

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 725:[69.059.28:355.01]

М. О. ПОЛТАВЕЦЬ^{1*}, О. І. ЛАХТАРЕНКО²

^{1*} Кафедра промислового та цивільного будівництва, Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69606, тел. +38(050) 710 00 58, ел. пошта poltavmar@ukr.net, ORCID 0000-0003-0504-5278

² Кафедра промислового та цивільного будівництва, Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69606, ел. пошта lahtarenko28@gmail.com, ORCID 0009-0009-6544-2321

ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ ВНАСЛІДОК ЧАСТКОВОЇ ВІЙСЬКОВОЇ РУЙНАЦІЇ

Мета. Дослідження, які здійснюються в напрямку експлуатаційної якості, доказують, що життєвий цикл будівельної продукції може бути також істотно збільшений за рахунок використання новітніх технологій комплексотехнічного підходу. Комплексотехнічний підхід охоплює засади використання новітніх технологій, які компенсують функціональні витрати об'єкту на етапі експлуатації. До складу новітніх технологій сучасний світ вимагає наявність розробок ефективної економії ресурсів і одночасно забезпечення потрібного рівня безпеки в різних кризових ситуаціях, у тому числі при воєнному стані. Основа мета реалізації такого підходу є встановлення причин втрати надійності та ресурсу при обліку змін умов зовнішнього і внутрішнього середовища. **Методика.** Методи і методики діагностування надійності та експлуатаційної якості будівельних об'єктів дозволяють реалізувати процедури оцінки на різних стадіях життєвого циклу, в тому числі під час актуального періоду, в попередніх циклах проєктування (стадії пошуку прототипу), а також порівняльно-аналітичне споріднення з аналогами. Результати реалізації дозволяють виявити перспективний напрямок нормування будівельних проєктів, обґрунтувати і розробити технології формування його експлуатаційної якості. **Результати.** Проаналізована ситуація фізичного стану промислової будівлі по військовій руйнації, після чого обґрунтовано та запропоновано пошук оптимізаційних технологій в формуванні надійності та експлуатаційної якості будівельних об'єктів, в тому числі для ефективної реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. **Наукова новизна.** Досліджено комплекс технологічних процедур моніторингу факторних впливів на рівень експлуатаційної якості промислової будівлі за системоутворюючими принципами при прогнозуванні випадкових впливів в режимі ризику та невизначеності. **Практична значимість.** Обґрунтовано адаптаційні підходи своєчасного реагування в надзвичайних умовах, з метою додержання запланованих стандартів експлуатаційної якості, реалізовані на практичному прикладі виконання технічного звіту виробничо-механічного корпусу №132, розташованого у м. Запоріжжя, ДП «Івченко-Прогрес» 63Т-1286-ОБ-ТЗ після військових руйнацій. **Висновки.** Результати науково-практичного дослідження дозволили розкрити актуальні принципи технологій управління, оцінки та методики підвищення експлуатаційної якості на всіх етапах життєвого циклу об'єкту будівництва з врахуванням ризикових та небезпечних ситуацій під час воєнних дій. На основі виконаного візуального та інструментального дослідження будівельних конструкцій промислової будівлі був складений даний технічний звіт. Рішенням наукової групи експертів встановлено, що експлуатація досліджуваного об'єкта має бути зупинена до відновлення його експлуатаційної придатності згідно з запропонованими рекомендаціями відповідно до проєктної документації. Науково-практична значимість дослідження обґрунтовує необхідність подальшого застосування новітніх технологій комплексотехнічного підходу в формуванні експлуатаційної якості для ефективної реалізації інвестиційно-будівельних проєктів.

Ключові слова: будівництво; експлуатація; оптимізація; обстеження; технічний стан; фізичний і моральний знос; надійність; руйнація

Вступ

Адаптаційні вимоги оборонної сучасності України орієнтовані на пристосування процесів управління якістю в будівельних виробничих

системах до жорстких та небезпечних умов воєнного стану.

Дослідження, які здійснюються в напрямку експлуатаційної якості, доказують, що життєвий цикл будівельної продукції може бути та-

кож істотно збільшений за рахунок використання новітніх технологій комплексотехнічного підходу (Данкевич, 2019, 2020; Данкевич, Анін, & Жуковський, 2023). Комплексотехнічний підхід охоплює засади використання новітніх технологій, які компенсують функціональні витрати об'єкту на етапі експлуатації (Павлов, Полтавець, & Павлов, 2020; Радкевич, Бичевий, & Мішук, 2020; Полтавець, Арутюнян, & Ажажа, 2021). До складу новітніх технологій сучасний світ вимагає наявність розробок ефективної економії ресурсів і одночасно забезпечення потрібного рівня безпеки в різних кризових ситуаціях, у тому числі при воєнному стані. Основа мета реалізації такого підходу є встановлення причин втрати надійності та ресурсу при обліку змін умов зовнішнього і внутрішнього середовища (Abdollahzadeh, Faghihmaleki, & Avazeh, 2020; Arutiunian, Poltavets, Achacha, M., et al., 2021).

Наукове дослідження технологій оцінки експлуатаційної якості пропонується реалізувати розглядаючи технічний звіт з обстеження виробничо-механічного корпусу №132, розташованого за адресою м. Запоріжжя, ДП «Івченко-Прогрес» шифр 63Т-1286-ОБ-ТЗ, розроблений ТОВ «Проектний інститут «Запорізький ПРОМБУДПРОЕКТ» у 2022 році.

Мета

Експлуатаційна якість будівельної продукції реалізується часовим періодом життєвого циклу та можливостей його континуації в різних умовах функціонування, у тому числі при зниженні безпекової ситуації. Існує необхідність пошуку сучасних підходів до результативного коригування та розробки оптимізаційних технологій в формуванні експлуатаційної якості для ефективної реалізації інвестиційно-будівельних проєктів в різних безпекових умовах, також під час воєнного стану (Arutiunian, Poltavets, Bondar, O., et al., 2020; Arutiunian, I., Dankevych, Arutiunian, Ye., et al., 2020; Данкевич, Анін, & Жуковський, 2023; Полтавець, & Лахтаренко, 2023).

Мета дослідження досягалась шляхом виконання обстеження та оцінки технічного стану конструкцій будівлі виробничо-механічного корпусу № 132 після влучання ракети внаслідок збройної агресії російської федерації, з метою розробки висновків, рекомендацій та подальшим розробленням проєктної документації, щодо усунення виявлених дефектів і приведення всіх будівельних конструкцій до вимог безпечної, надійної та безаварійної подальшої експлуатації зруйнованого виробничо-механічного корпусу (рис. 1).

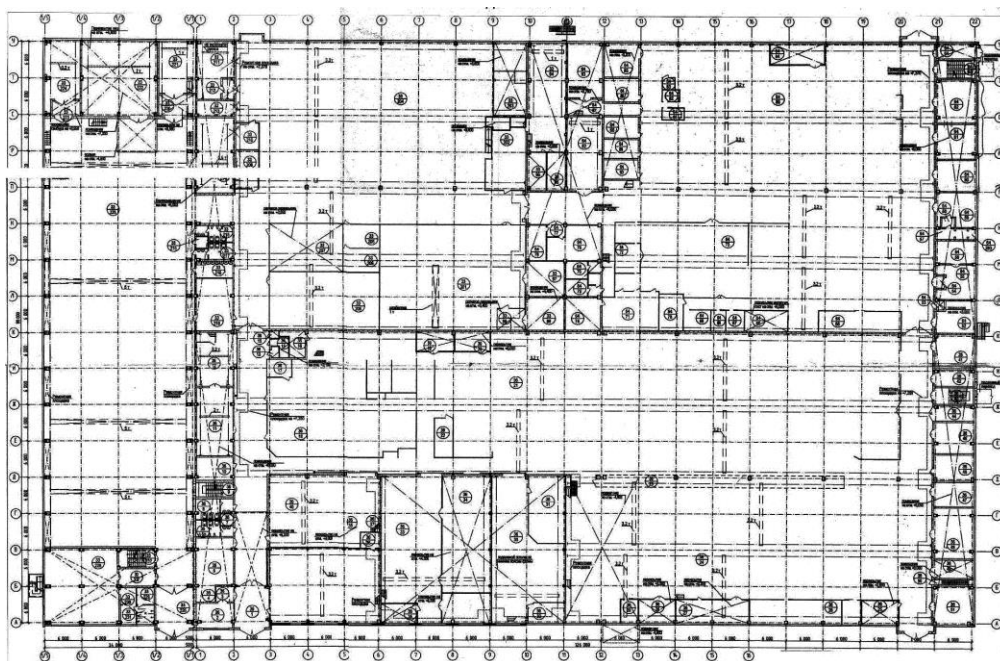


Рис. 1 . План досліджуваного будівельного об'єкту виробничо-механічного корпусу № 132 ДП «Івченко-Прогрес» 63Т-1286-ОБ-ТЗ в м. Запоріжжя

Методика

Процеси дослідження надійності та фізичного стану в будівництві описуються залежностями та алгоритмами технологій визначення показників та характеристик експлуатаційної якості.

Експлуатаційна якість будівельних об'єктів різного призначення оцінюються по-різному бо різні експлуатаційні характеристики мають і конструкції з різних матеріалів. Під параметрами експлуатаційних якостей будівель слід розуміти науково обґрунтовані характеристики (одну або кілька) конструктивного елемента, середовища та ін. (рис. 2) (Полтавець М. О., Лахтаренко О. І. (2023)).



Рис. 2. Система параметрів експлуатаційної якості в будівництві

Одним з найважливіших засобів з діагностики пошкоджень будівель і споруд, їх напружено-деформованого стану є відносна висотна геодезична зйомка фундаментів будівлі (ВВГЗФБ). Геодезична зйомка фундаментів будівлі дає розуміння в якому фактичному висотному положенні знаходяться її фундаменти. При цьому не важлива прив'язка до реперу будь яких систем висот, оцінювання результатів зйомки буде проводитись відносно самої високої точки фундаментів будівлі.

Це відкриває можливість порівняння фактичних значень деформацій основ (фундаментів) споруд з граничними.

ВВГЗФБ виробничо-механічного корпусу № 132 виконувалась по нижньому поясу кроквяних ферм. Враховуючі щільність розташування обладнання, висотою кроквяних ферм, відсутність мостових кранів з яких можна було б виконувати виміри, зйомка велась шляхом нівелювання підлоги безпосередньо під кроквяними фермами та замірювалась відстань між

точками нівелювання та кроквяними фермами лазерним далекоміром. При наявності сучасних приладів дистанційного вимірювання (тахеометри та інше), процес виконання зйомки та обробки її результатів значно спрощується.

За результатами висотної зйомки встановлена гранична відносна нерівномірність фундаментів будівлі цеху яка дорівнює 0,002.

Результати

Обстеження будівельних конструкцій промислової будівлі проводилося шляхом візуального огляду, обмірів, фотофіксації (рис. 3, 4).



Рис. 3. Зона повного руйнування покриття внаслідок влучання ракети між рядами "Т"- "У" та осями "3"- "10"; рядами "Р"- "Т" та осями "5"- "9"; рядами "П"- "Р" та осями "6"- "8"

При візуальному огляді будівельних конструкцій особлива увага зверталася на місця найбільш ймовірних пошкоджень і деформацій. Проведено візуальний огляд споруд в цілому з фіксуванням тріщин і деформацій.

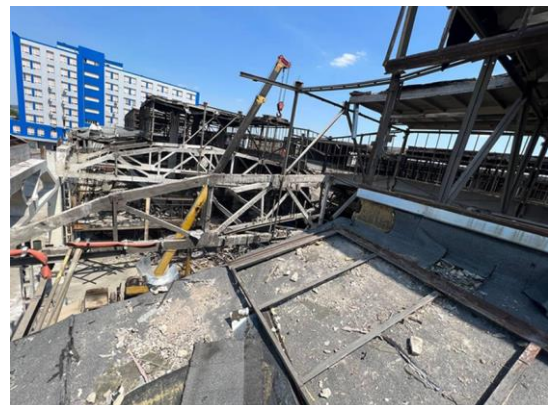


Рис. 4. Характерні пошкодження конструкцій ліхтаря внаслідок влучання ракети між рядами "П"- "У" та осями "5"- "9"

Обстеження металевих колон, залізобетонних колон, кроквяних ферм проводилось згідно з вимогами та положеннями нормативних документів (ДСТУ-Н Б.В.1.2-18:2016. (2018)).

В ході робіт з обстеження проводилось порівняння фактичних геометричних розмірів проєктним, проводилась перевірка перетинів конструктивних елементів, виявлення та фіксація параметрів дефектів і пошкоджень.

При обстеженні залізобетонних колон дефектів та пошкоджень, які свідчать про зниження міцності бетону, не виявлено.

Наукове дослідження експлуатаційної якості при виконанні робіт з обстеження промислової будівлі передбачало такі виробничі операції: встановлення фактичних геометричних розмірів ферм; перевірка перетинів конструктивних елементів; виявлення та фіксація параметрів дефектів і пошкоджень; інструментальні дослідження неруйнівного контролю з встановленням фактичної марки бетону залізобетонних кроквяних ферм. Роботи з обстеження проводились паралельно з роботами по розбиранням завалів.

Зафіксовано пряме попадання ракети в кроквяну ферму ряду 7 в прольоті П-У з її подальшим руйнуванням. При спробі демонтувати зруйновані плити покриття обрушилась ферма по ряду 8 прольоту П-У. При її обстеженні безпосередньо на землі, виявились тріщини в тілі бетону у вигляді павутиння шириною розкриття 0,1-0,3 мм. Відразу за допомогою склерометру були проведені роботи з встановленням фактичної марки бетону ферми. Вона виявилась на рівні 15-22 МПа при заявленій проєктній міцності в 50 МПа. На цієї підставі терміново були виконані роботи з встановлення фактичної міцності бетону кроквяних ферм в епіцентрі вибуху. Виявилось, що проєктній марці бетону М500 не відповідають ферми прольоту П-У в рядах 3, 4, 5, 6, 7, 8 та ферми прольоту К-П в рядах 5, 6, 7, 8. Причиною зниження міцності бетону стали коливання ферм із площини внаслідок вибухової хвилі. Це привело к розвитку тріщин павутинного характеру глибиною до середини поперечного перерізу елементів ферм. Таке явище було виявлено вперше за тривалий період виконання робіт з обстеження будівель і споруд. Цей факт необхідно враховувати при проведенні обстеження будівель і споруд з повним залізобетонним каркасом, пошкоджених

внаслідок вибуху ракет, бомб, снарядів та інших вибухових речей.

Покриття будівлі вирішено зі збірних залізобетонних ребристих плит розмірами 3,0×6,0 м.

В ході робіт з технічного обстеження проводилось порівняння фактичних геометричних розмірів проєктним, проводилась перевірка перетинів конструктивних елементів, виявлення та фіксація параметрів дефектів і пошкоджень. Плити в осях 6-8 в рядах У-Р та в осях 7-8 в рядах Р-П зруйновані внаслідок прямого влучання ракетою.

Виявлені пошкодження зовнішніх стін будівлі. Зруйновані навісні панелі по ряду У в осях 2-10 внаслідок вибуху.

Виявлені пошкодження внутрішніх стін. Зруйновані навісні панелі по осях 2 і 10, рядах П-У, по осях 2 і 10, рядах А-П тріщини в панелях, висипання міжпанельних швів. По ряду Д і В в осях 3-11 – поперечні тріщини в панелях і вихід панелей з площини в місцях поперечних тріщин. В цегляних перегородках – тріщини розміром до 5 мм. Цегляна перегородка по осі 2 в рядах П –Р з відм. +6,00 м вийшла із площини.

Виявлені пошкодження колій підвісних кранів – відсутність їздової балки вздовж ряду У в осях 6-9; гвинтоподібність кранової балки вздовж рядів С та П в осях 4-10.

Виявлені пошкодження ліхтарів – повністю зруйнований ліхтар в рядах Р-Т, осях 3-11; вигини елементів в'язей у двох площинах по верхнім поясам ферм ліхтаря в рядах Л-Н, осях 3-11; повністю відсутнє скління ліхтарних рам всієї будівлі внаслідок ударної хвилі.

Пошкодження віконних блоків – вибите скління внаслідок вибухової хвилі по ряду У і по осі 22. Пошкодження воріт та дверей – деформації внаслідок вибуху, в зоні вибуху повна руйнація.

Пошкодження покрівлі в зоні вибуху відсутня, на інших ділянках присутні тріщини, повітряні міхури і відшарування рулонного килиму, також присутні механічні пошкодження рулонного килима і засмічення покрівлі рештками будівельних конструкцій. Пошкодження водосточу – в районі вибуху був зруйнований.

Пошкодження оздоблення приміщень – руйнування штукатурного шару внаслідок вибуху і пожежі.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Виявлені дефекти та пошкодження конструктивних елементів кроквяних ферм, покриття промислової будівлі різних типів та їх причини (табл. 1).

Таблиця 1

Дефекти, пошкодження та можливі причини їх виникнення після влучання ворожої ракети

Найменування дефекту (пошкодження)	Можливі причини виникнення
Сколювання бетону	Внаслідок механічного впливу ударної хвилі від вибуху
Волосяні тріщини що не мають чіткої орієнтації, зниження міцності бетону. Тріщини з шириною розкриття 0,3 мм, 0,4 мм, 0,6 мм, 1,4 мм	Перевантаження конструкції внаслідок впливу ударної хвилі від вибуху
Руйнування конструкції	Внаслідок прямого влучання ракети
Поверхня конструкції вкрита кіптявою	Наслідок вогневого впливу від пожежі та впливу ударної хвилі від вибуху
Вилуговування кальцію внаслідок замочування	Внаслідок замочування
Цілковита руйнація плит покриття	

За результатами обстеження технічного стану конструкцій визначено технічний стан основних конструкцій. Технічний стан основних конструкцій будівлі наведено в табл. 2.

Відсоток фізичного зносу сталевих конструкцій будівлі виробничо-механічного корпусу № 132 складає 10 % (за винятком конструкцій пролетів К-П; П-К в вісях 2-11), що свідчить про те, що працездатність конструкцій рекомендовано підтримувати поточними ремонтами в терміни, передбаченими положенням про планово-попереджувальним ремонт (ДСТУ Б В.2.6 –27:2006, 2006)).

За результатами обстеження, виробничо-механічний корпус № 132 в цілому відноситься до категорії технічного стану “4” – аварійний (ДСТУ-Н Б.В.1.2-18:2016, 2018)).

Таблиця 2

Технічний стан основних конструкцій промислової будівлі після пошкоджень від збройної агресії

Частини об'єкту, основи та конструктивні елементи	Оцінка стану
Колони	Задовільний
Кроквяні ферми: вісь 4-10 між рядами П-У; вісь 7-9 між рядами К-П	Аварійний
вісь 3 між рядами П-У	Непридатний для нормальної експлуатації
всі інші	Задовільний
Підкроквяні ферми: ряд У в вісях 2-4; 6-8	Аварійний
ряд У в вісях 4-6; 10-12; ряд П в вісях 8-10	Непридатний для нормальної експлуатації
всі інші	Задовільний
З/б плити покриття: в вісях 3-10 проліт П-У; в вісях 6-10 проліт К-П; плити 1, 2 в вісях 5-6 проліт К-П	Аварійний
плити 2, 4, 7 в вісях 2-3 проліт П-У; плити 1, 3, 5, 6, 8 в вісях 11-12 проліт П-У; плита 1 в вісях 11-12 проліт К-П	Непридатний для нормальної експлуатації
всі інші	Задовільний
Колії підвісних кранів	Аварійний;
Стіни зовнішні	Аварійний
Перегородки	Аварійний
Покрівля	Аварійний
Ліхтарі	Аварійний
Віконні блоки	Непридатний для нормальної експлуатації
Ворота, дверні блоки	Непридатний для нормальної експлуатації
Підлога	Задовільний
Вимощення	Задовільний

Наукова новизна та практична значимість

Досліджено комплекс технологічних процедур моніторингу факторних впливів на рівень

експлуатаційної якості промислової будівлі за системоутворюючими принципами при прогнозуванні випадкових впливів в режимі ризику та невизначеності.

Експлуатаційна якість досліджувалась шляхом практичної реалізації технології оцінки технічного стану та обстеження конструкцій будівлі виробничо-механічного корпусу № 132 після влучання ракети внаслідок збройної агресії російської федерації. Це дало змогу розробити висновки, рекомендації до виконання проектної документації, щодо усунення виявлених дефектів і приведення всіх будівельних конструкцій до вимог безпечної, надійної та безаварійної подальшої експлуатації зруйнованого виробничо-механічного корпусу

З огляду аварійного технічного стану будівлі виробничо-механічного корпусу № 132 прийнято рішення що, конструкції будівлі потребують провадження негайних заходів щодо відновлення їх задовільного технічного стану для забезпечення безпеки подальшої експлуатації.

Крім того, зважаючи на аварійний стан конструкцій кроквяних ферм, плит покриття, зовнішніх стін, конструкції ліхтарів, колії підвісних кранів, покрівлі між осями “2”-“11” пролетів К-П; П-У, необхідно терміново розробити та виконати заходи що повного демонтажу аварійні конструкції (кроквяні ферми, ліхтарі, плити покриття, стінові панелі, внутрішні перегородки, колії підвісних кранів) в осях 2-11, рядах К-У.

З огляду на вищевикладене рекомендується виконання робіт з відновленню експлуатаційної придатності конструкцій будівлі відповідно до окремо розробленої проектної документації, в складі якої необхідно врахувати наступні заходи:

- відновити всі демонтовані конструкції по окремому проекту;
- виконати посилення плит покриття, кроквяних ферм та підкроквяних ферм, які не демонтуються в осях 2-11, рядах К-У;
- посилити перегородки із навісних панелей в місцях вказаних в відомості дефектів;
- відновити скління всіх ліхтарів і віконних блоків;
- виконати внутрішнє опорядження приміщень, які постраждали від пожежі;
- відновити фасад по ряду У;
- замінити покрівлю із наплавляемого рубе-

ройду.

Рекомендовано виконати ремонт ушкоджених залізобетонних конструкцій будівлі за системою “Ceresit ПЦБ”, яка передбачає виконання наступних операцій:

- слабкі місця поверхні залізобетонних конструкцій очистити від зруйнованих частин бетону ручним інструментом або механічним способом з наступною промивкою струменем води;
- у разі оголення арматурні стрижні очистити від залишків бетону та продуктів корозії;
- обробити поверхню арматури пасівіруючими складами;
- безпосередньо перед відновленням захисного шару бетону провести обробку та просочування ділянок ушкодженого бетону ремонтними сумішами.

При виконанні ремонтних робіт з відновлення залізобетонних конструкцій запропоновано використовувати і інші аналогічні відновлювальні системи вітчизняного та закордонного виробництва (EMACO, ISOMAT, ВІКАЛІТ та інші.) з дотриманням відповідних технічних умов по їх використанню:

- відновити систему відведення зливових вод з покрівлі;
- відновити антикорозійне покриття існуючих несучих металоконструкцій будівлі після закінчення робіт по відновленню пошкоджених конструкцій. Піскоструминне очищення несучих металоконструкцій будівлі від продуктів корозії з наступним нанесенням антикорозійного покриття з 4-х шарів перхлорвінілової емалі ХВ-124 по двом шарам ґрунту ФЛ-ОЗК загальною товщиною покриття 110 мкм;
- відновлення вимощення по периметру будівлі.

Крім того, рекомендується в складі проектної документації на капітальний ремонт будівлі скласти технічне завдання для забезпечення ведення автоматичного моніторингу стану будівельних конструкцій (ДСТУ Б В.2.6-27:2006, 2006)).

Мета цього заходу полягає в вирішенні проблем, які виникають на різних етапах життєвого циклу будівлі. Основним видом робіт є спостереження за технічним станом об'єкту. Для забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів необхідно мати достовірну поточну інформацію про параметри, які характери-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

зують стан конструкцій. Технологією рішення є вимірювально-інформаційна система (ВІС) на основі індуктивних перетворювачів з періодичним тимчасовим регламентом збору вимірів інформації про контрольовані базові фізичні величини з наступним зберіганням і обробкою на ЕОМ.

Рекомендовано використовувати такі параметри контролю в системі «фундамент – будова»:

- напрямок та величина зміщення;
- кут нахилу та відносні осідання;
- величина розкриття тріщин.

Збір даних, їх обробка та подальше застосування необхідно виконувати в рамках науково-технічного супроводу згідно з (ДБН В.1.2-14:2018 (2022)).

З огляду просадність ґрунтів основи та з метою запобігання нерівномірних просадок будівлі рекомендується забезпечити:

- контроль стану інженерних комунікацій будівлі;
- встановлення витратомірів на внутрішніх та зовнішніх інженерних мережах та забезпечення постійного моніторингу їх показників;
- влаштування вимірних свердловин та ведення постійного моніторингу рівня підземних вод на території об'єкту.

Висновки

Результати науково-практичного дослідження дозволили розкрити актуальні принципи технологій управління, оцінки та методики підвищення експлуатаційної якості на всіх етапах життєвого циклу об'єкту будівництва з врахуванням ризикових та небезпечних ситуацій під час воєнних дій.

На основі виконаного візуального та інструментального дослідження будівельних конструкцій промислової будівлі був складений даний технічний звіт.

Встановлено, що обстежувана будівля виконана в традиційних конструктивних рішеннях, які забезпечують міцність та стійкість будівлі в цілому. Вибух ворожої ракети завдав значної шкоди та руйнації будівлі в цілому так і окремим несучим конструктивним елементам, які впливають на несучу здатність каркасу.

Результати процедури обстеження показали, що в теперішньому стані будівля відноситься до IV – технічного стану (аварійна). Для нор-

мального функціонування і забезпечення надійності всієї будівлі, рекомендовано відновити зруйновані конструкції, виконати ремонт і усунення дефектів зазначених вище. Передбачено термін наступного запланованого обстеження – через 10 років.

Рішенням наукової групи експертів встановлено, що експлуатація досліджуваного об'єкту має бути зупинена до відновлення його експлуатаційної придатності згідно з запропонованими рекомендаціями відповідно до проектної документації.

Науково-практична значимість дослідження обґрунтовує необхідність подальшого застосування новітніх технологій комплексотехнічного підходу в формуванні експлуатаційної якості для ефективної реалізації інвестиційно-будівельних проектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Abdollahzadeh, G., Faghihmaleki, H., & Avazeh, M. (2020). Progressive collapse risk and reliability of buildings encountering limited gas-pipe explosion after moderate earthquakes. *SN Applied Sciences*, 2, 657. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2509-6>
- Arutiunian, I., Poltavets, M., Bondar, O., et al. (2020). Structural Information Management of Production Systems in Construction. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(4), 4794-4797.
- Arutiunian, I., Dankevych, N., Arutiunian, Ye., et al. (2020). Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*, 9(2), 10649-10659. DOI: <https://doi.org/10.37418/amsj.9.12.50>
- Arutiunian, I., Poltavets, M., Achacha, M., et al. (2021). Effective Concepts of Harmonious Management of Production Systems. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(3), 141-144.
- Данкевич, Н. О. (2019). Підвищення ефективності організаційних рішень у складі проекту організації будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 16, 38-43.
- Данкевич, Н. О. (2020). Формування системи вибору оптимального варіанту організаційно-технологічних рішень в умовах невизначеності та динамічності з дотриманням принципів саморегуляції. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 18, 50-57.
- Данкевич, Н. О., Анін, В. І., & Жуковський, К. О. (2023). Методологічні аспекти інженерно-технологічних питань проектування фасадних

- систем з урахуванням вимог сучасних тенденцій енергоефективності будівель. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 24, 14-21.
- ДБН В.1.2-14:2018. (2022). *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- ДСТУ Б В.2.6-27:2006 (2006). *Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій*. Київ: Міністерство будівництва, архітектури, та житлово-комунального господарства України.
- ДСТУ-Н Б.В.1.2-18:2016 (2018). *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану*. Київ: ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва».
- Павлов, І. Д., Полтавець, М. О., & Павлов, Ф. І. (2020). Системне управління організаційно-технологічною надійністю виробничих процесів в будівництві. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 17, 53-61.
- Полтавець, М. О., Арутюнян, І. А., & Ажажа, М. А. (2021). Перспективні тенденції гармонійних можливостей при оптимізації виробничих систем будівництва. *Мости та тунелі: теорія дослідження, практика*, 20, 66-72.
- Полтавець, М. О., & Лахтаренко, О. І. (2023). Актуальні тенденції експлуатаційної якості в промисловому будівництві. *Мости та тунелі: теорія дослідження, практика*, 24, 72-80.
- Радкевич, А. В., Бичевий, П. П., & Мішук, К. М. (2020). Визначення конкурентоздатного напрямку відновлення експлуатаційної придатності м'яких покрівель. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 17, 73-80.

М. О. POLTAVETS^{1*}, О. І. LAKHTARENKO²

^{1*}Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhia National University, 226 Sobornyi ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38(050)7100058 (Telegram), e-mail poltavmar@ukr.net, ORCID 0000-0003-0504-5278

²Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhia National University, 226 Sobornyi ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, e-mail lahtarenko28@gmail.com, ORCID 0009-0009-6544-2321

TECHNOLOGIES FOR ASSESSING THE OPERATIONAL QUALITY OF INDUSTRIAL BUILDINGS AS A CONSEQUENCE OF PARTIAL MILITARY DESTRUCTION

Purpose. Research conducted in the direction of operational quality proves that the life cycle of construction products can also be significantly increased due to the use of the latest technologies of a complex technical approach. The complex technical approach covers the principles of using the latest technologies, which compensate for the functional costs of the object at the stage of operation. As part of the latest technologies, the modern world requires the presence of developments that effectively save resources and at the same time ensure the required level of security in various crisis situations, including during a state of war. The main purpose of implementing this approach is to establish the reasons for the loss of reliability and resource when accounting for changes in the conditions of the external and internal environment. **Methodology.** Methods and techniques for diagnosing the reliability and operational quality of construction objects make it possible to implement assessment procedures at various stages of the life cycle, including during the current period, in previous design cycles (prototype search stages), as well as comparative and analytical comparison with analogues. The results of the implementation make it possible to identify the promising direction of normalization of construction projects, to substantiate and develop technologies for the formation of its operational quality. **Findings.** The situation of the physical state of the industrial building due to military destruction is analyzed, after which the search for optimization technologies in the formation of reliability and operational quality of construction objects, including for the effective implementation of investment and construction projects, is substantiated and proposed. **Originality.** Adaptation approaches of timely response in emergency conditions, in order to comply with the planned standards of operational quality, are substantiated, implemented on the practical example of the implementation of the technical report of the production and mechanical building No. 132, located in the city of Zaporizhzhia, SE "Ivchenko-Progress" 63T-1286-OB – TK after military destruction. **Practical value.** Adaptation approaches of timely response in emergency conditions, in order to comply with the planned standards of operational quality, are substantiated, implemented on the practical example of the implementation of the technical report of the production and mechanical building No. 132, located in the city of Zaporizhzhia, SE "Ivchenko-Progress" 63T-1286-OB – TK after military destruction. **Conclusions.** The results of scientific and practical research made it possible to reveal the actual principles of management technologies, evalua-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

tion and methods of improving operational quality at all stages of the life cycle of a construction object, taking into account risky and dangerous situations during military operations. This technical report was prepared on the basis of the performed visual and instrumental research of construction structures of the industrial building. The decision of the scientific group of experts established that the operation of the object under study should be stopped until its operational suitability is restored in accordance with the proposed recommendations in accordance with the project documentation. The scientific and practical significance of the study justifies the need for further application of the latest technologies of the complex technical approach in the formation of operational quality for the effective implementation of investment and construction projects.

Keywords: construction; operation; optimization; survey; technical condition; physical and moral wear; reliability; destruction

REFERENCES

- Abdollahzadeh, G., Faghihmaleki, H., & Avazeh, M. (2020). Progressive collapse risk and reliability of buildings encountering limited gas-pipe explosion after moderate earthquakes. *SN Applied Sciences*, 2, 657. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2509-6> (in English)
- Arutiunian, I., Poltavets, M., Bondar, O., et al. (2020). Structural Information Management of Production Systems in Construction. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(4), 4794-4797. (in English)
- Arutiunian, I., Dankevych, N., Arutiunian, Ye., et al. (2020). Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*, 9(2), 10649-10659. DOI: <https://doi.org/10.37418/amsj.9.12.50> (in English)
- Arutiunian, I., Poltavets, M., Achacha, M., et al. (2021). Effective Concepts of Harmonious Management of Production Systems. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(3), 141-144. (in English)
- Dankevych, N. O. (2019). Pidvyshchennia efektyvnosti orhanizatsiinykh rishen u skladi proiektu orhanizatsii budivnytstva. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 16, 38-43. (in Ukrainian)
- Dankevych, N. O. (2020). Formuvannia systemy vyboru optymalnoho variantu orhanizatsiino-tekhnologichnykh rishen v umovakh nevyznachenosti ta dynamichnosti z dotrymannyam pryntsyypiv samorehuliatcii. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 18, 50-57. (in Ukrainian)
- Dankevych, N. O., Anin, V. I., & Zhukovskiy, K. O. (2023). Metodolohichni aspekty inzhenerno-tekhnologichnykh pytan proiektuvannia fasadnykh system z urakhuvanniam vymoh suchasnykh tendentsii enerhoefektyvnosti budivel. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 24, 14-21. (in Ukrainian)
- DBN V.1.2-14:2018. (2022). *Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obektiv. Zahalni pryntsyypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU B V.2.6-27:2006 (2006). *Avtomatyzovani systemy tekhnichnoho diahnostuvannia budivelnykh konstruktsii*. Kyiv: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury, ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU-N B.V.1.2-18:2016 (2018). *Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu*. Kyiv: DP «Naukovo-doslidnyi instytut budivelnoho vyrobnytstva». (in Ukrainian)
- Pavlov, I. D., Poltavets, M. O., & Pavlov, F. I. (2020). Systemne upravlinnia orhanizatsiino-tekhnologichnoiu nadiinistiu vyrobnychykh protsesiv v budivnytstvi. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 17, 53-61. (in Ukrainian)
- Poltavets, M. O., Arutiunian, I. A., & Azhazha, M. A. (2021). Perspektyvni tendentsii harmoniinykh mozhlyvostei pry optyimizatsii vyrobnychykh system budivnytstva. *Mosty ta tuneli: teoriia doslidzhennia, praktyka*, 20, 66-72. (in Ukrainian)
- Poltavets, M. O., & Lakhtarenko, O. I. (2023). Aktualni tendentsii ekspluatatsiinoi yakosti v promyslovomu budivnytstvi. *Mosty ta tuneli: teoriia doslidzhennia, praktyka*, 24, 72-80. (in Ukrainian)
- Radkevych, A. V., Bychevyi, P. P., & Mishuk, K. M. (2020). Vyznachennia konkurentozdatnoho napriamku vidnovlennia ekspluatatsiinoi prydatnosti miaknykh pokryvel. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 17, 73-80. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 04.03.2024.

Прийнята до друку 04.04.2024.