

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

МОЛОДІД ОЛЕКСАНДР СТАНІСЛАВОВИЧ



УДК 69.059.3

**СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

05.23.08 – Технологія та організація промислового
та цивільного будівництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор
ТОНКАЧЕСВ Геннадій Миколайович,
Київський національний університет будівництва і архітектури МОН України,
проректор з навчально-методичної роботи (м. Київ).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
МЕНЕЙЛЮК Олександр Іванович,
Одеська державна академія будівництва і архітектури МОН України, завідувач кафедри технології будівельного виробництва (м. Одеса);

доктор технічних наук, професор
ШАТОВ Сергій Васильович,
Придніпровська державна академія будівництва і архітектури МОН України, професор кафедри будівельних та дорожніх машин (м. Дніпро);

доктор технічних наук, професор
ШУМАКОВ Ігор Валентинович,
Харківський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри технології будівельного виробництва (м. Харків).

Захист відбудеться «11» травня 2021 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.03 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, Вчена рада університету, ауд. 466

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розіслано «09» квітня 2021 р.

**Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради**

О. А. Бондар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У ході експлуатації будівель та споруд під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників будівельні конструкції зношуються. Тобто відбувається зниження їхніх фізико-механічних параметрів. Зазвичай погіршення експлуатаційних показників несучих будівельних конструкцій недопустиме, оскільки може спричинити втрату стійкості та аварійні ситуації.

На стан конструкцій під час зведення й експлуатації впливає якість проектних і будівельно-монтажних робіт. Це підтверджується періодичними зверненнями замовників до профільних науково-дослідних організацій, з метою обстеження пошкоджень та надання рекомендацій щодо ремонту або підсилення на етапі будівництва. Часто провідні будівельні компанії для вирішення зазначених проблем мають намір використовувати нові матеріали і технології, ефективність яких не завжди підтверджена вітчизняними вченими. До того ж вони можуть не регламентуватися нормативною базою. Така ситуація – стримуючий фактор для впровадження новітніх розробок у будівельну галузь.

У процесі модернізації об'єктів цивільного і промислового призначення проектують та виконують їхні капітальні ремонти або реконструкцію. При цьому, проекти часто передбачають перепланування приміщень, перебудову або надбудову наявних, зміну навантажень на будівельні конструкції тощо. У такому разі виникає необхідність у підсиленні конструкцій. Хоча вони можуть не мати дефектів/пошкоджень, тобто не потребувати попередніх ремонтних робіт.

У такий спосіб формується потреба у відновленні експлуатаційної придатності несучих будівельних конструкцій.

Сучасний будівельний ринок пропонує широкий асортимент матеріалів, виробів і системних рішень, які дають змогу виконати повний комплекс робіт з відновлення конструкцій. Однак, необгрунтоване використання недостатньо вивчених конструктивно-технологічних рішень (КТР) або таких, що базуються на застосуванні дорогих матеріалів, чи є трудомісткими та складними у виконанні, може призвести до невиправданих фінансових витрат і зниження продуктивності праці. Також, проектуючи майбутні роботи, фахівцям необхідно виконувати техніко-економічне обгрунтування прийнятого конкретного рішення, порівнюючи його з іншими можливими до застосування, що здорожчує проект і збільшує тривалість його виконання.

Тому застосування ефективних рішень з ремонту будівельних конструкцій, що дадуть змогу знизити загальну вартість проектних і будівельно-монтажних робіт, при цьому підвищуючи їхню продуктивність, є актуальною проблемою, що потребує вирішення. У контексті цього **наукова гіпотеза** дослідження *полягає у підвищенні техніко-економічних показників проектних і будівельно-монтажних робіт завдяки використанню нових науково-методологічних підходів до створення системи формування раціональних КТР для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, з урахуванням впливу максимальної кількості чинників зовнішнього та внутрішнього середовища, які можуть обмежувати певні рішення у конкретних виробничих умовах або впливати на технологію, змінюючи технологічні та економічні показники.* При цьому, необхідно

розширити наявну базу можливих рішень ремонтних робіт за допомогою залучення новітніх та розробки аналогічних нових методів, з використанням більш дешевих вітчизняних матеріалів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у межах науково-дослідних робіт, що здійснюються 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) та «Дослідження особливостей виконання робіт при будівництві та реконструкції будівель у складних умовах міської забудови» (ДР № 116U000493) (Довідка КНУБА від 09.09.2020 р. № 02.1.9/654).

Тематика роботи відповідає: Закону України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду» від 22.12.2006 р. № 525-V; Закону України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.2002 р. № 40-IV; розпорядженню КМУ «Про схвалення Концепції Містобудівного кодексу України» від 18.07.2007 р. № 536-р; розпорядженню КМУ «Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року» від 10.07.2019 р. № 526-р.

Мета і завдання дослідження. *Мета* дисертаційної роботи полягає у розробці наукоємної системи формування конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та у науковому обґрунтуванні вибору ефективних методів виконання процесів на стадії проектування.

Для реалізації зазначеної мети, необхідно виконати такі *завдання*:

- проаналізувати сучасний стан проблеми, узагальнити та систематизувати пошкодження будівельних конструкцій та методи відновлення їх експлуатаційної придатності; розкрити науково-теоретичну проблему, визначити мету та завдання досліджень;

- розробити та обґрунтувати загальну методологію досліджень з формування КТР відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій; виявити та систематизувати конструктивно-технологічно-організаційно-функціональні чинники, що впливають на параметри технології відновлення конструкцій і моделювання процесу формування КТР;

- розробити теоретико-методологічні основи процесу формування КТР, у складі кількох підсистем, які утворюють систему та послідовно опрацьовуватимуть і формуватимуть оптимальні рішення з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій;

- розробити науково-методичні положення експериментальних досліджень КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, які базуються на їх плануванні, обґрунтуванні вимог до якісних показників відремонтованих конструкцій та розробці інструментарію виконання досліджень;

- експериментально дослідити технології ремонту дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій та виявити вплив чинників на формування конструктивних та технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій;

– систематизувати способи відновлення будівельних конструкцій та дослідити залежності їх техніко-економічних показників від впливу чинників зовнішнього та внутрішнього середовища;

– на підставі експериментальних досліджень та виявлених залежностей технологічних параметрів від чинників впливу внутрішнього та зовнішнього середовища, розробити теоретичні та практичні системи формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій;

– розробити рекомендації щодо впровадження у будівельну практику систем формування КТР відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та підтвердити їх ефективність.

Об'єкт дослідження – процес втрати будівельними конструкціями експлуатаційної придатності та способи їх відновлення.

Предмет дослідження – процес формування конструктивно-технологічних рішень і параметри процесів відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій.

Методи дослідження. Для обґрунтування актуальності, формування мети та завдань досліджень, аналізу й узагальнення науково-технічної літератури використано методи системно-структурного аналізу і синтезу, узагальнення та класифікації. При систематизації чинників впливу та відборі способів ремонтних робіт застосовано методи системного підходу і узагальнення, абстрагування, формалізації, експертних оцінок. Під час дослідження ефективності способів ремонтних робіт залучено метод планування експериментальних досліджень, якісного, кількісного та порівняльного аналізу результатів. Для виявлення комплексного впливу чинників на техніко-економічні показники ремонтних робіт використано методи організаційного та технологічного, економіко-математичного та імітаційного моделювання, функціонально-вартісного аналізу. У процесі розробки системи формування КТР було застосовано методи імітаційного моделювання, прогнозування, емпіричних досліджень, абстрагування і формалізації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці наукоємної системи формування конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та у науковому обґрунтуванні вибору ефективних методів виконання процесів на стадії проектування.

У результаті проведеного дослідження, сформульовано нові наукові положення й висновки, зокрема:

вперше:

– процес відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, переважно залізобетонних, розглянуто як наукоємну систему формування конструктивно-технологічних рішень, побудовану на принципах покрокового формування на підставі виявлених залежностей трудомісткості, тривалості й вартості виконання процесів від чинників впливу;

– встановлено залежності процесу ремонту залізобетонних будівельних конструкцій від впливу чинників внутрішнього та зовнішнього середовища, зокрема

таких, як: вид та параметри пошкодження, їх просторове положення, вологість основи, температура зовнішнього середовища та конструкції тощо;

– експериментальними дослідженнями виявлено залежності зміни несучої здатності лінійних і плоских горизонтальних та вертикальних бетонних, залізобетонних і кам'яних будівельних конструкцій від способу їх підсилення. Установлено ефективність підсилення прольотних та опорних конструкцій зовнішнім армуванням, а саме наклеюванням на поверхні високоміцних тканин і ламелей. При цьому виявлено залежності несучої здатності підсилених у такий спосіб конструкцій від процесів підготовки основи;

– виявлено сукупність чинників, що складають зовнішнє та внутрішнє середовище будівельної конструкції, та ступінь їх впливу на техніко-економічні показники способів відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій;

удосконалено:

– теоретико-методологічні підходи до вибору способів відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій зі сформованої бази можливих рішень, з урахуванням чинників зовнішнього та внутрішнього середовища;

– методику експериментальних досліджень новітніх рішень з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та впровадження їх у будівельну практику;

– конструктивно-технологічні рішення для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій на підставі отриманих залежностей формування нових технологій (підтверджено експериментальними дослідженнями). Наукова новизна виконаних досліджень й одержаних результатів підтверджена та захищена 6 патентами України;

дістали подальшого розвитку:

– теоретичні положення з формування конструктивно-технологічних рішень ремонту та підсилення будівельних конструкцій, що знайшли своє впровадження в освітньому процесі, зокрема для підготовки бакалаврів, магістрів та докторів філософії за відповідною спеціалізацією.

Практичне значення одержаних результатів. Нова наукоємна система формування та вибору раціональних конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій доведена до можливості практичного використання у вигляді методики та рекомендацій. Застосування таких способів дасть змогу підвищити ефективність та якість проектних робіт, скоротити будівельно-монтажний етап і знизити його вартість.

Наукові результати можуть бути використані проектними, науково-дослідними, будівельними та інвестиційними компаніями при створенні передумов для підготовки нормативної бази, проектно-кошторисної документації, формуванні інвестиційних програм.

Теоретичні та практичні положення наукової роботи сприяли підвищенню якості підготовки кваліфікованих фахівців завдяки впровадженню нової системи

знань в освітній процес при викладанні дисциплін «Експлуатація будівель та споруд» та «Реконструкція будівель і споруд».

Результати дисертації підтвердили свою достовірність та практичну цінність під час їх реалізації на підприємствах: 1) Філіал «Мінська ТЕЦ – 3» РУП «Мінськенерго», де автором були виконані дослідження технології підсилення залізобетонних конструкцій, у результаті чого досягнуто проектної несучої здатності фундаменту, знижено його вібраційні коливання та продовжено строк експлуатації (Довідка про впровадження від 07.07.2016 р. № 09-06/9); 2) КП «ЖИТЛОІНВЕСТБУД-УКБ», де під керівництвом автора розроблено методику виконання серії експериментальних досліджень, з метою встановлення довговічності та експлуатаційної придатності запроєктованих шарів велотреку та встановлено конструктивно-технологічні рішення, які дали змогу покращити експлуатаційні показники полотна велотреку та продовжити термін його експлуатації (Довідка про впровадження від 21.12.2020 р. № 114/5402); 3) КП «СПЕЦЖИТЛОФОНД», для потреб якого автором розроблено серію конструктивно-технологічних рішень з підсилення колон та балок, які дали змогу покращити якість виконаних робіт та знизити трудовитрати. Також проведені дослідження спрямовані на встановлення можливих способів підсилення балки перекриття без зміни її геометричних розмірів при її підсиленні (Довідка про впровадження від 09.11.2020 р. № 056/24-3233/1); 4) ТОВ «МАПЕІ Україна» – автором розроблені конструктивно-технологічні рішення, які обумовили виконання ремонтно-відновлювальних робіт без зупинки виробництва, демонтажу покрівлі та задіяння спеціальної техніки. Це водночас дало значний економічний ефект та зменшило трудомісткість і тривалість виконання робіт (Довідка про впровадження від 11.11.2020 р. № 11/11); 5) ТОВ «Ковір», на замовлення якого автором надано рекомендації щодо розробки та використання науково обґрунтованої технології поверхневого просочення мікротріщин у бетонних конструкціях на ділянках підземного переходу до виходів 4–8 станції «Святошин» Святошинсько-Броварської лінії метрополітену, з метою виконання ремонтно-відновлювальних робіт з просоченням пошкоджених конструкцій горизонтальних та вертикальних поверхонь ребер плит перекриття (Довідка про впровадження від 11.11.2020 р. № 1/181120).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею, а її результати, теоретичні положення, практичні розробки, висновки та рекомендації належать особисто автору, є його власним теоретичним та практичним внеском у розвиток як теоретичних положень будівельної науки, так і практичної її реалізації. Результати дисертації опубліковано автором самостійно та у співавторстві. Внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві, висвітлено у списку опублікованих праць. З наукових публікацій, виданих у співавторстві, у дисертації використано ті матеріали, які становлять особистий внесок автора.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертації, результати теоретичних та експериментальних досліджень оприлюднено на 16-и Всеукраїнських та міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференціях, зокрема на: 75-ій Науково-практичній конференції КНУБА (м. Київ, 15–18 квітня 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Науково-

практичні засади будівельного виробництва в Україні: плани, прогнози, аналіз та досягнення» (м. Київ, 14 березня 2014 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві» (м. Харків, 23–24 березня 2016 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології в будівництві» (м. Київ, 7–8 квітня 2016 р., 6–7 квітня 2017 р., 28–29 березня 2018 р., 27–28 березня 2019 р.); «Будівельні конструкції, будівлі та споруди третього тисячоліття» (м. Херсон, 17 травня 2017 р.); VI Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології в будівництві» (24–26 травня 2017 р.); II Міжнародній конференції «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд» (м. Одеса, 16–17 листопад 2017 р.); BUILD-MASTER-CLASS (м. Київ, 28 листопада – 1 грудня 2017 р., 27–29 листопада 2019 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції «BIM-технологии. Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение» (г. Мінськ (Білорусь), 23–24 мая 2018 г.); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та молодих учених «Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні та житлово-комунальному господарстві» (м. Запоріжжя, 6–8 листопада 2018 р.); 28-th conference «Surveying, civil engineering, geoinformation in sustainable development» (Bydgoszcz (Poland), 2–10 червня 2020 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні» (м. Харків, 21–22 травня 2020 р.).

Публікації. Основні етапи, результати та висновки дисертаційної роботи представлено у 63-х друкованих працях (зокрема, 8 – без співавторів [3, 14, 16, 31, 34, 35, 52, 53], з яких: три статті – у міжнародних виданнях [1] і тих, що рецензуються у SCOPUS [2] або WoS [3]; 19 статей – у вітчизняних фахових виданнях (усі індексуються у міжнародних базах даних) [4–22]; три колективні монографії [23–25]; два нормативні документи [48, 49]; 6 патентів України на корисну модель [50–55]; 4 навчальні посібники [57–59, 63], 2 з яких – з грифом МОН України [58, 59]; 21 публікація апробаційного характеру у збірниках матеріалів наукових конференцій та семінарів [26–46].

Структура та обсяг дисертації. Робота складається з анотації, списку праць здобувача, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 453 сторінки, з них основного тексту – 338. Список використаних джерел налічує 261 найменування та займає 30 сторінок. Робота містить 46 таблиць та 214 рисунків. Додатки (6) розміщено на 45 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження; вказано на зв'язок роботи з науковою тематикою; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет, сформульовано методологічну основу дослідження; висвітлено наукову новизну, науково-теоретичне та практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про апробацію результатів дослідження, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі «Стан і аналіз конструктивних і технологічних рішень відновлення будівельних конструкцій» з'ясовано передумови для виконання наукових досліджень за обраним напрямом. При аналізі науково-технічної літератури, проектних рішень, звітів з обстеження будівель та споруд, було встановлено, що потреба у ремонтних роботах з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій характеризується як масове явище при реконструкції, капітальному ремонті та новому будівництві.

Зазначену проблематику досліджували у своїх працях такі вітчизняні та іноземні науковці, як: Ю. І. Беляков, А. І. Білоконь, А. М. Березюк, В. І. Большаков, О. М. Галінський, В. О. Галушко, Д. Ф. Гончаренко, П. Є. Григоровський, А. Д. Єсипенко, В. Д. Жван, М. Ю. Ізбаш, Т. С. Кравчуновська, М. І. Котляр, С. М. Леонович, І. Я. Лучковський, О. І. Менейлюк, В. В. Савйовський, Г. М. Тонкачєєв, В. І. Торкатюк, О. Ф. Осипов, Є. П. Уваров, Г. Г. Фаренюк, С. Л. Фомін, В. К. Черненко, О. Л. Шагін, С. В. Шатов, І. В. Шумаков, А. К. Шрейбер, Nayder Lateef Al-Khafaji, Muhammad Yaqub, Gian Piero Lignola, Veysel Yazici та інші.

Результати аналізу літератури довели, що на прийняття КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій (ЕПБК) найбільше впливають такі дефекти і пошкодження: тріщини і деформації, роздроблення, лущення, оголення та зміщення арматури залізобетонних будівельних конструкцій, порушення зчеплення з бетоном; корозійні пошкодження бетону, арматури, з'єднувальних закладних деталей.

Установлено, що причинами появи дефектів і пошкоджень стають: помилки проектування; помилки при виготовленні та транспортуванні будівельних конструкцій, елементів, деталей, сумішей, матеріалів тощо; недотримання технології робіт; вплив зовнішніх і внутрішніх чинників; експлуатація об'єкта не за призначенням.

Аналіз відомих технологічних та організаційних рішень відновлення експлуатаційної придатності дав змогу встановити наявні методи ремонтних робіт і способи підсилення конструкцій, виявити їхні переваги/недоліки, виконати класифікацію. Важливу роль при виборі певного способу відіграє його технічна та економічна ефективність.

На підставі аналізу літератури доведено: основна проблема стану питання полягає у суттєвих недоліках наявних систем формування і вибору КТР для відновлення ЕПБК, які значно знижують рівень обґрунтованості прийнятих рішень. Це обумовлює необхідність створення нової системи, яка спростить процеси вибору і підвищить обґрунтованість рішень.

У другому розділі «Теоретичні основи процесу формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій», за результатами теоретичних досліджень, встановлено чинники, що впливають на основні параметри технології відновлення будівельних конструкцій згідно з обраними критеріями оцінки. Систематизовано їх генеральну сукупність та сформовано відповідні групи й підгрупи (табл. 1). До основних критеріїв оцінки КТР віднесено ступінь відновлення несучої здатності будівельних конструкцій, трудомісткість, тривалість і вартість виконання робіт.

Систематизована сукупність чинників

Групи чинників		Підгрупи чинників	
Вид ремонтних робіт	S_1	Дрібний ремонт конструкцій	$S_{1.1}$
		Значний ремонт конструкцій	$S_{1.2}$
		Значний ремонт конструкцій з підсиленням	$S_{1.3}$
		Підсилення конструкцій	$S_{1.4}$
Реальне оточення	S_2	Можливість зміни планово-просторових рішень у результаті ремонтних робіт	$S_{2.1}$
Структура об'єкту	S_3	Внутрішні планування приміщень	$S_{3.1}$
		Висота приміщення	$S_{3.2}$
Навколишнє середовище	S_4	Середньодобова температура	$S_{4.1}$
		Вологість повітря	$S_{4.2}$
		Тиск вітру	$S_{4.3}$
		Природне або штучне освітлення приміщення	$S_{4.4}$
		Шум, вібрації	$S_{4.5}$
		Загазованість, задимленість	$S_{4.6}$
Виробничі умови	S_5	Наявність виробничих процесів	$S_{5.1}$
Доступність конструкцій	S_6	Доступ до конструкцій при виконанні ремонтних робіт	$S_{6.1}$
Вид будівництва	S_7	Вид будівництва, за якого необхідно виконати ремонтні роботи	$S_{7.1}$
Ущільнені умови	S_8	Зовнішня ущільненість	$S_{8.1}$
		Внутрішня ущільненість	$S_{8.2}$
Повторюваність конструкцій або їх площа	S_9	Монолітні плити перекриття	$S_{9.1}$
		Балки, ребристі плити, колони	$S_{9.2}$

На підставі обробки звітів з обстеження конструкцій та статистичних даних, встановлено діапазони змін чинників, визначено довірчі інтервали генеральної сукупності значень.

Усі перелічені групи складають зовнішнє та внутрішнє середовище будівельної конструкції, що підлягає відновлюванню, впливають на неї та в сукупності з можливими технологіями створюють систему формування і вибору КТР. Основна мета функціонування вказаної системи – підвищити ефективність відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій (рис. 1).

У процесі виконання технологічних операцій, що є елементами відповідного технологічного процесу, відбувається зміна фактичного стану наявної конструкції. У результаті таких перетворень об'єкт набуває проектних експлуатаційних показників. Згідно з представленою схемою внутрішнє середовище конструкції (K_n) під впливом чинників першої групи (S_1) відобразатиме її фактичний стан. При цьому, вибір технології ремонтних робіт відбувається з урахуванням її фактичного стану та чинників реального оточення (S_2). Як наслідок, реальне оточення, фактичний стан конструкції та технологія робіт формують технічну систему, котра під впливом чинників зовнішнього середовища (S_3 - S_9), визначає технологічний процес її відновлення.

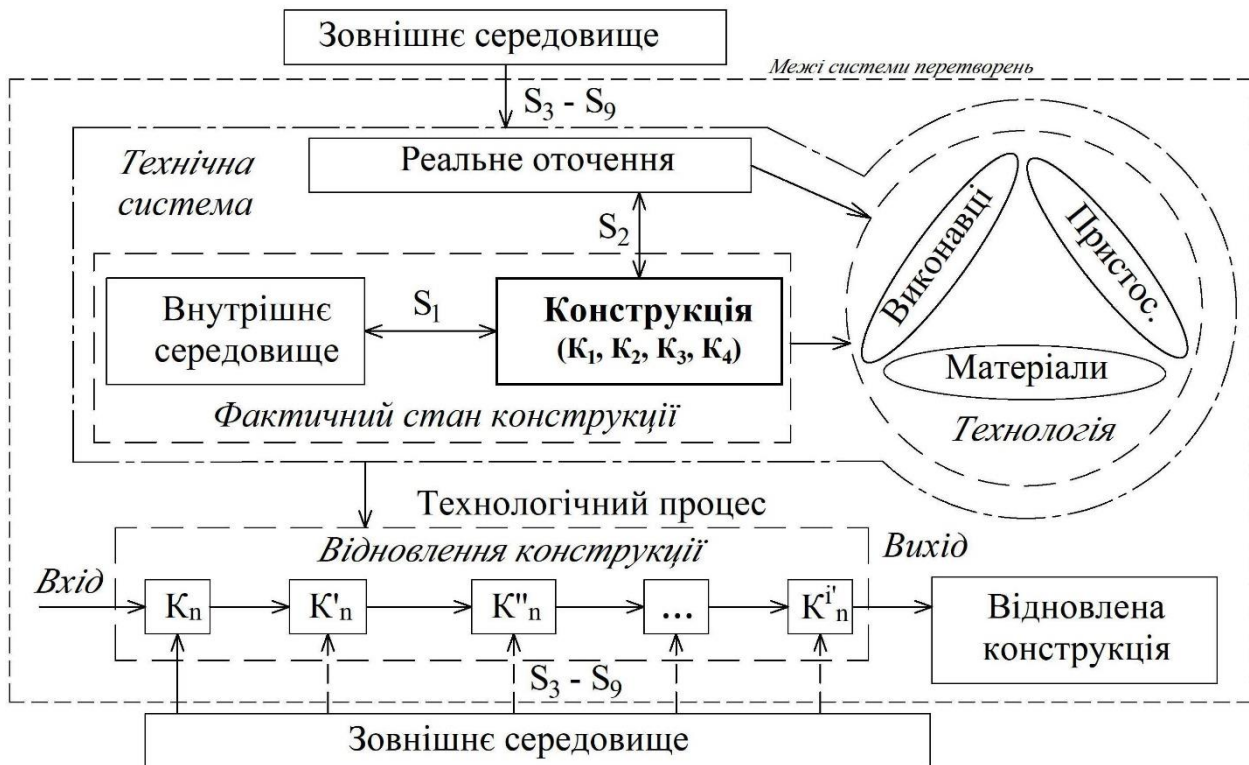


Рис. 1 Елемент «відновлення конструкції» у системі перетворень

У третьому розділі «Дослідження впливу конструктивних чинників на технологічні рішення відновлення залізобетонних та кам'яних конструкцій» виконано серії експериментальних досліджень нових і новітніх технологій ремонту та підсилення будівельних конструкцій. Вони спрямовані на перевірку ефективності наявних новітніх і на розробку нових способів ремонтних робіт, з метою розширення бази можливих рішень, яких було недостатньо для створення системи формування КТР.

Розроблено методика експериментальних досліджень з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, яка базується на плануванні експериментальних досліджень, розробленні вимог до якісних показників відремонтованих конструкцій, розробці конструктивних і технологічних рішень виконання робіт, формуванні комплекту обладнання для досліджень, послідовному виконанні лабораторних, модельних та натурних експериментальних досліджень, розробленні рекомендацій на ремонтні роботи.

У процесі обстежень лінійних і плоских горизонтальних прольотних конструкцій було встановлено, що одним із найбільш поширених дефектів є тріщини на їхніх розтягнутих зонах. Здебільшого вони з'являються уздовж нижніх арматурних стержнів, повторюючи їхній крок.

У разі наявності поодиноких тріщин, їх ремонтують за класичною технологією – ін'єктуванням композитних або цементно-полімерних сумішей через пакери. Зовсім інша ситуація – за наявності на нижніх поверхнях горизонтальних конструкцій великої кількості поруч розташованих тріщин (випадки з плитами перекриття). Проблемна ситуація полягає у тому, що такі тріщини зазвичай мають ширину розкриття від 0,03 мм до 0,5 мм, і більшість ін'єкційних матеріалів, що використовуються при класичному способі, не зможуть повністю заповнити їхні

порожнини. Оскільки це явище не достатньо вивчене, знадобилося проведення серій експериментальних досліджень. Такі тріщини доцільно ремонтувати способом просочення, заповнивши їх полімерною композицією під тиском.

Сплановані експериментальні дослідження з перевірки способів ліквідації тріщин бетонних конструкцій залежно від ширини та глибини дефектів. Виконано низку досліджень зі встановлення впливу конструктивних чинників на способи виконання ремонтних робіт. Досліджуваними чинниками було обрано ті, що можуть суттєво впливати на технологію робіт у натурних умовах, зокрема: вологість, температура середовища та ширина розкриття тріщин.

Здійснено дев'ять комбінованих серій експериментальних досліджень з різною вологістю основи та температурою конструкцій. На підставі отриманих даних побудовано тривимірну залежність руйнівного зусилля зразків після їхнього ремонту за умови впливу відразу двох чинників середовища – вологості та температури зразків (рис. 2).

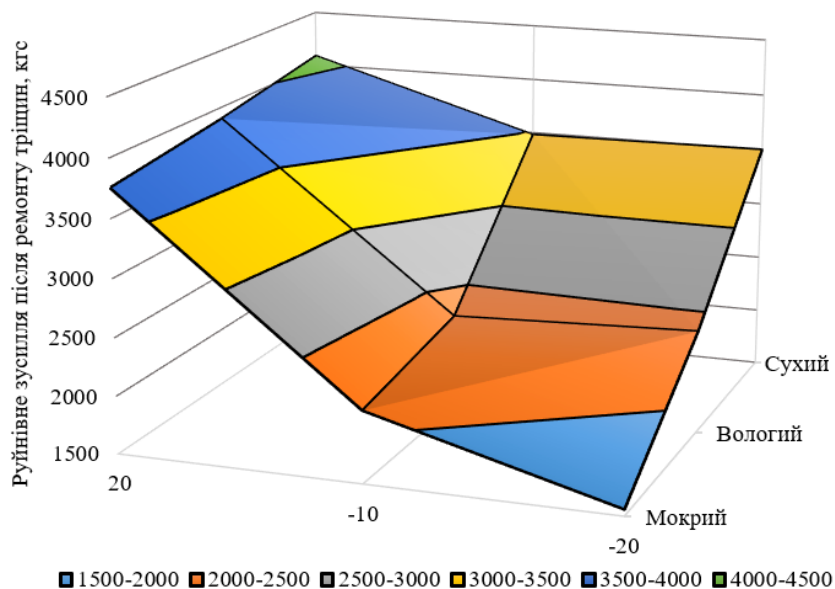


Рис. 2 Залежність середнього значення руйнівного зусилля після ремонту тріщин полімерною композицією при впливі температури та вологості зразків

У результаті таких досліджень з'ясовано, що тріщини з шириною розкриття до 0,33 мм після склеювання мають руйнівне зусилля близько 80 % від початкового. Зразки зі склеєними тріщинами з шириною до 0,25 мм мали повторне руйнівне зусилля близько 95–98 % від первинних значень руйнівних зусиль.

Під час виконання експерименту виявлено суттєву залежність показників руйнівного зусилля від вологості та температури середовища. Установлено, що при ремонті сухих зразків температура конструкцій впливає на показники значень руйнівних зусиль, прикладених до зразків після ремонту тріщин, та становить 98 % для зразків, відремонтованих за температури +20 °С, 84 % – якщо температура становила -10 °С, та 85 % – для зразків, відремонтованих за температури -20 °С.

Також виявлено, що збільшення вологості конструкції суттєво впливає на значення руйнівних зусиль, прикладених до зразків після їхнього ремонту. У разі вологих тріщин, значення становили: 95 % – для зразків, просочених за температури

+20 °С, 57 % – при показнику температури -10 °С, та 58 % – для зразків, відремонтованих за температури -20 °С від руйнівних значень, прикладених до просочення.

Для мокрих зразків з тріщинами значення руйнівних зусиль після ремонту становили: 91 % – дефекти на зразках відремонтовані за температури +20 °С, 52 % – за температури -10 °С, та 38 % – зразки, відремонтовані за температури -20 °С від руйнівних значень, установлених до ремонту тріщин.

Явище пошкодження геометричної цілісності є розповсюдженим і не до кінця вивченим дефектом залізобетонних конструкцій, з огляду на що були сплановані експерименти відновлення цієї цілісності способом додавання до тіла прольотної конструкції ремонтних сумішей. Найхарактернішим пошкодженням є руйнування на нижніх поверхнях прольотних залізобетонних конструкцій.

Попередні результати експерименту довели суттєву залежність рішення від процесу підготовки основи. Заплановано та виконано низку лабораторних експериментальних досліджень, метою яких було виявлення впливу технологічного чинника (підготовка основи нижньої поверхні бетонної конструкції) на міцність зчеплення ремонтної суміші з основою.

Досліджену на лабораторних зразках технологію відновлення пошкоджених ділянок залізобетонних конструкцій перевірено на модельних зразках. Програма виконання експерименту передбачала штучне руйнування нижніх ділянок залізобетонних балок та їхнє послідовне відновлення з подальшим дослідженням експлуатаційних властивостей, а саме міцності на згин і міцності зчеплення ремонтного шару з балкою.

Для імітації пошкодження конструкцій було вирізано їхню нижню частину так, щоб на кінцях балки видалений фрагмент становив 5 мм, а посередині – 50 мм (рис. 3). Після штучного руйнування основу, підготовлену для відновлення, зачищали щіткою по металу та знепилювали, а балки вкладали у змонтовані опалубні конструкції у такий спосіб, щоб нижня зруйнована поверхня розташовувалася на певній відстані від дна опалубки. Готову ремонтну цементну суміш через лійку, вмонтовану у боковик опалубки, подавали у порожнину між нею та конструкцією, з періодичним штикуванням суміші через отвір в опалубці.

Випробування міцності на згин виконано, для статичної схеми – як для балок на двох опорах. Зусилля на конструкції передавалося через дві сталеві трубки до моменту її руйнування.



Рис. 3 Конструкція зразків, підготовлених до ремонту

Результати довели, що пошкоджені конструкції вдалося не лише відновити, а й підсилити. Міцність на згин таких відновлених зразків зросла на 250 %, й

порівняно з міцністю контрольних балок. Характер утворення тріщин вказує на високу міцність зчеплення відновлених фрагментів до самих балок, про що свідчить відсутність відшарувань нового бетону від них. Зчеплення ремонтних шарів із пошкодженими конструкціями в середньому дорівнювало 0,88 МПа. При цьому, відбувалося адгезійно-когезійне відривання зразків, що вказує на достатню міцність зчеплення.

Недостатність інформаційних даних щодо способів підсилення балок приклеюванням до них вуглецевого волокна, ниток скловолкна, сталевих смуг, сталевих кутиків потребувала додаткових досліджень. Випробування виконано за схемою – балок на двох опорах з завантаженням двома зосередженими зусиллями (рис. 4).

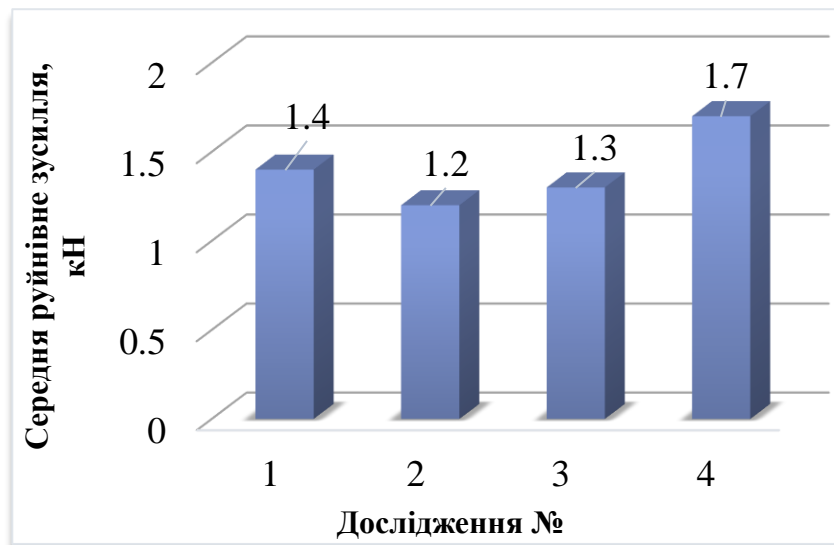


Рис. 4 Результати експериментальних досліджень зі встановлення відновленої несучої здатності лінійних горизонтальних конструкцій способами: 1 – приклеєні кутики у нижній зоні, пластини у верхній; 2 – приклеєні сталеві смуги; 3 – приклеєні нитки скловолкна на нижній і бокових поверхнях; 4 – приклеєне вуглецеве волокно на нижній та бокових поверхнях балки

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що найбільша несуча здатність балочних конструкцій досягнута у варіантах із зовнішнім армуванням системою MareWrap C UNI-AX з вуглецевим волокном (1,7 кН). Отже, таке підсилення прольотних конструкцій є найбільш надійним з-поміж досліджуваних способів. До того ж трудомісткість та тривалість виконання процесу відновлення за цим методом менші за інші. Вага конструкції, підсиленої волокном, майже не збільшується, тоді як конструкції, підсилені металом, будуть значно важчі. Подальші дослідження сплановано з використанням вуглецевого волокна та вуглецевих ламелей.

Для них додатково проведені експериментальні дослідження впливу якості підготовки основи на надійність підсилення (способом приклеювання). Розглянуто такі варіанти: поверхня без підготовки (видалили тільки пил); зачистка металевою щіткою; зачистка диском по бетону до щебня або поверхнево. На підготовлену основу послідовно наносили ґрунтовку і клей, далі приклеювали фрагменти

вуглецевих ламелей. Потім до їхньої поверхні приклеювали пластини, до яких у подальшому закріплювали адгезіометр та встановлювали міцність зчеплення ламелей з основою.

Згідно з одержаними результатами найвищу міцність такого зчеплення демонструють зразки, у яких поверхню зачистили диском по бетону до щебня. Цей показник на 10 % вищий, порівняно з контрольними. Це явище обумовлене тим, що фрагменти ламелей були приклеєні до щебня, який при вириванні бетону розподіляв зусилля глибше в його тіло. Однак в усіх серіях досліджень відбувався когезійний розрив з вириванням фрагментів бетону. При цьому для зачищення до щебня необхідні значно більші витрати праці та часу, що вказує на потребу в додатковому обґрунтуванні прийнятого рішення. Тому надалі у дослідженнях підготовку основи виконано зачищенням щіткою та диском по поверхні.

Здійснено експерименти з найбільш доцільною підготовкою основи диском по поверхні за способом підсилення балок вуглецевим волокном за технологією ТМ «МАПЕІ» та з використанням клеїв вітчизняного виробництва. Дослідженнями виявлено, що розроблені компанією «МАПЕІ» та запропоновані автором рішення з підсилення балочних конструкцій дали змогу збільшити їхню несучу здатність майже учетверо. Елементи підсилення розтягнутої зони в усіх випадках залишилися неушкодженими, а руйнування конструкцій відбулося через розривання волокна «хомутів».

Одержані результати досліджень з підсилення прольотних плоских горизонтальних конструкцій перевірено у натурних умовах на ребристій плиті перекриття ПНТП-4 (3x12), яка була демонтована з покриття виробничого цеху, мала значні пошкодження разом із втратою стійкості. Її підсилення виконано зовнішнім армуванням вуглецевим волокном. Надалі при проектному навантаженні встановлено, що експлуатаційна придатність плити відновлена на 100 %.

Аналіз попередніх досліджень виявив недостатню обґрунтованість новітніх матеріалів і технологій відновлення експлуатаційної придатності кам'яних конструкцій стін і залізобетонних колон, а саме способом зовнішнього армування поверхонь конструкцій.

Підготовка поверхонь та окремих цеглин значно впливає на результати підсилення, тому було проведено низку експериментів з підготовки основи. Вона зводиться до нанесення різної кількості композитної рідини на епоксидній основі при визначенні глибини просочування. Критерієм оцінки якості була поверхнева міцність підготовленої основи, яку визначали відриванням від неї приклеєної металевої пластини.

Усі металеві пластини виривалися з фрагментами цегли. При цьому, їхня величина та сила, з якою відривалися пластини, залежали від технології підготовки основи. Установлено, що залежність між силою відриву та кількістю ґрунтовки, яку використовували при підготовці основи у розрахунку на одиницю площі, може бути визначено за формулою:

$$F_{\text{відр.}} = -0,0339 \cdot m_{\text{гр}}^2 + 0,4997 \cdot m_{\text{гр}} + 1,0577, \quad (1)$$

де: $m_{\text{гр}}$ – витрати ґрунтовки «Консолід-1» при підготовці основи, кг/м²;

$F_{\text{відр.}}$ – сила відриву пластин від цегли, Мпа.

На підставі результатів експериментальних досліджень встановлено, що сила відривання пластини від цегли, поверхня якої у жодний спосіб не підготована, складає 1,09 МПа. Цей самий показник становить 1,32 МПа, якщо на поверхню цегли нанести 570 г/м² ґрунтовки, що на 21,1 % більше попереднього значення.

Однак збільшення витрат ґрунтовки призводить до погіршення технологічних та економічних показників технології робіт. Це обумовлено затратами праці на нанесення шарів, безпосередньою тривалістю і додатковою вартістю робіт. Тому оптимальні рішення з підготовки основи приймаються залежно від стану конструкцій, що підсилюються, та умов виконання робіт.

Після визначення вимог до підготовки поверхонь цегляних конструкцій були сплановані експерименти з визначення параметрів технології підсилення.

Спершу експеримент проводився на окремих цеглинах (рис. 5). Зокрема, міцність цегли на згин, підсиленої двома сталевими пластинами, становить 425 кг, а цегли, що підсилена таким самим методом з додатковою механічною фіксацією анкерами, – 480 кг. Водночас, якщо цеглу підсилити сталевими пластинами, приклеєними до попередньо ґрунтованій поверхні, її міцність зростає на 42 %, порівняно з міцністю зразків у досліді № 1.

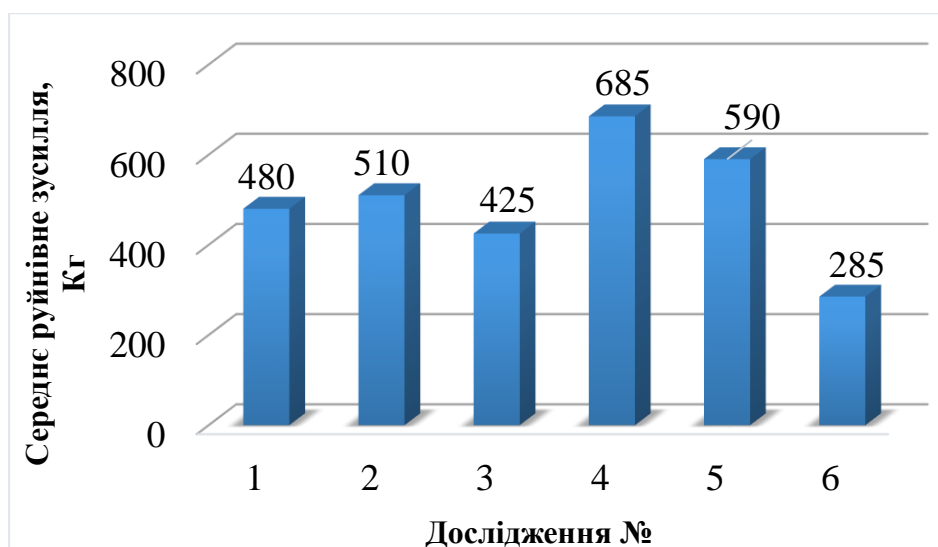


Рис. 5 Відновлення несучої здатності цеглин залежно від способів їхнього підсилення: 1 – приклеєні сталеві пластини з механічним закріпленням анкерами; 2 – приклеєні смужки вуглецевого волокна; 3 – приклеєні сталеві пластини без анкерів; 4 – приклеєні сталеві пластини по ґрунтованій поверхні; 5 – приклеєні смужки вуглецевого волокна по ґрунтованій поверхні; 6 – приклеєні дві смужки вуглецевого волокна по ґрунтованій поверхні

Потім експеримент було перенесено на зразки стін. Для цього підготовлено по три серії цегляних стінок завтовшки 120 мм, заввишки 520 мм і завдовжки 1 040 мм, з пустотілої керамічної цегли М100 на цементно-піщаному розчині М50. Планом експерименту передбачено підсилення стін сталевими пластинами та вуглецевим волокном одного напрямку (рис. 6).

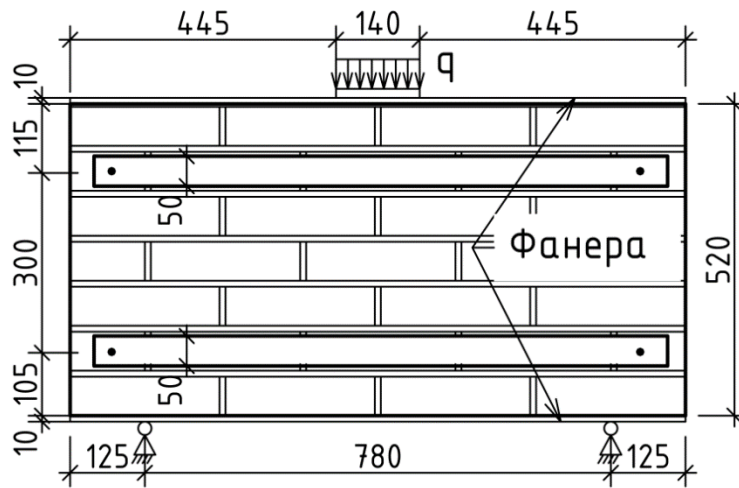


Рис. 6 Схема завантаження цегляних дослідних стінок

За результатами експериментальних досліджень (рис. 7) міцність на вигин стінки, яка підсилена вуглецевим волокном з попереднім ґрунтуванням місць підсилення, становить 11,500 т, а стінки, підсиленої способом без ґрунтовки – лише 7,250 т, тобто у 1,5 рази нижче.

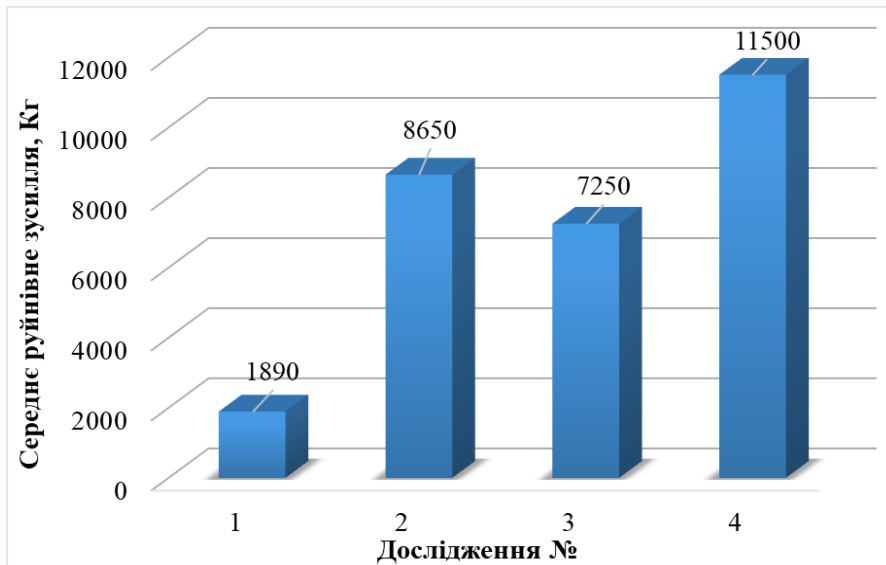


Рис. 7 Відновлення несучої здатності цегляних стін залежно від способу підсилення: 1 – стінка не підсилена (контрольний зразок); 2 – сталеві пластини з обох сторін на клею (зафіксовані анкерами уздовж країв); 3 – вуглецеві волокна з обох сторін на клею; 4 – вуглецеві волокном з обох сторін на клею з попереднім ґрунтуванням

Наступні сплановані експерименти спрямовані на дослідження способів підсилення залізобетонних колон залежно від наявності/відсутності гострих кутів, підготовки основи (ґрунтування поверхні), способу приклеювання армування (волокна) до конструкції. На всі бокові поверхні дослідних зразків способом обгортання приклеювали вуглецеве волокно одного напрямку (рис. 8).

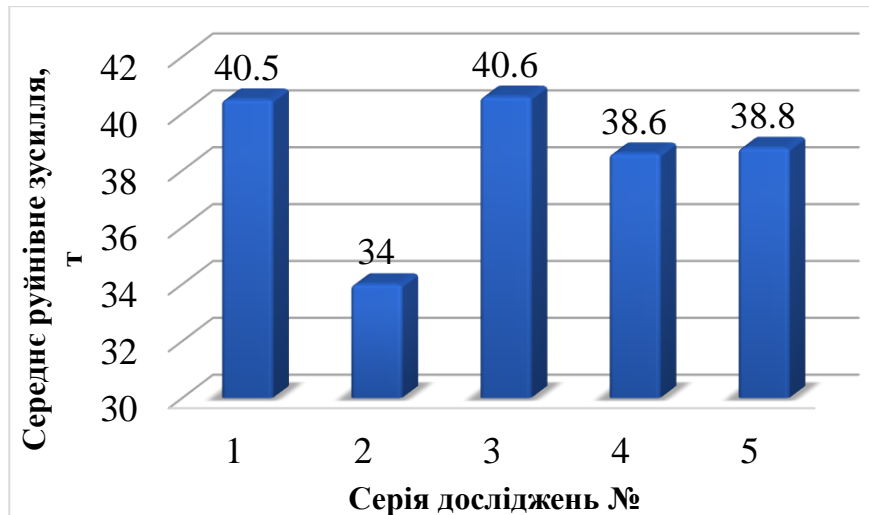


Рис. 8 Відновлення несучої здатності бетонних колон залежно від способу підсилення: 1 – приклеєне вуглецеве волокно на зразки із заокругленими кутами; 2 – приклеєне вуглецеве волокно на зразки з гострими кутами; 3 – приклеєне вуглецеве волокно на зразки із заокругленими кутами без ґрунтовки; 4 – приклеєне вуглецеве волокно на зразки із заокругленими кутами без додаткового шару клею; 5 – приклеєне вуглецеве волокно, просочене клеєм, на зразки із заокругленими кутами

За результатами досліджень виявлено, що найбільша несуча здатність досягнута на зразках колон із заокругленими кутами, за умови нанесення клею на основу зразка та на вуглецеве волокно. Їхня міцність на стиск на 82,2 % вища за міцність контрольних зразків. Схоже зростання міцності, а саме на 81,7 %, досягнуто на зразках, де крім рішень, виконаних при підсиленні попередніх зразків, здійснено попереднє ґрунтування основи. Це свідчить про те, що ґрунтування поверхні зразків перед їх підсиленням не підвищує несучу здатність, тобто попереднє ґрунтування є недоцільним.

Потім експерименти перенесено на модельні зразки залізобетонних колон (рис. 9). Була перевірена ефективність їхнього підсилення способами приклеювання високоміцних волокон і тканин, влаштуванням металевої обойми з попередньо-напруженими планками, влаштуванням обойми на відстані з заповненням розчином порожнини між нею та опорою.

Найбільша несуча здатність досягнута повним підсиленням вуглецевим волокном: показник на 97,9 % вищий контрольних зразків колон. Зростання міцності на 52,5 % порівняно з контрольними зразками досягнуто на зразках з металевою обоймою та ремонтною сумішшю.

За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень сформовано систему технічних рішень з ремонту та підсилення залізобетонних і кам'яних конструкцій, отриманих даних, яких не вистачало для системи формування КТР з відновлення ЕПБК.

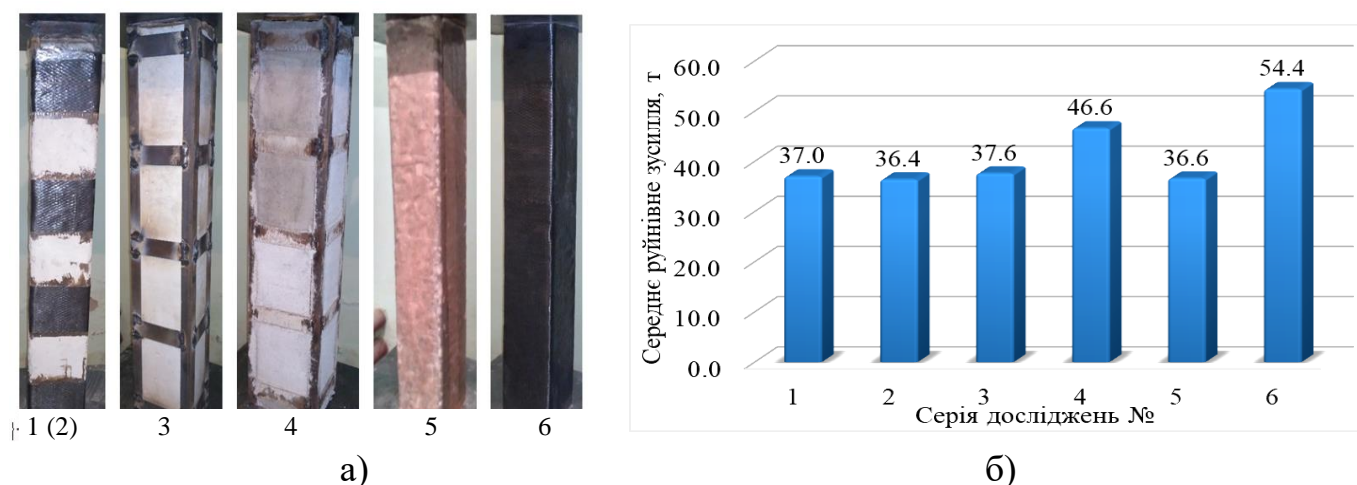


Рис. 9. Відновлення несучої здатності бетонних колон залежно від способу підсилення (а – загальний вигляд підсилених колон; б – несуча здатність зразків залежно від способу підсилення): 1, 2 – приклеєними смужками вуглецевого волокна; 3 – металевою обіймою з попередньо-напруженими планками; 4 – металевою обіймою на відстані від колони з заповненням проміжку штукатуркою; 5 – приклеєною суцільною лавсановою тканиною; 6 – приклеєною суцільною вуглецевою тканиною

У четвертому розділі «Дослідження технологічних параметрів процесів відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій» відібрано та систематизовано способи підсилення будівельних конструкцій для системи перетворень (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація способів підсилення будівельних залізобетонних конструкцій

Вид конструкції	Найменування способу підсилення	Шифр процесу
1	2	3
Лінійні вертикальні (колони)	залізобетонна обійма	$T_{1.1}$
	металева обійма з попередньо-напруженими планками	$T_{1.2}$
	бічні розвантажувальні елементи зі швелерів	$T_{1.3}$
	хомути з вуглецевої тканини	$T_{1.4}$
	хомути з вуглецевої тканини (авторська розробка)	$T_{1.5}$
Лінійні горизонтальні (балки)	набетонка із приварюванням поздовжньої арматури чи кутиків	$T_{2.1}$
	шпренгелі з опорними пристроями, поперечними розпірками і стяжними хомутами	$T_{2.2}$
	додаткові стояки у прогоні балки	$T_{2.3}$
	додаткові портали у прогоні балки	$T_{2.4}$
	вуглецева тканина	$T_{2.5}$
	вуглецева тканина (авторська розробка)	$T_{2.6}$
Плоскі горизонтальні (плити плоскі)	арматурні сітки з наступним торкретуванням	$T_{3.1}$
	металеві балки на додаткових опорах знизу	$T_{3.2}$
	вуглецеві ламелі	$T_{3.3}$
	вуглецева тканина	$T_{3.4}$
	вуглецева тканина (авторська розробка)	$T_{3.5}$

1	2	3
Рєбристі горизонтальні (плити рєбристі)	затяжки із сталевих смуг	$T_{4.1}$
	додаткова робоча арматура знизу з набетонкою	$T_{4.2}$
	шпрєнгельні затяжки у швах між плитами	$T_{4.3}$
	вуглецеві ламелі	$T_{4.4}$
	вуглецева тканина	$T_{4.5}$
	вуглецева тканина (авторська розробка)	$T_{4.6}$

Насамперед реалізовано проектування досліджуваних будівельних конструкцій у нормальних умовах експлуатації. Після чого було збільшено навантаження на досліджувану конструкцію, розраховано та розроблено конструктивні рішення підсилення за всіма обраними способами. Розроблено моделі організації технологічних процесів виконання робіт з підсилення конструкцій за кожним окремим способом і визначено показники трудомісткості, тривалості й вартості процесів (рис. 10).

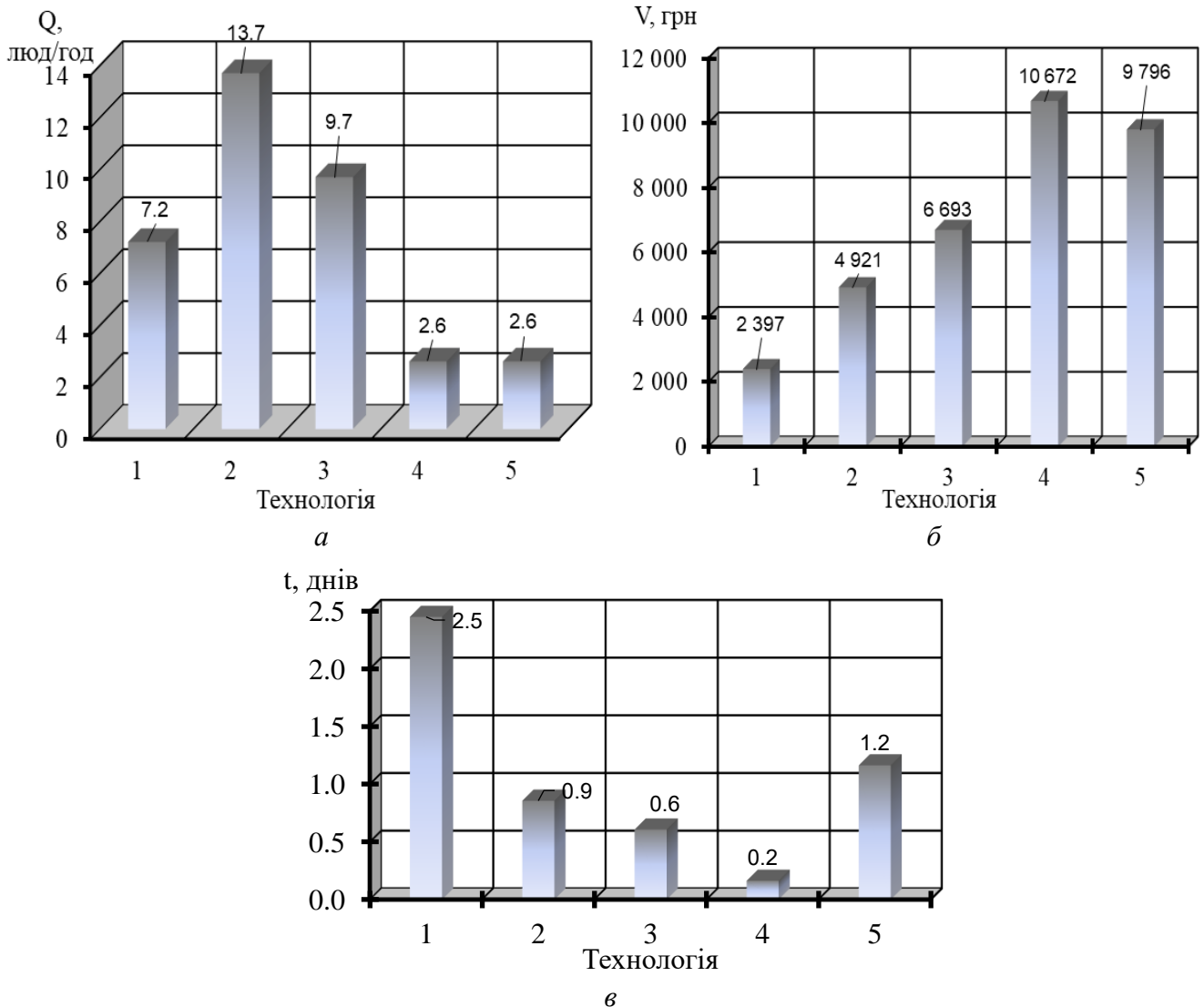


Рис. 10 Параметри технологій підсилення колон: а – трудомісткості; б – загальної вартості; в – тривалості, де: 1 – $T_{1.1}$; 2 – $T_{1.2}$; 3 – $T_{1.3}$; 4 – $T_{1.4}$; 5 – $T_{1.5}$

Найменшою є трудомісткість процесів підсилення, що передбачають використання хомутів з вуглецевих тканин ($T_{1.4}$ та $T_{1.5}$). Значно більший цей показник для технології із влаштуванням залізобетонної обойми ($T_{1.1}$). Майже на 34 % вища трудомісткість технології підсилення колон, що ґрунтується на встановленні бічних розвантажувальних елементів ($T_{1.3}$), порівняно зі встановленням залізобетонної обойми ($T_{1.1}$).

Отримані значення вартості процесів підсилення дають змогу з'ясувати, що найдешевшим способом є влаштування залізобетонної обойми ($T_{1.1}$). Металева обойма з попередньо напруженими планками ($T_{1.2}$) перевищує вартість монтажу залізобетонної ($T_{1.1}$). Найдорожче використовувати хомути з вуглецевої тканини ТМ «МАПЕІ» ($T_{1.4}$) – загальна вартість цієї технології перевищує загальну вартість найдешевшої ($T_{1.1}$) майже у 4,5 рази.

Найменшу тривалість має технологія зі встановленням хомутів із вуглецевої тканини ТМ «МАПЕІ» ($T_{1.4}$). Її тривалість у 12,5 раз менша, порівняно з влаштуванням залізобетонної обойми ($T_{1.1}$), що є найбільш тривалим способом. Майже удвічі швидше виконуються роботи зі встановленням хомутів із вуглецевої тканини за розробленою технологією ($T_{1.5}$) порівняно з влаштуванням залізобетонної обойми ($T_{1.1}$), але ця технологія ($T_{1.5}$) у 6 разів триваліша за найшвидшу ($T_{1.4}$).

Аналогічні дослідження виконано для всіх технологій підсилення наведених раніше конструкцій і системи способів.

У п'ятому розділі «Система формування рішень з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій» одержані результати досліджень відновлення ЕПБК поділено на два рівні: перший – ремонт дефектів і пошкоджень, другий – підсилення конструкцій. Вибір конкретного способу підсилення заплановано у два етапи. Перший – вибір способів підсилення залежно від впливу першої групи чинників (реальне оточення), що прямо впливає на вибір рішень. Другий етап – вибір способу підсилення будівельних конструкцій на основі певних критеріїв.

З метою створення загальної методики формування КТР для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, запропоновано систему у складі трьох підсистем.

Підсистема 1 – формування технологічних рішень ремонту будівельних конструкцій – базується на положеннях загальної методики вибору способу ремонту дефектів і пошкоджень залежно від виду ремонтних робіт (S_1).

Підсистема враховує вплив параметрів чинника S_1 , а саме: $S_{1.1}$ – дрібний ремонт конструкцій, $S_{1.2}$ – значний ремонт конструкцій. Також, враховано параметр чинника $S_{1.3}$ – значний ремонт конструкцій з підсиленням.

Розроблена підсистема дає змогу сформувавши раціональні рішення ремонту залежно від виду потрібних робіт. Зокрема, у разі необхідності дрібного ремонту конструкцій ($S_{1.1}$), встановлено такі раціональні технологічні рішення. Ремонтувати тріщини з шириною розкриття від 0 до 2,0 мм ($P_{1.1}$, $P_{1.2}$) можна за будь-якою з досліджуваних технологій ($R_{1.1}$, $R_{1.2}$, $R_{1.3}$). За наявності корозії без потоншення арматури ($P_{2.1}$), потрібно очистити й нанести на армування антикорозійне покриття ($R_{2.1}$). Локальні пошкодження глибиною до 10 мм або площею до 10 % від усієї поверхні конструкції ($P_{3.1}$) та до 30 мм або площею 10–30 % від площі поверхні

($P_{3.2}$), варто ремонтувати нанесенням ремонтних розчинів ручним інструментом ($R_{3.4}$), або вкладанням цього розчину в опалубку ($R_{3.5}$).

За потреби значного ремонту конструкцій ($S_{1.2}, S_{1.3}$), підсистемою сформовано певні оптимальні технологічні рішення. Тріщини з шириною розкриття від 0,3 до 10,0 мм ($P_{1.2}, P_{1.3}$) можна ремонтувати ін'єктуванням полімерними ($R_{1.2}$) або цементно-полімерними розчинами, або поліуретанами ($R_{1.3}$). Ремонт армування за його потоншення та корозії ($P_{2.2}$) виконують заміною фрагментів пошкодженого армування і нанесенням антикорозійних покриттів ($R_{2.2}$), або додаванням нового армування і нанесенням покриттів ($R_{2.3}$). Локальні пошкодження глибиною до 30 мм або площею 10–30 % від поверхні конструкції ($P_{3.2}$), та дефекти, глибина яких понад 30 мм, а площа – понад 30 % ($P_{3.3}$), потрібно ремонтувати вкладанням ремонтного розчину в опалубку ($R_{3.5}$), чи нанесенням ремонтної суміші торкретуванням ($R_{3.6}$).

Підсистема 2 – формування КТР для підсилення будівельних конструкцій залежно від реального оточення – ґрунтується на розробленій загальній підсистемі формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій від впливу першої групи чинників, що мають прямий вплив на вибір рішень. До таких відносяться дві групи чинників – вид ремонтних робіт (S_1) та реальне оточення (S_2). Формування КТР для підсилення конструкцій першого типу – колони залізобетонні (K_1).

У разі впливу на вибір способу підсилення колон (пілон) залізобетонних (K_1) чинника «можливо» ($S_{2.1}$) допустимо використати один із раніше наведених п'яти способів ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}, T_{1.5}$) без обмежень. При цьому, якщо на вибір способу впливатиме «обмеженість» ($S_{2.2}$) на зміну реального оточення, то застосовувати можна лише способи $T_{1.2}, T_{1.4}, T_{1.5}$. А за умови впливу значної обмеженості при зміні реального оточення, тобто чинника «не можливо» ($S_{2.3}$), для використання доступні будуть лише способами $T_{1.4}$ та $T_{1.5}$.

Підсистема 3 – вибір способу підсилення будівельних конструкцій за техніко-економічними параметрами за принципами мінімізації.

Формування КТР з відновлення ЕПБК першого типу – колони залізобетонні (K_1). Як приклад, відповідні техніко-економічні дані представлено у табл. 3.

Таблиця 3

ТЕП способів підсилення колони (K_1)

Найменування критерію	Спосіб підсилення колони (K_1)									
	$T_{1.1}$		$T_{1.2}$		$T_{1.3}$		$T_{1.4}$		$T_{1.5}$	
	Натур. знач.	%	Натур. знач.	%	Натур. знач.	%	Натур. знач.	%	Натур. знач.	%
Трудомісткість (Q), люд./год	7,2	100	13,7	190,3	9,7	134,7	2,6	36,1	2,6	36,11
Загальна вартість (R), грн	2397	100	4921	205,3	6693	279,2	10672	445	9796	408,6
Тривалість робіт (t), днів	2,5	100	0,9	36,0	0,6	24	0,2	8,0	1,2	48,0

Найефективнішим способом підсилення колон з точки зору технології, тобто за даними показників трудомісткості та тривалості робіт, буде використання вуглецевої тканини за технологією по типу ТМ «МАПЕІ» ($T_{1.4}$). Водночас, з

погляду економічної доцільності, найефективніше підсилювати колони залізобетонною обоймою ($T_{1.1}$). Таку саму трудомісткість має варіант підсилення вуглецевими хомутами за розробленою технологією ($T_{1.5}$). Наступні способи менш конкурентоздатні, оскільки отримуються значно вищі ТЕП.

Далі для кожної досліджуваної будівельної конструкції розроблено окрему систему формування КТР з відновлення ЕПБК на основі нормативних ТЕП. Така система для конструкцій першого типу – колони (пілони) залізобетонні (K_1) – представлена на рис. 11.

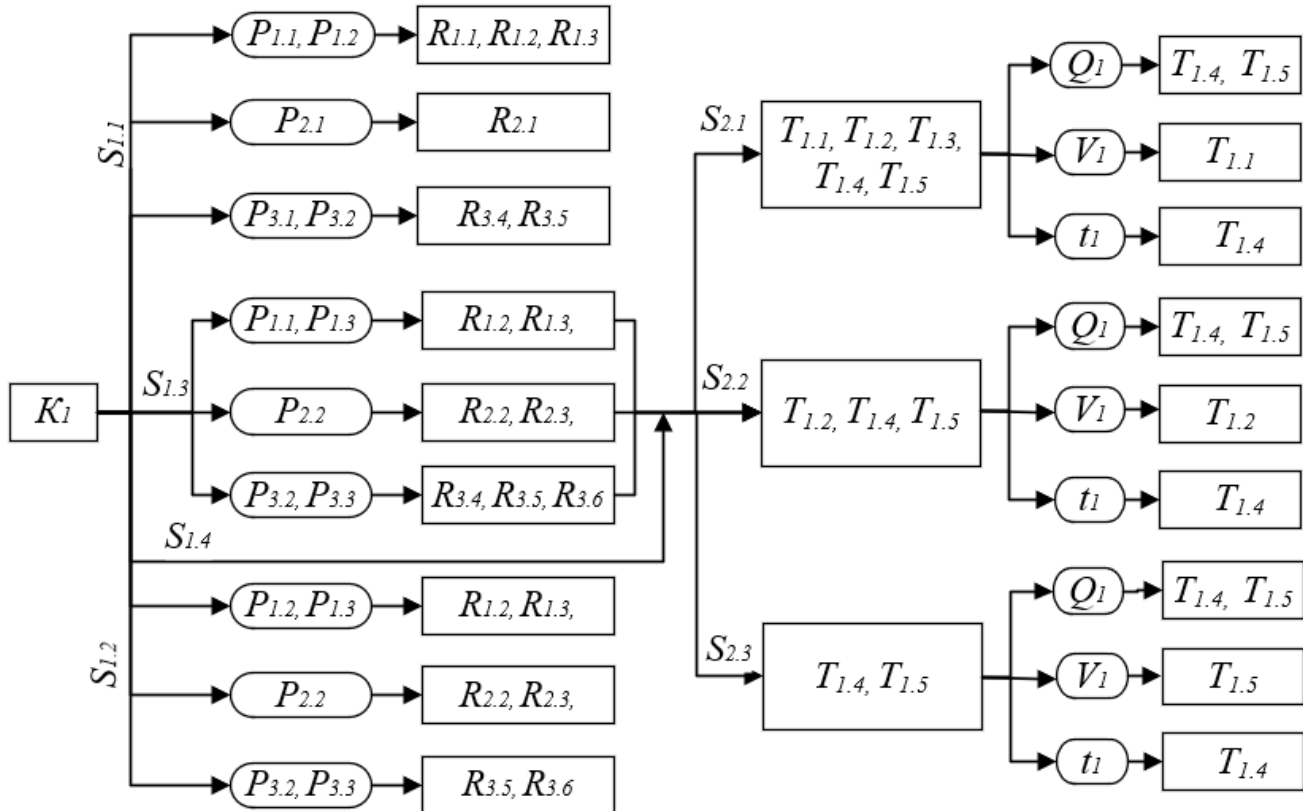


Рис. 11 Система формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності колон (пілонів), розроблена на основі нормативних ТЕП

Система формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності колон (пілон) дала змогу отримати оптимальні рішення їхнього ремонту та підсилення. У разі потреби в підсиленні, за відсутності будь-яких планово-просторових обмежень з технологічної точки зору, найдоцільніше використати рішення із зовнішнім армуванням хомутами з вуглецевої тканини за технологією ($T_{1.4}$). Економічна ефективність у разі відсутності будь-яких змін планово-просторових рішень, досягається підсиленням колон залізобетонною обоймою ($T_{1.1}$), а за впливу чинника $S_{2.2}$, потрібно виконати підсилення металевою обоймою з попередньо-напруженими планками ($T_{1.2}$). Вплив чинника $S_{2.3}$ обмежує використання більш дешевих технологій, і саме в таких умовах найефективнішим є спосіб з вуглецевою тканиною за технологією ($T_{1.5}$).

Завдяки дослідженням впливу чинників зовнішнього середовища (S_3 - S_9) на технологію виконання робіт вдалося виявити (рис. 1), що цей вплив може змінювати як технологію виконання робіт, так її нормативні техніко-економічні показники

(ТЕП). При цьому, трудомісткість є базовим показником ТЕП, а решта досліджуваних, як-от тривалість виконання робіт і витрати на оплату праці, є похідними (залежними) від нього. Саме тому досліджено вплив чинників на зміну трудомісткості процесів.

Базуючись на запропонованих системах формування КТР з відновлення ЕПБК на основі нормативних ТЕП, розроблено системи формування рішень на базі планових ТЕП.

Виконані аналітичні дослідження дали змогу встановити коефіцієнти, які необхідно враховувати для коригування нормативного рівня трудомісткості при визначенні планового рівня. З'ясовано: за наявності кількох чинників, що ускладнюють виконання технології, визначаючи плановий рівень трудомісткості, коефіцієнти варто перемножувати.

За методикою визначення планової трудомісткості робіт за кожним окремим досліджуваним КТР встановлюється збільшення трудомісткості будівельних процесів залежно від впливу на них чинників зовнішнього середовища.

За розробленою методикою встановлюються планові трудомісткості для всіх способів підсилення при впливі на них чинників S_{3-9} , та обирається з-поміж них той, що матиме найменший технологічний показник трудомісткості ($Q_{плі}^{min}$) (рис. 12).

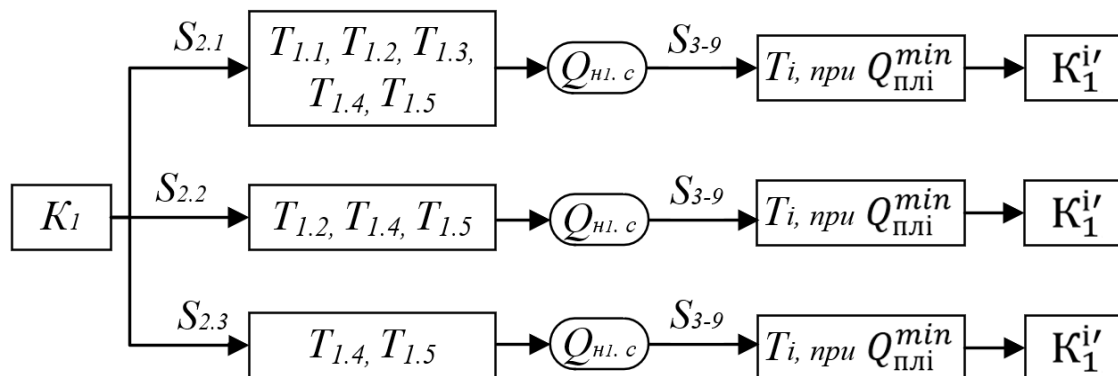


Рис. 12 Система формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності колон залізобетонних, представлена у вигляді структури на основі планових ТЕП

Далі на підставі даних збірника «Ціноутворення у будівництві» та планової трудомісткості ($Q_{плі}^{min}$), встановлюють планову заробітну платню робітників ($З.п.нлі$) для обраної технології та планову тривалість робіт ($t_{нлі}$). У результаті таких перетворень відбувається оцінка проектних показників ремонтних робіт для обраної конструкції.

У шостому розділі «Практична реалізація процесу формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій» наведено інформацію про практичну реалізацію результатів досліджень на низці будівельних об'єктів, де необхідно виконати ремонт конструкцій.

Наочним прикладом, на якому необхідно було виконати ремонтні роботи, спрямовані на відновлення експлуатаційної придатності ребристих плит покриття, було діюче хімічне підприємство. За допомогою розробленої системи на етапі

проектування, встановлено можливі способи підсилення зазначених конструкцій, з урахуванням умов виконання робіт і зміни реального оточення відновлених конструкцій. Також, були з'ясовані планові ТЕП, обрано найбільш технологічно ефективний спосіб підсилення конструкцій.

Здійснено розрахунок конструктивного рішення на підсилення 80-ти пошкоджених плит покриття, розроблено технологічні рішення робіт (рис. 13).



Рис. 13 Процес підсилення ребристих плит покриття (а) та підсилені конструкції (б)

Результати наукових досліджень, викладених у дисертаційній роботі, впроваджені на багатьох будівельних об'єктах при ремонті конструкцій, що підтверджено відповідними довідками:

– «Обстеження фундаменту турбоагрегату ПТ-60-130-13 станції № 5 філіалу Мінської ТЕЦ-3» та «Проект виконання робіт на підсилення фундаменту турбоагрегату ПТ-60-130-13» (виконані фахівцями ДП «НДІБВ» у 2015 р.). За результатами обстеження запропоновано новий спосіб підсилення опор фундаменту за допомогою монтажу класичних сталевих обойм на певній відстані від опор з подальшим заповненням простору між кутниками обойми та опор торкрет-сумішшю. Таке рішення обумовлене значною висотою та нерівностями поверхонь опор. При розробленні проекту виконання робіт запропонований спосіб був досліджений експериментально, його ефективність підтверджена;

– «Реставрація із пристосуванням для сучасного використання велотреку на вул. Богдана Хмельницького, 58 та благоустроєм території у межах вулиць Богдана Хмельницького, Михайла Коцюбинського та В'ячеслава Липинського у Шевченківському районі міста Києва» (виконано фахівцями ДП «НДІБВ» у 2017 р.). Запропоновано програму цієї науково-дослідної роботи, що передбачала серію експериментальних досліджень, з метою встановлення довговічності та експлуатаційної придатності запроєктованих шарів полотна велотреку. За результатами проведення вказаних досліджень здійснено коригування проектної документації;

– «Ремонтно-реставраційні роботи першого поверху адміністративного будинку Київської міської ради на вул. Хрещатик, 36 у Шевченківському районі для створення публічного простору» (проведено ДП «НДІБВ» у 2018 р.). Використання

класичних КТР було неможливим, тому з метою забезпечення незмінності геометричних розмірів однієї з балок перекриття при її підсиленні, виконано низку експериментальних досліджень, у результаті яких встановлено ефективність підсилення таких конструкцій зовнішнім армуванням вуглецевими ламелями або металевими кутиками;

– «Корпус приготування вапняку та бентоніту Північного ГЗК у м. Кривий Ріг». У 2019 р. було здійснено розрахунки ребристих плит покриття і розроблено конструктивні та технологічні рішення з їх відновлення без зупинки виробництва, демонтажу покрівлі та задіяння спеціальної техніки. Це дало значний економічний ефект, зменшило трудомісткість і тривалість виконання робіт.

На кінцевому етапі досліджень було проаналізовано техніко-економічну ефективність КТР сформованих розробленою системою з відновлення ЕПБК на декількох будівельних об'єктах. Один із таких об'єктів – «Корпус приготування вапняку та бентоніту Північного ГЗК у м. Кривий Ріг». Виконано розрахунок фактичних і планових ТЕП процесу відновлення конструкцій, яким встановлено, що найбільш ефективним за трудомісткістю, витратами на оплату праці та тривалістю стало використання вуглецевих ламелей за технологією ТМ «МАПЕІ» ($T_{4.4}$), а найменш ефективним – установа додаткової робочої арматури ($T_{4.2}$).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено складну наукоємну проблему щодо формування конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та наукового обґрунтування вибору ефективних методів виконання процесів на стадії проектування. Це значно підвищило рівень обґрунтованості вибору рішень під час варіантного проектування та виконання робіт.

Значення результатів роботи для науки полягає у тому, що створено спеціалізовану наукоємну систему конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, яка базується на визначених теоретико-методологічних принципах функціонування і має спеціалізований інструментарій, на підставі якого формуються нові технології, підтверджені експериментальними дослідженнями; встановлено залежності ТЕП досліджуваних рішень відновлення конструкцій; виявлено коефіцієнти впливу на трудомісткість робіт, що залежать від зовнішнього та внутрішнього середовища.

Значення результатів роботи для практики полягає у тому, що розроблена наукоємна система дає змогу сформулювати раціональні КТР з відновлення ЕПБК, водночас знижуючи трудомісткість, вартість і тривалість ремонтних робіт. Запропонований науково-прикладний інструментарій дав змогу підвищити ефективність та якість проектних робіт, скоротити будівельно-монтажний етап і знизити його вартість.

На підставі одержаних результатів дослідження сформульовано такі висновки:

1. За результатами аналізу стану питання з формування конструктивно-технологічних рішень (КТР) відновлення експлуатаційної придатності будівельних

конструкцій встановлено, що потреба у проведенні ремонтних робіт є масовим явищем як за капітального ремонту чи реконструкції, так і за нового будівництва. Наявні системи формування КТР не враховують багатьох особливостей нових будівельних матеріалів, сучасних засобів механізації, ефективних способів виконання процесів. Все це обумовило дослідження КТР, з метою створення удосконаленої наукоємної системи їх формування на підставі вивчення та узагальнення впливу чинників на прийняття обґрунтованого, раціонального рішення. Залучення у систему новітніх і розробка нових аналогічних рішень з використанням більш дешевих вітчизняних матеріалів, розширює сферу можливих рішень з виконання процесів.

2. Систематизовано генеральну сукупність чинників, сформовано відповідні групи та підгрупи, з яких домінантний вплив мають: характер і вид пошкоджень та дефектів, обсяг і вид ремонтних робіт, повторюваність процесів, чинники зовнішнього та внутрішнього середовища. Визначено критерії оцінки КТР, до яких віднесено ступінь відновлення несучої здатності будівельних конструкцій, трудомісткість, тривалість і вартість виконання робіт. Щодо першого критерію, саме наявні системи не мали потрібної інформації, що обумовило проведення цілої низки експериментальних досліджень, переважно з ремонту та підсилення бетонних, залізобетонних конструкцій будівель/споруд. Проведено теоретичні дослідження впливових чинників, визначено межі їхніх довірчих інтервалів. За результатами відібрано чинники, що суттєво впливають на основні параметри процесів відновлення будівельних конструкцій.

3. Розроблено теоретико-методологічні основи формування наукоємної системи КТР, у складі кількох підсистем, які створюють відповідну систему. Такі підсистеми послідовно опрацьовують і формують оптимальні рішення з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, з урахуванням впливу зовнішніх і внутрішніх чинників. Основна мета функціонування розробленої наукоємної системи – підвищити ефективність відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій.

4. Розроблено спеціалізований інструментарій, зокрема: науково-методичні положення експериментальних досліджень КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, які базуються на їх плануванні, обґрунтуванні вимог до якісних показників відремонтованих конструкцій та розробці інструментарію виконання досліджень.

5. Досліджено технології ремонту найбільш поширених пошкоджень конструкцій, а саме тріщин на нижніх поверхнях прольотних конструкцій, способом їх просочення та ремонту пошкоджень додаванням до тіла ремонтних сумішей. Установлено залежності збільшення несучої здатності конструкцій від варіанту підсилення, які дають змогу проводити покроковий відбір способів виконання процесів. Доведено ефективність підсилення прольотних та опорних конструкцій зовнішнім армуванням, а саме наклеюванням на поверхні високоміцних тканин і ламелей. Підсилені за такими способами прольотні конструкції мали несучу здатність майже у чотири рази вищу, порівняно з невідсиленними, а у колон цей показник зріс майже удвічі. З'ясовано, що якість наклеювання на поверхні кам'яних конструкцій високоміцних тканин і ламелей суттєво залежить від процесів

підготовки основи. Відповідно до наявних способів підготовки поверхонь були проведені додаткові експерименти, які підтвердили можливість збільшення несучої здатності конструкцій у шість разів після підсилення зовнішнім армуванням. Експериментальні дослідження проведені для лінійних і плоских горизонтальних та вертикальних бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій.

6. На підставі одержаних теоретичних та експериментальних даних відібрано та систематизовано способи підсилення будівельних конструкцій, для яких виконано серії досліджень з визначення основних техніко-економічних показників (вартість, трудомісткість, тривалість виконання робіт), обраних способів підсилення кожного окремого типу конструкції. Такі дослідження проведено за умови виконання робіт у нормальних умовах, тобто без впливу ускладнюючих чинників. Установлено, що конкретно для колон найменшою є трудомісткість процесів підсилення, які передбачають використання хомутів з вуглецевих тканин. Найдешевшим способом її підсилення є влаштування залізобетонної обойми, а найменшу тривалість має технологія зі встановленням хомутів із вуглецевої тканини (її тривалість у 12,5 раз менша порівняно із влаштуванням залізобетонної обойми, яка є найбільш тривалим варіантом).

7. На основі експериментальних та теоретичних досліджень розроблено наукоємну систему формування КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій у складі трьох підсистем: 1 – формування технологічних рішень ремонту будівельних конструкцій; 2 – формування КТР для підсилення будівельних конструкцій залежно від реального оточення; 3 – формування КТР для підсилення будівельних конструкцій залежно від нормативної техніко-економічної ефективності способів підсилення. На кінцевому етапі система формує планові трудомісткості для всіх способів підсилення, при впливі на них чинників, дає змогу обирати той, що матиме найменший технологічний показник трудомісткості. Надалі встановлюють планову заробітну платню робітників для обраної технології та планову тривалість робіт. У результаті таких перетворень, встановлюються проектні показники для обраної конструкції. Для цього аналітичними дослідженнями встановлено коефіцієнти, які дають змогу врахувати вплив чинників при визначенні планового рівня трудомісткості.

8. Розроблену систему перевірено на декількох будівельних об'єктах, де необхідно було виконати ремонтні роботи, спрямовані на відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій. З її допомогою на етапі проектних робіт встановлювали можливі КТР ремонту та підсилення конструкцій, з урахуванням умов виконання робіт, з'ясовували планові ТЕР і обирали найбільш технологічно чи економічно ефективно рішення відновлення ЕПБК. Зокрема, дійшли висновку, що відновлення конструкцій на одному з діючих виробничих підприємств найбільш раціонально виконати за технологією, яка передбачає використання вуглецевих ламелей. Найменш ефективною технологією за таких умов є – встановлення додаткової робочої арматури. Доведено практичну цінність роботи – формування ефективних рішень з відновлення ЕПБК на багатьох будівельних об'єктах при ремонті будівельних конструкцій. Упровадження результатів досліджень підтверджено відповідними довідками.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в міжнародних виданнях та ті, які рецензуються в SCOPUS або WoS

1. Молодід О. С., Плохута Р. О. Дослідження впливу технологічних чинників на якісні показники відремонтованих тріщин залізобетонних плитних конструкцій просочуванням // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). Warszawa. 2019. № 7 (47). S. 59–66. URL: https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/EESA_-JULI_47_part_8.pdf. (Видання має Державну Ліцензію наукового видання в Польщі: PR 19429 від 10 серпня 2015 р. Індексуються в базах Index Copernicus International; Google Scholar; РИНЦ; Academic Resource index; International Scientific Indexing; SladeShare; Cosmos Impact Factor). *(Особистий внесок: систематизація чинників впливу на якісні показники відремонтованих конструкцій, аналіз результатів досліджень)*.

2. 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). *(Особистий внесок: систематизація чинників впливу на якісні показники відремонтованих конструкцій, аналіз результатів досліджень)*.

3. Молодід О. С. Экспериментальные исследования технологии усиления железобетонных колонн углеродными волокнами // Наука и Техника. Международный научно-технический журнал. Минск, 2020. Том 19. № 5. С. 395–399. URL: <https://sat.bntu.by/jour/article/view/2362/2079> (видання індексується в Web of Science, Open Access, DOAJ, EBSCO, CyberLeninka, Google Scholar, Lens.org, Library of Congress, ROAD, ULRICH'S Periodicals directory, Research4life, Science Index та ін.)

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

4. Молодід О. С., Молодід О. О. Реконструкція житлового фонду Києва в контексті стратегії розвитку міста до 2025 року // Будівельне виробництво. Київ: ЦП «Компринт», 2014. № 57. С. 6–9. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: обґрунтовано актуальність наукових досліджень в області реконструкції будівель)*.

5. Молодід О. С., Молодід О. О. Реконструкція житлового фонду в Україні: техніко-економічний аспект // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: КНУБА, 2014. № 32. С. 131–137. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google

Scholar). *(Особистий внесок: дослідження техніко-економічних особливостей реконструкції будівель).*

6. Молодід О. С., Григоровський П. Є., Надточій М. І. Дослідження техніко-економічних показників будівництва від площі складського господарства // Будівельне виробництво. Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2014. № 57 (2). С. 11–13. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: визначення впливу чинників створених ущільненими умовами на будівельний процес).*

7. Молодід О. С., Григоровський П. Є., Надточій М. І. Методика визначення техніко-економічних показників нового будівництва в ущільнених умовах // Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2015. № 22. С. 186–192. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, ULRICH'S Web Glodal serials directory, BASE Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: дослідження впливу чинників створених ущільненими умовами на будівельний процес).*

8. Молодід О. С., Григоровський П. Є., Молодід О. С., Надточій М. І. Виявлення впливу ущільнених умов, створених існуючими будівлями та спорудами, на техніко-економічні показники нового будівництва // Будівельне виробництво. Київ: ЦП «Компринт», 2016. № 60. С. 3–8. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: визначення впливу чинників створених ущільненими умовами на техніко-економічні показники будівельних процесів).*

9. Молодід О. С., Григоровський П. Є., Плохута Р. О. Підсилення балочних конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних тканин // Будівельне виробництво. Київ: ЦП «Компринт», 2016. № 61/1. С. 13–18. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: розроблено програму досліджень та виконано експериментальні дослідження).*

10. Молодід О. С., Савйовський В. В., Малець Н. О. Підсилення залізобетонних балочних конструкцій зовнішнім армуванням // Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2017. № 29. С. 199–204. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, ULRICH'S Web Glodal serials directory, BASE Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: розроблено програму досліджень, виконано експериментальні дослідження та проаналізовано їх результати).*

11. Молодід А. С., Григоровський П. Є., Уманець І. М. Усилення железобетонного фундамента турбоагрегата Минской ТЭЦ-3 металлическими обоймами и подведением дополнительных рам // Нові технології в будівництві. Київ: «Видавництво Ліра-К», 2017. № 32. С. 5–12. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: проаналізовано чинники впливу на формування конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційної придатності залізобетонних опор та розроблено спосіб їх підсилення).*

12. Молодід О. С., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження ремонту тріщин балочних залізобетонних конструкцій просочуванням // Будівельне виробництво.

Київ: «Видавництво Ліра-К», 2017. № 63/1. С. 11–19. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: розроблено програму досліджень та виконано аналіз результатів досліджень).*

13. Молодід О. С., Савйовський В. В. Дослідження особливостей підсилення залізобетонних прольотних конструкцій зовнішнім армуванням // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. ПДАБА. 2017. № 4. С. 29–36. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, General Impact Factor, Directory of Open Access Journals (DOAJ), WorldCat, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), ResearchBib, InfoBase Index, Open Academic Journals Index, CyberLeninka, Directory of Research Journals Indexing, JournalTOCs, International Institute of Organized Research (I2OR), ScholarSteer, Copas, Biblioteca universia, WorldWideScience.org, Україніка наукова, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: розроблено програму досліджень, виконано експериментальні дослідження та проаналізовано їх результати).*

14. Молодід О. С. Дослідження впливу технології підготовки основи цегли на міцність приклеювання до неї елементів підсилення // Будівельне виробництво. Київ: «Видавництво Ліра-К», 2017. № 62/3. С. 89–92. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar).

15. 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. 173–172. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: розроблено методику досліджень та виконано аналіз результатів досліджень).*

16. Molodid O. S. Investigation of technical and economic indicators of reinforcement of floor slabs by different technologies // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava, 2018. Issue 1 (50). P. 253–263. (Журнал індексується в базах даних DOI, Crossref, Index Copernicus International, DOAJ, Academic Resource Index, MIAR, Polska Bibliografia Naukowa, Україніка наукова, Наукова періодика України, Google Scholar).

17. Молодід О. С., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження технології склеювання тріщин залізобетонних конструкцій просочуванням // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Вінниця, 2018. № 2 (25). С. 45–50. (Журнал індексується в базах даних Україніка наукова, Наукова періодика України, Google Scholar). *(Особистий внесок: систематизовано чинники впливу на формування рішення ремонту тріщин).*

18. Молодід О. С., Тонкачєєв Г. М., Молодід О. О. Методика впровадження у будівництво нових конструктивно-технологічних рішень з відновлення будівельних конструкцій // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2018. № 37. С. 163–171. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar) *(Особистий внесок: розроблено методику впровадження у будівництво*

нових конструктивно-технологічних рішень з відновлення будівельних конструкцій на підставі системних підходів).

19. Молодід О. С., Резніченко І. В. Експериментальні дослідження технології герметизації стиків матеріалами поліуретановими SPT RESINS // Будівельне виробництво. Київ: ДП «НДІБВ», 2019. № 65. С. 54–59. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). (Особистий внесок: систематизовано чинники впливу на ремонтні роботи, розроблено програму досліджень та виконано аналіз результатів досліджень).

20. Молодід О. С., Плохута Р. О. Технологія ремонту тріщин в залізобетонних конструкціях залежно від ширини їх розкриття // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. № 39, ч. 2. С. 154–161. (Журнал індексується в базах даних Наукова періодика України, Google Scholar). (Особистий внесок: розроблено програму досліджень та виконано аналіз результатів досліджень).

21. 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). (Особистий внесок: виявлено та систематизовано чинники впливу на формування рішення ремонту захисних шарів).

22. Молодід О. С., Резніченко І. В. Технологія герметизації стиків між збірними залізобетонними кільцями поліуретановими матеріалами SPT® Resins за результатами експериментальних досліджень // Будівельне виробництво. Київ: ДП «НДІБВ», 2020. № 69. С. 47–53. (Журнал індексується в базах даних Index Copernicus International, Наукова періодика України, Google Scholar). (Особистий внесок: розроблено методику експериментальних досліджень та проаналізовано їх результати).

Колективні монографії

23. Molodid O. S. Strengthening of reinforced concrete beam structures using external reinforcement. Efficiency research. *Organizational and technological model engineering in the construction industry: collective monograph*. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. P. 69–78. (Особистий внесок: розроблено програму експериментальних досліджень з виявлення впливу чинників на формування конструктивних та технологічних рішень підсилення балкових конструкцій зовнішнім армуванням, виконано дослідження та їх аналіз).

24. Molodid O. S. Study of the technology of strengthening brick walls by external reinforcement. *Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph*. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. P. 93–109. (Особистий внесок: розроблено програму експериментальних досліджень з виявлення впливу чинників на формування конструктивних та технологічних рішень підсилення кам'яних конструкцій зовнішнім армуванням, виконано дослідження та їх аналіз).

25. Molodid O. S. Study of the technology of strengthening reinforced concrete columns by external reinforcement. *Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph*. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. P. 101–117. (*Особистий внесок: розроблено програму експериментальних досліджень з виявлення впливу чинників на формування конструктивних та технологічних рішень підсилення колон зовнішнім армуванням, виконано дослідження та їх аналіз*).

Тези конференцій

26. Молодід О. С., Махиня О. М., Уманець І. М. Проблеми формування конструктивно-технологічних рішень опорядження та захисту будинків і споруд в сучасних умовах. *Науково-практичні засади будівельного виробництва в Україні: плани, прогнози, аналіз та досягнення: матеріали Всеукраїнської заочної наук.-практ. конф., м. Київ, 14 бер. 2014 р. Київ, 2014. С. 57–58. (Особистий внесок: наведено передумови з влаштування захисних покриттів для продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій)*.

27. Молодід О. С., Плохута Р. О. Аналіз технологій підсилення залізобетонних конструкцій. *Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві: матеріали VI Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Харків, 23–24 бер. 2016 р. Харків, 2016. С. 79–80. (Особистий внесок: проаналізовано можливі технології підсилення конструкцій)*.

28. Молодід О. С., Плохута Р. О. Технологічні особливості підсилення залізобетонних конструкцій. *Ефективні технології в будівництві: прогр. та тези доп. Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 7–8 квіт. 2016 р. Київ, 2016. С. 55–56. (Особистий внесок: розкрито технологічні особливості підсилення залізобетонних конструкцій)*.

29. Молодід О. С., Григоровський П. Є., Уманець І. М. Практичний досвід підсилення залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези II Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 6–7 квіт. 2017 р. Київ, 2017. С. 71–72. (Особистий внесок: систематизовано чинники, що впливають на формування рішення підсилення колон)*.

30. Молодід О. С., Плохута Р. О. Дослідження проникнення ін'єкційного розчину в тріщини залізобетонних конструкцій. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези II Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 6–7 квіт. 2017 р. Київ, 2017. С. 84–85. (Особистий внесок: запропоновано теоретичні основи експериментальних досліджень та виконано аналіз досліджень)*.

31. Молодід О. С. Дослідження технології підсилення вертикальних залізобетонних конструкцій з зовнішнім армуванням. *Будівельні конструкції, будівлі та споруди третього тисячоліття: зб. мат. наук.-практ. Інтернет-конф., м. Херсон, 17 травня 2017 р. Херсон, 2017. С. 7–10.*

32. Молодід О. С., Григоровський П. Є. Особливості підсилення вертикальних залізобетонних конструкцій фундаменту турбогенератора на ТЕЦ-3 в м. Мінськ. *Нові технології в будівництві: прогр. та тези доп. VI Міжнародн. наук.-техн. конф., м. Київ, 24–26 трав. 2017 р. Київ, 2017. С. 83–86. (Особистий внесок: систематизовано чинники, що впливають на формування рішення підсилення колон)*.

33. Молодід О. С., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження ремонту тріщин балочних залізобетонних конструкцій просочуванням. *Нові технології в будівництві: прогр. та тези доп. VI Міжнародн. наук.-техн. конф.*, м. Київ, 24–26 трав. 2017р. Київ, 2017. С. 94–95. *(Особистий внесок: розроблено програму експериментальних досліджень спрямовану на виявлення залежностей якісних показників ремонту тріщин від впливу чинників)*.

34. Молодід О. С. Технологія підсилення плит перекриття зовнішнім армуванням. *Експлуатація та реконструкція будівель і споруд: тези доп. II Міжнарод. конф.*, м. Одеса, 16–17 листоп. 2017 р. Одеса, 2017. С. 92–96.

35. Molodid O. S. Study of brick surface preparation technology effect onto adhesive strength of reinforcement elements. *Build-Master-Class-2017: Int. scien.-pract.conf. young scien.*, Kyiv, nov. 28 – dec. 01 2017. Kyiv, 2017. P. 206–207.

36. Молодід О. С., Плохута Р. О. Експериментальні дослідження склеювання тріщин залізобетонних конструкцій просочуванням. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези III Міжнарод. наук.-техн. конф.*, м. Київ, 28–29 березня 2018 р. Київ, 2018. С. 138–139. *(Особистий внесок: розроблення теоретичних підходів до експериментальних досліджень)*.

37. 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. *(Особистий внесок: систематизовано чинники, що впливають на формування рішення з відновлення захисних шарів)*.

38. Молодед А. С., Вахович И. В. Экспериментальные исследования технологии усиления кирпичных стен углеродным волокном. *ВИМ-технологии. Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение: материалы V Междунар. науч.-практ. конф.*, г. Минск, 23–24 мая 2018 г. Минск, 2018. С. 77–78. *(Особистий внесок: систематизовано чинники, що впливають на формування рішення підсилення колон)*.

39. Молодід О. С., Плохута Р. О., Повх І. І. Дослідження впливу технологічних чинників на ремонт тріщин залізобетонних плитних конструкцій просочуванням. *Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні, та житлово-комунальному господарстві: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студ. та мол. уч.*, м. Запоріжжя, 6–8 листопада 2018 р. Запоріжжя, 2018. С. 62–66. *(Особистий внесок: систематизовано технологічні чинники, що впливають на ремонт тріщин)*.

40. Молодід О. С., Шарикіна Н. В. 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 листопада 2018 р. Запоріжжя, 2018. С. 79–82. *(Особистий внесок: проаналізовано відомі технології ремонту залізобетонних конструкцій)*.

41. Молодід О. С., Плохута Р. О. Вплив ширини розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях на технологію їх ремонту. *Ефективні технології в*

будівництві: програма та тези IV Міжнарод. наук.-техн. конф., м. Київ, 27–28 березня 2019 р. Київ, 2019. С. 151–154. (Особистий внесок: виконано аналіз результатів досліджень).

42. 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. (Особистий внесок: виконано аналіз результатів досліджень).*

43. Молодід О. С., Плохута Р. О. Дослідження зміни температури на міцнісні показники відремонтованих конструкцій за їх різної вологості. *Build-Master-Class–2019: Int. scien.-pract. conf. young scien., Kyiv, 27–29 nov. 2019. Kyiv, 2019. P. 218–219. (Особистий внесок: сформульовано мету та ціль дослідження, виконано теоретичне моделювання результатів досліджень).*

44. 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. (Особистий внесок: розроблено програму експериментальних досліджень).*

45. Molodid O. S., Ivanchenko G. M., Plokhuta R. O., Tsap O. M., Sobczak-Piąstka J. Technical and economic indicators of crack repairing in reinforced concrete structures. *Surveying, civil engineering, geoinformation in sustainable development: materials 28-th conference, Bydgoszcz, Poland June 2–10 2020. Bydgoszcz, 2020. URL: <http://scegeo.utp.edu.pl/2020/06/01/poster-69/>. (Особистий внесок: досліджено технологічну та економічну ефективність ремонту тріщин).*

46. 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. (Особистий внесок: виконано аналіз результатів досліджень).*

Апробація на конференціях без публікацій

47. Молодід О. С., Махиня О. М., Уманець І. М. Методика викладання технології влаштування опоряджувальних і захисних покриттів під час проведення начальних практикумів. *75-та Науково-практична конференція КНУБА: програма 75-ої наук.-практ. конф. м. Київ, 15–18 квіт. 2014 р. Київ, 2014. С. 88. (Особистий внесок: запропоновано методику викладання технології захисних покриттів).*

Норми та стандарти України

48. Галінський О., Григоровський П., Молодід О., Мурасьова О. та ін. ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014. Видання. Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом. [На заміну ДБН А.2.2-4-2003; чинний з 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 10 с. *(Особистий внесок: створення вимог до підготовки до будівництва та контролю якості будівельних робіт).*

49. Галінський О., Григоровський П., Котляренко А., Молодід О., та ін. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. [На заміну ДБН А.3-1-5-2009; чинний з 2016-08-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016. 54 с. *(Особистий внесок: розроблено положення щодо відповідності виконання будівельних робіт та виявлення відхилень від проектних рішень)*.

Авторські свідоцтва, дипломи, патенти.

50. Молодід О. С., Плохута Р. О., Колесніков В. О. Спосіб ремонту та захисту горизонтальних залізобетонних конструкцій з великою кількістю дрібних тріщин ін'єктуванням за допомогою «Лоточка»: пат 114090 Україна: E04B 1/62. № u201609749; заявл. 22.09.2016; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=232655> (дата звернення: 15.12.2020). *(Особистий внесок: запропоновано принципове рішення розробленого обладнання)*.

51. Молодід О. С., Плохута Р. О., Колесніков В. О. Спосіб підсилення залізобетонних конструкцій приклеюванням склосітки: пат 114091 Україна: E04B 1/62; E04G 23/02. № u201609750; заявл. 22.09.2016; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=232656> (дата звернення: 15.12.2020). *(Особистий внесок: розроблено спосіб підсилення)*.

52. Молодід О. С. Спосіб підсилення залізобетонних балочних конструкцій приклеюванням металевих пластин: пат 124227 Україна: E04G 23/02. № u201710927; заявл. 09.11.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=245593> (дата звернення: 15.12.2020).

53. Молодід О. С. Спосіб підсилення залізобетонних та кам'яних колон (пілон): пат 124228 Україна: E04G 23/02. № u201710926; заявл. 09.11.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=245592> (дата звернення: 15.12.2020).

54. Молодід О. С. та ін. Спосіб ремонту незначних глибоких пошкоджень нижньої поверхні залізобетонних конструкцій: пат 133538 Україна: E04B 1/00, E04B 1/62. № u201811314; заявл. 19.11.2018; опубл. 10.04.2019, Бюл. № 7. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=257409> (дата звернення: 15.12.2020). *(Особистий внесок: запропоновано принципове рішення розробленого способу)*.

55. Молодід О. С. 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). *(Особистий внесок: запропоновано принципове рішення розробленого способу відновлення нижніх поверхонь залізобетонних конструкцій)*.

Навчально-методичні праці

56. Терновий В. І., Молодід О. С. Технологія будівельних процесів: метод. вказ. 3-тє вид., вип. і доп. Київ: КНУБА, 2015. 47 с. *(Особистий внесок: вступ, 1 та 3 розділи)*.

57. Енергоефективність в муніципальному секторі: навч. пос. / А. Максимов, О. Молодід та ін. Київ, 2015. 184 с. *(Особистий внесок: розділ 5)*.

58. Терновий В. І., Молодід О. С., Уманець І. М. Бурові роботи у будівництві: навч. пос. Київ: КНУБА, 2016, 84 с. *(Особистий внесок: розділ 3 та 4)*.

59. Терновий В. І., Уманець І. М., Саушева Л. С., Молодід О. С. Ущільнення ґрунтів у будівництві: навч. пос. Київ: КНУБА, 2016. 128 с. *(Особистий внесок: розділ 5)*.

60. Савйовський В. В., Соловей Д. А., Молодід О. С. Підсилення будівельних конструкцій під час реконструкції будівлі: метод. вказ. Київ: КНУБА, 2017. 76 с. *(Особистий внесок: додаток «Б», «В», «Г»)*.

61. Молодід О. С., Чепурний В. В., Горобець Н. О. Основи будівельного виробництва: метод. вказ. Київ: КНУБА, 2017. 40 с. *(Особистий внесок: вступ, розділ 2 та 3)*.

62. Махиня О. М., Молодід О. С. Технологія зведення та опорядження житлового будівництва: метод. вказ. Київ: КНУБА, 2018, 60 с. *(Особистий внесок: додаток «Б», «В»)*.

63. Савйовський В. В., Молодід О. С. Зведення спеціальних будівель і споруд: навч. пос. Київ: Ліра-К, 2019. 248 с. *(Особистий внесок: розділ 2 та 5)*.

64. Соловей Д. А., Молодід О. С., Малець Н. О. Технологія будівельних процесів: метод. вказ. Київ: КНУБА, 2020. 20 с. *(Особистий внесок: розділ 1 та 3)*.

АНОТАЦІЯ

Молодід О. С. Система формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва (19 – Архітектура та будівництво). – Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2021.

У дисертаційній роботі вирішено низку науково-теоретичних завдань, спрямованих на удосконалення системи формування ефективних конструктивно-технологічних рішень. Вказана система побудована на принципах покрокового формування на підставі виявлених залежностей трудомісткості, тривалості і вартості виконання процесів від чинників впливу при відновленні конструкцій способами ремонту та підсилення. Такий підхід дав змогу підвищити рівень обґрунтованості вибору рішень під час варіантного проектування та виконання робіт.

Здійснено відбір та систематизацію чинників, що впливають на параметри технології відновлення кам'яних і залізобетонних будівельних конструкцій, а також змодельовано процес формування конструктивно-технологічних рішень. У процесі виконання технологічних операцій, що є елементами відповідного технологічного процесу, відбувається зміна фактичного стану досліджуваної конструкції, і в результаті вона набуває проектних експлуатаційних показників.

Експериментальними дослідженнями виявлено залежності впливу чинників на формування конструктивних та технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності прольотних та опорних будівельних конструкцій. Такими дослідженнями встановлена висока ефективність підсилення конструкцій їх зовнішнім армуванням, а саме наклеюванням на їх поверхню високоміцних тканин. Досліджено основні нормативні техніко-економічні показники для кожної з технологій.

На підставі одержаних наукових теоретичних та експериментальних досліджень, розроблено системи формування конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій у складі трьох підсистем: підсистема 1 – формування технологічних рішень ремонту будівельних конструкцій; підсистема 2 – формування конструктивно-технологічних рішень підсилення будівельних конструкцій залежно від реального оточення; підсистема 3 – формування конструктивно-технологічних рішень підсилення будівельних конструкцій залежно від нормативної техніко-економічної ефективності способів підсилення. Базуючись на запропонованих системах, розроблено системи формування рішень на основі планових техніко-економічних показників залежно від впливу чинників зовнішнього середовища.

Нова система формування та вибору раціональних конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій доведена до можливості практичного використання у вигляді методики та рекомендацій. Використання таких рішень дасть змогу підвищити ефективність і якість проектних робіт, скоротити етап будівельно-монтажних робіт та знизити їх вартість. Результати досліджень впроваджено у виробничу практику на будівельних об'єктах.

Ключові слова: конструктивно-технологічні рішення, система формування, чинники, будівельні конструкції, дефекти та пошкодження, техніко-економічні показники, технологія, процес перетворення, експериментальні дослідження.

ABSTRACT

Molodid O. S. System of formation of constructive and technological solutions of operational suitability restoration of building structures. – Qualification scientific work on the manuscript.

Thesis for degree of doctor of science in specialty 05.23.08 – technology and organisation of industrial and civil engineering (19 – Architecture and Construction). – Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2021.

In this dissertation number of scientific and theoretical tasks were solved. They are focused on improving of forming efficient system of constructive and technological solutions. This system is based on principles of step by step forming on the basis of identified dependencies of labour intensity, duration and cost of process execution from influence factor during structures restoration by repairing and strengthening. This approach has enabled increase correctness of technology choice at the design stage.

According to analysis results of the issue state of forming Constructive and Technological Solutions (CTS) of the operational state restoration of the structures was identified that demand in restoration works is a mass phenomenon during overhaul, restoration, and also new construction. Current forming systems of CTS do not consider many features of contemporary building materials, machinery, efficient technologies. All these factors caused exploration CTS for the purpose of creating advanced system of their forming and based on study and generalization of factors influence on the justified and rational decision. Involving into system new solutions and developing ones, which use cheaper domestic materials, extend number of suitable solutions.

Theoretical researches of influential factors were carried out, identified range of their confidence interval. Based on results, were identified factors that affect the most on the main processes of building structures restoration. General set of factors was systemized, appropriate groups and subgroups were formed, they mainly identified by: nature and type of damage and defects; amount and type of repair work; processes recurrence; factors of internal and external environment. Evaluation criteria were defined CTS, they include: the degree of restoration of the load-bearing capacity of building structures, complexity, duration and cost of the work. Existing information about first criteria was not enough, that caused carrying out number of experimental researches mainly repairing and strengthening concrete, reinforced concrete and masonry constructions of buildings and structures.

Experimental researches were conducted for linear and slab, horizontal and vertical concrete, reinforced concrete and masonry structures. The technologies of repair of the most common structural damages, namely cracks on the lower surfaces of span structures, the method of their impregnation and repair of damage by adding repair mixtures to the body have been studied. Dependences of increase of bearing capacity of designs on a variant of strengthening which allow to carry out step-by-step selection of ways of performance of processes are established. The efficiency of strengthening span and support constructions by means of plastering external reinforcement, namely plastering high-strength fabrics and lamellas, is provided. External reinforcement provided increasing of bearing capacity up to 4 times for span structures, and up to 2 times for columns. Found out that quality of strengthening of plastering high-strength fabrics and lamellas on the masonry surfaces much depends on surface preparing quality. It is possible to increase bearing capacity of masonry structures up to 6 times by plastering external strengthening.

Based on the received theoretical and experimental data, methods of strengthening building structures were selected and systematized, for which a series of studies were performed to determine the main technical and economic indicators (cost, complexity, duration of work) of selected methods of strengthening each type of structure. Such studies were conducted under normal conditions without the influence of complicating factors. It is identified that specifically for columns the complexity of strengthening processes which provide use carbon fabrics strips is the least. The cheapest way to strengthen is to install a reinforced concrete jacket, and the technology with the installation of carbon fabric strips has the shortest duration (its duration is 12.5 times shorter compared to the installation of a reinforced concrete holder, which is the longest option).

On the basis of experimental and theoretical studies, CTS forming scheme of operational state restoration of building structure as part of three subsystems is developed:

1 – forming technological solutions for building structures repairing;
2 – forming CTS for building structures strengthening depending on environment;
3 – forming CTS for building structures strengthening depending on technical and economic efficiency of strengthening method. At the final stage, the system forms the planned complexity for all methods of reinforcement, under the influence of factors, makes it possible to choose the one that will have the lowest technological intensity. In the future, set the planned wages of workers for the selected technology and the planned duration of work. As a result of such transformations design indicators for the chosen design are established. To do this, analytical studies have established coefficients that allow to take into account the influence of factors in determining the planned level of complexity.

The developed system was tested at several construction sites, where it was necessary to perform repair work aimed at restoring the operational state of building structures. With its help at the stage of design works found out possible CTS of repair and strengthening, consider conditions of works performance, found out planned technical and economic indicators and chose the most technologically and economically effective decision of restoration of building structure operational. In particular, it was concluded that the restoration of structures at one of the existing production facilities is most rationally performed by technology that involves the use of carbon lamellas. The least effective technology in such conditions is the installation of additional steel bars.

The new system of formation and selection of rational constructive and technological solutions to restore the operational of building structures is brought to the possibility of practical use in the form of methods and recommendations. The use of such solutions will increase the efficiency and quality of design work, reduce the stage of construction and installation work and reduce their cost. The research results have been implemented in production practice at construction sites.

Key words: constructive and technological solutions, forming system, factors, building structures, defects and damages, technical and economic indicators, technology, transformation process, experimental researches.

Гарнітура Таймс. Формат 60x84/16.
Наклад 100. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 1,9.
Підписано до друку 06.04.2021. Замовлення 143.

Надруковано в «МП Леся».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи від 08.04.2002 р. серія ДК № 892.

«МП Леся»
03148, Київ, а/с 115.
Тел./факс: (066) 60-50-199, (068) 126-49-26
E-mail: lesya3000@ukr.net