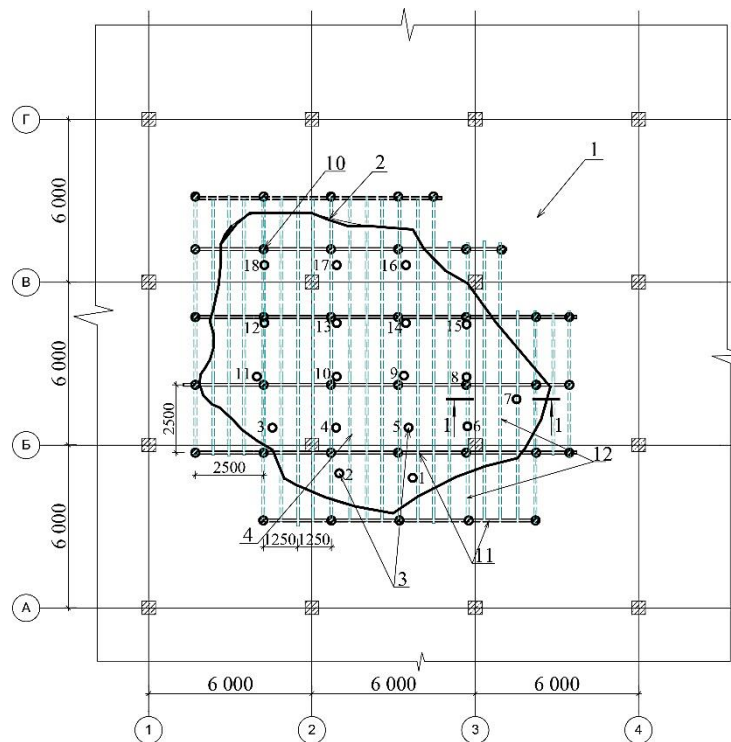


Рис. 3.15. Схема розміщення анкерних кріплень для опалубного щита.

Другий спосіб монтажу опалубки на підпірних стійках виконують за класичною технологією. Підпірні стійки встановлені з кроком у 2,5 метри. В головки-корони розміщують поздовжні балки, поверх яких вкладають поперечні балки та розкладають листи ламінованої фанери стандартним розміром 1250 x 2500 мм. При вкладанні опалубних щитів їх положення регулюють за допомогою рухомої частини стійок. Для запобігання витіканню ремонтної суміші з опалубки, в місцях виходу щитів на неушкоджену поверхню приклеюють ущільнювач до поверхні фанери. Також, перед вкладанням ламінованої фанери в проектне положення, на дві її бокові грані наклеюють ущільнювач, що запобігає витіканню ремонтної суміші. Схема розміщення стійок та балок зображена на рис. 3.16.



Розріз 1-1

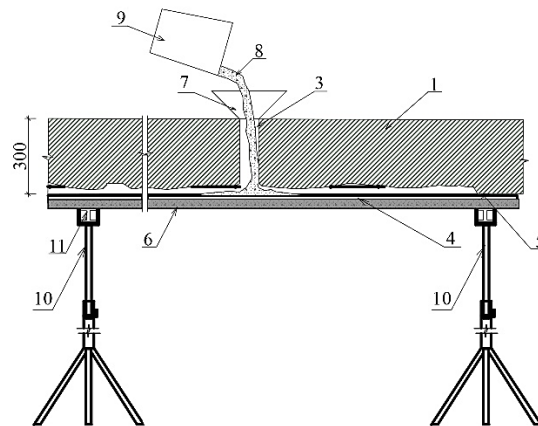


Рис. 3.16. Принципова схема розташування опалубної конструкції на балках та стійках: 1 – залізобетонна плита; 2 – область пошкодження; 3 – отвір для подавання ремонтної суміші $\varnothing 60$ мм; 4 – ламінована фанера 1250 x 2500 мм; 5 – гумовий ущільнювач; 7 – лійка; 8 – високорухлива ремонтна суміш; 9 – відро; 10 – стійка; 11 – поздовжня балка; 12 – поперечна балка.

Приготування ремонтної бетонної суміші виконують у наступній послідовності:

- наливають відміряну кількість води в змішувач;
- послідовно всипають в'язуче та заповнювачі, додають добавки Маресіре SRA та Dynamon SR 3;

- перемішують суміш до отримання однорідної маси.

Ремонтну суміш готують на низьких обертах змішувачем.

Ремонтну суміш подають зверху через лійку, встановлену в отвір, і для кращого проходження суміші періодично проводять штикування через лійку. Суміш подають в отвори по чергово, для можливості виходу повітря через суміжні отвори. В процесі та після заповнення порожнини між опалубкою та конструкцією, що відновлюється, виконують вібрування ремонтної суміші, прикладаючи до щитів опалубки поверхневі вібратори. При потребі в отвори додають ремонтний розчин для їх повного заповнення. Не раніше ніж через 48 годин знімають опалубку та виконують догляд за відновленою поверхнею.

Спосіб відновлення захисного шару бетону методом торкретування.

Перед початком виконання ремонтних робіт методом торкретування насамперед провішують поверхні з встановленням висотних марок, що надалі дає змогу вивести рівень стелі. Потім за допомогою краскопульта виконують зволоження основи. Нанесення торкрет шарів проводять у два етапи. Спочатку на поверхню наносять перший вирівнювальний шар товщиною 10 – 27,5 мм, після технологічної перерви не більше ніж 4 години наносять другий шар товщиною в 10 мм та проводять розрівнювання поверхні з використанням металевого шпателя та терки. Після нанесення та розрівнювання ремонтних сумішей виконують догляд за її поверхнею відповідно до вказівок ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 [110].

Кожну представлену технологію ремонту захисного шару залізобетонних конструкцій розглядали як систему, складену з кількох підсистем – робочих операцій, що представлені в табл. 3.11. Наявність робочого процесу в технології позначено знаком «+». Розглянуто такі технології відновлення: 1 – спосіб відновлення захисного шару бетону вручну; 2.1 – спосіб відновлення захисного шару вкладанням ремонтної суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах до плити перекриття; 2.2 – спосіб відновлення захисного шару вкладанням ремонтної суміші в опалубку за класичною технологією монтажу опалубки на підпірних стійках; 3 – спосіб торкретування.

Таблиця 3.11

Структура процесу відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій
за різними технологіями

Робочий процес	Технології			
	1 – вручну	2 – вкладання в опалубку		3 – торкретування
		2.1 – монтаж на анкерах	2.2 – на підпірних стійках	
Підготовчі процеси				
Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	+	+	+	+
Видалення зруйнованого бетону	+	+	+	+
Очищення основи	+	+	+	+
Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	+	+	+	+
Встановлення місця розташування арматури неруйнівним методом з розміткою місць для свердління отворів		+	+	
Просвердлювання отворів в плиті перекриття Ø 60 мм		+	+	
Знепилення поверхні	+	+	+	+
Провішування поверхні та встановлення марок	+			+
Зволоження основи	+	+	+	+
Нанесення адгезійного шару	+			
Монтаж анкерів у плиту для кріплення опалубки		+		
Ремонтно-відновлювані процеси				
Приготування ремонтної суміші	+	+	+	+
Нанесення ремонтного шару товщиною 15 - 30 мм	+			
Нанесення адгезійного шару	+			
Нанесення фінішного шару товщиною 5 мм	+			
Підготовка та монтаж опалубки		+	+	
Подавання ремонтного розчину в лійки		+	+	
Вібрування опалубки		+	+	

Продовження таблиці 3.11

Нанесення ремонтного розчину торкретуванням товщиною 10 - 27,5 мм				+
Нанесення вирівнювального шару торкретування товщиною 10 мм				+
Розрівнювання поверхні та затирання				+
Технологічна перерва	48	48	48	4 год
Завершальні процеси				
Демонтаж опалубки		+	+	
Усунення дефектів	+	+	+	+
Чищення та промивання торкрет установки				+
Прибирання відскоку ремонтної суміші				+
Догляд за відновленою поверхнею, зволоження	+	+	+	+
Переміщення підмостків	+	+	+	+
Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	+	+	+	+

Для кожної робочої операції проведено підрахунок обсягів робіт, що необхідно виконати при відновленні захисного шару залізобетонних конструкцій на площу пошкоджень в 100 м². Обсяги робіт представлено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12

Обсяги робіт при відновленні 100 м² поверхні захисного шару
залізобетонних плит перекриття

Найменування процесу	Од. виміру	Обсяги робіт			
		технології відновлення			
		1 – вручну	в опалубку		3 – оркрету вання
2.1 – монтаж анкерів	2.2 – на підпiрних стійках				
1	2	3	4	5	6
Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² наст.	10	10	10	10
Видалення зруйнованого бетону	1 м ²	25	25	25	25
Очищення основи піскоструминною установкою	1 м ²	100	100	100	100
Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	1 м ²	3	3	3	3
Встановлення місця розташування арматури неруйнівним методом з розміткою місць для свердління отворів	1 шт.	-	18	18	-
Просвердлювання отворів в плиті перекриття Ø 60 мм	1 отв.		18	18	-
Знепилення поверхні пилосмоком	1 м ²	100	100	100	100
Антикорозійний захист арматури	1 м ²	22	22	22	22
Провішування поверхні та встановлення висотних марок	1 м ²	100	-	-	100
Зволоження основи	1 м ²	100	100	100	100
Нанесення адгезійного шару	1 м ²	200	-	-	-
Монтаж анкерів у плиту для кріплення опалубки	1 шт.	-	663	-	-
Змащування та кріплення опалубних щитів і їх вивіряння	1 м ²	-	126	130	-
Приготування ремонтної суміші	1 м ³	2	2	2	2,6
Подавання ремонтної суміші у порожнину через отвори	1 м ³	-	2	2	-
Вібрування опалубки	1 точка на 1 м ²	-	100	100	-

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6
Нанесення вирівнювального шару товщиною 15 - 25 мм	1 м ²	100	-	-	-
Нанесення накривного шару товщиною 5 мм	1 м ²	100	-	-	-
Нанесення ремонтного розчину товщиною 10 – 17 мм	1 м ²	-	-	-	100
Нанесення вирівнювального шару товщиною 10 мм	1 м ²	-	-	-	100
Розрівнювання поверхні та затирання	1 м ²	100	-	-	100
Очищення та промивання торкрет установки	1 шт.	-	-	-	1
Прибирання відскоку ремонтної суміші	1 м ²	-	-	-	100
Усунення дефектів	10 м ²	7	7	7	7
Зволоження поверхні (3 та 6 днів двічі на день)	1 м ²	600	600	600	1200
Переміщення підмостків	1 м ² наст.	40	40	40	40
Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² наст.	10	10	10	10

Для побудови гістограми трудомісткості виконання відновлюваних робіт за різними технологіями проведено технологічні розрахунки, що представлені у додатку Б. Трудомісткість робочих операцій визначали за встановленими та застосованими нормами часу із ЕНиР, ТТК, ТУ [111, 112, 113] та власного хронометражу.

Якщо норм часу не було, то на виконання тих чи інших робіт проводили власний хронометраж з постановкою натурального експерименту. Заробітну плату робітників визначали в гривнях на основі даних збірника «Ціноутворення у будівництві» [107]. Було використано такі тарифні ставки: другий розряд – 49,06 грн/люд-год; третій – 53,87, четвертий – 60,81 та п'ятий – 70,02. Укрупнена калькуляція трудомісткості та заробітної плати наведена в табл. 3.13, розширена в додатку.

Таблиця 3.13

Укрупнена калькуляція трудомісткості виконання відновлення захисного шару нижньої поверхні залізобетонної плити різними технологіями та заробітної плати за неї

п/п	Робоча операція	Трудомісткість і заробітна плата при відновленні							
		1 – ручним способом		2 – Вкладання в опалубку через отвори				3 – Методом торкрет	
				2.1 – опалубка на анкерних кріпленнях		2.2 – опалубку на стійках (класична)			
		Трудомісткість, люд-год	Заробітна плата, грн	Трудомісткість, люд-год	Заробітна плата, грн	Трудомісткість, люд-год	Заробітна плата, грн	Трудомісткість, люд-год	Заробітна плата, грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Підготовчі процеси	79	4599	141,4	8456	68,9	4073	83,7	4314
2	Технологічні перерви	48 год		48 годин				4 год	
3	Відновлювані процеси	170,2	9380	33,9	1585	39,5	2205	90,4	3560
4	Завершальні та допоміжні процеси, догляд за відновленою поверхнею	13	717	25,95	1373	25,6	1244	12,5	1091
5	Разом	262	14696	206,7	11414	135,5	7522	186,6	8965

За даними табл. 3.13 побудовано гістограму трудомісткості (рис. 3.17) відновлення 100 м² захисного шару залізобетонної плити перекриття знизу за різними технологіями. Всі значення переведені у відсоткові, при цьому за 100 % прийнято показники технології 2.2 – вкладання ремонтного розчину в опалубку на стійках.

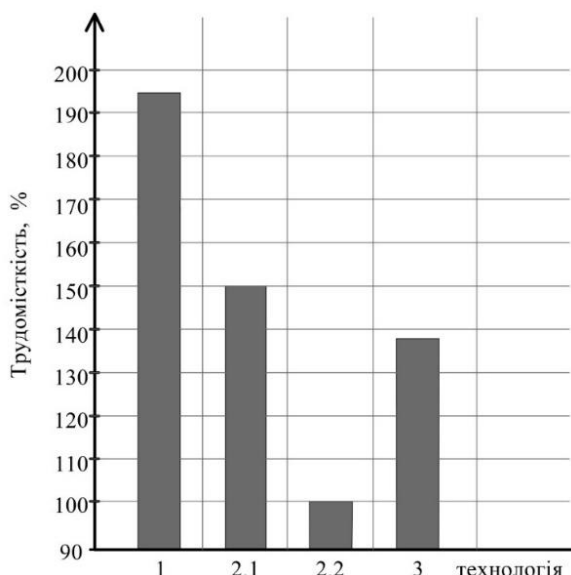


Рис. 3.17. Трудомісткість виконання робіт на відновлення захисного шару залізобетонної плити: 1 – спосіб відновлення вручну; 2.1 – спосіб вкладанням суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах; 2.2 – спосіб вкладанням суміші в опалубку на підірних стійках; 3 – торкретування

За даними табл. 3.13 побудовано гістограму заробітної плати (рис. 3.18) працівників за виконання робіт з відновлення захисного шару залізобетонної плити перекриття.

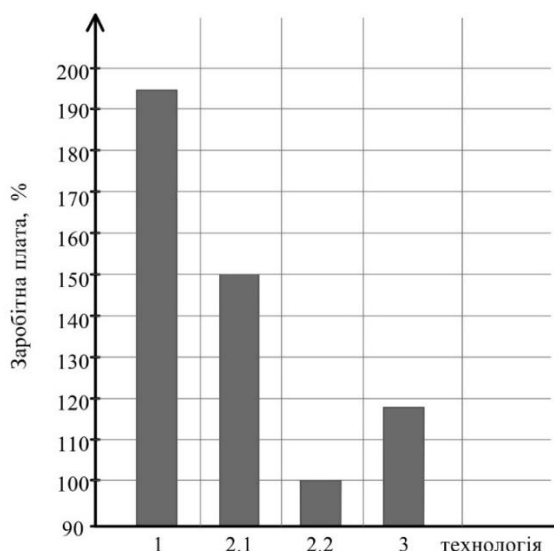


Рис. 3.18. Заробітна плата за виконання робіт з відновлення захисного шару залізобетонної плити: 1 – спосіб відновлення вручну; 2.1 – спосіб вкладанням суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах; 2.2 – спосіб вкладанням суміші в опалубку на підірних стійках; 3 – торкретування

Тривалість процесу виконання відновлюваних робіт визначали складанням тривалостей виконання робочих операцій та перерв між ними. Тривалість відновлення захисного шару ручним способом становить – 201 год, з них 48 годин та 30 хвилин – технологічні перерви; вкладання ремонтної суміші через отвори в плиті в опалубку, що кріпиться на анкерах – 164 год, з них 48 год – технологічна перерва; відновлення методом вкладання ремонтного розчину в опалубку на підпірних стійках за класичною технологією – 134 год, з них 48 годин – технологічна перерва; методом торкретування – 84 год, з яких 4 год – технологічна перерва між нанесенням шарів. Також враховано час догляду за відновленою поверхнею. При виконанні ремонтних робіт вручну потрібно зволожувати водою відновлені частини протягом 3 днів, два рази на добу, аналогічно догляд за відновленою поверхнею проводять і при виконанні ремонтних робіт з застосуванням опалубки, після її демонтажу, зволожують поверхню два рази протягом 3 діб. Поверхні, відновлені способом торкретування, потребують зволоження водою протягом 6 днів. Таким чином, загальна тривалість робіт, враховуючи технологічні перерви та час догляду за поверхнею, становить: ручним способом – 274 год; способом вкладання в опалубку на анкерах – 236 год; в опалубку на стійках – 206 год; методом торкретування – 228 год. Результати розрахунків тривалостей виконання ремонтних робіт подано у відсоткових значеннях та наведено на рис. 3.19.

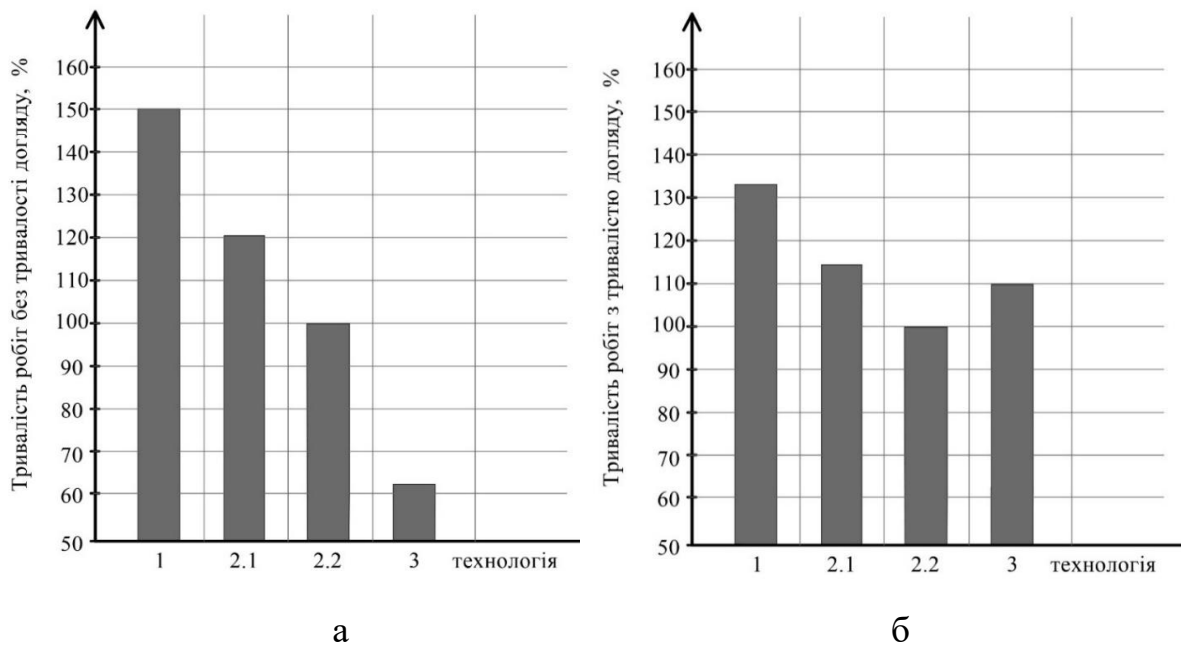


Рис. 3.19. Тривалість виконання робіт з відновлення захисного шару:
 а – без врахування тривалості догляду за відновленою поверхнею;
 б – з врахуванням тривалості догляду за відновленою поверхнею; 1 – спосіб відновлення вручну; 2.1 – спосіб вкладанням суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах; 2.2 – спосіб вкладанням суміші в опалубку на підпірних стійках; 3 – торкретування

Вартість інструменту та обладнання для кожного зі способів відновлення обчислювали складанням вартостей одиниць обладнання та пристосувань, потрібних для кожної технології. Умовно передбачено, що обладнання, яке дороге коштує, брали в оренду, а деякі пристосування та обладнання купували.

Потреба в машинах, обладнанні, інструментах та пристроях для виконання ремонтно-відновлюваних робіт за технологіями, що порівнюються, представлені в додатку В.

Для влаштування захисного шару ручним способом було передбачено використання ручного інструмента, вартість якого склала 5948 грн, а саме: машина ручна шліфувальна (1249 грн), шурупокрут (845 грн), скребок металевий (75 грн), молоток-кирка (120 грн), скампель (40 грн), зубило (63 грн), молоток

слюсарний (83 грн), кувалда (264 грн), щітка металева (28 грн), краскопульт ручний механічний (663 грн), відра пластикові (85 грн), лопата підборна (87 грн), кельма 2 шт. (217 грн), терка нержавіюча 2 шт. (228 грн), ємність для розчину (87 грн), півтерок (95 грн), правило (1558 грн), щітка-макловиця 2 шт. (78 грн), щітка махова (83 грн). Для мінімізації витрат дороге обладнання брали в оренду, його вартість на 1 добу: молоток пневматичний або електричний (500 грн) брали на 1 добу, піскоструминна установка (500 грн) – 2 доби, промисловий пиломок (280 грн) – 1 доба, змішувач для приготування сумішей (120 грн) – 16 діб, що разом коштувало 2800 грн. Оренда металевих підмостків 800 грн на 25 діб. Загальна вартість, витрачена на машини, обладнання, інструменти та пристосування, складає 10548 грн.

Для влаштування захисного шару способом вкладання ремонтного розчину в опалубку, що змонтована за класичною технологією, було передбачено використання ручного інструменту та мірний посуд, вартість якого склала 3754 грн, а саме: машина ручна шліфувальна (1249 грн), шурупокрут (845 грн), рулетка будівельна (83 грн), скребок металевий (75 грн), молоток кирка (120 грн), скарпель (40 грн), зубило (63 грн), молоток слюсарний (83 грн), кувалда (264 грн), щітка металічна (28 грн), краскопульт ручний механічний (663 грн), відра поліетиленові (85 грн), лопата підборна (87 грн), мірний посуд (69 грн). Для мінімізації витрат дороге обладнання брали в оренду: молоток пневматичний або електричний (500 грн) брали на 1 добу, піскоструминна установка (500 грн) – 2 доби, промисловий пиломок (280 грн) – 1 доба, бурова установка з коронкою для різання бетону (450 грн) – 1 доба, міксер для приготування сумішей (180 грн) – 2 доби, ваги будівельні (50 грн) – 2 доби, вимірювач товщини захисного шару бетону та визначення розміщення арматури (100 грн) – 1 доба, поверхневий вібратор (350 грн) – 2 доби, лазерний рівень (250 грн) – 1 доба, що разом коштувало 3720 грн. Опалубку орендували на 5 діб, вартість оренди класичної опалубки на металевих стійках 3612,5 грн. Для виконання ремонтних робіт способом вкладання ремонтної суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах, вартість опалубних щитів (опалубна ламінована фанера 12,0 x 1250 x 2500 мм)

складає 58800 грн. Оренда опалубних щитів становить 2875 грн. Вартість шаблону для розмітки анкерних кріплень складає 135 грн. Оренда металевих підмостків 400 грн – 12 діб. Таким чином, загальна вартість, витрачена на оренду та купівлю машин, обладнання, інструменту та пристосувань, складає: для способу 2.1 – 11086,5 грн та 2.2 – 10480 грн.

Для влаштування захисного шару способом торкретування придбано ручний інструмент, вартість якого склала 5802 грн, а саме: машина ручна шліфувальна (1249 грн), шурупокрут (845 грн), скребок металевий (75 грн), молоток кирка (120 грн), скарпель (40 грн), зубило (63 грн), молоток слюсарний (83 грн), кувалда (264 грн), щітка металічна (28 грн), краскопульт ручний механічний (663 грн), відра поліетиленові (85 грн), лопата підборна (87 грн). кельма 2 шт. (217 грн), терка нержавіюча 2 шт (228 грн), ємність для розчину (102 грн), півтерок (95 грн), правило (1558 грн). Для мінімізації витрат дороге обладнання брали в оренду на 1 добу: молоток пневматичний або електричний (500 грн), піскоструминна установка (500 грн) – 2 доби, промисловий пиломок (280 грн) – 1 доба, торкрет-машина (2350 грн) – 3 доби, міксер для приготування сумішей (180 грн) – 3 доби, лазерний рівень (250 грн) – 1 доба, що разом коштувало 9620 грн. Оренда металевих підмостків 400 грн. Загальна вартість витрачена на машини, обладнання, інструменти та пристосування складає 15822 грн.

Гістограма вартості оренди машин, обладнання, інструментів та пристроїв для виконання ремонтно-відновлюваних робіт за різними технологіями подана у відсоткових значеннях та зображена на рис. 3.20.

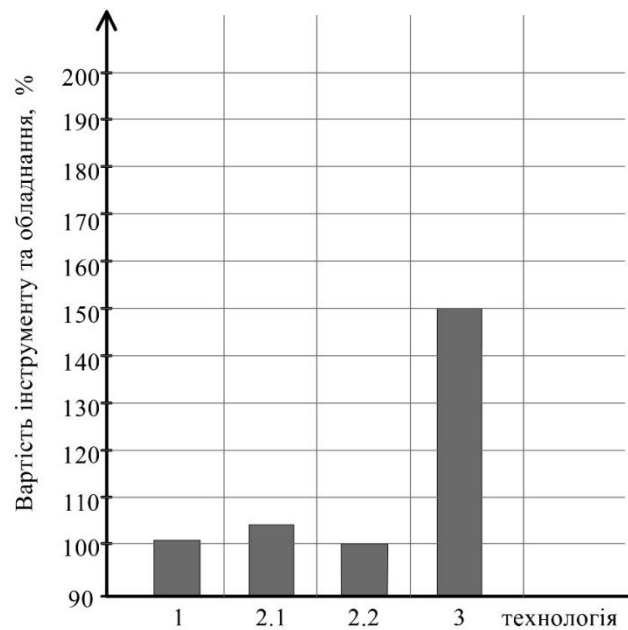


Рис. 3.20. Вартість оренди машин, обладнання, інструментів та пристроїв для виконання ремонтно-відновлюваних робіт за різними технологіями: 1 – спосіб відновлення вручну; 2.1 – спосіб вкладання суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах; 2.2 – спосіб вкладання суміші в опалубку на підпірних стійках; 3 – торкретування

Вартість матеріалу обчислювали на відновлення 100 м^2 захисного шару при товщині 20 мм. Таким чином, об'єм потрібного ремонтного розчину $V = 2 \text{ м}^3$. Для виконання відновлюваних робіт вручну використано адгезійну суміш, що має наступний компонентний склад: суміш Ceresit CD 22, адгезійна емульсія Ceresit CC 81(6 %) та вода (14 %). Витрати на приготування адгезійної суміші становлять 3100 грн. Ремонтну суміш Ceresit CD 22, вартість якої 24,4 грн/кг; на об'єм в 1 м^3 потрібно 2000 кг. На відновлювані роботи потреба суміші становить 4000 кг, вартість якої складає 97600 грн. Вирівнювальну штукатурну суміш Ceresit CD 24 наносять товщиною 3 мм на площу 100 м^2 . Витрати розчинної суміші становлять $1,4 \text{ кг/м}^2$ на один міліметр шару, отже $1,4 \times 100 \times 3 = 420 \text{ кг}$. Вартість Ceresit CD 24 (25 кг) – 713 грн. Потрібно 17 мішків, загальна вартість яких 12121 грн. Таким чином, вартість матеріалів для виконання ремонтних робіт ручним способом склала 111296,8 грн.

Виконуючи відновлювані роботи способом вкладання модифікованої ремонтної суміші в опалубку, потреба у матеріалах на 1 м³ бетону та їх вартість становить:

- цемент (ПЦ І-500) – 450 кг, вартість – 1793,9 грн;
- пісок річковий (1,5 мм) – 750 кг, вартість – 120 грн;
- відсів гранітний (2-5 мм) – 250 кг, вартість – 75 грн;
- щебінь (5-10 мм) – 800 кг, вартість – 220 грн;
- вода – 200 кг, вартість – 20 грн;
- Дунамон SR 3 (1,3 %) – 5,9 кг, вартість – 386,4 грн;
- Маресуре SRA (1 %) – 4,5 кг, вартість – 410 грн.

Вартість 1 м³ ремонтної суміші становить – 2891,4 грн, таким чином, вартість 2 м³ складає 5782,8 грн. Ущільнювач для запобігання витіканню ремонтної суміші на клейочій основі коштує 532 грн. Потреба становить 120 м п.

Відновлення способом торкретування застосовано торкрет суміш для мокрого торкретування бетонних і залізобетонних конструкцій BUDMIX KR B25MK (M350), вартість якої складає 6092 грн/т. Потреба в суміші становить 20 кг/м² в шар 1 см, таким чином, на площу в 100 м² товщиною 2 см потрібно 4000 кг. Враховуючи втрату суміші (відскок) при торкретуванні стельових поверхонь в розмірі 25 %, додано ще 1000 кг. Загальна потреба суміші становить 5000 кг, що коштує 30460 грн. Підрахунок вартості ремонтних матеріалів наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Вартість матеріалів на ремонтно-відновлювані роботи 100 м² поверхні за різними технологіями

№ п/п	Матеріал	Технологія відновлення		
		вручну	в опалубку	торкретуванням
		Вартість, грн	Вартість, грн	Вартість, грн
1	Ремонтна суміш	109721	5782,8	30460
2	Адгезійний склад	3100		
3	Ущільнювач	-	532	
	Всього	112821	6314,8	30460

* усі ціни визначено у національній валюті станом на 1 вересня 2021 р.

За даними таблиці 3.14 побудовано гістограму вартості матеріалу на виконання ремонтних робіт у відсоткових значеннях за різними технологіями (рис. 3.21).

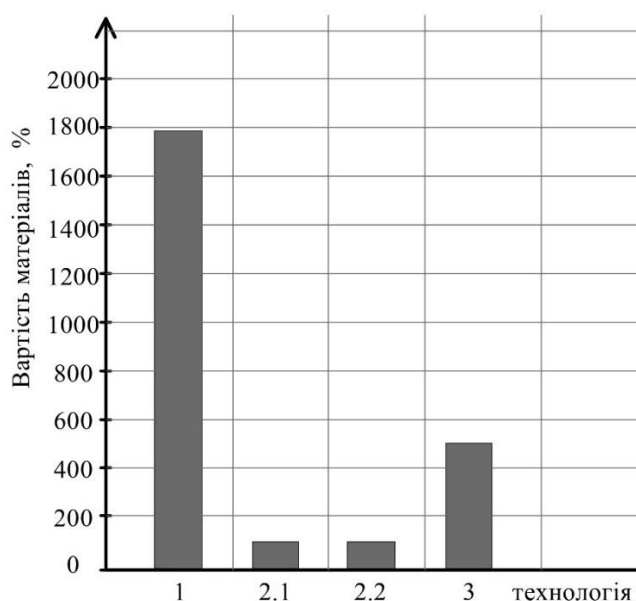


Рис. 3.21. Вартість матеріалу на виконання робіт з відновлення захисного шару залізобетонної плити: 1 – спосіб відновлення вручну; 2.1 – спосіб вкладання суміші в опалубку, що кріпиться на анкерах; 2.2 – спосіб вкладання суміші в опалубку на підірних стійках; 3 – торкретування

За результатами досліджень, при проведенні ремонтних робіт, найменшу трудомісткість визначено при відновленні захисного шару способом вкладання суміші в опалубку на стійках. Дане значення прийнято за 100 %. Метод торкретування має на 38 % більшу трудомісткість. Технологія вкладання ремонтного розчину в опалубку, що кріпиться на анкерах, вища на 53 %, та найбільша трудомісткість визначена при виконанні робіт вручну, яка вища на 94 % в порівнянні з технологією вкладання суміші в опалубку на стійках.

Відповідно до трудомісткості встановлено заробітну плату працівників: спосіб вкладання суміші в опалубку на підірних стійках має найменші витрати на заробітну плату (прийнято за 100 %) відповідно, заробітна плата при торкретуванні більша на 19 %. Вкладання суміші в опалубку, що кріпиться на

анкерах, вища на 51 %; спосіб відновлення вручну має найбільшу заробітну плату і вона на 95 % вища, ніж при вкладанні суміші в опалубку на стійках.

Вартість інструменту та оренди обладнання при виконанні робіт вручну, способом вкладання ремонтного розчину в опалубку, що кріпиться на анкерах та за класичною технологією монтажу опалубки на стійках, у відсотковому значенні майже однакові, а при торкретуванні – витрати на закупівлю та оренду обладнання становлять на 50 % більше. При встановленні вартості матеріалу, найменшою є вартість при відновленні способом вкладання суміші в опалубку (в обох варіантах), при виконанні робіт торкретуванням вартість матеріалу майже у 5 разів вища, ніж при відновленні в опалубку. При виконанні ремонтних робіт способом вручну вартість матеріалів майже у 17 разів вища за вартість матеріалів при виконанні робіт в опалубку.

Аналізуючи результати техніко-економічних показників, можна зробити висновок, що технологія відновлення захисного шару нижньої поверхні залізобетонних плит способом вкладання ремонтної суміші в опалубку через отвори в плиті є економічно доцільною.

Висновки до третього розділу

1. Експериментальними дослідженнями, направленими на визначення впливу рухливості ремонтної суміші на проектні параметри відновленої конструкції, встановлено, що відновлення нижніх поверхонь пролітних залізобетонних конструкцій сумішшю з РК – 30-35 см неможливе, оскільки жорстка суміш погано заповнює опалубку. При цьому, відновлення таких поверхонь неможливе і сумішшю з РК – 40-45 см, що пов'язано з відсутністю зчеплення шарів між собою. Відновити серії зразків знизу вдалося модифікованою бетонною сумішшю з РК – 55-60 см, міцність зчеплення якої з основою становила 0,82 МПа.

2. При визначенні впливу способу підготовки бетонної поверхні, де в якості контактного шару застосовували полімерні клеї, проводили відновлення звичайною та високорухливою модифікованою бетонною сумішшю.

Встановлено, що найвищі показники міцності зчеплення шарів на нижніх поверхнях отримано при відновленні зразків високорухливою модифікованою бетонною сумішшю – 0,82 МПа, де при випробуваннях спостерігалось адгезійно-когезійне руйнування, на відміну від решти серій зразків, де розрив був адгезійний, або ж взагалі відсутня міцність зчеплення. Отже, подальші експериментальні дослідження передбачено виконувати модифікованою бетонною сумішшю.

3. Дослідження впливу стану підготовки основи та просторового положення бетонної поверхні на міцність зчеплення ремонтного розчину з основою дало можливість встановити, що при зміні стану підготовки поверхонь бетонних зразків, міцність зчеплення може змінюватися на близько 14 %. При відновленні верхніх горизонтальних поверхонь показники міцності зчеплення, при різних станах підготовки основи, становили в межах 2,5 – 2,8 МПа, та спостерігався когезійний розрив. В разі відновлення вертикальних бокових поверхонь міцність зчеплення становила в межах 2,3 – 2,5 МПа з адгезійно-когезійним розриванням. При відновленні нижніх горизонтальних поверхонь найвищий показник був на зачищеній основі – 2,1 МПа. Менші показники міцності зчеплення спостерігалися на незачищеній основі, з насічками та штучно зруйнованій – 1,8 – 1,85 МПа.

4. Дослідженнями, спрямованими на виявлення впливу вологості бетонної поверхні на проєктні параметри відновленої конструкції, виявлено залежність міцності зчеплення шарів при відновленні нижніх поверхонь, за якою найвищі результати спостерігались при відновленні вологих поверхонь 2,1 – 2,2 МПа. Найгірші результати отримано при відновленні сухих поверхонь.

5. Встановлено залежність міцності зчеплення шарів від тривалості вібрування опалубки, згідно якої міцність зчеплення шарів становитиме 2,1 – 2,2 МПа, якщо вібрування триватиме протягом 30 – 35 с. Зі збільшенням тривалості вібрування до 55 – 60 с, або зменшенням до 10 – 15 с, показник міцності зчеплення може зменшуватися на 14 %.

6. Ряд експериментальних досліджень зі встановлення залежностей зміни товщини відновлюваного шару на проєктні показники відновленої конструкції дав можливість встановити, що зі збільшенням товщини ремонтного шару зменшується міцність зчеплення відновленого фрагмента з основою. При відновленні зразків ремонтним шаром товщиною 1,5, 2, 3 та 5 см досліджуваний показник коливався у межах 2,0 – 2,2 МПа. Зі збільшенням товщини ремонтного шару до 7 см міцність зчеплення знизилася до 1,7 МПа.

7. В ході експериментальних досліджень встановлено, що оптимальна температура при виконанні робіт та твердінні ремонтної суміші повинна становити $+20 - +23$ °С при відносній вологості повітря 50 ± 5 %. При таких температурно-вологісних параметрах міцність зчеплення шарів становить 2,1 МПа. Зі зменшенням температури до $+4 - +7$ °С та збільшенням до $+30 - 35$ °С показники знижуються до значень 1,23 МПа – 1,27 МПа.

8. Аналітичними дослідженнями ТЕП запропонованої технології відновлення захисного шару на нижніх поверхнях пролітних залізобетонних конструкцій та альтернативних виявлено, що найменш трудомістким є спосіб вкладання суміші в опалубку на стійках. При цьому, трудомісткість технології, що базується на відновленні захисного шару торкретуванням на 38 % більша. Слід зазначити, що найбільша трудомісткість притаманна технології виконання робіт вручну, яка вища на 94 % в порівнянні з технологією вкладання суміші в опалубку на стійках. З результатів досліджень відомо, що відповідно до трудомісткості пропорційно змінюється і заробітна плата.

9. Аналізуючи отримані результати ТЕП, можна зробити висновок, що технологія відновлення захисного шару нижньої поверхні залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку через отвори в плиті є технологічно та економічно доцільною.

10. Основні результати третього розділу викладені у роботах [95, 96, 99, 104].

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ СПОСОБОМ ВКЛАДАННЯ РЕМОНТНОЇ СУМІШІ В ОПАЛУБКУ

4.1. Технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку

Аналізуючи теоретичні та експериментальні дослідження, проведені в попередніх розділах, розроблено науково-обґрунтовані технологічні рішення, спрямовані на виконання ремонту захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання високорухливої ремонтної суміші в опалубку. Виявлені залежності впливу технологічних чинників на проєктні параметри відремонтованих конструкцій покладено в основу удосконаленої ефективної технології виконання робіт. Запропоновано методи відновлення верхніх та нижніх пролітних і бокових вертикальних поверхонь залізобетонних конструкцій.

Технологія відновлення залізобетонних конструкцій складається з таких робочих процесів: підготовка основи конструкції, влаштування опалубної конструкції, приготування і подавання бетонної суміші в опалубку, вібрування опалубки, догляд за відновленим фрагментом, демонтаж опалубки.

Запропонована технологія може бути застосована в разі відновлення захисних шарів верхніх, нижніх та бокових поверхонь пролітних залізобетонних конструкцій і бокових поверхонь вертикальних конструкцій з однаковими геометричними параметрами вздовж конструкції, може використовуватися при відновленні таких залізобетонних конструкцій: монолітні плити перекриття, балки, стінові панелі та колони.

Роботи слід виконувати в сухих або вологих умовах, при температурі повітря й основи від +15 до +25°C і вологості навколишнього середовища 50 ± 10 %.

При відновленні конструкцій з малим обсягом (3 – 5 м³ ремонтної суміші) пошкодження варто застосовувати спосіб вкладання суміші в опалубку ручним

методом (подаванням через лійку). При відновленні конструкцій з великими обсягами пошкодження (більше 5 м³ ремонтної суміші) подачу суміші в опалубку доцільно здійснювати з використанням бетононасосу. Товщина відновлюваного шару повинна становити не менше 1 см та не більше 5 см.

Підготовка основи. Насамперед необхідно виконати підготовку основи, на яку буде формуватися ремонтна суміш, адже від цього залежить якість виконаних робіт. Необхідно виконати очищення конструкцій, що передбачає ретельне видалення зруйнованого крихкого та нестійкого бетону на необхідну глибину. Нижньою границею міцності зчеплення підготовленої поверхні з ремонтним матеріалом приймається 0,8 – 1 МПа [114]. Для очищення від бруду, пилу, крихкого та нестійкого бетону та чищення арматурного каркасу, не змінюючи при цьому конфігурацію конструкції, використовують обробку водою або піском під високим тиском, абразивом або металевими щітками. При потребі, видалення зруйнованого бетону та очищення арматури, застосовують способи механічної обробки поверхонь бетонних конструкцій. Для видалення незначних об'ємів бетону слід використовувати металеві щітки для очищення поверхонь вручну, а також електроінструмент з насадками: щітка, диск або скребок. При видаленні значних ділянок зруйнованого бетону застосовують механічні ударні інструменти: відбійний молоток, перфоратор. Також можливе проведення піскоструминного та дробоструминного чищення, очищення водою під тиском з абразивом або без, високотемпературна або хімічна обробка. Конфігурація ремонтної ділянки повинна мати просту форму. Границі ремонтної зони проєктують таким чином, щоб зменшити довжину периметру та видалити гострі кути, що можуть призвести до концентрації усадкових напружень та появи тріщин у ремонтному розчині. Стінки виїмки формують під кутом нахилу від $90 \pm 5^\circ$ до $135 \pm 5^\circ$ [115] (рис. 4.1). При формуванні меж ремонтної ділянки потрібно уникати прорізання арматурних стрижнів.

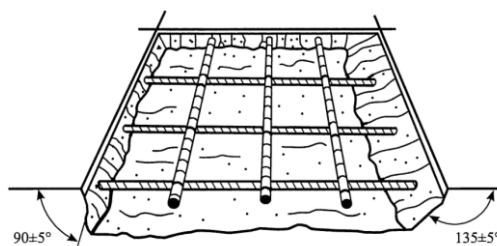


Рис. 4.1. Схема підготовки ремонтної ділянки з оголенням арматурного каркаса

При оголенні арматурного каркаса проводять очищення арматури від продуктів корозії до металевого блиску. Арматурні стрижні, які мають значні пошкодження, необхідно замінити. Пошкоджені ділянки стрижнів видаляють, на її місце встановлюють новий стрижень з відповідним напуском. За потреби, арматурні стрижні вклеюють в бетон за допомогою хімічного анкера, наприклад Mapefix VE SF виробництва компанії "МАПЕІ" [116]. Також до підготовчих робіт входить захист оголеної арматури від корозії з застосуванням спеціальних систем захисту. До проведення антикорозійного захисту металеві стрижні очищують від корозії та покривають однокомпонентною антикорозійною цементною сумішшю для захисту арматурних стержнів Mapefer 1K [117], яка, крім того, покращує зчеплення арматури з бетоном. На останньому етапі підготовчих робіт до початку влаштування опалубки проводять зволоження відновлюваної поверхні.

Монтаж опалубки та вкладання ремонтної суміші. Монтаж опалубки полягає в установці опалубної конструкції у відповідному проектному положенні для можливості відновлення зруйнованих поверхонь. При відновленні верхньої поверхні залізобетонних конструкцій, за необхідності, опалубку влаштовують по периметру пошкодженого фрагмента (рис. 4.2 в), роль опалубної конструкції може виконувати і сама конструкція (рис. 4.2 а). Якщо пошкодження примикають до бокових поверхонь, встановлюють по бічних гранях опалубні щити (рис. 4.2 б). Після влаштування опалубки відновлювану конструкцію зволожують та проводять вкладання ремонтної суміші. Після повного заповнення пошкодженої ділянки ремонтним розчином проводять вібрування опалубки.

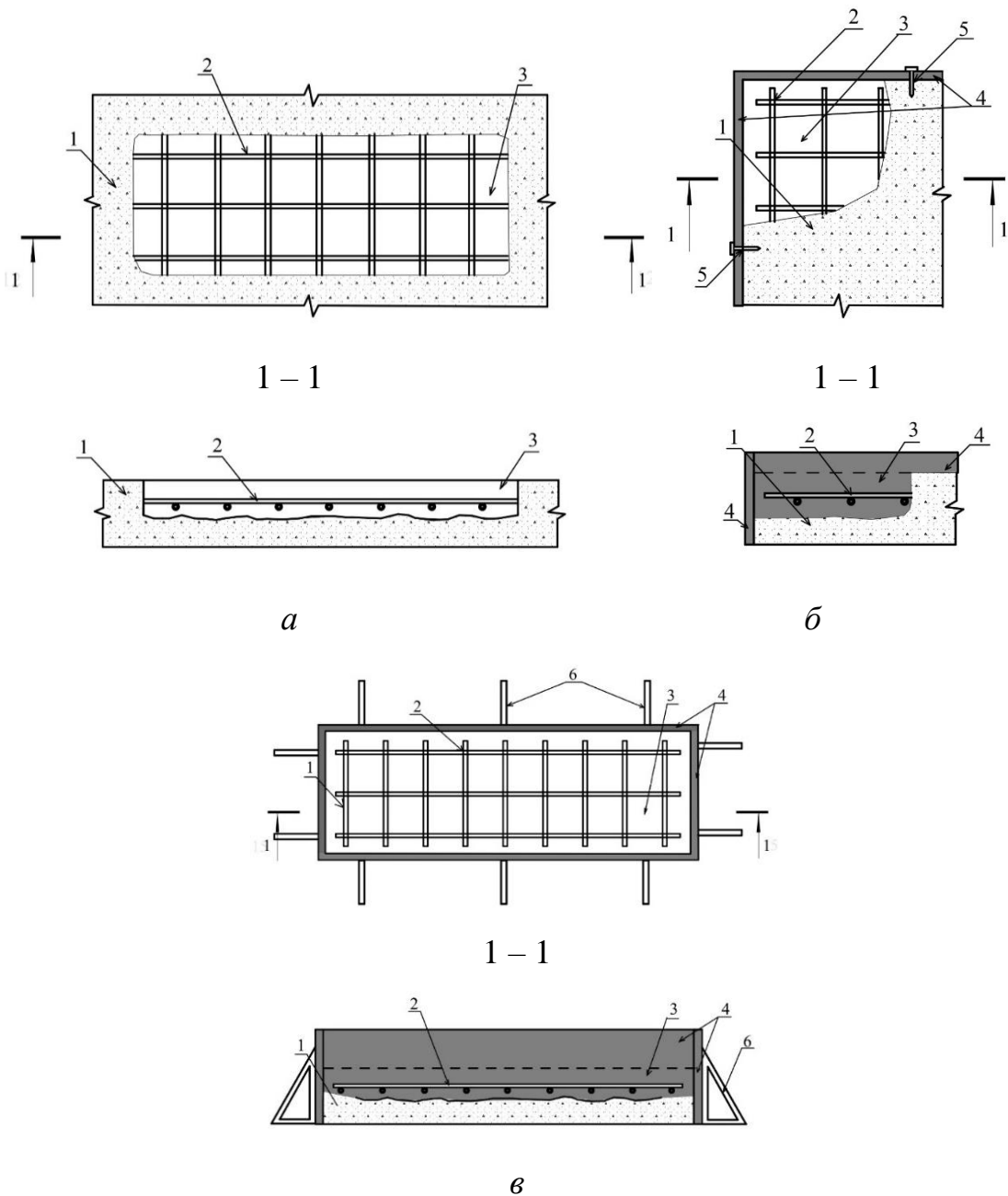


Рис. 4.2. Відновлення залізобетонних конструкцій:

а – ремонт горизонтальної поверхні в зоні верхнього арматурного поясу без використання опалубки; б – відновлення конструкції з встановленням опалубки по двох бокових гранях; в – встановлення опалубки по периметру конструкції;

1 – пошкоджена залізобетонна конструкція; 2 – оголені арматурні стрижні;

3 – відновлювана ділянка; 4 – опалубні щити; 5 – анкерні кріплення;

6 – підпірки для опалубної конструкції.

Відновлення бокових поверхонь вертикальних конструкцій. Бокові поверхні вертикальних залізобетонних конструкцій можна відремонтувати вкладанням ремонтної суміші в опалубку вручну.

При відновленні бокових поверхонь вертикальних конструкцій подаванням ремонтної суміші вручну, насамперед при підготовці основи, необхідно влаштувати звуження порожнини до верху на ширину лотка з виходом на 50 мм вище за основну ділянку пошкодження та завглибшки не менше 20 мм.

В першу чергу виконують монтаж завчасно відміряної та відрізаної фанери, яка виконуватиме функції опалубки (рис. 4.3). Опалубка, як і в попередніх випадках, кріпиться до залізобетонної конструкції анкерами або притискнуою конструкцією. На бокових та нижній частині щита, для запобігання витіканню ремонтної суміші з опалубки, вкладають гумовий ущільнювач. При монтажі опалубки потрібно повністю перекрити пошкоджену зону, у разі великих обсягів пошкоджень до щитів опалубної конструкції влаштовують додаткові бокові частини. У верхній частині опалубної конструкції влаштовують спеціальний приймальний лоток, через який подають ремонтну суміш.

В процесі поступового наповнення порожнини ремонтною сумішшю необхідно виконувати її штикування через приймальний лоток. Після повного наповнення проводять вібрування опалубної конструкції, прикладаючи поверхневий вібратор на 30 – 35 с, щоб ремонтний розчин повністю заповнив порожнину.

Через 48 годин конструкцію розпалублюють та усувають дефекти та пошкодження за їх наявності. За відновленою ділянкою проводять догляд, який передбачає забезпечення нормальних температурно-вологісних умов для набору міцності ремонтного розчину.

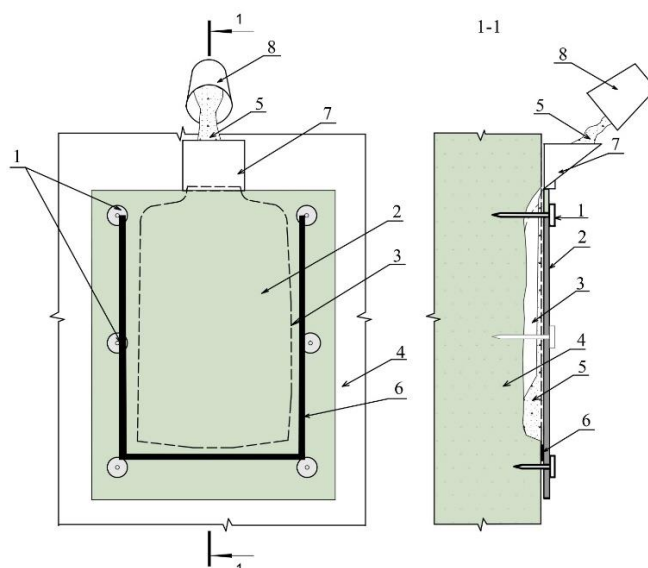


Рис. 4.3. Вкладання ремонтної суміші в опалубку вручну при відновленні бокових поверхонь вертикальних конструкцій: 1 – анкерні кріплення; 2 – опалубка; 3 – відновлювана ділянка; 4 – залізобетонна конструкція; 5 – ремонтна суміш; 6 – ущільнювач; 7 – приймальний лоток, 8 – ємність з розчином

Відновлення нижніх горизонтальних поверхонь. Конструкція опалубки при відновленні стельових горизонтальних поверхонь являє собою опалубний щит з ребрами жорсткості по периметру, який повинен повністю закривати частину конструкції, що відновлюється, і частково виходити на неушкоджену поверхню конструкції [118, 119]. По периметру опалубки, в місцях її прилягання до неушкоджених ділянок конструкцій, в паз вклеюють гумовий ущільнювач. Цю дію виконують для запобігання витікання бетонної суміші. Безпосередньо перед встановленням опалубної конструкції виконують зволоження бетонної поверхні, що підлягає відновленню. Закріплення опалубки в проектному положенні виконують за допомогою анкерів або підпиранням опалубки стійками. Подавання ремонтної суміші здійснюється через отвір, утворений в самій відновлюваній конструкції. В найвищій точці пошкодженої ділянки пробурюють отвір $\text{Ø} 60$ мм для подачі бетонної суміші в простір між опалубкою та бетонною конструкцією. Крім цього, ще в одному місці просвердлюють наскрізний отвір в конструкції $\text{Ø} 8$ мм для випускання повітря та контролю заповнення порожнини бетонною

сумішшю (рис. 4.5) (при великих площах відновлення конструкцій кількість отворів збільшують).

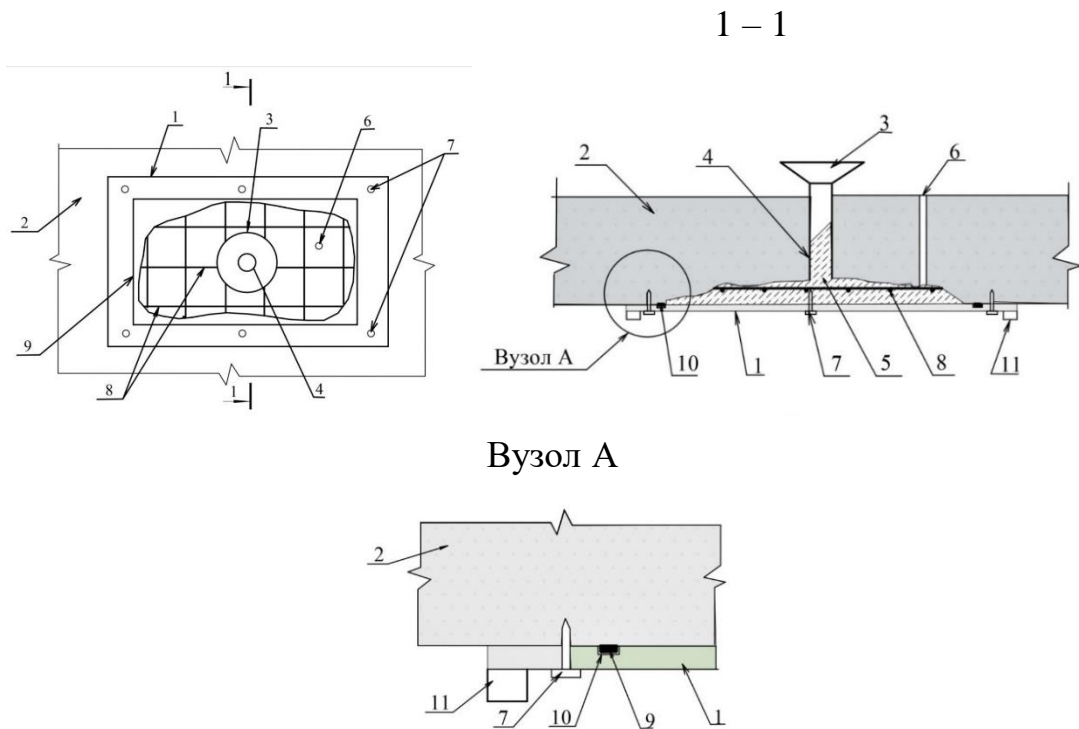


Рис. 4.5. Вкладання ремонтної суміші в опалубку через наскрізний отвір в конструкції: 1 – опалубна конструкція; 2 – залізобетонна конструкція; 3 – лійка для подавання бетонної суміші; 4 – отвір в конструкції $\varnothing 60$ мм для подачі бетонної суміші; 5 – ремонтна суміш; 6 – отвір $\varnothing 8$ мм для виходу повітря та контролю наповнення опалубки ремонтним розчином; 7 – анкерні кріплення; 8 – арматурні стрижні; 9 – гумовий ущільнювач; 10 – паз в опалубному щиті; 11 – ребра жорсткості опалубки

Відновлення нижніх поверхонь балок можливо здійснювати способом подавання ремонтної суміші в спеціально сконструйовану опалубку через вмонтовану в боковий отвір лійку [120, 121]. Опалубна конструкція складалася з дна та двох боковиків, які жорстко кріпляться між собою. Фіксується опалубка до конструкції за допомогою металевих стяжок, які прикріплені до боковиків. На дні опалубки, в місцях її прилягання до неушкоджених ділянок конструкції, влаштовують гумовий ущільнювач, призначений для запобігання витіканню ремонтної суміші. В одному з повздовжніх боковиків посередині влаштований

отвір діаметром 50 мм, в який вмонтовано лійку, призначену для подачі ремонтної суміші. В конструкції, в найвищих точках пошкодження, просвердлюють наскрізні отвори, що призначені для виходу повітря та контролю наповнення порожнини між опалубкою та конструкцією ремонтною сумішшю.

Перед влаштуванням опалубки пошкоджені поверхні конструкції зволожують та проводять вкладання суміші. В лійку невеликими порціями подають високорухливу модифіковану бетонну суміш, періодично виконують її штикування через лійку, вмонтовану в опалубку. Рівень заповненості порожнини сумішшю контролюють сталевим стрижнем через контрольні отвори. При досягненні сумішшю найвищих точок відновлюваного фрагмента, подавання бетонної суміші припиняють та виконують вібрування опалубки. Після вібрування в лійку подають ще невеликий обсяг бетонної суміші для заповнення пустот, що утворилися після вібрування (рис. 4.6). При повному заповненні порожнини лійку видаляють, а отвір закривають заглушкою.

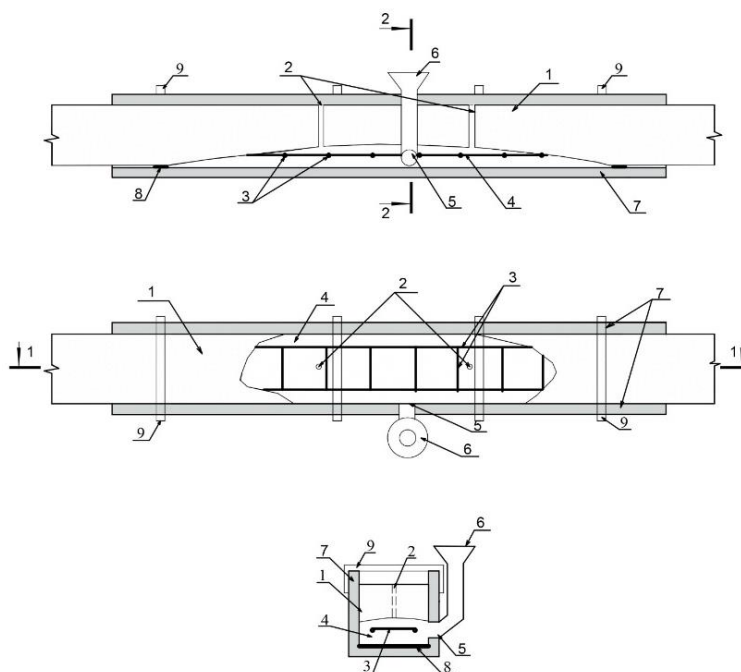


Рис. 4.6. Вкладання ремонтної суміші в опалубку через лійку:

- 1 – залізобетонна конструкція; 2 – наскрізні отвори в конструкції;
 3 – арматурні стрижні; 4 – відновлювана ділянка; 5 – отвір в опалубній конструкції; 6 – лійка для подачі ремонтної суміші; 7 – опалубна конструкція;
 8 – гумовий ущільнювач; 9 – стяжки для фіксації опалубної конструкції

Результати експериментальних досліджень, приведені у розділі 3, довели, що для досягнення максимально ефективного результату від проведення ремонтних робіт, температура навколишнього середовища повинна бути в межах від + 15 до + 25°C і вологості навколишнього середовища $50 \pm 10 \%$. Після підготовчих робіт та монтажу опалубної конструкції виконуємо приготування високорухливої модифікованої бетонної суміші у наступній послідовності: необхідну кількість води влити у ввімкнутий змішувач. Сухі компоненти заздалегідь дозують. Послідовно всипати цемент, пісок та відсів гранітний зі щебенем. Перемішувати до утворення однорідної маси протягом 3 – 5 хв. Додати добавки Маресіге SRA, та Дунамон SR 3 [93, 94], дозування проводити електронними вагами з ціною поділки в 1 г. Продовжувати перемішувати суміш до отримання однорідної маси протягом 7 – 10 хвилин. Бетонну суміш готувати на низьких обертах.

Приготовану бетонну суміш вкладати в опалубну конструкцію, після повного наповнення опалубки провести вібрування, прикладаючи до опалубки поверхневий вібратор на 30 – 35 с.

Після витримки в 48 годин відновлену конструкцію розпалубити та зволожувати відновлені фрагменти протягом 3 діб.

Структура процесу відновлення залізобетонних конструкцій представлена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Структура процесу відновлення залізобетонних конструкцій

№ п/п	Процеси та операції	Рекомендації до виконання
1	<i>Підготовчі роботи</i>	
1.1	Видалення зруйнованого слабого бетону	Застосування механічних ударних інструментів (відбійний молоток, перфоратор), електроінструментів з насадками (щітка, диск, скребок), ручна щітка.
1.2	Очищення основи	Піскоструминне / дробоструминне очищення, очищення водою під тиском
1.3	Знепилення основи	Пилосмок

Продовження таблиці 4.1

1.4	Відновлення армування (за потреби) антикорозійний захист арматури.	Вклеювання за допомогою хімічного анкера. Покривають однокомпонентною антикорозійною цементною сумішшю для захисту арматурних стрижнів
1.5	Зволоження поверхні	Краскопульт
2	<i>Установка опалубки</i>	
2.1	Встановлення опалубних конструкцій	Кріплення на анкерах, підірних стійках, притискна конструкція.
3	<i>Вкладання бетонної суміші в опалубку</i>	
3.1	Приготування високорухливої модифікованої бетонної суміші	Згідно з рецептурою підрозділ 2.2
3.2	Вкладання бетонної суміші в опалубку з вібруванням опалубки	Вкладання ремонтної суміші через лійку з подальшим вібруванням протягом 30 – 35 с, прикладаючи до опалубки поверхневий вібратор
3.3	Розпалублення	Через 48 години після формування
3.4	Догляд за відновленим фрагментом	Зволоження відновлених фрагментів протягом 3 х днів
3.5	Додатковий захист (за потреби)	

4.2. Перевірка технології в напівнатурних умовах та впровадження результатів досліджень у виробничу практику

Для перевірки розробленої технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій було проведено дослідження в напівнатурних умовах [120, 121]. Передбачено дослідити відновлення нижньої поверхні пролітної конструкції, оскільки її найбільш складніше відновлювати.

Передбачається штучне руйнування нижньої поверхні залізобетонних балок та поетапне їх відновлення з подальшим дослідженням проектних параметрів.

Для досліджень було використано залізобетонні перетинки (балки) заводського виготовлення типу 2 ПБ 10-1 з наступними характеристиками: розміри (довжина x ширина x висота) – 1030 x 120 x 140 мм; клас бетону – С12/15.

Нижню поверхню балок «руйнували» шляхом видалення її фрагментів за допомогою кутової шліфувальної машини з диском по бетону (рис. 4.9). Після чого пошкоджену поверхню зачищали щіткою по металу та знепилювали. У двох точках балок пробурювали наскрізні вертикальні отвори діаметром 10 мм, які використовувалися для виходу повітря та контролю заповнення порожнини сумішшю.



а



б)

Рис. 4.9. Балки, підготовлені до відновлення: а – схема підготовленої балки; б – фото підготовленої балки (балки перевернуті догори)

Підготовлені балки вкладали в опалубку з ОСБ фанери, з боку якої вмонтовано коліно діаметром 50 мм для подачі ремонтної суміші (рис. 4.10). Всередину опалубки завчасно вкладали поліетиленову плівку.

В опалубку, під кінці балки, вкладали опорні елементи для утворення простору між опалубкою та конструкцією. Перед вкладанням балок в опалубку їхні пошкоджені поверхні зволожували.



Рис. 4.10. Балка підготовлена до відновлення

Ремонтну суміш готували за рецептурою та методикою, що наведена раніше. Після чого суміш вкладали через лійку в утворену порожнину в опалубці. Заповненість опалубки контролювали через контрольні отвори. Після повного заповнення опалубки сумішшю виконували її вібрування, так як в лабораторних дослідженнях.

Через 24 години відновлені балки розпалублювали та протягом наступних 3-х діб зволожували відновлені ділянки.

Через 28 діб встановлювали міцність зчеплення відновлених бетонних фрагментів з основою балок за методикою описаною в [84] рис. 4.11. В результаті виявлено, що міцність зчеплення становила в середньому – 0,88 МПа, а руйнування зразків було адгезійно-когезійним.



Рис. 4.11. Зразки після визначення міцності зчеплення з основою

Запропонована технологія була впроваджена при ремонті щілини на нижній поверхні монолітної плити басейну, що утворилася в процесі бетонування на об'єкті «Торговельний центр в передмісті м. Києва».

Під час бетонування горизонтальної плити (днища) басейну утворилася щілина в плиті, впритул до балки (рис. 4.12). Довжина утвореної щілини – 3,4 м, висота – 40 – 50 мм, а в окремому місці – 200 мм, ширина – 40 – 55 мм. Зазначена щілина утворилася у зв'язку з відхиленням частини опалубки від проєктного положення з утворенням відкритого простору, через який відбулося витікання частини бетонної суміші.

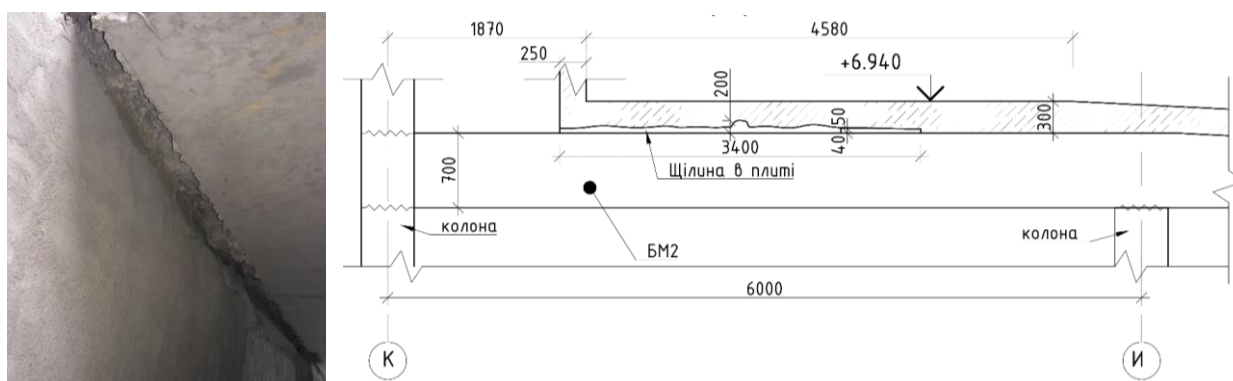


Рис. 4.12. Фото та схема щілини, що утворилася під час бетонування

Візуальним оглядом щілини вдалося встановити, що арматурні стрижні знаходяться на проєктному місці та не зазнали зміщень і пошкоджень.

Відповідно до результатів обстеження передбачено ремонт щілини, заповнивши її високорухливою ремонтною сумішшю з попередньою підготовкою щілини [120]. Відновлення щілини виконували в чотири етапи пофрагментно.

Перед початком ремонтних робіт видалили фрагменти рихлого бетону та зачистили поверхні бетону, які надалі контактували з відновлюваною розчиною сумішшю.

Робочу арматуру плити очистили та обробили антикорозійним покриттям, по типу Marefer 1K виробництва ТОВ «МАПЕІ» (приготування суміші та роботи виконували за інструкцією заводу виробника) [117].

Було передбачено в порожнину та за її межами змонтувати арматурний каркас з арматурних стрижнів $\varnothing 8$ мм А 240 С.

Змонтований арматурний каркас обробили антикорозійним покриттям, по типу Marefer 1K (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Щілина басейну підготовлена до ремонту

Встановили завчасно підготовлену опалубну конструкцію за допомогою анкерування кутиків, закріплених до опалубки. В місцях прилягання опалубки до бетону заповнили щілини монтажною піною з метою запобігання витіканню високорухливої розчинної суміші. У порожнину нагнітали ремонтну суміш Maregrout Hi-Flow виробництва ТОВ «МАПЕІ» (приготування суміші та роботи виконували за інструкцією заводу виробника) [123] за допомогою пістолету для розчину до повного заповнення порожнини між бетоном та опалубкою.

В дні опалубки передбачені три металеві трубки з внутрішнім діаметром 6 – 8 мм для подавання розчинної суміші та три металеві (пластикові) трубки діаметром 3 – 5 мм для випуску повітря. Трубки в опалубці встановлені щільно в отвори, але при цьому мали можливість рухатися «вверх – вниз». Трубки для випуску повітря максимально підняті до верху щілини. При цьому трубки для подачі розчину підіймають у міру заповнення щілини.

До трубок для подачі суміші через гумовий шланг почергово під'єднували шприц з приготованим розчином та починали заповнення щілини (спочатку заповнювали суміш через середню трубку, а потім через крайні). Періодично, під час заповнення щілини, виконували вібрування суміші (для кращого її розтікання по опалубці). Коли через трубки для випуску повітря почала виходити суміш, їх

видалили, а в отвори встановили заглушки. При видаленні трубок виконували подавання розчину, щоб не утворилося порожнин. Після чого трубки для подачі суміші опускали так, щоб їх верх порівнявся з верхом дна опалубки, при цьому виконували подавання суміші, щоб не утворилося порожнин. При повному заповненні порожнини фрагмента щілини гумовий шланг перегинали та фіксували у такому положенні, а пістолет для розчину від'єднували (рис. 4.14).

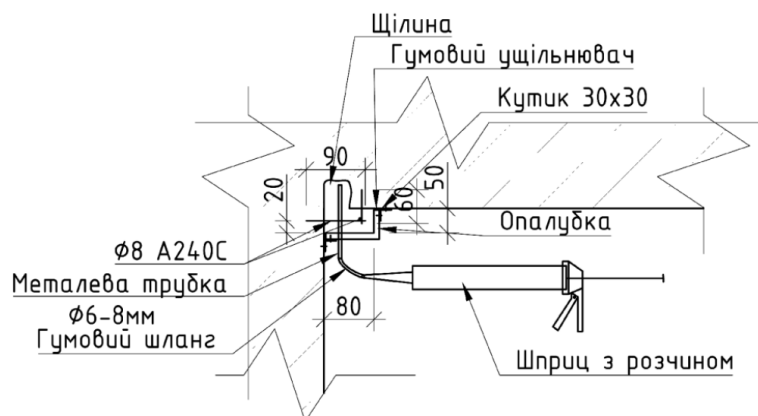


Рис. 4.14. Схема монтажу опалубної конструкції та заповнення порожнини ремонтною сумішшю

Розпалублення відновленого фрагменту виконували через 24 години. Загальний вигляд відновленої частини дна басейну наведено на рис. 4.15.



Рис. 4.15. Загальний вигляд відновленої частини дна басейну

Візуальним оглядом та простукуванням відновленого фрагменту встановлено, що він немає порожнин, щілин, тріщин, каверн та ін. Ремонтно-відновлювані роботи з заповнення щілини в дні басейну виконані відповідно до наданих рекомендацій. Несуча здатність дна басейну повністю відновлена.

Результат впровадження підтверджено Довідкою про впровадження результатів наукових досліджень № 22 від 15 вересня 2021 року, яка наведена в Додатку Д1.

Ще одне впровадження результатів дослідження виконано на об'єкті по вул. Лермонтова у м. Кривий Ріг. На вказаному об'єкті восени 2019 року були проведені ремонтні роботи з відновлення захисних шарів залізобетонних стін та плит перекриття з подальшим підсиленням пролітних залізобетонних конструкцій. На даному об'єкті після візуального та інструментального обстеження передбачалося видалення крихкого та слабкого бетону та очищення основи на пошкоджених залізобетонних конструкціях. Арматурні стрижні, що оголилися внаслідок руйнування захисного шару, очистили та обробили антикорозійним розчином Marefer 1K. По периметру поверхонь огорожувальних конструкцій підземного переходу встановили опалубку конструкцію та проводили відновлення способом вкладання високорухливої ремонтної суміші в неї. Після витримування в 2 доби опалубку знімали та проводили догляд за відновленими конструкціями (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Відновлена плита перекриття підземного переходу

Результат впровадження підтверджено Довідкою про впровадження результатів наукових досліджень від 28 вересня 2021 року, яка наведена в Додатку Д1.

Висновки до четвертого розділу:

1. На основі отриманих результатів експериментальних досліджень розроблено науково-обґрунтовані технологічні рішення для відновлення всіх поверхонь пролітних конструкцій та бокових поверхонь вертикальних залізобетонних конструкцій. Технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій базується на вкладанні високорухливої ремонтної суміші в опалубку та складається з таких робочих процесів: підготовка основи конструкції, монтаж опалубки, вкладання ремонтної суміші в опалубку, демонтаж опалубки та догляд за відновленим фрагментом конструкції.

2. Виконано перевірку досліджуваної технології в напівнатурних умовах. Відповідно до програми робіт виконано ряд підготовчих процесів з пошкодження та відновлення залізобетонних балок високорухливою бетонною сумішшю з формуванням її в опалубку. Відновлені конструкції піддавалися експериментальним дослідженням, в результаті чого було встановлено, що міцність зчеплення відновлених фрагментів з основою становить в середньому 0,88 МПа.

3. В натурних умовах на двох об'єктах виконано апробацію дослідженої та вдосконаленої технології, у результаті чого технологія зарекомендувала себе як ефективна і її можна рекомендувати для ремонту залізобетонних конструкцій на об'єктах будівництва.

4. Основні результати четвертого розділу викладено у роботах [118, 119, 120, 121].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених залізобетонних конструкцій та відсутністю науково-обґрунтованої технології, яка б забезпечила відповідні проєктні параметри відновлених конструкцій з урахуванням меж показників технологічних чинників, які мають вплив на технологію. Аналізуючи відомі технології відновлення геометричних параметрів залізобетонних конструкцій визначили, що вкладання ремонтного розчину в опалубку є одним із ефективних способів ремонту, а наукові дослідження відновлення нижніх поверхонь пролітних горизонтальних конструкцій в опалубку фактично відсутні, тому вдосконалення технології відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій є актуальною задачею. Особливої актуальності такі дослідження набули з початком воєнних дій на території України, що пов'язано з величезними масштабами руйнувань об'єктів будівництва внаслідок позапроєктних впливів, значна частина з яких може бути відновлена та потребує швидкого ремонту.

2. Розроблено загальну методичку, яка базується на теоретичних дослідженнях з виявлення технологічних чинників та визначення ступеня їх важливості з подальшими експериментальними дослідженнями, спрямованими на визначення ступеня впливу технологічних чинників на проєктні параметри відновлених конструкцій. До виявлених та експериментально досліджених чинників відносяться: рухливість суміші, спосіб підготовки ремонтної поверхні; положення ремонтної ділянки відносно лінії горизонту, стан поверхонь бетонних зразків, вологість ремонтної поверхні, тривалість вібрування опалубки, температура навколишнього середовища при виконанні робіт і товщина ремонтного шару.

3. Вперше встановлено вплив технологічних чинників на проєктні параметри відновлених конструкцій способом вкладання ремонтної суміші в опалубку, що підтверджено залежностями міцності зчеплення ремонтного шару з основою. За результатами досліджень встановлено:

- якісне відновлення нижніх поверхонь пролітних конструкцій вкладанням суміші в опалубку можливо сумішшю з високою рухливістю, а саме РК – 55-60 см, так як жорсткою сумішшю неможливо повністю заповнити опалубку при відновленні нижньої поверхні;

- при визначенні впливу вологості основи на проєктні параметри встановлено, що при відновленні вологих бетонних поверхонь спостерігалася найкраща міцність зчеплення. Найгірші результати отримано при відновленні сухих поверхонь;

- оптимальна тривалість вібрування опалубки становить – 30 – 35 с. Зі збільшенням тривалості вібрування до 55 – 60 с або зменшенням до 10 – 15 с, показник міцності зчеплення може зменшуватися на 14 %;

- зі збільшенням товщини ремонтного шару зменшується міцність зчеплення відновленого фрагменту з основою. Ремонтний шар завтовшки – 1,5, 2, 3 та 5 см мав міцність зчеплення з основою в межах 2,0 – 2,2 МПа. Зі збільшенням товщини ремонтного шару до 7 см міцність зчеплення знизилася до 1,7 МПа;

- оптимальна температура при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт та набиранні міцності ремонтної суміші становить +20 – + 23 °С при відносній вологості повітря 50 ± 5 %. Зі зменшенням температури до + 4 – +7 °С та збільшенням до + 30 – +35 С, досліджуваний показник знижується в середньому на 40 %.

4. Аналітичними дослідженнями ТЕП запропонованої технології відновлення захисного шару на нижніх поверхнях пролітних залізобетонних конструкцій та альтернативних виявлено, що найменш трудомістким є спосіб вкладання суміші в опалубку на стійках. При цьому, трудомісткість технології, що базується на відновленні захисного шару торкретуванням на 38 % більша. Слід зазначити, що найбільша трудомісткість притаманна технології виконання робіт вручну, яка вища на 94 % в порівнянні з технологією вкладання суміші в опалубку на стійках. З результатів досліджень відомо, що відповідно до трудомісткості пропорційно змінюється і заробітна плата.

5. На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформовано технологію, яка базується на встановлених межах показників технологічних чинників, які забезпечать в процесі відновлення необхідні проєктні параметри конструкції. Технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій полягає у вкладанні високорухливої ремонтної суміші в опалубку та складається з таких робочих процесів: підготовка основи конструкції, монтаж опалубки, вкладання ремонтної суміші в опалубку, демонтаж опалубки та догляд за відновленим фрагментом конструкції.

6. Запропонована технологія відновлення захисного шару залізобетонних конструкцій перевірена в напівнатурних умовах, де було відновлено попередньо зруйновану геометрію балки. В результаті встановлено, що міцність зчеплення відновлених фрагментів з основою становила – 0,88 МПа. Крім цього, технологію впроваджено у виробництво на двох об'єктах будівництва, де вона зарекомендувала себе як практична та економічно доцільна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ К.: Мінрегіонбуд, 2009.-48 (аціональний стандарт України).
2. EN-206:2013. Concrete–Specification, Performance, Production and Conformity; European Committee for Standardization (CEN): Belgium, Brussels, 2013.
3. ДСТУ EN 206:2018 Бетон. Технічні вимоги, експлуатаційні характеристики, виробництво та критерії відповідності (EN 206:2013 + A1:2016, IDT) [чинний з 01.01.2019] ДП Київ «УкрНДНЦ»).
4. ACI 201 2R-01. Guide to Durable Concrete. Available 41 p.URL: https://icemeltnow.com/reference/ACI_201.2R01_Guide_to_Durable_Concrete.pdf
5. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – [Чинні від 1997-11-27]. К. : Держ. Комітет буд-ва, архіт. та житлової політики України, Держнаглядохоронпраці України, 1997. 145 с.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 01.04.2017]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. С. 47.
7. Осипов О.Ф., Адаптивные динамически трансформирующиеся технологические системы. Методология проектирования организационно-технологических решений реконструкции зданий: монография 2-е изд. доп. и исп. - Киев: ФОП Ямчинський О. В., 2022. - 393 с. ил. ISBN 978-617-81-84-12-4.
8. Рекомендации по применению материалов для ремонта бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений. ООО Научно-исследовательская лаборатория "СТРОЙМАТЕРИАЛЫ" ОДМ 218.3.100-2017.
9. Осипов О.Ф., Осипов С.О. Основи формалізації факторів, що впливають на технологію відновлення будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2022. № 50(2).С.12–20.

10. Савйовский В. В, Болотских О. Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. Харьков : ВАТЕРПАС, 1999. 266 с.
11. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. [На заміну ДБН В.3.1-1-2002; чинний від 01.04.2017]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 72 с.
12. Г Тонкачєєв, К Носач. Вплив властивостей бетонної суміші на технологію влаштування стовпчастих фундаментів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах ринкових відносин*. 2020. № 45. С.102–111.
13. EN 1504 "Product and system for the protection and repair of concrete structures – Defines the general principles for the use of products and systems, for the repair and protection of concrete" – Was approved by CEN on 2 June 2005. – 214 p.
14. I Rudnieva, I Priadko, N Priadko, H Tonkacheiev. Особливості та перспективи використання технологій підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами при реконструкції споруд. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2020 № 7, С. 12–22.
15. Шарикіна Н. В. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій. *Будівельне виробництво*. Київ: ДП «НДІБВ», 2020. Вип № 69. С. 28–34.
16. Шарикіна Н. В., Молодід О. С. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій. *Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні, та житлово-комунальному господарстві: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студ. та мол. уч., м. Запоріжжя, 6–8 грудня 2018 р.* С. 82–84.
17. Агєєв А. О. Відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд меліоративних систем методом конструкційного ремонту: дис...канд. техн. наук: 06.01.02 / Київ, 2016. 184 с.
18. Дорошенко О. Ю. Розробка технології ремонту бетонних покриттів транспортних споруд в умовах глобального потепління. *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*, 2018. Вип.32. Т.2 С. 26–31.

19. Карапузов Є. К., Муляр О. М. Система матеріалів Ceresit ПЦБ для ремонту та захисту бетону. *Будівельні матеріали і вироби: всеукраїнський науково – технічний виробничий журнал*. Київ.: ДП НДІБМВ, 2012. №1 (72). С. 34–37.
20. Коваленко О. В. Особливості відновлення та захисту бетону гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу. *Меліорація та водне господарство*. Київ, 2016. Вип. 104. С. 126–132.
21. Franciskovic J., Miksic B., Rogan I., Tomicic M. Protection and repair of reinforced concrete structures by means of MCI- inhibitors and corrosion protective materials. *Innovative materials and technologies for concrete structures*. September, 2007. 525 p.
22. Kurt F. von Fay, *Guide to Concrete Repair*, Second Edition. 2015.
23. Способ ремонта бетонных покрытий и конструкций. Пат. Евразийское патентное ведомство. МПК E01C 7/35, 23/06 E 04G 23/00 C 04B 28/36 № 003910. Дата подання 27.05. 2002. Дата публікації 30.10.2003. 3 с.
24. Способ восстановления или нанесения защитного слоя на бетонные и железобетонные поверхности. Пат. Российская Федерация № 2307815 МПК E04G23/02, C04B41/52, C04B41/52. 3 с.
25. Духанин П. В. Совершенствование технологии ремонта железобетонных конструкций городских канализационных очистных сооружений: дис... канд. техн. наук: 05.23.08 / Ростовский государственный строительный университет. Ростов-на-Дону, 2001. 137 с.
26. Галушко В. А. Технологические основы инновации при ремонте и восстановлении зданий: дис... докт. тех. наук: 05.23.08 / Одесская государственная академия строительства и архитектуры. Одесса, 2013.
27. Козерема М. М. Коррозия железобетона и его восстановление торкретированием. *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр.* Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2008. Вип. № 78. С. 245–258.
28. Чемпион С. Дефекты и ремонт бетонных и железобетонных сооружений / Сокращенный пер. с англ. Москва: Стройиздат, 1967. 152с.

29. Новикова Н. С., Югов А. М. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций. *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. Вып. № 6. 2018. С. 35–40.
30. V. Chandana, C. Venkatasubramanian. An Experimental Study on the Repair of Concrete Crack by Shotcrete Technique. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* Vol. 9, Issue 5, May 2018, pp. 611–617.
31. Спосіб ремонту будівельних конструкцій .Пат. Україна № 26905. МПК E04G 23/00. Дата подання 31.05.2007 Дата публікації 10.10.2007. 4 с.
32. Jorge Alfredo Aguilar. Case studies of rehabilitation of existing reinforced concrete buildings in Mexico city: thesis Master of Science in Engineering the university of Texas at Austin. december, 1995. 178 p.
33. Mohamed Abd Elmoneam Zaky. Repair and Strengthening of Reinforced Concrete. Ain Shams University Faculty of Engineering Structural Eng. Dept. June, 2013. 82 p.
34. Ruili He. Rapid repair of severely damaged RC columns under combined loading of flexure, shear, and torsion with externally bonded CFRP. Dissertation doctor of philosophy in civil engineering, 2014. 333 p.
35. Гончаренко Д. Ф., Старкова О. В., Гуділін Р.І., Дегтяр Є.Г. Застосування пневмоопалубки для ремонту та відновлення каналізаційних трубопроводів із використанням клинкерної цегли та полімербетону. *Український журнал будівництва та архітектури*. – Дніпро: ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2021. № 1. С. 45–51.
36. Савицкий А. Н., Пшинько А. Н., Савицкий Н. В. Технология ремонта железобетонных конструкций высокоподвижными ремонтными смесями. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2006. Вып. 37. С. 431–437.
37. Richard E. W., Brian D. P., Michael M. S., Michael V. Concrete Bridge Protection, Repair, and Rehabilitation Relative to Reinforcement Corrosion: A Methods

Application Manual. *The Charles E. Via Department of Civil Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia* 1993. 277p.

38. Попруга П. В. Пластифіковані бетонні суміші на основі ГІР-2 для ремонту і відновлення залізобетонних конструкцій : дис. канд. наук: спец. 05.23.05. Київ, 2008.

39. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [На заміну СНиП 2.03.01-84*; чинний від 01.06.2011]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.

40. Савйовський В.В. *Методологічні принципи організаційно-технологічного проектування реконструкції цивільних будівель: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08, Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та архіт. Харків, 2010. 44 с.*

41. Молодід О. С. Система формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій : дис...докт. техн. наук : 05.23.08 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2021. 453 с.

42. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Influence of Reinforcement Parameters on the Width of Crack Opening in Reinforced Concrete Structures. Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph. –Riga : Baltija Publishing, 2022. pp. 510–536.

43. Кононенко А.Н. Анализ основных деградационных процессов в бетоне и арматуре железобетонных конструкций. *Науковий вісник будівництва*. Вип №38. Харків: ХДТУБА. 2007. С. 251–255.

44. Кононенко А. Н. Факторы, влияющие на долговечность бетонных конструкций. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2006. Вип. № 36. С. 338–341.

45. Дмитренко Е. А., Почтар Н. В. Основные типы дефектов и повреждений железобетонных конструкций транспортных сооружений, причины их возникновения. *Вестник Донбасской национальной академия строительства и архитектуры*. Донецк, 2016. Вып. 3 (119). С. 134–138.

46. Durable Concrete Structures. CEB Design Guide, № 182. Thomas Telford, 1992, 128 pp.

47. Шарикіна Н. В. Причини пошкодження залізобетонних конструкцій. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет конф. Зб. наук. праць*, Вип. 68. Переяслав, 21 березня 2021р. С. 235–238.
48. Yujing Lv, Wenhua Zhang, Fan Wu, Huang Li, Yunsheng Zhang and Guodong Xu. Influence of Initial Damage Degree on the Degradation of Concrete Under Sulfate Attack and Wetting – Drying Cycles, *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2020. 20 p.
49. Blikharskyu Y., Experimental results of damaged RC beams. *Theory and Building Practice*. Vol. 3, No. 1, 2021. P. 100–105. URL: <https://doi.org/10.23939/jtbp2021.01.100>.
50. Клімов Ю. Вплив корозійних пошкоджень на зчеплення арматури періодичного профілю з бетоном. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. Київ, 2021. Вип. 09. С 4–14. URL: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.4-14>.
51. Коваль П. М., Зеленовський В.А. Вплив складу бетону на корозійний стан арматури та довговічність залізобетонних конструкцій. *Науково-виробничий журнал Автошляховик України*. Вип. 1 (257) 2019. С. 33–39. <https://doi.org/10.33868/0365-8392-2019-1-257-33-39>.
52. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [На заміну СНиП 2.03.01-84*; чинний від 01.06.2011]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
53. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси Ч.1: Справ. Под ред. П.Г. Комохова. - С.-Пб.: НПО «Профессионал», 2007. 804 с.
54. Mehrdad Abdi Moghadam, Ramezan Ali Izadifard, Prediction of the Tensile Strength of Normal and Steel Fiber Reinforced Concrete Exposed to High Temperatures. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 2021. Vol 15(1).
55. Ткачук І. А. Міцність залізобетонних колон при силових і високотемпературних впливах: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Український державний університет залізничного транспорту, Харків 2021. 165 с.

56. Журавський О., Ромашко-Майстру О. Експериментальні дослідження багаторівневого утворення нормальних тріщин в залізобетонних елементах, *Будівельні конструкції, теорія і практика*. Том 1 вип № 4 2019. С. 28–38.

57. Авренюк А. Н. Восстановление бетона и железобетона после деструктивного воздействия серосодержащих соединений материалами на цементной основе: автореф. ...канд. тех. наук: 05.23.05 / Уфимский гос. нефт. техн. ун-т Уфа, 2009. 23 с.

58. Bodnárová L., Sitek L., Hela R., Foldyna J. New potential of high-speed water jet technology for renovating concrete structures. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 2011. Vol. XIX No. 2, P. 1–7.

59. Громова О. В. Бетони з підвищеними адгезійними властивостями для ремонту штучних транспортних споруд: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Придніпровська держ. академія будівництва та архітектури. Днепропетровск, 2003. 25 с.

60. Бугаев В. А., Горидько Д. В. Особенности восстановления зданий и сооружений специального назначения. *Наука и прогресс транспорта. Вестник ДНУ железнодорожного транспорта*. 2006.

61. Bouksani Omar, Kharchi Fattoum, Benhadji Maissen, Belhamel Farid. Influence of the Roughness and Moisture of the Substrate Surface on the Bond between Old and New Concrete. *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 3, 2010, no. 3, P. 139–147.

62. Dale P. Bentz, Igor De la Varga, Jose F. Muñoz, Robert P. Spragg, Benjamin A. Graybeal, Daniel S. Hussey, David L. Jacobson, Scott Z. Jones, and Jacob M. LaManna: Influence of Substrate Moisture State and Roughness on Interface Microstructure and Bond Strength: Slant Shear vs. Pull-Off Testing. *Cem Concr Compos.* 2018.Vol.pp. 87: 63–72. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.12.005>

63. B. Bissonnette, Luc Courard, Andrzej Garbacz, A.M. Vaysburd. Concrete repair bond: Evaluation and factors of influence. 2016. URL: <https://doi.org/10.1201/b17394-9>

64. K. Behfarnia, H. Jon-nesari and A. Mosharaf. The bond between repair materials and concrete substrate in marine environment. *Asian journal of civil engineering (Building and housing)* Vol. 6, no. 4 (2005) pp. 267–272.

65. Sitek L., Foldyna J., Martinec P, Scucka J., Bodnárová L, Hela R. Use of pulsating water jet technology for removal of concrete in repair of concrete structures. *The Baltic journal of road and bridge engineering*. 2011, Vol. 6(4). pp. 235–242.

66. Кононенко О. М. Технологія ремонту і відновлення пошкоджених поверхонь залізобетонних конструкцій : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. Харків, 2008. 124 с.

67. Исмаил Эль-Рашид Али. Исследование свойств бетона для ремонта конструкций в жарком климате: автореф. ...канд. тех. наук: 05.23.05 / Исмаил ЭльРашид Али; Владимирский государственный технический университет. Владимир, 1996. 22 с.

68. Стародубцев В. Г., Горяинов Д. А. Исследование влияния технологии укладки и уплотнения бетонной смеси на однородность структуры и свойств бетона. *Электронный научный журнал Курского государственного университета*. 2018. № 1 (17).

69. В. Басараб, І Уманець. Експериментальні дослідження технологічних властивостей процесу ущільнення бетонних сумішей в умовах реконструкції. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: збірник наукових праць*. – Вип. № 50 у двох частинах. Частина 1. Технічний. – К.: КНУБА, 2019. С. 3–14.

70. Веселовський Д. Р. Властивості і технології ремонту бетону залізобетонних конструкцій полімерними композиціями на основі модифікованих ізоціанатів: автореф .дис...канд. техн. наук: 05.23.05 / Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. Дніпропетровськ, 2010 р.

71. Коваль П.М., Фаль А.Є., Мазурак А.В. Оцінка зчеплення торкрет-бетону при ремонті бетонних та залізобетонних конструкцій. *Збірник Дороги і мости*. Вип №11, 2009. С. 157–163.

72. Ling-Yun Feng, Ai-Jiu Chen, and Han-Dong Liu. Experimental Study on the Property and Mechanism of the Bonding Between Rubberized Concrete and Normal Concrete, *International Journal of Concrete Structures and Materials* 2022, P. 12. URL:<https://doi.org/10.1186/s40069-022-00513-z>
73. Zhang P., Teramoto A., Ohkubo T. Laboratory-scale Method to Assess the Durability of Rendering Mortar and Concrete Adhesion Systems. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2020. Vol. 18, P 521–531.
74. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Вплив змінних навантажень і температур на адгезію гіпсоцементного бетону. *Нові технології в будівництві*. Вип. № 38 2020 С.44–50.
75. Abdulrahman Albidah, Aref Abadel, Fahed Alrshoudi, Ali Altheeb, Husain Abbas, Yousef Al-Salloum. Bond strength between concrete substrate and metakaolin geopolymer repair mortars at ambient and elevated temperatures. *Journal of Materials Research and Technology* Vol. 9, Issue 5. 2020, P. 10732–10745. URL:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.07.092>
76. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Технологічні чинники, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць*. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. № 41. С. 3–11.
77. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези IV Міжнарод. наук.-техн. конф.*, м. Київ, 27–28 березня 2019 р. Київ, 2019 р. С. 154–155.
78. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок : 2-е изд. перераб. и доп. М: Статистика, 2009. 263с
79. Гончаренко Д. Ф., Старкова О. В., Дегтяр Є. Г. Теоретичне обґрунтування вибору способу відновлення каналізаційних колекторів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 2020, Вип. 190, С. 29–37.
80. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Визначення важливості впливу технологічних чинників на відновлення залізобетонних конструкцій. *Сучасні*

технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. журнал. Вінниця: ВНТУ, 2020. № 2 (29). С. 5–12.

81. Тонкачєєв Г. М., Молодід О.С., Молодід О.О. Методика дослідження ефективності нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2022. № 50(2). С. 21–30.

82. Пальчевский Б. А. Научные исследования: объект, направление, метод. Львов: Вища школа, 1979. 180 с.

83. Сиденко В. М., Глушко И. М. Основы научных исследований. Вища школа, 1977. 200 с.

84. ДСТУ Б EN 1015-12:2012. Методи випробувань розчину для мурування. Частина 12. Визначення міцності зчеплення штукатурних розчинів з основами (EN 1015-12:2000, IDT). [Чинний з 01.10.2013]. Київ: Мінрегіон України, 2013, 13 с.

85. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. [На заміну ГОСТ 10180-90; чинний з 01.09.2010]. Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК). 43 с.

86. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ). [Чинний від 01.04.2010]. Вид. оф. Київ : Мінрегіонбуд, 2010.

87. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. [На заміну ДСТУ Б В.2.7- 46-96; чинний з 01.09.2011]. Київ: ДП «Орган з сертифікації цементів «СЕПРОЦЕМ», 2011. 13 с.

88. ДСТУ Б В.2.7-32:1995. Будівельні матеріали. Пісок щільний природній для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. [На заміну ГОСТ 8736-85, ОСТ 21-1-80, ТУ 218 УРСР 438-92; чинний з 01.01.1996]. Київ : Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів

ім. В.Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури, 1996. 13 с.

89. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань (61004). [На заміну ГОСТ 8735-88; чинний з 2011.01.01]. Київ: Мінрегіонбуд України.

90. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. [На заміну ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86; чинний з 01.01.1999]. Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 305 «Будівельні вироби і матеріали», 1999.

91. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. Будівельне матеріалознавство : підручник. Рівне: НУВГП, 2016. 448 с.

92. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності. [На заміну ГОСТ 18105-86; чинний від 01.09.2010]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 23 с.

93. Техническая карта на материал Dynamon SR 3
URL: <https://www.mapei.com/ua/uk/materialy-i-tekhnichni-rishennia/spysok-materialiv/detalno-pro-material/dynamon-sr3>

94. Техническая карта на материал Mapecure SRA.
URL: <https://www.mapei.com/ua/uk/materialy-i-tekhnichni-rishennia/spysok-materialiv/detalno-pro-material/mapecure-sra>

95. Galinsky O. M., Molodid O. S., Sharikina N. V. and Plokhuta R. O. Research of technologies for restoration of the concrete protective layer of reinforced concrete constructions during the reconstruction of the buildings and structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 907, Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020) 21-22 May 2020, Kharkiv, Ukraine. 7 p. URL:doi:10.1088/1757-899X/907/1/012056.

96. Галінський О. М., Молодід О. С., Шарикіна Н. В., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження технологій відновлення захисного шару бетону залізобетонних конструкцій під час реконструкції будівель і споруд. *IV*

міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні». Харків, 21–22 травня, 2020. С. 185–186.

97. EN 1504-52013 NEQ Материалы и системы защиты и ремонта бетонных конструкций 2016.

98. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Суміші бетонні. Методи випробувань [На заміну ГОСТ 10181-2000; чинний від 01.07. 2002) Державний комітет архітектури, будівництва і житлової політики України Київ 2002. 32 с.

99. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення залежностей міцності зчеплення відновленого бетону з відновлюваним від способу підготовки основи. *Build-Master-Class–2019: Int. scien.-pract.conf. young scien.*, Kyiv, nov. 27–29, 2019. P. 198–199.

100. Техническая карта на материал Eporip. URL: <https://www.mapei.com/ua/uk/materialy-i-tekhnichni-rishennia/spysok-materialiv/detalno-pro-material/eporip>

101. ТУ У 30553286.003-2001. Клей епоксидний «Едмок».

102. ТУ У 30553286.001-2000. Пропитка композиційна «Консолід».

103. Технологическая карта: на выполнение работ по восстановлению кирпичных, железобетонных конструкций и их защите. ООО «Композит». Київ: 2009. 7 с.

104. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Дослідження впливу технологічних чинників на якісні показники конструкцій після відновлення їх захисного шару. *Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика: тези доп. IV Міжнарод. наук.-техн. форум.* м. Київ, 26–27 жовтня 2021 р. Київ, 2021. С. 359.

105. Вознесенский В. А. Ляшенко Т. В., Огарков Б. Л. Численные методы решения строительнотехнологических задач на ЭВМ. К., Вища школа, 1989. 328 с.

106. В. Басараб, І Уманець. Проектування технологічного процесу бетонування вертикальних конструкцій монолітного будинку. *Шляхи підвищення*

ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: збірник наукових праць. Вип. № 48(1), Київ, 2021, С. 30–40.

107. Ціноутворення в будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Вип. 5. Київ : «Інпроект», травень, 2021.

108. Бетоны конструкций мостовых сооружений. Методы определения содержания хлоридов и степени карбонизации СТБ 1481-2011.

109. Сенников И.В. Технологическая карта на выполнение работ по ремонту бетонных и железобетонных конструкций с применением строительных составов марки «Ceresit» Заславль ТК 311, 2018.

110. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. [Чинний з 01.04.2016 р]. Київ: Мінрегіон України від 2015.

111. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е8. Отделочные покрытия строительных конструкций. Вип. 1. Отделочные работы.

112. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения.

113. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е5. Монтаж стальных конструкций Выпуск 2 Гидротехнические сооружения.

114. DIN 1045-1/ Entwurf. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. 1997.

115. BS EN 1504-2004. Products and System for the Protection and Repair of Concrete Structure – Definitions, Requirements, Quality Control and Evaluation of Conformance. Part 2 Surface Protection Systems for Concrete.

116. Техническая карта на материал Mapefix VE SF. URL: <https://www.mapei.com/ru/ru/produkty/spisok-produktov/opisanie-produkta/mapefix-ve-sf>

117. Техническая карта на материал Mapefer 1K.
URL:<https://www.mapei.com/ru/ru/produkty/spisok-produktov/opisanie-produkta/mapefer-1k>

118. Спосіб відновлення (ремонт) нижніх поверхонь залізобетонних плитних конструкцій. Пат. України МПК (2019.01) E04G 23/00. Дата подання 19.11.2018. Дата публікації 10.04.2019. Бюл. № 7. 4 с.

119. Молодід О.С., Шарикіна Н.В. Способи відновлення (ремонт) нижніх поверхонь залізобетонних конструкцій формуванням суміші в опалубку. *Зб. наук. праць: Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. № 48(1). С. 90–99.

120. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць*. Київ: Видавництво Ліра К, 2018. Вип № 35. С. 173–172.

121. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези III Міжнарод. наук.-техн. конф.*, м. Київ, 28–29 березня 2018 р. Київ, 2018. С. 139 –141.

122. ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. [На заміну ДСТУ 3760:2006 ;чинний з 01.08.2019]. Київ : УкрНДНЦ, 2019. 18 с.

123. Техническая карта на материал Mapegrout HI-FLOW GF.
URL: <https://www.mapei.com/it/en/products-and-solutions/products/detail/mapegrout-hi-flow-g>

Додаток А

Калькуляції трудомісткості виконання відновлення захисного шару нижньої поверхні залізобетонної плити різними технологіями та заробітної плати за неї

Таблиця А. 1

№ п/п	Робоча операція	Трудомісткість і заробітна плата при відновленні											
		1 – Ручним способом			2 – Вкладання в опалубку через отвори						3 – Методом торкретування		
					2.1 – опалубка на анкерних кріпленнях			2.2 – опалубку на стійках (класична)					
		Обґрунтування	Трудомісткість, люд-год.	Заробітна плата, грн	Обґрунтування	Трудомісткість, люд-год.	Заробітна плата, грн	Обґрунтування	Трудомісткість, люд-год.	Заробітна плата, грн	Обґрунтування	Трудомісткість, люд-год.	Заробітна плата, грн
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	ГН 6-3	2,4	145,9	ГН 6-3	2,4	145,9	ГН 6-3	2,4	145,9	ГН 6-3	2,4	145,9
2	Видалення зруйнованого бетону	ТУ 5772	12,3	699,5	ТУ 5772	12,3	699,5	ТУ 5772	12,3	699,5	ТУ 5772	12,3	699,5
3	Очищення поверхні піскоструминною установкою	Е 5-2-18	32	1982,2	Е 5-2-18	32	1982,2	Е 5-2-18	32	1982,2	Е 5-2-18	32	1982,2
4	Встановлення місця розташування арматури неруйнівним методом з розміткою місць для свердління отворів	-	-	-	Хроном етраж	1,9	91,8	Хроном етраж	1,9	91,8			

Продовження таблиці А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	Влаштування отворів для подачі ремонтного розчину	-			Хронометраж	9,4	506,4	Хронометраж	9,4	506,4			
6	Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	Хронометраж	1,5	91,8	Хронометраж	1,5	91,8	Хронометраж	1,5	91,8	Хронометраж	1,5	91,8
7	Знепилення поверхні пілосмоком	Хронометраж	5,7	279,6	Хронометраж	5,7	279,6	Хронометраж	5,7	279,6	Хронометраж	5,7	279,6
8	Антикорозійний захист арматури	Е8-1-15	2,9	164,8	Е8-1-15	2,9	164,8	Е8-1-15	2,9	164,8	Е8-1-15	2,9	164,8
9	Провішування поверхні та встановлення висотних марок	Е8-1-2	14,5	837,2							Е8-1-2	14,5	837,2
10	Зволоження основи	Е8-1-15.	2,3	112,8	Е8-1-15.	2,3	112,8	Е8-1-15	2,3	112,8	Е8-1-15	2,3	112,8
11	Монтаж анкерів у плиту для кріплення опалубки				Хронометраж	76,36	4380,8						
12	Нанесення адгезійного шару	Е8-1-15	5,3	285,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Монтаж опалубки	-	-	-	Хронометраж	25,2	1146,8	Е4-1-34	30,8	1766			

Продовження таблиці А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	Приготування ремонтного розчину	Хроном етраж	2,9	142,3	Хроном траж	2,9	142,3	Хроном траж	2,9	142,3	Хроном траж	3,9	191,3
15	Нанесення вирівнювального шару товщиною 15-30 мм	Е8-1-5	120	6592,2	-	-	-	-	-	-	Е8-1-12	30	1684,1
16	Технологічна перерва	48 год									4 год		
17	Нанесення адгезійного шару	Е8-1-15	5,3	285,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Нанесення накривного шару товщиною 5 мм	Е8-1-5	15,5	835,0	-	-	-	-	-	-	Е8-1-12	30	1684,1
19	Подавання ремонтного розчину в отвори	-	-	-	Хроном траж	4,8	247,03	Хроном траж	4,8	247,03	-	-	
20	Вібрування опалубки	-	-	-	Хроном траж	1	49,06	Хроном траж	1	49,06	-	-	-
21	Технологічна перерва				48 годин								
22	Затирання поверхні	Е8-1-5	26,5	1525,24	-	-	-	-	-	-	Е8-1-5	26,5	1525,2
23	Демонтаж опалубки		-	-	Хроном траж	13	668,97	Е4-1-34	12,6	649,16			

Продовження таблиці А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24	Усунення дефектів	Е 8-1-2	4,5	226,44	Е 8-1-2	4,5	226,44	Е 8-1-2	4,5	226,44	Е 8-1-2	4,5	226,44
25	Чищення та промивання торкрет установки										Хроном етраж	1	49,06
26	Прибирання відскоку ремонтної суміші										20-1- 253	7,1	322,4
27	Переміщення підмостків	ГН 6-3	4,8	257,2	ГН 6-3	4,8	257,2	ГН 6-3	4,8	257,2	ГН 6-3	4,8	257,2
28	Демонтаж пересувних підмостків на металевих стойках	ГН 6-3	2,4	137,4	ГН 6-3	2,4	137,4	ГН 6-3	2,4	137,4	ГН 6-3	2,4	137,4
29	Догляд за відновленою поверхнею (зволоження)	Е4-1-54	1,4	68,7	Е4-1-54	1,4	68,7	Е4-1-54	1,4	68,7	Е4-1-54	2,8	137,4
			262,1	14695,9		206,7	11413,8		135,53	7523		186,6	

Додаток Б

Технологічний розрахунок на відновлення шару бетону вручну

Таблиця Б 1

№ процесу	Назва робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма часу		Трудомісткість За нормою	Інструмент та обладнання	Прийнятий склад виконавців		Тривалість робіт год
				Люд-год	Маш-год			Професія, розряд	Кільк. викон	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1	Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Риштування, шуруповерти, гвинти	Слюсар IV розряд	1	2,4
2	Видалення зруйнованого бетону	1 м ²	25	0,49		12,25	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	6,1
3	Очищення основи піскоструминним апаратом	10 м ²	10	3,2		32	Піскоструминний апарат	Бетонувальник V розряд III розряд	1 1	16
4	Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	1 м ²	3	0,49		1,5	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
5	Знепилення поверхні пілосмоком	100 м ²	1	5,7		5,7	Пілосмок, щітка	Бетонувальник II розряд	1	5,7
6	Антикорозійний захист арматури	100 м ²	0,22	13		2,9	Щітка, відро	Маляр IV розряд II розряд	1 1	1,5
7	Провішування поверхні та встановлення висотних марок	100 м ²	1	14,5		14,5	Рівень	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	7,3
8	Зволоження основи	100 м ²	1	0,23		2,3	Краскопульт ручний	Бетонувальник II розряд	1	2,3

Продовження таблиці Б 1

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
9	Нанесення адгезійного шару	100 м ²	1	5,3		5,3	Щітка, відро	Бетонувальник ІІІ розряд	1	5,3
10	Приготування ремонтного розчину	1 м ³	2	1,49		2,9	Перфоратор	Бетонувальник ІІ розряд	1	2,9
11	Нанесення вирівнювального шару товщиною 15-30 мм	1 м ²	100	1,2		120	Набір штукатура, відро	Бетонувальник ІVрозряд ІІ розряд	1 1	60
	Технологічна перерва 48 годин									
12	Нанесення адгезійного шару	100 м ²	1	5,3		5,3	Щітка, відро	Бетонувальник ІІІ розряд	1	5,3
13	Технологічна перерва 30 хвилин									
14	Нанесення накривного шпакл. шару товщиною 5 мм	100 м ²	1	15,5		15,5	Набір штукатура, відро	Бетонувальник ІІІ розряд	1	15,5
15	Затирання поверхні	100 м ²	1	26,5		26,5	Терка	Бетонувальник ІVрозряд ІІІ розряд	1 1	13,3
16	Усунення дефектів	100 м ²	0,7	6,4		4,48	Шліфувальна машина	Бетонувальник ІІ розряд ІІІ розряд	1 1	2,2
17	Зволоження поверхні краскопультом (6 разів)	100 м ²	6	0,23		1,4	Краскопулт ручний	Бетонувальник ІІ розряд	1	1,4
18	Переміщення підмостків	1 м ² настилу	40	0,12		4,8		Слюсар ІVрозряд ІІІ розряд	1 1	2,4
19	Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Шуруповерт	Слюсар ІVрозряд	1	2,4
						262,13				152,8

Технологічний розрахунок при виконанні відновлюваних робіт методом вкладання ремонтного розчину в опалубку при подачі його через отвори в плиті (кріплення опалубки на анкерах)

Таблиця Б 2

№ процесу	Назва робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма часу		Трудовісткість За нормою	Інструмент та обладнання	Прийнятий склад виконавців		Тривалість робіт, год.
				Люд.-год	Маш.-год			Професія, розряд	Кількість	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1	Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Риштування, шуруповерти, гвинти	Слюсар IV розр	1	2,4
2	Видалення зруйнованого бетону	1 м ²	25	0,49		12,25	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	6,1
3	Очищення основи піскоструминним апаратом	10 м ²	10	3,2		32	Піскоструминний апарат	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	16
4	Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	1 м ²	3	0,49		1,5	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
5	Встановлення місця розташування арматури неруйнівним методом з розміткою місць для свердління отворів	100 шт	0,18	10,4		1,9	Рулетка, крейда,	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
6	Просвердлювання отворів в плиті перекриття Ø 60 мм	1 отв.	18	0,52	-	9,4	Бурова установка з коронкою для бетону	Бурильник III розряд	1	9,4

Продовження таблиці Б 2

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
7	Знепилення поверхні пилосмоком	100 м ²	1	5,7		5,7	Пилосмок	Бетонувальник II розряд	1	5,7
8	Антикорозійний захист арматури	100 м ²	0,22	13		2,9	Щітка, відро	Бетонувальник III розряд	1	2,9
9	Зволоження основи	100 м ²	1	0,23		2,3	Краскопульт	Бетонувальник II розряд	1	2,3
10	Монтаж анкерів у плиту для кріплення опалубки	100 шт	6,64	11,5		76,36	Перфоратор пневматичний	Слюсари IV розряд III розряд	1 1	38,2
11	Змащування та кріплення опалубного щита, вивірювання	100 м ²	1,26	20		25,2	Шуруповерт	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	10
12	Приготування ремонтного розчину	1 м ³	2	1,49		2,9	Бетонозмішувач Ваги, мірна тара	Бетонувальник II розряд	1	2,9
13	Подавання ремонтного розчину в отвори	1 м ³	2	2,4		4,8	Відро лійка, арматура для штикування	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	2,4
14	Вібрування ремонтного розчину вібруванням опалубки	1 м ²	100	0,01		1	Перфоратор	Бетонувальник II розряд		1
Технологічна перерва 48 год										
15	Демонтаж опалубки	100 м ²	1	13		13	Шурупокрут	Бетонувальник III розряд II розряд	1 1	6,5
16	Усунення дефектів	100 м ²	0,7	6,4		4,48	Шліфувальна машина	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	2,2
17	Зволоження поверхні краскопультом (6 разів)	100 м ²	6	0,23		1,4	Краскопульт ручний	Бетонувальник II розряд	1	1,4

Продовження таблиці Б 2

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
18	Переміщення підмостків	1 м ² настилу	40	0,12		4,8		Слюсар III розряд IV розряд	1 1	2,4
19	Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Шуруповерт	Слюсар IV розряд	1	2,4
						206,7				115,8

Технологічний розрахунок при виконанні відновлюваних робіт методом вкладання ремонтного розчину в опалубку при подачі його через отвори в плиті (монтаж опалубної конструкції на підпірних стійках за класичною технологією монтажу опалубки з застосуванням балок)

Таблиця Б 3

№ процесу	Назва робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма часу		Трудовісткість	Інструмент та обладнання	Прийнятий склад виконавців		Тривалість робіт, год.
				Люд.- год	Маш.- год			За нормою	Професія, розряд	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1	Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Риштування, шурупокрут, гвинти	Слюсар IV розряд	1	2,4
2	Видалення зруйнованого бетону	1 м ²	25	0,49		12,25	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	6,1
3	Очищення основи піскоструминним апаратом	10 м ²	10	3,2		32	Піскоструминний апарат	Бетонувальник IV розряд	1	16

Продовження таблиці Б 3

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
4	Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	1 м ²	3	0,49		1,5	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
5	Встановлення місця розташування арматури неруйнівним методом з розміткою місць для свердління отворів	100 шт	0,18	10,4		1,9	Рулетка, крейда	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
6	Просвердлювання отворів в плиті перекриття Ø 60 мм	1 отв.	18	0,52	-	9,4	Бурова установка з коронкою для бетону	Бурильник III розряд	1	9,4
7	Знепилення поверхні пиломоском	100 м ²	1	5,7		5,7	Пилосмок	Бетонувальник II розряд	1	5,7
8	Антикорозійний захист арматури	100 м ²	0,22	13		2,9	Щітка, відро	Бетонувальник III розряд	1	2,9
9	Зволоження основи	100 м ²	1	0,23		2,3	Краскопульт	Бетонувальник II розряд	1	2,3
10	Змащування та монтаж опалубки, вивірювання	1 м ²	140	0,22		30,8	Шурупокрут, рівень	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	15,4
11	Приготування ремонтного розчину	1 м ³	2	1,49		2,9	Бетономішувач, ваги, мірна тара.	Бетонувальник II розряд	1	2,9
12	Подавання ремонтного розчину в отвори	1 м ³	2	2,4		4,8	Відро, лійка, арматура для штикування	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	2,4
13	Вібрування ремонтного розчину вібруванням опалубки	1 м ²	100	0,01		1	Перфоратор	Бетонувальник II розряд	1	1
Технологічна перерва 48 год										
14	Демонтаж опалубки	1 м ²	140	0,09		12,6	Шурупокрут	Бетонувальник III розряд II розряд	1 1	6,3

Продовження таблиці Б 3

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
15	Усунення дефектів	100 м ²	0,7	6,4		4,48	Шліфувальна машина	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	2,2
16	Зволоження поверхні краскопультом (6 разів)	100 м ²	6	0,23		1,4	Краскопулт	Бетонувальник II розряд	1	1,4
17	Переміщення підмостків	1 м ² настилу	40	0,12		4,8		Слюсар III розряд IV розряд	1 1	2,4
18	Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Шурупокрут	Слюсар IV розряд	1	2,4
						135,53				84,98

Технологічний розрахунок при виконанні робіт методом торкретування

Таблиця Б 4

№ процесу	Назва робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма часу		Трудовісткість За нормою	Інструмент та обладнання	Прийнятий склад виконавців		Тривалість робіт, год.
				Люд.-год	Маш.-год			Професія, розряд	Кількість виконавців	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1	Монтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Риштування, шурупокрут, гвинти	Слюсар IV розр	1	2,4
2	Видалення зруйнованого бетону	1 м ²	25	0,49		12,3	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	6,1

Продовження таблиці Б 4

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
3	Очищення основи піскоструминним апаратом	10 м ²	10	3,2		32	Піскоструминна установка	Бетонувальник IV розряд	1	16
4	Розчищення країв пошкоджень під кутом 45°	1 м ²	3	0,49		1,5	Молоток кирка	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	0,8
5	Знепилення поверхні пиломомом	100 м ²	1	5,7		5,7	Пилосмок	Бетонувальник II розряд	1	5,7
6	Антикорозійний захист арматури	100 м ²	0,22	13		2,9	Щітка, відро	Бетонувальник III розряд	1	2,9
7	Провіщування поверхні та встановлення висотних марок	100 м ²	1	14,5		14,5	Рівень	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	7,3
8	Зволоження поверхні краскопультом	100 м ²	1	0,23		2,3	Краскопульта ручний	Бетонувальник II розряд	1	2,3
9	Приготування ремонтного розчину	1 м ³	2,6	1,49		3,9	Бетономішувач Ваги, мірна тара	Бетонувальник II розряд	1	3,9
10	Нанесення ремонтного розчину товщиною 10 - 20 мм	100 м ²	1	22,5	7,5	30	Торкрет установка	Бетонувальник IV розряд III розряд II розряд Машинист IV розряд	1 1 1 1	7,5
Технологічна перерва 4 години										
11	Нанесення вирівнювального шару товщиною 10 мм	100 м ²	1	22,5	7,5	30	Торкрет установка	Бетонувальник IV розряд III розряд II розряд Машинист IV розряд	1 1 1 1	7,5

Продовження таблиці Б 4

12	Розрівнювання поверхні та затирання	100 м ²	1	26,5		26,5	Терка, Шпатель	Бетонувальник IV розряд III розряд	1 1	1,5
13	Усунення дефектів	100 м ²	0,7	6,4		4,48	Шліфувальна машина	Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	2,2
14	Чищення та промивання торкрет установки	1 шт	1	0,75		1		Бетонувальник II розряд III розряд	1 1	0,5
15	Прибирання відскоку ремонтної суміші	100 м ²	1	7,1		7,1	Лопата, відро	Підсобник I розряд	1	7,1
16	Переміщення підмостків	1 м ² настилу	40	0,12		4,8		Слюсар IV розряд III розряд	1 1	2,4
17	Демонтаж пересувних підмостків на металевих стійках	1 м ² настилу	10	0,24		2,4	Шуруповерт	Слюсар IV розряд	1	2,4
18	Зволоження поверхні (12 разів)	100 м ²	12	0,23		2,8	Краскопульт	Бетонувальник II розряд	1	2,8
						186,63				81,3

Додаток В
Потреба в машинах, обладнанні, інструментах та пристроях для виконання ремонтно-відновлюваних робіт способом вручну

Таблиця В 1

№ п/п	Найменування	Тип, марка, завод-виготовлення	Призначення	Основні технічні характеристики	Кільк. на ланку
1	2	3	4	5	6
Засоби механізації та механізований інструмент					
1	Молоток пневматичний або електричний		Підготовка та очистка поверхні	Енергія удара 45 Дж	1
2	Піскоструминна установка		Очищення поверхні		1
3	Промисловий пиломіт	ПП-1	Знепилення поверхні	Потужність -1100 Вт	1
4	Машина ручна шліфувальна	«BOSCH» або аналогічна	Очищення металу від корозії	Діаметр круга 10 мм, 150 мм Напруга 220 В	1
5	Міксер (дріль) з насадкою	«BOSCH» або аналогічна	Приготування сумішей	Напруга 220 В До 600 об/хв	1
6	Лазерний рівень	«BOSCH» GLL 3-80	Влаштування висотних марок	Робочий діапазон 80 м	1
7	Шурупокрут	«BOSCH» або аналогічний	Монтаж та демонтаж будівельних підмостків		1
Ручний інструмент, інвентар та засоби індивідуального захисту					
8	Скребок металічний	СК-1 АП «Строймаш»			1
9	Молоток-кирка	ГОСТ 11042	Підготовка поверхні		1
10	Скарпель для бетонних робіт		Видалення зруйнованого бетону		1
11	Зубило	ЗС ГОСТ 7211	Видалення зруйнованого бетону		1
12	Молоток слюсарний				1
13	Кувалда	К6			1
14	Щітка металічна	ЩМ	Очищення поверхні		2
15	Краскопульт ручний	СО-21	Зволоження поверхні	Тиск 3 – 3,5 атм.	1
16	Кельма	ГОСТ 9533	Розподілення ремонтної суміші		2
17	Терка пластикова	ГОСТ 25782	Розподілення ремонтної суміші		2
18	Ємність для розчину з нейтрального матеріалу		Приготування і подача сумішей	Об'єм до 60 л.	1

Продовження таблиці В 1

1	2	3	4	5	6
19	Півтерок	ГОСТ 25782	Затирання складів		2
20	Правило	ГОСТ 25782	Розподілення розчинної суміші		1
21	Щітка-макловиця	MASTERTOOL L 91-9214	Нанесення контактного шару	Розмір 140 x 40 мм	2
22	Щітка махова кругла	FAVORIT	Нанесення антикорозійного шару	Розмір 108 мм	2
23	Відра поліетиленові		Піднос води, сумішей	Місткість 5 – 20 дм ³	2
24	Лопата	ГОСТ 19596	Прибирання сміття		1

Потреба в машинах, обладнанні, інструментах та пристосуваннях для виконання ремонтно-відновлюваних робіт способом вкладання ремонтного розчину в опалубку на анкерних кріпленнях

Таблиця В 2

№ п / п	Найменування	Тип, марка, завод-виготовлення	Призначення	Основні технічні характеристики	Кільк. на ланку
1	2	3	4	5	6
Засоби механізації та механізований інструмент					
1	Молоток пневматичний або електричний		Підготовка та очистка поверхні	Енергія удара 45 Дж	1
2	Піскоструминна установка		Очищення поверхні		1
3	Промисловий пиломок	ПП-1	Знепилення поверхні	Потужність - 1100 Вт	1
4	Машина ручна шліфувальна	«BOSCH» або аналогічна	Очищення металу від корозії	Діаметр круга 10 мм, 150 мм Напруга 220 В	1
5	Бурова установка з коронкою для різання бетону	AGP DM250H DM250H	Буріння отворів в бетоні	Потужність 2600 Вт Напруга 220 В	1
6	Міксер для приготування сумішей	Montolit Mixer Art. MP110	Приготування сумішей	Об'єм виробництва 300 кг в год. До 55 об/хв	1
7	Вібратор поверхневий будівельний	Euro Craft	Вібрування опалубки	Потужність 1380 Вт	1
8	Ваги будівельні	VAGAR VB-W LED 150 кг	Дозування складових ремонтної суміші	Вага до 150 кг	1

Продовження таблиці В 2

1	2	3	4	5	6
9	Вимірювач товщини захисного шару бетону та визначення розміщення арматури	ИПА-МГ4 СКБ "Стройприбор "	Неруйнівне визначення розташування арматурних стержнів		1
10	Шурупокрут	«BOSCH» або аналогічний	Монтаж та демонтаж будівельних підмостків		1
11	Лазерний рівень	«BOSCH» GLL 3-80	Вивірювання положення стоек та опалубних щитів	Робочий діапазон 80 м	
Ручний інструмент та інвентар					
12	Рулетка будівельна 10 м		Розмітка місць свердління		1
13	Скребок металічний	СК-1 АП «Строймаш»	Очищення поверхні		1
14	Молоток-кирка	ГОСТ 11042	Підготовка поверхні		1
15	Скарпель для бетонних робіт		Видалення зруйнованого бетону		1
16	Зубило	ЗС ГОСТ 7211	Видалення зруйнованого бетону		1
17	Молоток слюсарний			0,6-1 кг	1
18	Кувалда	К6			1
19	Щітка металічна	ЩМ	Очищення поверхні		2
20	Краскопульт ручний	СО-21	Зволоження поверхні	Тиск 3 – 3,5 атм.	2
21	Відра поліетиленові		Піднос води, сумішей	Місткість 5 – 20 дм ³	2
22	Комплект опалубки та стоек				1
23	Мірний посуд		Дозування складових ремонтної суміші	Місткість 1 – 5 дм ³	3
24	Лопата	ГОСТ 19596	Прибирання сміття		1
25	Підмостки металеві		Робота на висоті		К -т

Потреба в машинах, обладнанні, інструментах та пристроях для виконання ремонтно-відновлюваних робіт способом торкретування

Таблиця В 3

№ п/п	Найменування	Тип, марка, завод-виготовлення	Призначення	Основні технічні характеристики	Кільк. на ланку
1	2	3	4	5	6
Засоби механізації та механізований інструмент					
1	Молоток пневматичний або електричний		Підготовка та очистка поверхні	Енергія удара 45 Дж	1
2	Піскоструминна установка		Очищення поверхні		1
3	Промисловий пиломіт	ПП-1	Знепилення поверхні	Потужність - 1100 Вт	1

Продовження таблиці В 3

1	2	3	4	5	6
4	Машина ручна шліфувальна	«BOSCH» або аналогічна	Очищення металу від корозії	Діаметр круга 10 мм, 150 мм. Напруга 220 В	1
5	Міксер для приготування сумішей	Montolit Mixer Art. MP110	Приготування сумішей	Об'єм виробництва 300 кг в год. До 55 об/хв	1
6	Ваги будівельні	VAGAR VB-W LED 150 кг	Дозування складових ремонтної суміші	Вага до 150 кг	1
7	Торкрет установка	АС-3	Нанесення розчину	4 -5 м ³ год	1
8	Скребок металічний	СК-1 АП «Строймаш»	Очищення поверхні		1
9	Молоток-кирка	ГОСТ 11042	Підготовка поверхні		1
10	Скарпель для бетонних робіт		Видалення зруйнованого бетону		1
11	Зубило	ЗС ГОСТ 7211	Видалення зруйнованого бетону		1
12	Молоток слюсарний			0,6-1 кг	1
13	Кувалда	К6			1
14	Щітка металічна	ЩМ	Очищення поверхні		2
15	Краскопульт ручний	СО-21	Зволоження поверхні	Тиск 3 – 3,5 атм.	2
16	Шурупокрут	«BOSCH» або аналогічний	Монтаж та демонтаж будівельних підмостків		1
17	Відра поліетиленові		Піднос води, сумішей	Місткість 5 – 20 дм ³	2
18	Мірний посуд		Дозування складових ремонтної суміші	Місткість 1 – 5 дм ³	3
19	Лопата	ГОСТ 19596	Прибирання сміття		1
20	Підмостки металеві		Робота на висоті		К-т

Додаток Г

Анкета експертного опитування

Шановний експерте! Прошу Вас вказати ступінь важливості технологічних чинників при відновленні захисного шару залізобетонних конструкцій способом вкладання в опалубку ремонтної суміші. Для цього зробіть відповідні позначки у таблиці Г.1. При цьому найбільш важливий показник має 1 бал, а найменш важливий 8 балів.

Оцінка ступеня важливості технологічних чинників при відновленні залізобетонних конструкцій

Таблиця Г.1

№	Назва показника	Важливість чинника							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Стан поверхонь бетонних зразків (поверхня не зачищена, зачищена, з насічками, штучно зруйнована)								
2	Вологість основи (суха, волога, мокра)								
3	Товщина відновлюваного шару								
4	Температура навколишнього середовища при виконанні відновлюваних робіт								
5	Просторове положення поверхні, що відновлюється (положення зверху, збоку, знизу)								
6	Рухливість суміші								
7	Тривалість вібрування опалубки для розтікання ремонтної суміші								
8	Спосіб підготовки ремонтної поверхні (застосування контактного шару)								

Експерт _____ (П.І.Б.)
(підпис)

Додаток Д

Додаток Д 1



КЛЕЇ • ГЕРМЕТИКИ • ПРОДУКЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ХІМІЇ

ТОВ «МАПЕЇ УКРАЇНА»
02002, Україна, м. Київ
вул. М. Раскової, 13, 5-й поверх
Тел. +38 (044) 221-15-01/02/03
Факс +38 (044) 221-15-05

www.mapei.ua - mapei@mapei.ua

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Комерційний директор
ТОВ «МАПЕЇ УКРАЇНА»



Верчук Л.І.

«28» вересня 2021р.

ДОВІДКА

ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У підземному переході по вул. Лермонтова у м. Кривий Ріг восени 2019 р. були проведенні ремонтні роботи з відновлення геометрії та підсилення прольотних залізобетонних конструкцій.

За результатами візуального та інструментального обстеження проектом було передбачено видалити крихкий та слабкий бетон і очистити основу на пошкоджених залізобетонних конструкціях. Очистити арматурні стержні та обробити їх розчином Mapefer 1K. Відновити захисний шар залізобетонних конструкцій за допомогою ремонтної суміші Mapegrout Tissotropic.

При виконанні зазначених ремонтних робіт були реалізовані результати наукових досліджень аспірантки Шарикіної Наталії Володимирівни, а саме: технологія підготовки основи конструкції, що відновлюється, контроль її вологості, досліджені та запропоновані конструктивно-технологічні рішення з відновлення геометричних параметрів пошкоджених конструкцій.

Після завершення ремонтних робіт в підземному переході залізобетонні конструкції відновлені за рекомендаціями наданими аспіранткою Шарикіною Н. В. відповідають вимогам, що до них висувалися.

Від ТОВ «МАПЕЇ УКРАЇНА»:

Керівник об'єктного відділу



Богдан С.М.

№ 22 від 15.09.2021р.**ДОВІДКА****ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У 2018 році під час бетонування горизонтальної плити (днища) басейну на об'єкті «Торговельний центр у передмісті м. Києва» у результаті відхилення опалубного щита утворилася вертикальна порожнина на нижній поверхні плити у місці її примикання до балки на яку вона опирається. Порожнина мала протяжність – 3,4 м, висоту – 40-50 мм, а в окремому місці – 200 мм, ширину – 40-55 мм.

У рекомендаціях до звіту з обстеження, було зазначено про можливість ремонту порожнини її заповненням високо текучою ремонтною сумішшю вкладанням останньої в опалубку.

При ремонті порожнини в днищі басейну були реалізовані результати наукових досліджень здобувачки КНУБА Шарикіної Наталії Володимирівни. Запропонована технологія ремонту полягала: у видаленні фрагментів бетону, котрі мали міцність меншу за проектну; зачищенні поверхні бетону, яка надалі контактуватиме з відновлювальною розчинною сумішшю; захисті арматурних стержнів; монтажі додаткового арматурного каркасу; підготовленні бетонної поверхні промазуванням епоксидним клеєм; встановленні опалубки; подаванні ремонтної суміші в опалубку за допомогою пістолету для розчину з періодичним вібруванням опалубки.

У результаті виконаних ремонтних робіт, за рекомендаціями наданими здобувачкою Шарикіною Н. В., направлених на ліквідацію порожнини у горизонтальній плиті басейну досягнуто бажаного результату, а саме – після введення басейну в експлуатацію на його конструкціях не виявлено жодних пошкоджень, які б вказували на деформації пов'язані з неякісно виконаними ремонтними роботами.

директор: / *Живило О.І.*



Додаток Е**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

Стаття у науковому виданні, що включене до міжнародних наукометричних баз (Scopus):

1. Molodid O. S., Galinsky O. M., Sharikina N. V., Plokhuta R. O. Research of technologies for restoration of the concrete protective layer of reinforced concrete constructions during the reconstruction of the buildings and structures // Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 21–22 May 2020, Volume 907. Kharkiv, Ukraine. URL:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/907/1/012056>, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012056> (стаття індексується в базі Scopus).

Статті у вітчизняних фахових виданнях (всі видання індексуються в міжнародних базах даних)

2. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра К, 2018. № 35. С. 172–173. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar).

3. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Технологічні чинники, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. № 41. С. 3–11. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar).

4. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Визначення важливості впливу технологічних чинників на відновлення залізобетонних конструкцій // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. журнал. Вінниця: ВНТУ, 2020. № 2 (29). С 5–12 (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar).

5. Шарикіна Н. В. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій // Будівельне виробництво. Київ: ДП «НДІБВ», 2020. № 69. С. 28–34. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar).

6. Молодід О.С., Шарикіна Н.В. Способи відновлення (ремонту) нижніх поверхонь залізобетонних конструкцій формуванням суміші в опалубку. // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. № 48(1). С. 90–99. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

тези доповідей на конференціях

7. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки. Ефективні технології в будівництві: програма та тези III Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 28–29 березня 2018 р. Київ, 2018. С. 139–141.

8. Шарикіна Н. В., Молодід О. С. Технологічні особливості ремонту залізобетонних конструкцій. Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні, та житлово-комунальному господарстві: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студ. та мол. уч., м. Запоріжжя, 6–8 грудня 2018 р. Запоріжжя, 2018. С. 82–84.

9. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій. Ефективні технології в будівництві: програма та тези IV Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 27–28 березня 2019 р. Київ, 2019 р. С. 154–155.

10. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Виявлення залежностей міцності зчеплення відновленого бетону з відновлюваним від способу підготовки основи. Build-Master-Class–2019: Int. scien.-pract.conf. young scien., Kyiv, nov. 27–29 2019. Kyiv, 2019. P. 198–199.

11. Молодід О. С., Галінський О. М., Шарикіна Н. В., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження технологій відновлення захисного шару бетону залізобетонних конструкцій під час реконструкції будівель та споруд. Інноваційні технології в архітектурі і дизайні: тези доп. IV Міжнарод. наук.- практ. конф., м. Харків, 21–22 трав. 2020 р. Харків, 2020. С. 185–186.

12. Шарикіна Н. В. Причини пошкодження залізобетонних конструкцій. Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет конф. Зб. наук. праць, Вип. 68. Переяслав, 21 березня 2021р. Переяслав, 2021р. С. 235–238.

13. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. Дослідження впливу технологічних чинників на якісні показники конструкцій після відновлення їх захисного шару. Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика: тези доп. IV Міжнарод. наук.-техн. форум. м. Київ, 26–27 жовтня 2021 р. Київ, 2021. С. 359.

Авторські свідоцтва, дипломи, патенти.

14. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. та ін. Спосіб відновлення (ремонт) нижніх поверхонь залізобетонних плитних конструкцій: пат 133539 Україна E04G 23/00. № u201811315; заявл. 19.11.2018; опубл. 10.04.2019, Бюл. № 7. URL:<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=257410> (дата звернення: 15.12.2020).