

**І.М. Уманець,**  
канд. техн. наук, доцент  
**В.А. Басараб,**  
канд. техн. наук, доцент  
ORCID: 0000-0003-2888-7398

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

## **МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Стаття присвячена моніторингу технічного стану будівель та споруд в умовах експлуатації. Моніторинг технічного стану будівель і споруд допомагає зрозуміти реальний стан і отримати рекомендації щодо усунення дефектів. Оцінка технічного стану будівель і споруд є необхідною для забезпечення їх експлуатаційної придатності. Зазвичай моніторинг включає в себе ряд різноманітних методів, що дозволяють оцінити технічний стан об'єкта в динаміці на основі періодичних (щомісячних, щотижневих) спостережень.*

*Підкреслено актуальність досліджень, що визначається практичною необхідністю оцінки технічного стану несучих конструкцій будівель та споруд в умовах впливу природно-кліматичних факторів та життєдіяльності людини, яка дозволила б з високою достовірністю прогнозувати виникнення і розвиток аварійних ситуацій. Встановлено мету роботи яка полягає в розробці теоретико-експериментальної методики оцінки технічного стану несучих конструкцій будівель та споруд при проведенні моніторингу з використанням сучасних інформаційних технологій отримання і обробки даних. Проведено аналіз сучасних натурних (експериментальних) методів оцінки технічного стану будівель та споруд а також методів комп'ютерного моделювання. Наведено доцільність проведення обстеження, що полягає у встановленні реальної несучої здатності та експлуатаційної придатності будівлі (споруди). Метою обстеження є отримання даних для визначення надійності будівлі, необхідності проведення робіт з підсилення, ремонту, реконструкції, модернізації та розробці необхідної проектної документації. Описано принципи побудови системи моніторингу технічного стану будівель (споруд), основну структуру, інженерні рішення. Проведено аналіз основних теоретичних методів моделювання технічного стану будівлі. Наведено методика побудови інформаційної системи отримання даних з датчиків фізичних параметрів а також запис, обробку, порівняння з теоретичними моделями і прийняття управлінських рішень у випадку відхилення експлуатаційних параметрів від допустимих значень.*

*Запропоновано за допомогою прогнозних математичних моделей розв'язання зворотної задачі, а саме: проектування будівлі (споруди) з заздалегідь визначеними (згідно проекту) параметрами технічного стану та експлуатаційної надійності.*

**Ключові слова:** моніторинг технічного стану будівель і споруд, надійність будівлі, моделювання технічного стану.

**Вступ.** Моніторинг технічного стану будівель і споруд допомагає зрозуміти реальний стан і отримати рекомендації щодо усунення дефектів. Оцінка технічного стану будівель і споруд є необхідною для забезпечення їх експлуатаційної придатності. Найчастіше потреба в ньому виникає у випадку будівництва поруч з існуючим об'єктом, у випадку наявності конструктивних недоліків чи пошкоджень будівлі, завдяки яким вона поступово втрачає експлуатаційну придатність, у випадку зсувів і просідань ґрунтів тощо.

Зазвичай моніторинг включає в себе ряд різноманітних методів, що дозволяють оцінити технічний стан об'єкта в динаміці на основі періодичних (щомісячних, щотижневих) спостережень.

Зазвичай моніторинг включає такі основні етапи:

1. Проведення початкового геодезичного моніторингу щодо ступені деформації об'єктів та інших показників.
2. Візуальне обстеження конструкції будівель, виявлення та класифікація їх дефектів і пошкоджень;
3. Інструментальне обстеження будівельних конструкцій з визначенням відхилення окремих його частин – колон, стін, а також перевірки наявності тріщин, їх кількості і масштабів.
4. Встановлення комбінованих маяків в місцях, в яких будуть виявлені тріщини при візуальному обстеженні будівлі (споруди) та оцінка їх змін в процесі моніторингу.
5. Визначення інтегральної характеристики стану несучих конструкцій по відношенню до зовнішніх впливів (енергії деформування, коливань, коефіцієнтів демпфірування).
6. Надання щомісячних висновків і рекомендацій у період проведення робіт на основі оцінки зміни технічного стану несучих конструкцій.
7. Розробка заходів, щодо забезпечення міцності і стійкості конструкцій, включаючи вказівки про влаштування тимчасових опор і розкріплень і вимоги до величини монтажних навантажень і впливів.

Для більш точної оцінки технічного стану будівель необхідно провести технічне обстеження, що представляє собою комплекс спеціалізованих заходів (контроль, випробування, аналіз, оцінка ) з метою виявлення фактичного робочого стану будівлі та/або окремих елементів, актуального виявлення критичних дефектів і усунення несправностей, передумови їх виникнення, визначення придатності до подальшої експлуатації, безпеки для життя людини і прогноз майбутнього поведінки конструкцій.

В переважній більшості причинами незадовільного технічного стану споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж є їх значне зношення внаслідок закінчення нормативного терміну експлуатації – нормативного ресурсу, невиконання нормативних обсягів планово-попереджувальних ремонтів, порушення регламенту експлуатації та недостатньої надійності функціонування в умовах екстремальних природних явищ та інших факторів.

В умовах сучасного будівництва збільшення поверховості будівель, ущільнення міської забудови, обмеженість будівельних майданчиків, освоєння підземного простору, насичення інженерними комунікаціями призводить до виникнення негативного впливу на існуючі будівлі та споруди. Однією з основних проблем експлуатації будівель і споруд у великих містах є можливість їх пошкодження в результаті нерівномірних деформацій ґрунтової основи,

спровокованих різними природно-техногенними причинами. У зв'язку з цим особливою значення набуває проблема контролю технічного стану несучих конструкцій з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обгрунтованість вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. Безумовно технічний стан конструкцій будівель та споруд є невід'ємною складовою комплексного процесу зведення, реконструкції, відновлення, підсилення, модернізації, експлуатації [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд повинен носити систематичний характер і дозволити здійснювати оцінку змін, що відбуваються, на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності фактичній міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів нормативним вимогам.

**Актуальність.** В цілому актуальність досліджень визначається практичною необхідністю створення теоретико-експериментальної методики оцінки технічного стану несучих конструкцій будівель та споруд в умовах впливу природно-кліматичних факторів та життєдіяльності людини, яка дозволила б з високою достовірністю прогнозувати виникнення і розвитку аварійних ситуацій.

**Метою** даної роботи є розробка теоретико-експериментальної методики оцінки технічного стану несучих конструкцій будівель та споруд, в умовах впливу природно-кліматичних факторів та життєдіяльності людини, при проведенні моніторингу з використанням сучасних інформаційних технологій отримання і обробки даних.

**Основний матеріал.** Стан конструкцій будівель та споруд визначається ступенем їх пошкодження та зносу. Оцінка технічного стану конструкцій проводиться з метою встановлення небезпеки їх руйнування, тобто ступеня її критичного стану, а також можливості подальшої експлуатації.

Основними методами оцінки технічного стану будівель та споруд є натурний огляд, інструментальні дослідження, проведення перевірочних розрахунків, лабораторні або натурні випробування, комп'ютерне моделювання та ін. В подальшому оцінка технічного стану конструкцій дозволить відповісти на запитання про можливість та придатність їх до нормальної експлуатації, ремонту, реконструкції, підсилення, модернізації. Вагомою складовою частиною комплексу робіт з оцінювання технічного стану конструкцій будівель та споруд є обстеження. Мета обстеження полягає у встановленні реальної несучої здатності та експлуатаційної придатності будівель та споруд, використання множини отриманих даних для визначенні їх надійності, необхідності проведення робіт з підсилення, ремонту, реконструкції, модернізації та розробці необхідної проектної документації. В цілому обстеження конструкцій будівель та споруд складається з трьох основних етапів: ознайомлення з проектною документацією; робочими кресленнями; актами на приховані роботи; візуальний огляд об'єкта; складання плану обстежень будівлі або споруди; проведення комплексу неруйнівних методів досліджень; аналіз стану будівлі або споруди і розробка конструктивних рішень та рекомендацій щодо усунення виявлених дефектів. Одними з найбільш небезпечних типів навантажень є динамічні, що потребують окремої методики, щодо проектування системи моніторингу, вибору типу аналогово-цифрової апаратури, програмного забезпечення [1, 9].

Основною метою системи моніторингу є контроль технічного стану будівельних конструкцій та діагностика виникнення небезпечних факторів. Для

досягнення вказаної мети при створенні системи моніторингу мають бути вирішені наступні завдання: розробка моделі загроз; на основі конструктивних рішень об'єкту визначення номенклатури контрольованих елементів; визначення переліку контрольованих параметрів технічного стану; розробка алгоритму і критеріїв оцінки поточного технічного стану об'єкту; розробка алгоритму і критеріїв ухвалення рішень за прогнозом технічного стану об'єкту.

Параметри технічного стану конструктивних елементів реєструється датчиками системи моніторингу, які передають інформацію у вигляді масиву даних про реакцію об'єкта на зовнішні та внутрішні впливи, а саме: переміщення елементів будівлі або споруди у просторі у вигляді прогинів, осідань, перекосів, кренів тощо; деформації будівельних конструкцій; зміни динамічних характеристик будівельних конструкцій і будівлі в цілому; зміна властивостей навколишнього середовища, в якому знаходиться об'єкт моніторингу.

Алгоритм та періодичність проведення моніторингу технічного стану визначається з урахуванням класів відповідальності будівельних конструкцій згідно з ДБН В.1.2-14-2009 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ»; ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 «Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель та споруд»; ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану». За результатами моніторингу аналізується інформація про стан об'єкта та території забудови, що відображається у відповідних звітах. Кінцевим результатом оцінки технічного стану будівлі або споруди є висновок про можливість (неможливість) їх подальшої експлуатації. Постійному моніторингу технічного стану будівель та споруд з використанням автоматизованих систем підлягають відповідальні за критеріями безпеки конструкції.

Оцінка параметрів технічного стану будівель та споруд за їх граничними критеріями дозволяє приймати рішення щодо: забезпечення безпеки людей; переведення об'єкта в режим аварійної експлуатації; вжиття протиаварійних заходів та мінімізації можливих наслідків; підсилення несучих конструкцій об'єкта. Система моніторингу будівельних конструкцій складається з наступних основних елементів: вимірювальних елементів контрольованих параметрів (датчики реєстрації зміни параметрів стану будівельних конструкцій); інформаційної системи реєстрації, накопичення та первинної обробки показників контрольованих параметрів будівельних конструкцій; математичної моделі для оперативного попереднього прогнозування значень контрольованих параметрів будівельних конструкцій на найближчий час; системи налаштування й управління інформаційною системою моніторингу будівельних конструкцій.

Математична модель дає можливість виконати попереднє прогнозування значень контрольованих параметрів конструкцій будівель або споруд. Результатом попереднього прогнозу є висновок про експлуатаційну придатність будівельних конструкцій з урахуванням тенденції до погіршення їхнього технічного стану в часі. Прогноз виходу значень визначених параметрів будівельних конструкцій за межі заданого критерію є основою для прийняття рішень щодо можливості подальшої експлуатації будівлі або споруди.

Система моніторингу технічного стану будівель та споруд розробляється на стадії проектування, встановлюється на етапі будівництва і використовується на

етапі будівництва та експлуатації для контролю технічного стану будівельних конструкцій.

На етапі проектування визначають модель можливих загроз, що можуть викликати погіршення технічного стану об'єкту. Моделювання можливих загроз здійснюється з урахуванням розташування об'єкту (кліматичних і геологічних умов), конструктивних особливостей, функціонального призначення.

Моделювання загроз виконується з урахуванням природних і техногенних навантажень: сейсмічних (вібраційних); снігових; вітрових; експлуатаційних (статичні та динамічні); кліматичних та ін. Визначення розрахункових значень контрольованих параметрів технічного стану будівлі (споруди) здійснюється за допомогою математичного та комп'ютерного моделювання об'єкту з використанням методу скінченних елементів (ANSYS, Ліра, SCAD та ін.). За результатами теоретичних розрахунків встановлюють значення контрольованих параметрів вимірюваних фізичних величин (просідання, прогини, крени, кути повороту, коливання, напруження та ін.).

На етапі будівництва здійснюється встановлення системи моніторингу (датчики фізичних величин) рис. 1,2. Далі датчики підключаються до інформаційної системи збирання, накопичення та обробки даних. Налаштування програмного забезпечення обробки сигналів датчиків (частота опитування системи, тип інформації, що надходить оператору, методика визначення граничних станів, алгоритм прийняття можливих управлінських рішень та ін.) залежить від типу будівлі (споруди), її призначення, характеру та величин навантажень і їх зміни з плином часу та ін. Варто зазначити, що контролювати технічний стан всіх конструктивних елементів будівлі є недоцільним, тому при розробці системи моніторингу необхідно визначити оптимальний склад та кількість контрольованих параметрів об'єкту. Вибір оптимального складу контрольованих параметрів здійснюється експертним шляхом індивідуально для кожного об'єкту. За таких умов необхідно враховувати наступні чинники: клас відповідальності об'єкту, місцезнаходження, кліматичні та інженерно-геологічні умови, конструктивно-технологічні рішення та ін.



Рис. 1. Датчики системи моніторингу



Рис. 2. Встановлення датчиків в об'єкті моніторингу

Наведемо деякі приклади технічних рішень систем запису і обробки сигналів об'єктів моніторингу.

Високоточний контролер підвищеної надійності з аналоговими та цифровими входами/виходами SDI-AUM (фірма Сатурн Дейта Інтернешнл) призначений для високої точності та стійкості виірювань фізичних процесів, має поканальну гальванічну ізоляцію вхідних каналів, програмно налаштовуємі види та діапазони вхідних сигналів та послідовний RS-485 (RS-232) інтерфейс. Модуль має 4 вхідних канала; вхідний сигнал – аналоговий дискретний (напруга, струм, опір); полоса частот вхідного сигналу – 10...2000 Гц; індикація – світлодіодна поканальна; Структурну схему SDI-AUM зображено на рис. 3.

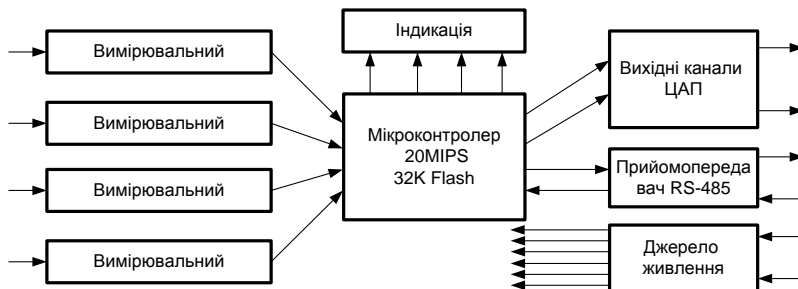


Рис. 3. Структурна схема контролера SDI-AUM

Робоча станція для запису даних (рис. 4) була створена фірмою Astro-Med (США). Пристрій має відкритий дизайн, 18,1 дюймовий кольоровий дисплей, для візуалізації в режимі реального часу, інтуїтивний сенсорний інтерфейс, потужний вбудований комп'ютер та 32 вхідних канала. Відкрита архітектура з PCI слотами та програмним забезпеченням дає можливість для розширення системи за рахунок підключення нових пристроїв у відповідності з потребами споживача.

На додачу до наявності опції паперового друку станція має чотири роз'єми для підключення CD або DVD приводів, а також опцій пам'яті. Наявність CD та DVD приводів є ідеальним підґрунтям для вдосконалення програмного забезпечення а також для збереження тестових налаштувань та архівних даних. Функції програмного забезпечення характеризуються потужними можливостями представлення візуальної інформації в режимі реального часу.

Дані можуть відображатись в реальному часі і одночасно у вигляді потоку реєструємих даних а також у вигляді графіків в системі координат X-Y. Віртуальний графік дозволяє користувачеві зберегти повністю всі дані на жорсткий диск без потреби роздрукування. Віртуальний графік може бути виведений на екран за потреби у будь-який час, роздрукований на принтері або переданий на зовнішній комп'ютер для подальшого аналізу.

Безпроводна комунікаційна система запису інформації (MicroLogPro Data Loggers)(США) (рис. 5) призначена для запису даних, з автономних безпроводних комунікаційних датчиків і спроможна записувати до 200 пристроїв автоматично і одночасно у відповідності з програмних забезпеченням.

Систему моніторингу технічного стану будівлі (споруди) наведено на рис. 6.



Рис. 4. Робоча станція запису даних



Рис. 5. Безпроводна система запису інформації

Система моніторингу технічного стану будівлі дозволяє відстежувати зміну поточного стану несучих конструкцій і накопичувати відповідну інформаційну базу даних, що є основою прогнозування технічного стану об'єкту. Метод регресійного аналізу дає можливість знаходити трендові залежності зміни контрольованих параметрів та прогнозувати їх зміну в часі та просторі з метою встановлення майбутнього технічного стану об'єкту. Далі інформаційна система здійснює порівняння прогнозних значень контрольованих параметрів з гранично допустимими та їх оцінку.

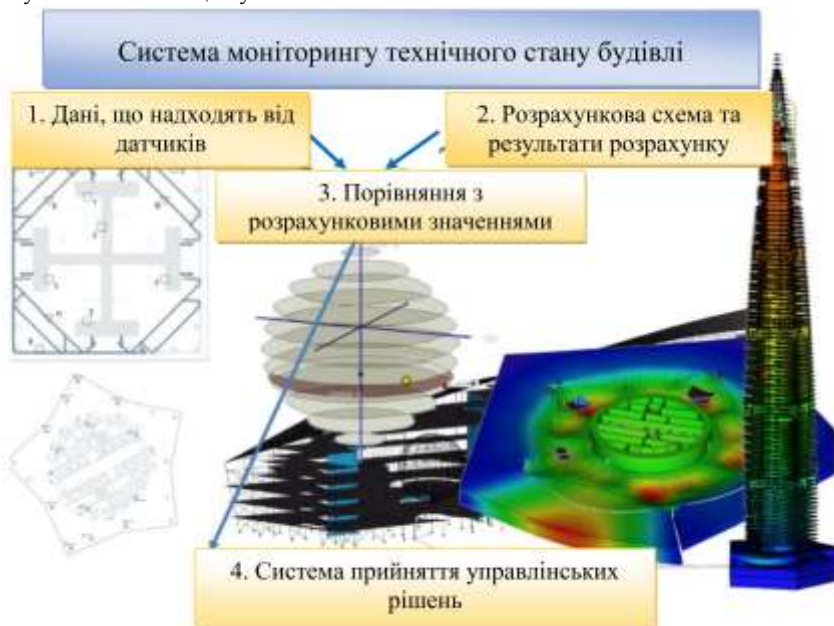


Рис. 6. Схема моніторингу технічного стану будівлі (споруди)

Приклад використання енергонезалежної системи моніторингу опорних конструкцій мосту наведено на рис. 7.



Рис. 7. Система моніторингу опорних конструкцій мосту

Метод багатофакторного аналізу є напрямом математичної статистики і дає змогу оцінити міру впливу на технічний стан об'єкту моніторингу кожного з контрольованих параметрів при фіксованому значенні інших параметрів.

Одним з чисельних методів факторного аналізу є метод головних компонент, що ґрунтується на аналізі коваріаційної матриці статистичних даних. Метод головних компонент дає можливість вивчення взаємозв'язків між досліджуваними показниками (контрольованими параметрами об'єкту моніторингу). За його допомогою можна виявляти приховані показники (параметри), які відповідають за наявність лінійних статистичних зв'язків (кореляцій) між ними. Крім того, визначення більш впливових за умов проведення досліджень параметрів серед первинно обраних, а також виявлення статистичного зв'язку визначають обґрунтованість висновків щодо вагомості тих чи інших факторів впливу на об'єкт моніторингу. Система моніторингу будівлі (споруди) здійснює реєстрацію і запис статистичних даних та їх обробку з метою отримання інформації про зміну і прогноз технічного стану будівельного об'єкту. Аналіз коваріаційної матриці контрольованих параметрів дозволяє робити висновки про взаємозв'язок змін одних контрольованих параметрів відносно інших, а також виділити загальні чинники, притаманні таким взаємозв'язкам.

Використання теорії графів в системі моніторингу технічного стану будівлі (споруди) може бути застосовано для візуального моделювання об'єкту моніторингу, в якому ключову роль відіграють зв'язки між складовими елементами (контрольованими параметрами технічного стану). Метод теорії графів дозволяє формалізувати об'єкти (параметри технічного стану), їх внутрішні взаємозв'язки та вирішувати задачі обробки масивів даних, аналізу, оптимізації, програмування. Іншими словами графи - це метод візуальної ілюстрації даних та відношень між ними. Однією з переваг методу графів є можливість представлення занадто численних, або складних множин даних у вигляді чітких та коректних



математичних моделей для їх адекватного опису в тексті, або у вигляді алгоритму з метою подальшого комп'ютерного моделювання.

Варто зазначити, що математичні методи які використовуються для моделювання системи моніторингу технічного стану будівель (споруд) дозволяють вирішувати зворотну задачу – виходячи з оптимальних критерії контрольованих параметрів будівлі (величини деформацій, напружень, кренів, кутів повороту, фізичного зношення та ін.) визначити функціональні залежності технічної та експлуатаційної надійності як окремих конструкцій так і будівлі в цілому на етапі проектування. Варто зауважити, що як було зазначено вище, вибір тієї чи іншої системи моніторингу залежить від сукупності різноманітних факторів, і, очевидно, що комплексний комбінований підхід до вирішення цих задач є виправданим, тобто раціональне поєднання інженерного обстеження технічного стану конструкцій, отримання даних з датчиків контрольованих параметрів, обробка результатів, теоретичні дослідження та комп'ютерне моделювання дозволять отримати максимально коректні результати для оцінки та прогнозування технічного стану будівлі (споруди).

#### **Висновки:**

1. Оцінка ефективності системи моніторингу технічного стану будівель (споруд) виявила доцільність та актуальність дослідження методів встановлення граничних величин контрольованих параметрів конструкцій, що виникають в процесі зведення та експлуатації.

2. Наведено принципи побудови системи моніторингу технічного стану будівель (споруд), основну структуру, інженерні рішення.

3. Наведено методикку побудови інформаційної системи отримання даних з датчиків фізичних параметрів а також запис, обробку, порівняння з теоретичними моделями і прийняття управлінських рішень у випадку відхилення експлуатаційних параметрів від допустимих значень.

4. Запропоновано за допомогою прогнозних математичних моделей розв'язання зворотної задачі, а саме: проектування будівлі (споруди) з заздалегідь визначеними (згідно проекту) параметрами технічного стану та експлуатаційної надійності.

#### **Список літератури:**

1. Басараб В.А. Дослідження полічастотного режиму коливаний робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки. *Управління розвитком складних систем*. 2018, № 34. С. 182 - 187.

2. Терновий В.І., Уманець І.М. Дослідження впливу технології нанесення розробленої санувальної штукатурки на формування її фізико-механічних властивостей. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*. 2010. Випуск 3. С. 65-70.

3. Тонкачев Г., Руднева І., Прядко Ю., Прядко М. Особливості та перспективи використання технологій підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами при реконструкції споруд. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2022. Том 1, випуск 7. С. 12-22.

4. Глущенко І.В., Шарапа С.П., Шпакова Г.В., Тонкачев Г.М. Технологія відновлення кам'яної кладки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020, Вип. 43. С. 124-133.

5. Молодід О.О., Тонкачев Г.М., Молодід О.С. Методика впровадження у будівництво нових конструктивно-технологічних рішень з відновлення

будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018, № 37. С. 163-171.

6. Махиня О., Глущенко І., Басараб В. Основи формування чисельного складу комплексної бригади мулярів-монтажників. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2022, випуск 11. С. 115-124.

7. Осипов А.Ф. Основные принципы проектирования динамически трансформирующихся технологических систем. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2000, випуск 67. С. 162-165.

8. Pawłowska A., Gralińska-Toborek A., Gryglewski P., Slepsov O., Ivashko O., Molodid O., Poczatko M. Problems of Expositions and Protection of Banksy's Murals in Ukraine. *International Journal of Conservation Science*, Volume 14, Issue 1, 2023, pp. 99-114.

9. Basarab V.A. Polyfrequency vibrations of electromagnetic shock and vibration system. *International Applied Mechanics*. 2021, 57, No. 5, 604–612.

10. Galinsky O.M., Molodid O.S., 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. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020, Vol. 907, Is. 125, 012056.

11. Shpakova H., Akselrod R., Shpakov A., Ryzhakova G., Honcharenko T., Chupryna I. Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Том 12. Вип. 1. С. 40-50. January 2022. DOI: 10.46338/ijetae0122\_05

12. Shpakova H., Honcharenko T., Savenko V., Zinchenko M. Smart Information System for Creating Digital Twins of Construction Project. *IEEE 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 28-30.04.2022. URL: [https://sist.astanait.edu.kz/wp-content/uploads/2022/04/Conference-program\\_updated.pdf](https://sist.astanait.edu.kz/wp-content/uploads/2022/04/Conference-program_updated.pdf)

### **References:**

1. Basarab, V. (2018). Investigation of the polyfrequency mode of oscillation of the electromagnetic shock-vibration unit. *Management of Development of Complex Systems*, 34, 182-187.

2. Ternovyj, V.I., Umanecj, I.M. (2010). Study of the influence of the technology of application of the developed sanitary plaster on the formation of its physical and mechanical properties. *Bulletin of the Donbas National Academy of Construction and Architecture*, 3, 65-70.

3. Tonkachejev, G., Rudnjeva, I., Prjadko, J. & Prjadko, M. (2022). Peculiarities and prospects of the use of technologies for strengthening building structures with composite materials during the reconstruction of buildings. *Budivelnjii konstrukciji. Teorija i praktyka*, 1(7), 12-22.

4. Ghlushhenko, I.V., Sharapa, S.P., Shpakova, Gh.V., & Tonkachejev, Gh.M. (2020). Stone masonry restoration technology. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, 43, 124-133.

5. Molodid, O.O., Tonkachejev, Gh.M., Molodid, O.S. (2018). Methodology of introducing new structural and technological solutions for the restoration of building structures into construction. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, 37, 163-171.

6. Makhynja, O., Ghlushhenko, I., Basarab, V. (2022). The basics of forming the numerical composition of a complex team of masons-installers. *Budiveljni konstrukciji. Teorija i praktyka*, 11, 115-124 [in Ukrainian].
7. Osypov, O.F. (2000). Basic principles of designing dynamically transforming technological systems. *Prykladna gheometrija ta inzhenerna ghrافika*, 67, 162-165 [in Ukrainian].
8. Pawłowska, A., Gralińska-Toborek, A., Gryglewski, P., Slepsov, O., Ivashko, O., Molodid, O., Poczatko, M. (2023). Problems of Expositions and Protection of Banksy's Murals in Ukraine. *International Journal of Conservation Science*, Volume 14, Issue 1, pp. 99-114.
9. Basarab, V.A. (2021). Polyfrequency vibrations of electromagnetic shock and vibration system. *International Applied Mechanics*. 57, No. 5, 604–612.
10. Galinsky, O.M., Molodid, O.S., Sharikina, N.V., Plokhuta, R.O. (2020). Research of technologies for restoration of the concrete protective layer of reinforced concrete constructions during the reconstruction of the buildings and structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 907, Is. 125, 012056.
11. Shpakova, H., Akselrod, R., Shpakov, A., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Chupryna, I. (2022).. Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Vol 12, Is. 1., 40-50. DOI: 10.46338/ijetae0122\_05
12. Shpakova, H., Honcharenko, T., Savenko, V., Zinchenko, M. (2022). Smart Information System for Creating Digital Twins of Construction Project. *IEEE 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 28-30.04.2022. URL: [https://sist.astanait.edu.kz/wp-content/uploads/2022/04/Conference-program\\_updated.pdf](https://sist.astanait.edu.kz/wp-content/uploads/2022/04/Conference-program_updated.pdf).

### ***I. Umanets, V. Basarab***

#### ***Monitoring of the technical condition of buildings and structures under operational conditions***

*The article is devoted to monitoring the technical condition of buildings and structures in operational conditions. Monitoring the technical condition of buildings and structures helps to understand the real condition and get recommendations for eliminating defects. Assessment of the technical condition of buildings and structures is necessary to ensure their operational suitability. Usually, monitoring includes a number of different methods that allow to assess the technical condition of the object in dynamics based on periodic (monthly, weekly) observations. The relevance of research was emphasized, which was determined by the practical need to assess the technical condition of the load-bearing structures of buildings and structures under the influence of natural and climatic factors and human activity, which would allow predicting the occurrence and development of emergency situations with high reliability. The purpose of the work is established, which consists in the development of a theoretical-experimental methodology for assessing the technical condition of load-bearing structures of buildings and structures during monitoring using modern information technologies for data acquisition and processing. An analysis of modern natural (experimental) methods of assessing the technical condition of buildings and structures, as well as computer modeling methods, was carried out. The expediency of conducting the survey, which consists in establishing the real bearing capacity and operational*

*suitability of the building (structure), is indicated. The purpose of the survey is to obtain data to determine the reliability of the building, the need for strengthening, repair, reconstruction, modernization and development of the necessary project documentation. The principles of building a system for monitoring the technical condition of buildings (buildings), the basic structure, and engineering solutions were described. An analysis of the main theoretical methods of modeling the technical condition of the building was carried out. The method of building an information system for obtaining data from sensors of physical parameters, as well as recording, processing, comparing with theoretical models and making management decisions in case of deviation of operational parameters from permissible values was given. It is proposed to solve the inverse problem using predictive mathematical models, namely: designing a building (structure) with predetermined (according to the project) parameters of technical condition and operational reliability.*

**Key words:** *monitoring of the technical condition of buildings and structures, reliability of the building, modeling of the technical condition.*

**Посилання на статтю:**

**АРА:** Umanets, I., & Basarab, V. (2023). Monitoring of the technical condition of buildings and structures under operational conditions. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 51, 194-205.

**ДСТУ:** Уманець І.М., Басараб В.А. Моніторинг технічного стану будівель та споруд в умовах експлуатації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 51. С. 194-205.