

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**БОГАЧЕНКО СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ**

**УДК 69.003.12:69.025**


**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД НА**  
**ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

  
\_\_\_\_\_ С.В. Богаченко

Науковий керівник Шатов Сергій Васильович,  
доктор технічних наук, доцент

**Дніпро – 2024**

## АНОТАЦІЯ

*Богаченко С.В.* Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій, Дніпро, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вдосконаленню процесу моніторингу технічного стану будівель та споруд за рахунок використання цифрових технологій.

Сучасна інженерна інфраструктура, включаючи будівлі та споруди, відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту та безпеки людини. Однак, незважаючи на стандарти та нормативи, ефективна організація проведення ремонтів, реконструкцій, реставрацій будинків і споруд та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів будівництва потребує системного та інноваційного підходу.

Одним із методів, який надає вихідну інформацію для організації ремонтів та забезпечує безпеку експлуатації є моніторинг технічного стану будівельних конструкцій. Головною проблемою в даному напрямку є відсутність цифрових інформаційних систем, за допомогою яких можна зберігати та аналізувати інформацію про технічний стан будівель та споруд. Існуючі методи моніторингу у цілому ґрунтуються на періодичних обстеженнях, результати яких відображаються у звітах на паперових носіях або в розрізних електронних документах.

Відсутність цифрової інформаційної системи, що поєднує дані моніторингу, створює прогалини в інформаційній базі для ухвалення управлінських рішень. Необхідність в інформаційній цифровій платформі, яка здатна накопичувати, систематизувати та візуалізувати інформацію щодо технічного стану об'єктів, є актуальною задачею.

У **вступі** наведено актуальність теми, мету дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У **першому розділі** виконано аналіз існуючих методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та нормативної й законодавчої бази України, пов'язаної з обстеженням й оцінкою технічного стану будівель та споруд. Технічний стан будівельних конструкцій можна відслідковувати за допомогою безперервного моніторингу (стаціонарного) або моніторингу основанийому на періодичних обстеженнях (нестационарного). Безперервний моніторинг оснований на використанні автоматизованих систем та забезпечує накопичення, аналіз і зберігання даних у режимі реального часу. Встановлено, що моніторинг із використанням автоматизованих систем дозволяє оперативно реагувати на зміни в будівельних конструкціях. Проте, використовувати дані системи доцільно при експлуатації інженерно складних будівель або в будівлях з класом наслідків ССЗ. У свою чергу, моніторинг оснований на періодичній оцінці дозволяє охопити більшу кількість будівель та споруд та є більш універсальним методом.

У **другому розділі** визначено технічну експлуатацію будівель та споруд як процес підтримки працездатного стану, яка взята за основу для створення інформаційної системи з моніторингу технічного стану будівель і споруд. Крім того, встановлено п'ять чинників, що сприяють появі дефектів та пошкоджень: недоліки будівництва, недоліки проектування, порушення або зміна умов експлуатації, вплив робочого середовища та вплив ґрунтової основи. Додатково наведено перелік поширених дефектів та пошкоджень за кожним чинником. Наступним кроком розглянуто дефекти та пошкодження в площині інформації та встановлено перелік необхідних даних, до яких належать: дата виявлення або уточнення; дані про відповідального виконавця та організацію, які проводили обстеження або огляд; опис та можливі причини появи дефекту або пошкодження; розміри (одиниці виміру, кількісний показник); місце розташування (прив'язка до карти або схеми дефектів, вісь, ряд, відмітка); ескіз

або фото; конструкція або елемент, на якому виявлено дефект чи пошкодження; рекомендації по стабілізації або усуненню дефекту чи пошкодження. Для повноти інформації встановлено необхідність передбачити можливість відстеження зміни характеристик міцності та деформацій. Після визначення переліку необхідних даних встановлено основні компоненти інформаційної системи, до якої входять: база даних, система управління базою даних та прикладна програма. Розроблено архітектурний концепт бази даних з урахуванням вимог законодавства та нормативних документів України у сфері будівництва. Архітектуру бази даних умовно можна розділити на статичний та динамічний блоки. У статичному блоці зберігається загальна інформація про власників, будівлі, територію розташування. Дана інформація не впливає на технічний стан об'єкту, проте може використовуватися при аналізі стану будівлі та її конструкції. Динамічний блок дозволяє зберігати результати періодичних візуальних та інструментальних обстежень (в частині міцності та деформацій). Накопичена в динамічному блоці інформація дозволить наочно відстежувати технічний стан та за необхідності приймати зважене рішення щодо умов подальшої експлуатації об'єктів нерухомості або виведення їх з експлуатації.

**Третій розділ** присвячено розробці бази даних «Monitoring» як складової частини інформаційної системи. Встановлено, що найбільш доцільно використовувати реляційну базу даних, оскільки це дозволить структурувати інформацію про експлуатацію будівель і споруд та відслідковувати зміни в часі. В якості системи управління базою даних вибрано готове рішення SQL Server Management Studio. На основі архітектурного концепту розроблено математичну модель бази даних, яка дозволить зберігати інформацію про будівлі та їх власників, наявні в будівлі конструкції, результати візуальних та інструментальних обстежень (міцність та деформації) протягом всього терміну експлуатації. База даних «Monitoring» складається з набору взаємопов'язаних таблиць, які містять інформацію, необхідну для комплексного відображення, редагування та видалення даних. Для оптимізації та виключення можливості введення некоректних даних вирішено створити два типи таблиць: перший тип –

таблиці в які інформація вносяться користувачем (дані про власника будівлі, загальну інформацію про будівлю, наявні в будівлі конструкції, результати візуальних та інструментальних обстежень); другий тип – таблиці, що містять нормативні й законодавчі значення та заповнені на етапі створення бази даних. Інформація з другого типу таблиць використовується для заповнення певних полів першого типу таблиць за допомогою зовнішніх ключів. Цей підхід дозволяє гарантувати, що дані, введені користувачем, відповідають нормативам і законодавству України, а також є елементом оптимізації бази даних, оскільки в таких таблицях зберігається лише зовнішній ключ, а не повна інформація. Загалом база даних містить 19 таблиць, які пов'язані зв'язками «один до багатьох». Зв'язки між таблицями необхідні для визначення відносин між даними в різних таблицях бази даних та забезпечують цілісність даних й ефективне зберігання інформації.

**Четвертий розділ** присвячено розробці прикладної програми для взаємодії з базою даних та економічним показником. Для розробки прикладної програми була використана об'єктно-орієнтована мова програмування C#, яка відома своєю універсальністю та широким спектром застосувань, в середовищі програмування Microsoft Visual Studio. У цілому прикладна програма включає в себе форми для опрацювання інформації про власників та загальних відомостей про будівлі, детальної інформації про будівлі та споруди, інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд, інформації про результати інструментальних обстежень (міцність та крен). Кожна форма містить свій набір елементів керування та дозволяє відображати, редагувати та вносити нову інформацію в базу даних «Monitoring». У кожній формі передбачені обмеження по введенню неповної інформації або дублювання інформації. Також реалізовано систему відправки сповіщень про умови подальшої експлуатації.

**Ключові слова:** моніторинг, технічний стан, конструкції, візуальне обстеження, інструментальне обстеження, дефекти та пошкодження, інформаційні системи, безпека експлуатації,

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### **Наукові праці, які відображають основні результати дисертації**

1. Шатов С. В., Богаченко С. В. Аналіз методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та законодавчих і нормативних документів. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 6 (018). С. 136-142. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.136.1016.

*Особистий внесок здобувача: проведений аналіз автоматизованого (стаціонарного) та періодичного (нестационарного) моніторингу, визначені переваги та недоліки кожного виду.*

2. Шатов С. В., Богаченко С. В. Розроблення концепту бази даних для цифровізації досвіду експлуатації будівель та споруд. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 1 (019). С. 150-156. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.150.1035.

*Особистий внесок здобувача: обґрунтування складників процесу цифровізації та розроблення архітектури бази даних із моніторингу технічного стану будівель та споруд.*

3. С. В. Богаченко, С. В Шатов. База даних для моніторингу технічного стану споруд, як складова частина промислової безпеки. *Наука та прогрес транспорту*. 2024. №1 (105). С. 13-19. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2024/302553>.

*Особистий внесок здобувача: розроблення математичної моделі бази даних для моніторингу технічного стану споруд.*

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

4. Шатов С. В., Богаченко С. В. Моніторинг технічного стану будівель та споруд. *Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України: Матеріали II всеукраїнської наукової конференції, 18-19 вересня 2020 р., Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2020. С. 51-54.*

5. Богаченко С. В., Шатов С.В., Титюк А. О. Моніторинг технічного стану будівельних конструкцій. Матеріали III науково-практичної конференції студентів ПДАБА, 26 квітня 2021 р., Дніпро: ПДАБА, 2021. С. 93-95.

6. Богаченко С. В., Шатов С. В., Титюк А. О., Рудін А. А. Інформаційне забезпечення моніторингу технічного стану будівель та споруд. *Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі*. Матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 вересня 2021 р., Дніпро: ПДАБА, 2021. С. 104-105.

7. Богаченко С. В., Шатов С. В., Титюк А. О., Рудін А. А. Архітектура інформаційного програмного комплексу по моніторингу технічного стану будівель та споруд. *Переможемо – відбудуємо!* Матеріали всеукраїнського науково-практичного форуму, 29–30 червня 2022 р., Дніпро: ПДАБА, 2022. С. 18-20.

8. Богаченко С. В., Шатов С. В. Реалізація інформаційної системи по моніторингу технічного стану будівель та споруд за допомогою SQL Server Management Studio. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, 27-28 березня 2023 р., Дніпро: ПДАБА, 2023. С. 211-214.

9. Богаченко С. В., Титюк О. А., Шатов С. В. Цифровізація результатів технічного обстеження будівель та споруд. *Інноваційні технології забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності і екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 лютого 2024 р., Дніпро: ПДАБА, 2024. С. 75-78.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації**

10. Богаченко С. В., Смирнов А. С., Савицький М. В., Шатов С. В., Ковба В.В. Аналіз впливу циклічних режимів роботи печей на технічний стан газоходів та фундаментів димових труб (на прикладі димової труби кільцевої печі №1 ділянки прокату у ТПЦ №4 ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»). *Інноваційні технології в будівництві, цивільній інженерії та архітектурі*: Матеріали XVIII

міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 90-річчя державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 26 листопада 2020 р., Дніпро: ПДАБА, 2020. С. 59-62.

11. Богаченко С. В., Шатов С. В., Рудін А. А. Діагностика технічного стану будівельних конструкцій, які зазнали непроєктних впливів вибухового характеру. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 2 (014). С. 100-107. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.100.937.



## ABSTRACT

*Bogachenko S.V.* Monitoring of the technical condition of buildings and structures based on information technology. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” - Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, 2024.

The dissertation is devoted to improving the process of monitoring the technical condition of buildings and structures through the use of digital technologies.

Modern engineering infrastructure, including buildings and structures, plays a key role in ensuring human comfort and safety. However, despite standards and regulations, the effective organization of repairs, reconstructions, and restorations of buildings and structures, as well as ensuring their safe operation, requires a systematic and innovative approach.

One of the methods that provides initial information for organizing repairs and ensures exploitation safety is monitoring the technical condition of building structures. The main problem in this area is the lack of digital information systems that can be used to store and analyze information on the technical condition of buildings and structures. Existing monitoring methods are generally based on periodic inspections, the results of which are reflected in reports on paper or in scattered electronic documents.

The absence of a digital information system that integrates monitoring data creates gaps in the information base needed for making management decisions. The need for a digital information platform capable of accumulating, systematizing, and visualizing information regarding the technical condition of structures is a pressing issue.

**The introduction** outlines the relevance of the topic, the purpose of the research, the scientific novelty, the practical significance of the obtained results, the personal contribution of the researcher, and the approbation of the research results.

**The first section** analyzes existing methods for monitoring the technical condition of building structures and the regulatory and legislative framework of Ukraine related to the inspection and assessment of the technical condition of buildings

and structures. The technical condition of building structures can be tracked through structural health monitoring (stationary) or monitoring based on periodic inspections (non-stationary). Structural health monitoring based on the use of automated systems and ensures the collection, processing, and storage of information in real time.

It has been established that monitoring using automated systems allows for prompt responses to changes in building structures. However, it is most appropriate to use these systems in the operation of structurally complex buildings or in buildings with a consequence class of CC3. On the other hand, monitoring based on periodic assessments can cover a larger number of buildings and structures and is a more universal method.

**The second section** defines the technical operation of buildings and structures as a process of maintaining their exploitation condition, which serves as a basis for creating an information system for monitoring the technical condition of buildings and structures.

In addition, five factors have been identified that contribute to the occurrence of defects and damage: construction defects, design defects, violation or change in operating conditions, impact of the working environment, and impact of the soil base. Additionally, a list of common defects and damages for each factor is provided.

The next step involves examining defects and damages in terms of information and establishing a list of required data, which includes: date of detection or clarification, data on the responsible contractor and the organization that conducted the survey or inspection, description and possible causes of the defect or damage, dimensions (units of measurement, quantitative indicator), location (reference to a map or scheme of defects, axis, row, mark), sketch or photo, structure or element on which the defect or damage was detected, recommendations for stabilizing or eliminating the defect or damage on which the defect or damage was detected; recommendations for stabilizing or eliminating the defect or damage.

To ensure the completeness of the information, it was determined that it was necessary to provide for the possibility of tracking changes in strength and deformation characteristics. After determining the list of required data, the main components of the

information system were identified, which include: a database, a database management system, and an application program. The architectural concept of the database was developed taking into account the requirements of the legislation and regulations of Ukraine in the field of construction. The database architecture can be divided into static and dynamic blocks. The static block stores general information about owners, buildings, and location. This information does not affect the technical condition of the object, but can be used to analyze the condition of the building and its structure. The dynamic block allows storing the results of periodic visual and instrumental inspections (in terms of strength and deformation). The information accumulated in the dynamic block enables visual tracking of the technical condition and, if necessary, making informed decisions regarding the conditions for further operation of real estate objects or their withdrawal from operation.

**The third section** is devoted to the development of the «Monitoring» database as an integral part of the information system.

It has been established that it is most feasible to use a relational database because it allows for structuring information about the operation of buildings and structures and tracking changes over time. The off-the-shelf solution SQL Server Management Studio has been selected as a database management system. Based on the architectural concept, a mathematical model of the database was developed to store information about buildings and their owners, the structures present in the building, and the results of visual and instrumental inspections (strength and deformation) throughout the entire service life. The «Monitoring» database consists of a set of interconnected tables that contain the information necessary for comprehensive display, editing, and deletion of data. To optimize and eliminate the possibility of entering incorrect data, it was decided to create two types of tables: the first type is tables where information is entered by the user (data on the building owner, general information about the building, structures present in the building, results of visual and instrumental inspections); the second type is tables containing regulatory and legislative values and filled during the database creation stage.

Information from the second type of tables is used to fill in certain fields of the first type of tables using foreign keys. This approach ensures that the data entered by the user complies with the standards and legislation of Ukraine, and is also an element of database optimization, since only the foreign key is stored in such tables, not the full information. In total, the database contains 19 tables that are linked by one-to-many relationships. Table relationships are necessary to define the relationships between data in different database tables and ensure data integrity and efficient information storage.

**The fourth section** is devoted to the development of an application program for interacting with the database and economic indicators. For the development of the application program, the object-oriented programming language C# was used, known for its universality and wide range of applications, within the Microsoft Visual Studio programming environment.

The application program as a whole includes forms for processing information about owners and general building details, detailed information about buildings and structures, information about the results of visual inspections of buildings and structures, and information about the results of instrumental inspections (strength and inclination). Each form contains its own set of controls and allows you to display, edit, and enter new information into the «Monitoring» database. Each form contains its set of control elements and allows displaying, editing, and adding new information to the "Monitoring" database. Each form has restrictions on entering incomplete information or duplicating information. Additionally, a notification system about the conditions for further operation has been implemented.

**Keywords:** monitoring, technical condition, structures, visual inspection, instrumental inspection, defects and damages, information systems, exploitation safety.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	15
ВСТУП.....	16
<b>РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ КОНЦЕПЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО</b>	
<b>СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....</b>	<b>21</b>
1.1 Аналіз законодавчої бази та нормативних документів.....	21
1.2 Безперервний моніторинг (стаціонарний).....	24
1.3 Моніторинг оснований на періодичних обстеженнях технічного стану (нестаціонарний) .....	36
1.4 Переваги та недоліки кожного виду моніторингу.....	42
1.5 Висновки .....	43
<b>РОЗДІЛ 2 ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ПРИДАТНІСТЬ</b>	
<b>БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ТА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА .....</b>	<b>45</b>
2.1 Технічна експлуатація будівель та споруд.....	45
2.1 Класифікація дефектів і пошкоджень та чинники їх появи .....	47
2.2 Перелік поширених дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій викликаних робочим середовищем.....	49
2.3 Перелік поширених дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій викликаних впливом ґрунтової основи .....	60
2.4 Перелік поширених дефектів будівельних конструкцій викликаних недоліками проєктних рішень, будівництва та порушень правил експлуатації .....	61
2.5 Визначення переліку даних за результатами польових робіт .....	66
2.6 Визначення інформаційної системи .....	69
2.7 Основні компоненти інформаційної системи по моніторингу технічного стану БтаС .....	71
2.8 Архітектурний концепт бази даних .....	73
2.9 Критерії прийняття рішення щодо можливості та умов подальшої експлуатації .....	74
2.10 Висновки за розділом 2 .....	78

## РОЗДІЛ 3 БАЗА ДАНИХ ПО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД .....	80
3.1 Вибір типу бази даних .....	80
3.2 Реляційна алгебра .....	85
3.3 Математична модель бази даних .....	88
3.4 Відомості про базу даних «Monitoring» .....	92
3.5 Таблиці бази даних для збереження інформації, які заповнюються користувачами .....	94
3.6 Таблиці бази даних з нормативно та законодавчо визначеними даними .....	112
3.7 Встановлення зав'язків між таблицями бази даних .....	116
3.8 Висновки за розділом 3 .....	118
РОЗДІЛ 4 ПРИКЛАДНА ПРОГРАМА ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З БАЗОЮ ДАНИХ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ .....	120
4.1 Відомості про прикладну програму .....	120
4.2 Форми для опрацювання інформації про власників та загальних відомостей про будівлі .....	122
4.3 Форма для опрацювання детальної інформації про будівлі та споруди .....	131
4.4 Форма для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд .....	139
4.5 Форми для опрацювання інформації про результати інструментальних обстежень .....	145
4.6 Економічні показники .....	147
4.7 Висновки за розділом 4 .....	149
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	153
Додаток А. Впровадження .....	167
Додаток Б. Розрахунок економічного ефекту .....	170

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

БтаС – будівлі та споруди

ІС – інформаційна система

СУБД – система управління базами даних

SHM – Structural Health Monitoring

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На даний час значна частина нерухомого майна в Україні експлуатується у понад проєктний період, а економічні фактори посприяли оптимізації витрат на будівництво та впровадили тенденції до зведення висотних будівель в умовах густої забудови та будівництва в складних геологічних умовах. Також частина нерухомого майна пошкоджена в результаті бойових дій. Дані фактори потенційно збільшують ризик виникнення аварійних ситуацій, наслідки яких можуть набувати техногенної, соціальної та культурної значимості.

Таким чином, особливого значення набуває проблема контролю технічного стану будівель та споруд (БтаС) з ціллю попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованості вибору комплексу інженерних заходів при проведенні ремонтів, реконструкцій та реставрацій. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності конструктивних елементів нормативним вимогам.

Одними з найбільш поширених механізмів контролю технічного стану будівель та споруд є моніторинг та обстеження будівель та споруд. Моніторинг – це комплекс організаційних заходів, які направлені на підтримку БтаС в працездатному стані, а також дозволяє чітко визначати причини появи дефектів та пошкоджень й надає вихідну інформацію для організації ремонтів, реконструкцій та реставрацій.

Однак на даний час результати моніторингу та обстежень здебільшого відображені у вигляді звітів, які зберігаються на паперових носіях або в електронному вигляді, що ускладнює аналіз результатів при подальшому накопиченню даних. Даний аспект стає на перешкоді в експертів з оцінки технічного стану при виявленні причин виникнення дефектів та пошкоджень.

Тому постає питання формування цифрового інформаційного простору по забезпеченню безпечної експлуатації БтаС й ефективній організації проведення



ремонтів, реконструкцій та реставрацій. Саме інтеграція результатів експлуатації БтаС в систему цифрового виміру є необхідною умовою для розвитку методологічних та технологічного-організаційних процесів, пов'язаних з ремонтом в сучасних умовах.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані відповідно до напряму наукової роботи кафедри технології будівельного виробництва Українського державного університету науки і технологій навчально-наукового інституту Придніпровської державної академії будівництва та архітектури згідно з науково-дослідною роботою «Підвищення технологічності при зведенні та відновленні об'єктів цивільної та промислової інфраструктури» (державний реєстраційний № 0124U002083, рівень участі дисертанта – виконавець).

### **Мета та завдання дослідження.**

Метою дисертаційної роботи є удосконалення процесу ведення моніторингу технічного стану будівельних конструкцій будівель і споруд.

Сформульована мета дисертаційної роботи зумовила необхідність вирішення таких задач:

1. Виконати аналіз досліджень спрямованих на: а) обстеження та моніторинг технічного стану БтаС; б) розробку методів оцінки та моніторингу технічного стану будівельних конструкцій.

2. Виконати аналіз чинних законодавчих і нормативних документів України пов'язаних з оцінкою технічного стану.

3. Розробити архітектурний концепт бази даних з урахуванням законодавства України та нормативних документів у сфері будівництва.

4. Розробити базу даних, яка дозволить структуровано зберігати результати моніторингу технічного стану БтаС впродовж всього терміну експлуатації.

5. Розробити прикладну програму, яка дозволить відображати, вносити та редагувати інформацію в базі даних.

*Об'єктом дослідження* є процеси та методи, які використовуються при веденні моніторингу технічного стану будівель та споруд.

*Предмет дослідження* – інформативність та звітність системи моніторингу технічного стану будівельних конструкцій.

**Методи дослідження.**

У роботі використано загальнонауковий метод аналізу фундаментальних досліджень з питань моніторингу технічного стану будівельних конструкцій, діалектичний підхід при визначенні умов подальшої експлуатації об'єктів, математичне моделювання при створенні моделі бази даних та комп'ютерне програмування.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає у:**

– *вперше* розроблено цифровий механізм інтеграції масиву даних, пов'язаних з відомостями про власників об'єктів, характеристиками будівель та споруд, інформацією про обстеження (технічний стан конструкцій; виявлені дефекти, пошкодження та деформації; показників міцності конструкцій), у єдину інформаційну систему для зменшення трудомісткості робіт з моніторингу стану будівель та підвищення безпеки експлуатації об'єктів;

– *вперше* розроблено архітектурний концепт бази даних об'єктів, динамічний блок якого дозволяє аналізувати динаміку змін показників будівельних конструкцій. Запропоновано кожну з категорій 3 та 4 технічного стану розділити на два рівні для прийняття рішення щодо умов подальшої експлуатації БтаС або виведення їх з експлуатації;

– *вперше*, на основі архітектурного концепту, створено математичну модель бази даних з моніторингу технічного стану конструкцій для фіксації показників дефектів, пошкоджень, деформацій та міцності протягом всього терміну експлуатації БтаС. Удосконалено підходи з відображення результатів моніторингу технічного стану БтаС в наочній і інформативній формах.

**Практичне значення одержаних результатів.**

– розроблений цифровий інструмент з моніторингу технічного стану та забезпеченню безпечної експлуатації БтаС, який дозволяє інформувати власників або управителів про умови подальшої експлуатації та дозволяє знизити трудомісткість робіт на 7...9 %;

– результати дисертаційної роботи впроваджені: в Слобожанській територіальній громаді, при створенні реєстру технічного стану об'єктів нерухомості, та в ТОВ «Науково-інжиніринговий центр Арсеко» і ТОВ «СТС-Інжиніринг».

**Особистий внесок здобувача.** Результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто, а саме: розроблено цифровий механізм інтеграції масиву даних, пов'язаних з відомостями про власників об'єктів, характеристиками будівель та споруд, інформацією про обстеження (технічний стан конструкцій; виявлені дефекти, пошкодження та деформації; показників міцності конструкцій), у єдину інформаційну систему; розроблено архітектурний концепт та математичну модель бази даних; розроблено прикладну програму для відображення результатів моніторингу технічного стану БтаС в наочній і інформативній формах.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення дисертаційної роботи викладено та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня: «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» (м. Миколаїв, 2020 р.), «Третя науково-практична конференція студентів ПДАБА» (м. Дніпро, 2021 р.); «XIX міжнародна науково-практична конференція «Іноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі» (м. Чернігів, 2021 р.); «Науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених» (м. Дніпро, 2021 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Іноваційні технології забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності і екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій» (м. Дніпро, 2024 р.), Форум «Переможемо-відбудуємо!» (м. Дніпро, 2022 р.).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 172 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 143 сторінки друкованого тексту. Робота ілюстрована

19 таблицями, 66 рисунками. Список використаних джерел містить 128 найменувань, з них 34 кирилицею та 94 латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНІ КОНЦЕПЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Протягом терміну служби БтаС витрати можуть виникати на трьох етапах: проектування, будівництво, використання та обслуговування [1]. Фаза експлуатації будівлі є основним фактором вартості життєвого циклу будівлі, що доводить важливість обслуговування будівлі [1]. Технічне обслуговування будівлі поєднує в собі заходи щодо утримання будівлі в належному для використання стані, у тому числі моніторинг технічного стану БтаС, який дає характеристику стану будівлі.

Основною метою моніторингу є отримання достовірної інформації про технічний стан БтаС. Інформацію можна використовувати для визначення умов подальшої, прогнозування несправності та планування подальших дій з технічного обслуговування залежно від характеристик будівлі. Одними з ознак технічного стану є наявність дефектів та пошкоджень. Дефект – це кожна окрема невідповідність будівельної продукції встановленим вимогам. У свою чергу пошкодження – це будь-яке порушення цілісності будівельних конструкцій або її елементів у процесі експлуатації, викликане наявністю дефектів або зовнішніми впливами. Завдання й етапи розробки системи моніторингу формуються таким чином, щоб гарантувати оптимальне виконання основних цілей системи моніторингу.

На даний час моніторинг БтаС можна виконувати за допомогою автоматизованих систем (безперервний моніторинг) або на основі періодичних обстежень технічного стану будівельних конструкцій (нестационарний моніторинг)

#### **1.1 Аналіз законодавчої бази та нормативних документів**

Моніторинг тісно пов'язаний з оцінкою технічного стану БтаС, оскільки результати оцінки технічного стану можуть використовуватися в якості вихідних даних при моніторингу.

Наразі в Україні основними законодавчими документами, які регулюють проведення оцінки технічного стану Бтас, є Закон України про регулювання містобудівної діяльності [2], Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва [3], Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд [4].

Згідно п.2 Порядку [3], проведення обстежень Бтас забезпечується власниками або управителями. При цьому згідно пункту 3 статті 39<sup>2</sup> Закону України [2] та п. 3 Порядку [3] об'єкти закладів освіти, культури, фізичної культури і спорту, медичного й оздоровчого призначення, будівлі адміністративного призначення, об'єкти інженерної, транспортної інфраструктури, об'єкти енергетики, що за класом наслідків (відповідальності) відносяться до об'єктів з середніми та значними наслідками, а також багатоквартирні житлові будинки незалежно від класу наслідків підлягають обов'язковому обстеженню. Таким чином, на законодавчому рівні регламентується проведення обстеження технічного стану всіх видів будівель та споруд.

Проведення обстеження технічного стану існуючих будівельних об'єктів має обов'язковий характер відповідно до наступних державних будівельних норм:

— відповідно до п. 4.1б ДБН А.2.2-3-2014 [5] забороняється розробка проєктної документації без проведення інженерних вишукувань, які мають бути виконані згідно з ДБН А.2.1-1-2008 [6] на нових земельних ділянках. Для реконструкції та капітального ремонту об'єктів необхідно уточнювати раніше виконані інженерні вишукування та провести інструментальне обстеження об'єктів;

— згідно з п. 5.1 ДСТУ Б В.3.1-2:2016 [7] рішення про необхідність ремонту або підсилення будівельних конструкцій для відновлення чи підвищення їхньої несучої здатності та експлуатаційної придатності приймаються на основі даних, отриманих під час обстеження відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8], інженерних вишукувань, виконаних відповідно до

ДБН А.2.1-1-2008 [6], а також з урахуванням результатів перевірочних розрахунків, виконаних відповідно до нормативних документів;

— відповідно до пунктів 13.1-13.2 ДБН В.2.2-15-2019 [9] під час проектування реконструкції та капітального ремонту багатоповерхових житлових будинків необхідно забезпечити збереження й функціонування протягом всього терміну експлуатації з урахуванням фактичного стану основ і конструктивних елементів відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8] та СОУ ЖКГ 75.11–35077234.0015:2009 [10]. Моніторинг технічного стану відповідальних конструкцій класом А1 і А та інженерних систем повинен проводитися на основі контролю, передбаченого затвердженою системою спостережень й паспортизації будинку під час його експлуатації. Крім того, згідно з п. 13.4 ДБН В.2.2-15-2019 [9], для розробки конструктивних рішень необхідний висновок про технічний стан несучих конструкцій, який розробляється за результатами обстежень.

Основними нормативними документами, які встановлюють вимоги до проведення технічного обстеження БтаС є ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8], ДСТУ Б В.2.6-210:2016 [11]. У ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8] також встановлені вимоги до проведення моніторингу технічного стану БтаС та їх конструктивних елементів. Відповідно до п. 8 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8], моніторинг може здійснюватися шляхом безперервного або періодичного спостереження з метою:

— контролю та оцінки впливу природних, техногенних, антропогенних та інших факторів на технічний стан об'єкта, прилеглої забудови та оточуючого середовища;

— виявлення негативних змін напружено-деформованого стану БтаС, які вимагають детального обстеження для визначення та оцінки технічного стану;

— забезпечення безпечного функціонування БтаС за рахунок своєчасного виявлення на ранніх стадіях негативних змін напружено-деформованого стану конструкцій і ґрунтів основ, які можуть спричинити перехід БтаС в непридатний до нормальної експлуатації або аварійний технічний стан;

— відстеження ступеня та швидкості зміни технічного стану об'єкта для своєчасного вжиття екстрених заходів з метою запобігання його руйнування.

Згідно п. 4.10 та 8.4.4 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [8] для об'єктів з класом наслідків (відповідальності) СС3 моніторинг технічного стану з використанням автоматизованих систем є обов'язковим.

## **1.2 Безперервний моніторинг (стаціонарний)**

### *1.2.1 Огляд методу*

Безперервний моніторинг базується на застосуванні автоматизованих систем, які здійснюють накопичення, аналіз і зберігання даних у режимі реального часу. У зарубіжній літературі використовується термін Structural Health Monitoring (SHM). Спочатку SHM використовувався для ідентифікації пошкоджень літаків у сфері аерокосмічної техніки та промисловості. Однак наприкінці 1970-х він був реалізований для дослідження морських платформ. На початку 1990-х років SHM було поширено на цивільні інженерні та інфраструктурні системи. Наприкінці 1999 року Міта [12] представив огляд швидкого розвитку SHM у цивільному будівництві Японії.

З появою нових технологій зондування, значним проривом у комп'ютерах та включенням методів структурного контролю [13-14], SHM значно розширився за останні два десятиліття. SHM розглядається як зворотна задача, у якій структурні дефекти розпізнаються за допомогою даних вимірювань та відомих вхідних даних. Крім того, цей процес є проблемою ідентифікації системи [15].

На підставі дослідження [16] рівні ідентифікації пошкоджень у SHM можна класифікувати на наступні рівні відповідно до обсягу/обсягу інформації, отриманої від структури:

- Рівень 1 – ідентифікація: визначення наявності дефекту на глобальному рівні.
- Рівень 2 – локалізація: визначення місця та координат пошкодження.
- Рівень 3 – оцінка: визначення інтенсивності пошкодження різних компонентів.



– Рівень 4 – прогнозування терміну служби: оцінка залишкового ресурсу конструкції.

Зокрема перший етап передбачає моніторинг бажаних властивостей конструкції протягом тривалого часу та дає відповіді щодо загальної наявності пошкоджень у конструкції. Для порівняння другий рівень видається більш складним, оскільки вимагає визначення місця пошкодження та його орієнтації [15].

Загалом перші два рівні визначаються як етапи діагностики, а наступні – рівні прогнозу.

Важливо, що рівні 1 і 2 можна оцінити без використання будь-якої моделі, а вже рівень 3 вимагає чисельного моделювання. Останній рівень вимагає використання таких процесів, як механіка руйнування, аналіз довговічності, аналіз надійності або оцінка конструкції [17]. Крім того, рівень 4 походить від рівня 3, на якому оцінка параметрів руйнування використовується для аналізу довговічності, щоб визначити залишковий ресурс конструкції [15].

Серед великої кількості публікацій значна частина досліджень орієнтована на рівні 1-3 [18-19], а відносно невелика кількість робіт спрямована на вирішення рівня 4 [20]. Більшість існуючих досліджень стосується застосування стратегій виявлення пошкоджень в лабораторних випробуваннях або на аналітичних моделях, а не в реальних конструкціях. Все більше дослідників прийшли до висновку, що для оцінки ризику та серйозності пошкодження як необхідної інформації для прийняття належного рішення щодо безпеки конструкції та запобігання потенційній відмові необхідно розпізнати тип пошкодження. Таким чином було представлено новий рівень під назвою «класифікація», спрямований на визначення типу пошкодження (рисунок 1.1).

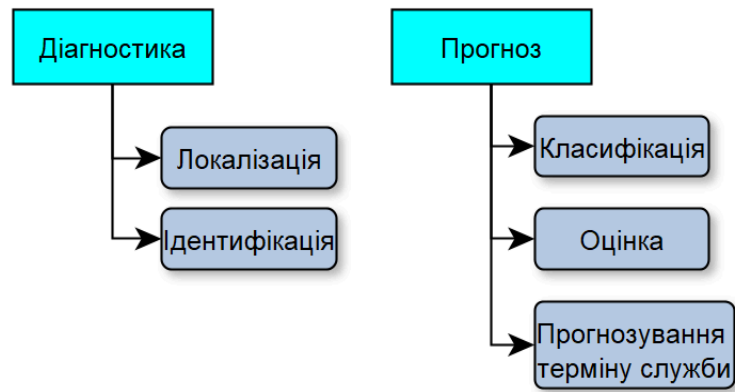


Рис. 1.1. Рівні ідентифікації пошкоджень

Розробка методології або методики SHM залежить від кількох факторів. Вони включають комплекс з відгуку, лінійну чи нелінійну поведінку системи, масштаб, наскільки легко фізичну систему можна змоделювати або змоделювати її поведінку, характер збудження або наскільки легко зворотний зв'язок може визначити механізм оцінки поведінки. Узагальнену схему факторів, що визначають ефективну стратегію для автоматизованого моніторингу, зображено на рисунку 1.2.



Рис. 1.2. Стратегія автоматизованого моніторингу

а) Масштаб виявлення – глобальний або локальний.

Згідно з дослідженнями [21], виявлення пошкоджень виконується в глобальному або локальному масштабі. Глобальні методи використовують для виявлення пошкоджень і оцінки стану всієї конструкції. Локальні методи у свою чергу допомагають визначити місце пошкодження або відстежувати певний відповідний параметр у системі [22]. Візуальний огляд або неруйнівні

випробування, включаючи ультразвук, радіографію та акустичну емісію, є практичними інструментами для точного визначення пошкоджень. Локальні вимірювання необхідні, оскільки незначні дефекти, зокрема тріщини та розшарування, можуть не відобразитися в глобальних вимірюваннях.

Локальні методи більш поширені для невеликих і нескладних конструкцій, оскільки необхідні дані про початковий стан конструкції, і такі методи вказують на ділянки пошкодженого елемента [20]. Відповідно вони займають багато часу і є досить дорогими [23]. Таким чином, спеціалісти використовують глобальні методи, які надають інформацію на основі характеристик вібрації, зокрема власні частоти та форми коливань в складних конструкціях. Ефективна стратегія полягає в застосуванні глобальних методів для визначення характеристик конструкції невеликої області, а потім запроваджуються методи локальної оцінки місця пошкодження.

б) Відповідь – статична або динамічна.

Переважає більшість методів виявлення пошкоджень базується на оцінці реакції конструкції на джерело збудження. У цьому відношенні існує дві основні групи: статичний відгук (деформація або напруження) і динамічні відгуки (частоти, форми коливань або модальне демпфування). Вимірювання статичних відгуків є більш простим, але менш чутливим до змін, спричинених пошкодженнями [21]. Відповідно використання динамічних реакцій є більш ефективним для виявлення як різких, так і поступових змін. Динамічне вимірювання вимагає контролю навколишнього середовища та операційних впливів для отримання точних даних. У попередніх дослідженнях у цій галузі динамічні методи покладалися на вимірювання частоти, з удосконаленням приладобудування також розглядалися інші методи, у тому числі методи на основі вібрації.

Оскільки вимірювання статичних відгуків надійніше, ніж вимірювання динамічних, деякі дослідники використовували статичні дані у своїх досліджуваних випадках (переміщення та деформація) для виявлення пошкоджень. Виникнення помилок вимірювання при вимірюванні статичного

відгуку є відносно незначним порівняно з динамічними відгуками. Для динамічної матриці потрібні матриці жорсткості, маси та демпфування, а матриця жорсткості конструкції необхідна виключно в статичних концепціях. З цієї причини статичні методи зазвичай мають простіші рівняння.

в) Поведінка – лінійна або нелінійна.

Наявність пошкоджень викликає більш складну поведінку та викликає нелінійні зміни. Крім того, пошкодження може призвести до розвитку нелінійних реакцій у конструкціях з типовою лінійною поведінкою, наприклад розтріскування, удари, розшарування, тертя або ослаблені з'єднання. Так в дослідженні [24] за допомогою експериментальних випробувань на консольній балці доведено, що власна частота може збільшуватися замість того, щоб зменшуватися через явище «дихання». Така поведінка підтверджує той факт, що тріщина по черзі відкривається і закривається під час експериментальних випробувань. Існують різні методи для розгляду нелінійних ефектів, наприклад функції нелінійної вихідної частотної характеристики та функції частотної характеристики вищого порядку. Класифікація і всебічний розгляд лінійних та нелінійних методів наведено в праці [25].

г) Обчислення – на основі моделі або на основі сигналу.

Ідентифікацію аномалій можна проводити за допомогою моделі (підхід на основі фізики) або методами на основі сигналів (підхід на основі даних). У першій концепції пошкодження розпізнається шляхом відстеження варіацій у змодельованих вимірюваннях конструктивної моделі [26]. По суті, модель – це математична абстракція, яка з'єднує та співвідносить вхідні та вихідні параметри конструкції за допомогою властивостей. У деяких випадках потрібна реакція після обробки, щоб передбачити місце пошкодження та його серйозність. З цієї причини були створені різні математичні моделі, такі як методи кінцевих різниць, методи кінцевих елементів, спектральні методи кінцевих елементів і методи граничних елементів. Методи кінцевих різниць є найбільш широко використовуваним підходом через його універсальність у моделюванні складних геометрій [15].

При використанні модельного підходу конкретні параметри моделі кінцевих елементів оновлюються відповідно до відповідей системи шляхом вивчення динамічної поведінки моделі основаної на методі кінцевих різниць. За допомогою цього процесу модель потрібно оновити для врахування системних змін, які відбуваються через пошкодження. Оновлення моделі включає оптимізацію рішення проблеми для пошуку оптимального набору матриць (маси, жорсткості та демпфування), що призводить до мінімізації розбіжностей між емпіричними та розрахунковими значеннями [26]. Ці підходи мають деякі недоліки, оскільки вони вимагають попереднього знання граничних умов, місця пошкодження та властивостей матеріалу [17].

Методи кінцевих різниць не зовсім придатні для роботи з незначними або невидимими пошкодженнями. У цілому математична модель покладається на методи розповсюдження хвиль (методи кінцевих елементів). Методи на основі сигналів у свою чергу покладаються на статистичний аналіз і оцінюють реакцію системи незалежно, відповідно вони не вимагають додаткової інформації щодо фізичних властивостей і параметрів конструкції [27].

д) Зворотній зв'язок – активний або пасивний.

Що стосується діагностики, то процедури включають два класи: пасивна та активна діагностика [15]. Активні схеми збуджують конструкцію за допомогою спрямованої хвилі або різних ультразвукових хвиль, хвиль Лемба або п'єзоелектричних перетворювачів.

З іншого боку, коли вимірювання вхідних сигналів є складним використовуються пасивні підходи. Пасивний підхід означає встановлення різних типів пасивних датчиків, зокоема датчики напруги, деформації, навантаження, стану навколишнього середовища або датчики вимірювання температури, які відстежують параметри в часі, а зібрані дані передаються в модель. Перспективним пасивним методом є акустична емісія, яка виявляє акустичні події, пов'язані з виникненням і поширенням дефектів. Інші пасивні методи включають частини обладнання, які розміщуються в контакті з конструкцією або на землі, щоб проаналізувати динамічну реакцію під впливом

навколишнього середовища, наприклад динамічна реакція конструкції мосту під рухом транспорту або внаслідок руху вітру та ґрунту.

е) Збудження – примусове або навколишнє збудження

Динамічні відгуки будь-якої структури зазвичай зумовлені двома типами збуджень: навколишні та вимушені вібрації [28]. Навколишні збудження описуються як стохастичні процеси, зокрема випадковий білий шум. Тут використовується метод випадкового декременту як ефективний метод обробки сигналу для вимірювання кроскореляційних функцій і спадів вільного відгуку. Використання вимушеної вібрації для сейсмічної оцінки потребує спеціального обладнання, а саме: ексцентричні струшувачі маси, щоб створити необхідну величину відгуку [17]. Крім того, використання примусових вібраційних випробувань на існуючих конструкціях має здійснюватися за допомогою добре контрольованого процесу, оскільки це може призвести до пошкодження конструкції.

ж) Інтервал: Час, Частота або Час-Частота

Методи обробки сигналів застосовувалися в різних областях, а саме часовій, частотній або частотно-часовій областях. Практичний аналіз вібрації починається з отримання точного змінного в часі сигналу від віброметрів або акселерометрів. Доступні різні варіанти та процедури для аналізу сигналу для виділення бажаних динамічних характеристик, які потенційно можуть висвітлити природу змін у конструкції. Відновлювальні криві сили та моделі авторегресійного ковзного середнього є кількома прикладами методів у часовій області. У моделях авторегресійного ковзного середнього часові історії структурних реакцій підбираються до моделі, потім коефіцієнти та залишкові похибки оцінюються як характеристики, які чутливі до пошкоджень.

Найпоширенішим інструментом для обробки сигналів у частотній області є перетворення Фур'є, яке приймає змінний у часі сигнал у реальному світі та розбиває його на гармонійні складові, щоб надати інформацію про їх амплітуду, фазу та частоту. Пов'язуючи частоти з характеристиками системи та дивлячись на амплітуди, можна з відносною точністю визначити зміни, викликані

пошкодженнями. Це перетворення виконується за допомогою алгоритмів швидкого перетворення Фур'є, які є найпопулярнішими в практичному аналізі.

Частотно-часове представлення сигналу дає змогу розпізнавати перехідну поведінку, спричинену пошкодженням (бажаним) або шумом навколишнього середовища (небажаним), що накладається на частоту вихідного сигналу [29]. На відміну від перетворення Фур'є, різкі зміни внаслідок пошкоджень можна ідентифікувати за допомогою масштабування та фокусування на характеристиках вейвлетів.

### *1.2.2 Практичне застосування автоматизованих систем моніторингу*

До основних етапів проведення безперервного моніторингу належать: збір та аналіз наявної технічної документації; визначення необхідних контрольованих параметрів; розробка розрахункової моделі; вибір видів фізичних вимірювань, кількості й місця розташування датчиків; розробка програми моніторингу; розробка та реалізація проекту по влаштуванню автоматизованої системи моніторингу; збір зафіксованих значень показників, їх аналіз та прогнозування змін.

До компонентів сучасних автоматизованих систем моніторингу входять: мережа вимірювальних пристроїв (датчики); обладнання, яке забезпечує збір й передачу інформації; програмне забезпечення по обробці, інтерпретації даних та прогнозуванні.

До найбільш поширених датчиків автоматизованих систем моніторингу відносяться:

– датчики деформації (рисунок 1.3) – використовуються для вимірювання деформацій, спричинених зовнішніми силами, які впливають на нерухомі конструкції. При довготривалому моніторингу повільно мінливих деформацій в будівельних конструкціях використовують струнні тензometri, які зберігають працездатність протягом десятиліть [31-32];

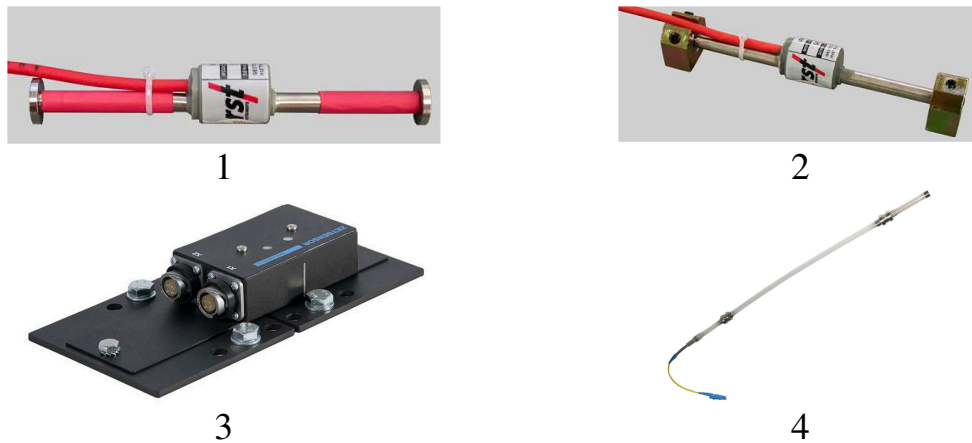


Рис. 1.3. Датчики деформації: 1 – закладний датчик деформації VWSG-E для бетонних конструкцій; 2 – наварний датчик деформації VWSG-A для металевих конструкцій; 3 – накладний цифровий датчик малих деформацій ZET 7110 DS; 4 – датчик деформації SOFO.

– датчики тиску (рисунок 1.4) – застосовуються для контролю тиску в ґрунтах основи БтаС, що є особливо важливим на етапі будівництва, а також під час експлуатації при збільшенні кількості поверхів об'єкта.

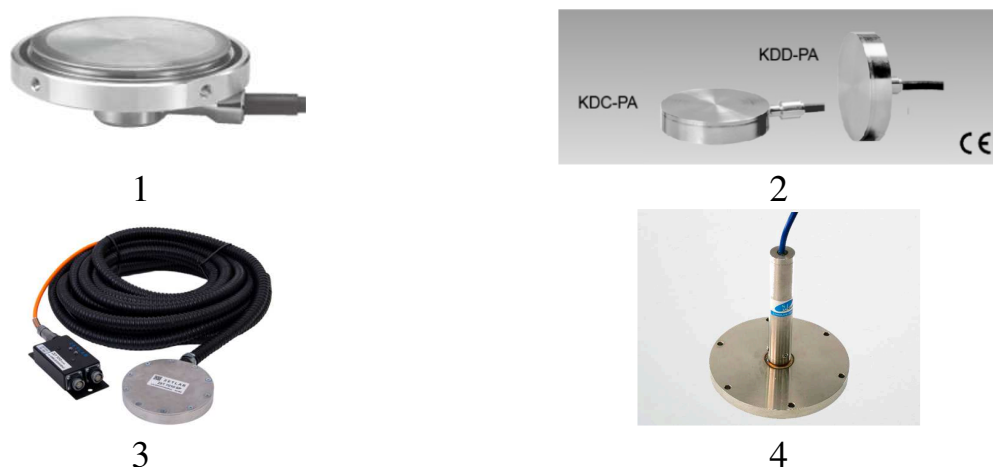


Рис. 1.4. Датчик тиску ґрунту: 1 – ВЕЕ-А/ВЕР-А; 2 – КДС-РА/КДД-РА; 3 – ZET 7010 SP; 4 – SJ-8000.

– щілиноміри/маяки/вимірювачі зміщень (рисунок 1.5) – використовуються для виміру ширини розкриття тріщин, зміщень та можуть фіксувати додаткову інформацію про температуру, вологість та інші параметри. Сучасніші маяки виготовляють на основі електронних компонентів а саме: тензодатчиків, оптичних технологій.





Рис. 1.5. Щілиноміри/маяки/вимірювачі зміщень: 1 – вібраційний дротяний тріщиномір Geokon 4420; 2 – трищіномір дровтовий D241; 3 – вимірювач тріщин GEKO; 4 – вимірювачі зміщень SenSpot.

– інклінометри (рисунок 1.6) – прилади для контролю відхилення БтаС від вертикалі в системах стабілізації кутового положення, які реєструють кутові переміщення об'єкта;

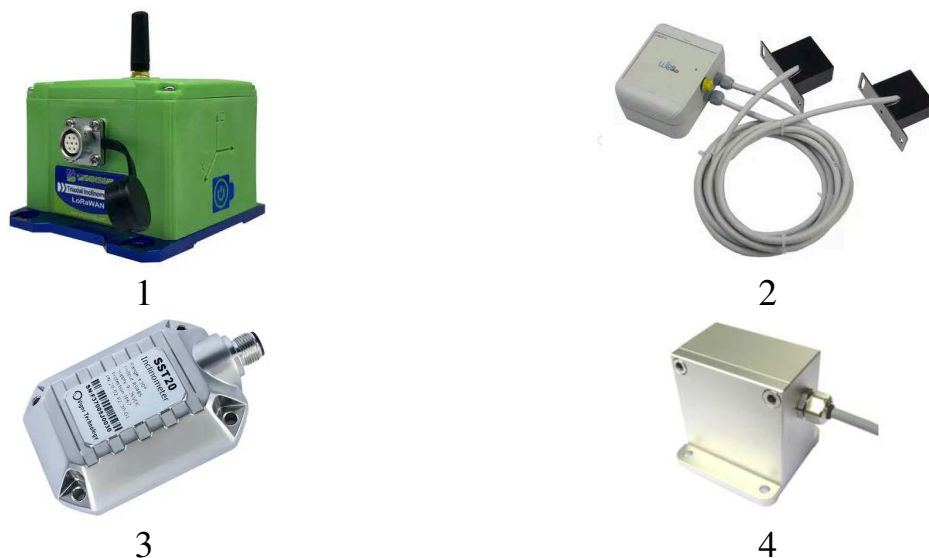


Рис. 1.6. Інклінометри: 1 – LWHD-WM400; 2 – WSD12T-IIDR; 3 – SST20; 4 – PEI-S103-1-0.6

– акселерометри (рисунок 1.7) – прилади, які фіксують коливання несучих конструкцій і БтаС у цілому;



Рис. 1.7. Акселерометри: 1 – СД-1Э; 2 – OS7100; 3 – АЦТ90; 4 – АККЕ.

– роботизовані тахеометри – застосовуються для вимірювання кутів за допомогою вбудованих горизонтального та вертикального кругів, а також вимірювання відстаней до об'єктів за допомогою лазерного віддалення або інфрачервоних променів.



Рис. 1.8. Роботизовані тахеометри: 1 – LEICA VIVA TS16 1" R1000;  
2 – TOPCON GT-1001; 3 – Hilti PLT 300; 4 – Sokkia iX-1001.

До обладнання для збору й передачі інформації належать:

– сервери – комп'ютер або пристрій, який надає ресурси іншим комп'ютерам, відомим як клієнти, через мережу. Сервер може виконувати різні функції, включаючи зберігання, обробку та надання доступу до даних, обмін інформацією між користувачами, обслуговування додатків, керування мережею. Сервер може бути фізичним комп'ютером або віртуальною машиною, яка працює на фізичному сервері;

– даталогери – електронний пристрій, який призначений для автоматичного збору та запису даних з різних датчиків або джерел вимірювання протягом певного періоду часу. Даталогери можуть мати внутрішню пам'ять для збереження даних, вбудовані чи зовнішні інтерфейси для підключення датчиків, а також можливості зчитування та передачі даних на зовнішні сховища, зокрема SD-карти, USB-накопичувачі або комп'ютери. Деякі даталогери можуть підтримувати бездротові технології передачі даних, у тому числі Wi-Fi або GSM/GPRS, Bluetooth, для передачі даних на віддалені сервери або хмарні сервіси;

– мультиплексори – пристрої, які використовуються для комутації (перемикання) даних з кількох вхідних джерел на одне вихідне. Основна функція мультиплексорів полягає у виборі потрібного сигналу або даних із заданого набору вхідних каналів і перенесення їх на один вихідний канал. У мультиплексорів є два основних типи входів: вхідні дані і вхідний сигнал вибору. Вхідні дані - це дані, які потрібно передати або комутувати, а вхідний сигнал вибору - це сигнал, який вказує мультиплексору, який з вхідних каналів треба вибрати;

– кабельна мережа, GPRS-модеми, Wi-fi – цифрові технології передачі даних, які використовуються для передачі інформації між пристроями або комп'ютерами через бездротові або дротові засоби зв'язку.

Програмне забезпечення автоматично обробляє та інтерпретує дані, а також надає можливість відображення інформації у режимі реального часу на автоматизованих робочих місцях. Автоматизовані робочі місця можуть розташовуватись як на території забудови, так і за її межами.

На рисунку 1.9 зображена принципова схема автоматизованої системи моніторингу.

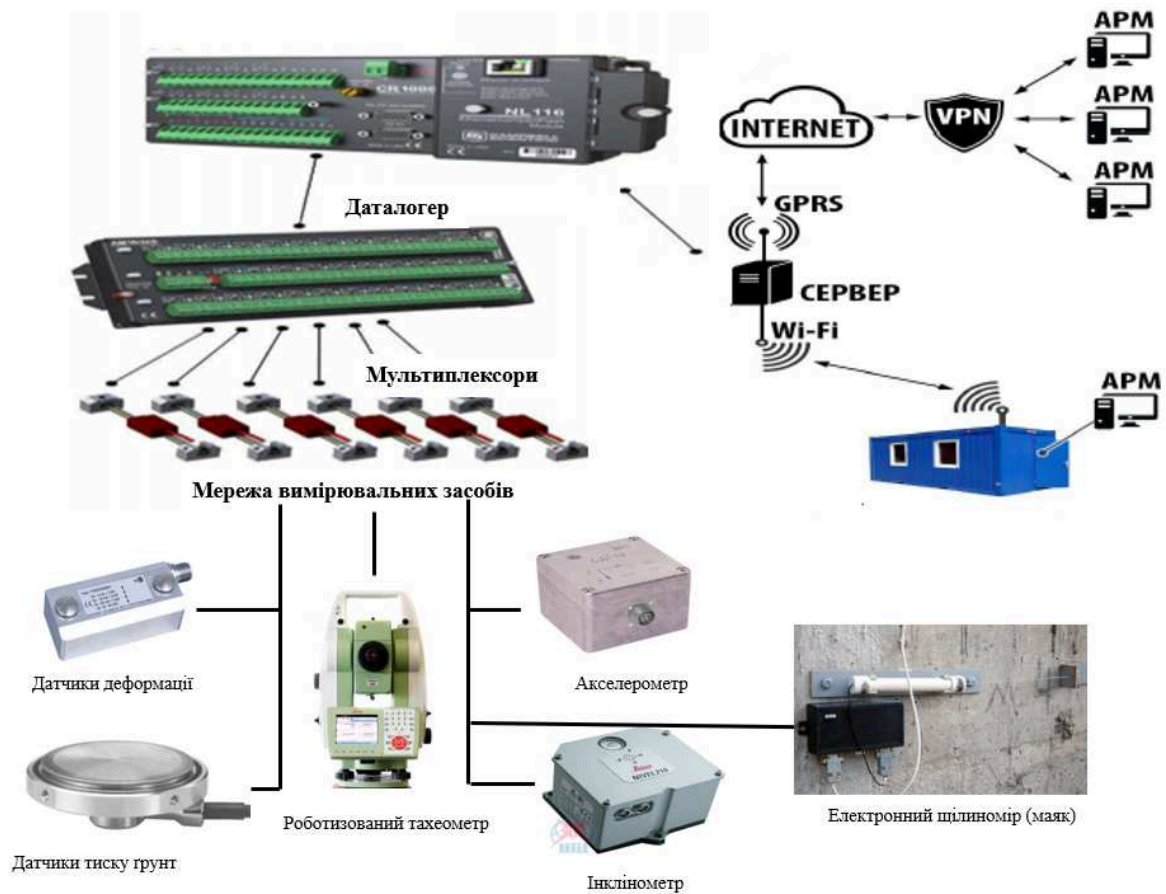


Рис. 1.9. Принципова схема автоматичної системи моніторингу

У роботах [33], [34], [35] наведені практичні приклади застосування стаціонарних систем моніторингу кожна з яких забезпечує виявлення змін стану Бтас.

### 1.3 Моніторинг оснований на періодичних обстеженнях технічного стану (нестационарний)

Основним інструментом при нестационарному моніторингу є періодичні обстеження, які дозволяють оцінювати технічний стан споруди чи будівлі. У зарубіжній літературі використовуються терміни Survey або Building inspection. Сама процедура обстеження включає в себе польові та камеральні роботи. У загальному вигляді принцип проведення нестационарного моніторингу зображено на рисунку 1.10.

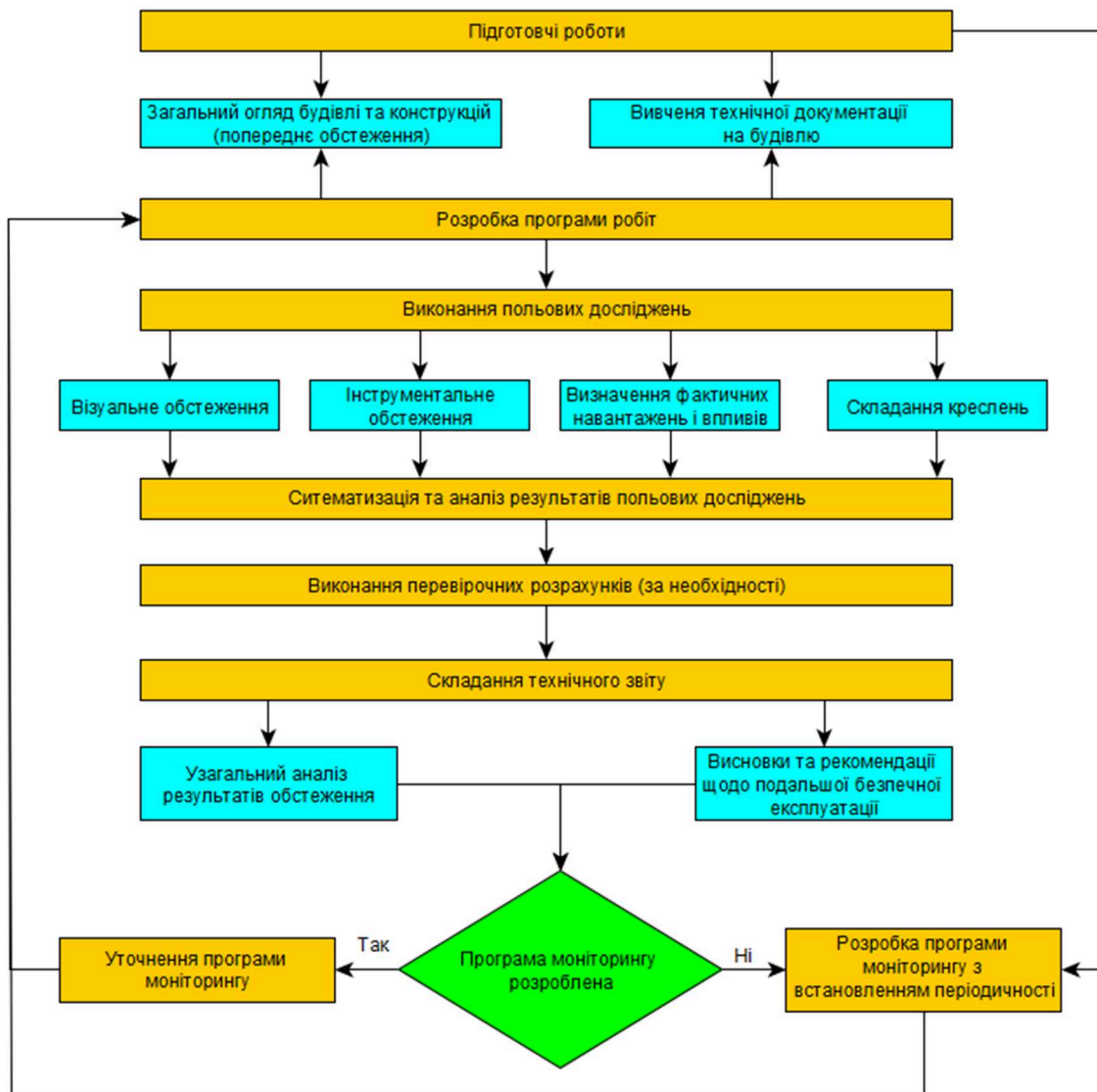


Рис. 1.10. Принципова схема проведення нестационарного моніторингу

В обсяг робіт з обстеження будівель входять:

1. Ознайомлення з наявною технічною документацією обстежуваної будівлі:

– проєктна документація, до складу якої входять: архітектурно-будівельні креслення із зазначенням змін, внесених при виконанні будівельно-монтажних робіт; параметри технологічних впливів, передбачених при проєктуванні; схеми прикладання експлуатаційних навантажень, розрахунки будівельних конструкцій, виконані при проєктуванні, для визначення зусиль, на які були розраховані конструкції;

– виконавча документація, до складу якої входять: акти здачі-приймання прихованих робіт й акти приймання окремих конструкцій; заводські паспорти або сертифікати на застосовані конструкції та матеріали; документи про узгодження відхилень від проекту; акти приймання в експлуатацію із зазначенням незавершених робіт;

– експлуатаційна документація до складу якої входять: технічні паспорти; дані про тривалість роботи на різних режимах; документи, що характеризують фактичні експлуатаційні навантаження та впливи, їх зміни в процесі експлуатації; відомості про аварійні ситуації, відхилення і зміни експлуатаційних режимів навантажень та технологічних впливів; журнали періодичних спостережень за станом будівельних конструкцій за весь експлуатаційний період; звіти і висновки виконавців або організацій про раніше виконані обстеження; відомості про проведення поточних і капітальних ремонтів; акти на виконані роботи по ремонту й підсилення конструкцій у ході усунення дефектів, виявлених під час попередніх обстежень; результати визначення фізико-механічних характеристик матеріалів;

2. Загальний огляд будівлі виконується для збору вихідної інформації, визначення загального стану будівельних конструкцій та визначення складу й обсягу робіт для детального обстеження будівельних конструкцій. При необхідності приймається рішення щодо першочергових заходів щодо посилення конструкцій;

3. Програма робіт. У програмі робіт чітко прописується процедура обстеження й оцінки технічного стану із зазначенням обсягу обстежень, видів та кількості інструментальних випробувань;

4. Виконання польових робіт:

– обміри та складання або уточнення креслень. Обміри БтаС проводяться для визначення їх фактичних геометричних характеристик і можливих відхилень від проектної документації. Вимірювання проводять для визначення розмірів конструкцій, перерізів окремих елементів, відстаней між конструкціями в плані і по висоті, висот й інших геометричних параметрів. Традиційним методом є

обмір за допомогою рулеток, у тому числі електронних. Крім традиційних методів, це завдання може бути вирішене за допомогою фотограмметрії [36] або лазерного сканування [37], а також їх суміщення [38];

– визначення фактичних навантажень та впливів, які діють на конструкції у реальних умовах експлуатації;

– візуальне обстеження є одним із основних видів обстеження будівельних конструкцій [39] під час якого проводиться технічний огляд з метою виявлення видимих дефектів і пошкоджень та встановлення явних і потенційних причин їх виникнення. Огляд супроводжується порівнянням відповідності обстежуваних конструкцій та умов їх експлуатації вимогам проєктної та нормативної документації. Уточнення причин появи дефектів здійснюється за матеріалами проєктної, виконавчої та експлуатаційної документації, а також у ході інструментального обстеження. Важливою частиною візуального обстеження є оцінка технічного стану конструкцій за їх зовнішніми ознаками та вибір конструкцій для подальшого детального інструментального обстеження;

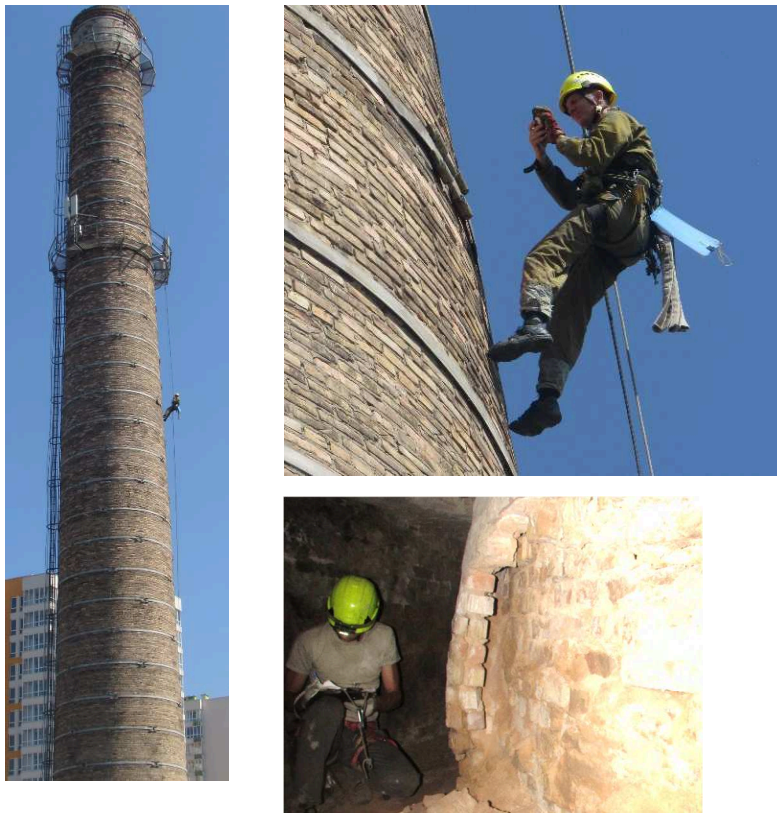


Рис. 1.11. Візуальне обстеження димової труби та газоходів

– інструментальне обстеження є важливим етапом у процесі збору інформації для кінцевої оцінки технічного стану будівельних конструкцій. Інструментальному обстеженню підлягають конструкції, визначені в списку елементів і ділянок, складеному на основі аналізу технічної документації. Також до інструментального обстеження можуть включатись конструкції, на які відсутня необхідна документація, або ті, де були виявлені дефекти під час візуального обстеження. Інструментальне обстеження будівельних конструкцій БтаС зазвичай проводиться за допомогою неруйнівних методів (приклад визначення міцності конструкцій наведений на рисунку 1.12). У разі, якщо неруйнівні методи не дають достовірних результатів, може бути проведений відбір проб матеріалу для лабораторних випробувань (приклад відбору та випробування бетону конструкцій наведений на рисунку 1.13) або здійснено навантаження на конструкції. Кількість таких випробувань визначається мінімальним обсягом, який необхідний для отримання інформації про важливі параметри елементів, конструкцій або всієї будівлі.



Рис. 1.12.Процес ультразвукового контролю залізобетонної конструкції

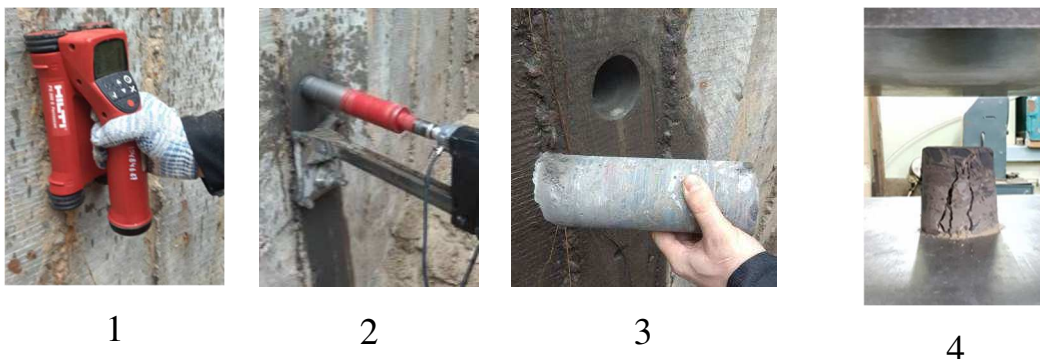


Рис. 1.13.Процес визначення міцності бетону методом руйнівного контролю: 1 – визначення положення арматури; 2 – буріння; 3 – вилучення керну; 4 – випробування дослідного зразка



5. Аналіз результатів польових досліджень ґрунтується на зіставленні отриманих результатів з вимогами нормативних та проєктних вимог та включає визначення напружено-деформованого стану та ступеню небезпеки дефектів та пошкоджень;

6. Перевірочні розрахунки – це розрахунки існуючої конструкції за чинними нормами проєктування із введенням у розрахунок отриманих у результаті обстеження або за проєктною та виконавчою документацією геометричних параметрів конструкцій, фактичної міцності будівельних матеріалів, чинних навантажень, уточненої розрахункової схеми з урахуванням наявних дефектів та ушкоджень. У цілому перевірочні розрахунки виконуються в разі зміни нормативних навантажень (снігове, вітрове тощо), збільшення експлуатаційних навантажень (заміна обладнання, конструкцій покрівлі тощо), наявності дефектів та пошкоджень, які знижують несучу здатність конструкцій (зменшення перерізу арматурних стрижнів та металевих елементів, деструкція кам'яної кладки тощо);

7. Складання технічного звіту з узагальненим аналізом результатів обстеження, висновком та рекомендаціями щодо подальшої безпечної експлуатації;

8. Програма моніторингу розробляється на основі звіту або результатів аналізу технічної документації та встановлює перелік параметрів, що підлягають моніторингу (наприклад кількісні показники виявлених дефектів та пошкоджень, показників міцності конструкцій тощо), вибір методів і засобів вимірювання, які найкраще відповідають поставленим завданням та періодичність проведення планових робіт.

Після затвердження програми моніторингу через встановлений термін повторюється цикл починаючи з польових робіт для отримання відомостей про зміни фактичних геометричних параметрів, фізичних і механічних властивостей, несучої здатності конструктивних елементів та стану будівельних конструкцій. Після кожного циклу за необхідності вносяться зміни в програму моніторингу.

#### 1.4 Переваги та недоліки кожного виду моніторингу

До основних переваг безперервного моніторингу технічного стану будівельних конструкцій належать [40]: можливість відстеження стану об'єкта в режимі реального часу з будь-якої точки Землі, де є доступ до інтернету; можливість відстежити зміни за різні періоди часу (секунди, хвилини, години, дні, неділі або місяці); можливість оперативного реагування на критичні зміни напружено-деформованого стану будівельних конструкцій; збереження значного об'єму інформації по зміні напружено-деформованого стану будівельних конструкцій.

До недоліків автоматизованих систем моніторингу, які необхідно враховувати, належать [40]: при монтуванні датчиків у тіло конструкції відсутня можливість їх ремонту та заміни, а також ускладнюються виконання будівельно-монтажних робіт; збільшення кошторисної вартості будівництва (модернізації); необхідність залучення висококваліфікованого персоналу з будівельної галузі та сфери інформаційних технологій; необхідність постійного енергозабезпечення, що призводить до збільшення витрат на експлуатацію БтаС.

На даний час існує значна кількість як виробників вимірювальних приладів, так і розробників програмного забезпечення, які здатні забезпечити комплексний моніторинг БтаС (гідротехнічний, геодезичний та інженерно-будівельний відповідно до [41]).

Перевагами періодичного моніторингу є [40]: можливість використання приладів руйнівного та неруйнівного контролю при моніторингу декількох об'єктів; значний обсяг інформації за наявним пошкодженням конструкцій, отриманий при візуальному обстеженні; відсутня необхідність залучення спеціалістів у сфері інформаційних технологій; відсутня необхідність у постійному енергозабезпеченні.

До основних недоліків періодичного моніторингу можна віднести [40]: неможливість відстеження зміни стану будівельних конструкцій між різними циклами; відсутні цифрові інформаційні системи по накопиченню та відображенню результатів моніторингу; необхідність залучення кваліфікованих

експертів; суб'єктивність судження експерта про стан будівлі або конструкції. Суб'єктивність може бути обумовлена конкретним індивідуальним досвідом, ставленням до ризику, використанням «практичних правил» і упередженістю. На даний час в Україні існує єдина система у сфері будівництва проте основною її задачею є спрощення документообігу та ведення реєстрів, що значною мірою не задовольняє основних принципів ведення моніторингу оскільки, результати обстежень відображаються у вигляді окремих звітів та ускладнює аналіз динаміки змін.

У публікації [42] приходять до висновку, що при експлуатації висотних будівель, які за класом наслідків відносяться до класу СС3, доцільно використовувати системи автоматизованого моніторингу. Проте існує необхідність моніторингу технічного стану будівель з класом наслідків СС1 та СС2, при цьому для таких будівель використання автоматизованих систем є недоцільним. У таких випадках доцільно використовувати моніторинг оснований на періодичній оцінці технічного стану. У даному напрямку основний акцент спрямований на методологію оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд. Так у публікації [43] пропонується методика розрахунку термінів наступного обстеження, а в роботі [44] наводяться рекомендації щодо організації робіт з моніторингу оснований на показниках експлуатаційної придатності, які встановлюються під час обстежень. Однак не порушується питання про цифровий інструментарій, який дозволяє накопичувати, відображати результати моніторингу та інформувати власників або управителів про умови подальшої експлуатації.

## **1.5 Висновки**

1. Безвідмовна експлуатації БтаС забезпечується шляхом підтримки конструкцій у працездатному стані, що в свою чергу досягається шляхом виявлення дефектів і пошкоджень та виконання відповідних заходів з їх усунення або стабілізації. Своєчасне виявлення дефектів та пошкоджень забезпечується шляхом проведення моніторингу технічного стану конструкцій.

На даний час моніторинг може виконуватись за допомогою періодичних обстежень або автоматизованих систем.

2. Згідно будівельних норм України автоматизований моніторинг є обов'язковим для Бтас класом наслідків СС3, при цьому в разі фіксування критичних змін параметрів виконується візуальний та за необхідності додаткові інструментальні дослідження відповідних ділянок. Основною перевагою автоматизованих систем є періодичність замірів показань, яка може сягати однієї секунди. Таким чином, автоматизовані системи виконують цілодобовий моніторинг будівлі, при цьому збільшується вартість будівництва та експлуатації, що недоцільно для Бтас класом наслідків СС1 та СС2, кількість яких в Україні значно вища.

3. Моніторинг оснований на обстеженнях технічного стану представляє комплекс польових та камеральних робіт, які виконуються з визначеною періодичністю. Основними напрямками досліджень в даному напрямі є методики розрахунку термінів наступного обстеження та методи оцінювання. Результати моніторингу основаному на періодичній оцінці відображаються в паперових звітах або розрізнених електронних документах, що у свою чергу ускладнює їх аналіз.

4. Враховуючи, що на даний час існує значна кількість вимірювальних засобів і програмного забезпечення для автоматизованих систем та будівельні норми не виключають можливість проведення періодичного моніторингу об'єктів з класом наслідків СС3, постає питання створення цифрового інструментарію здатного накопичувати, систематизувати, візуалізувати інформацію за результатами періодичного моніторингу з можливістю інформування власників або управителів про умови подальшої експлуатації.

#### Список використаних джерел у розділі 1

У розділі 1 використані [1...44] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 2

# ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ПРИДАТНІСТЬ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ТА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА

### 2.1 Технічна експлуатація будівель та споруд

Технічна експлуатація БтаС – комплекс направлений на забезпечення безвідмовної роботи всіх елементів та систем протягом встановленого терміну служби та функціонування будівлі за призначенням.

Функціонування будівлі – безпосереднє використання будівлі за призначенням та виконання їм заданих функцій. Пристосування БтаС під інші цілі знижує ефективність функціонування будівлі, оскільки використання будівлі за призначенням є основною частиною його експлуатації.

Технічна експлуатація будівель включає в себе технічне обслуговування та систему ремонтів. Технічне обслуговування БтаС включає роботи з контролю технічного стану, підтримки справності, підготовки до сезонної експлуатації будівлі в цілому, а також її елементів і систем. Контроль за технічним станом БтаС здійснюють шляхом проведення оглядів та спеціалізованих обстежень з використанням сучасних засобів технічної діагностики. Проведення оглядів виконується відповідною службою підприємства, організації чи установи незалежно від форми власності та їх діяльності. Огляди підрозділяються на загальні (комплексні) та часткові (вибіркові). Під час загального огляду перевіряється вся будівля або споруда, включаючи всі конструкції, інженерне обладнання, оздоблення та елементи зовнішнього благоустрою. При частковому огляді перевіряються лише окремі частини: окремі будівлі (споруди) комплексу; окремі конструкції або обладнання.

За періодичністю проведення огляди поділяються на чергові (систематичні) та позачергові. Чергові загальні технічні огляди виконуються двічі на рік: у весняний та осінній періоди. Основною метою весняного огляду є уточнення обсягів поточного ремонту БтаС або робіт з капітального ремонту для включення їх у план. Позачергові огляди проводять після виникнення аварій або

стихійного лиха. Спеціалізовані обстеження проводяться кваліфікованими експертами згідно з встановленими нормами та дають можливість виявити найбільш характерні дефекти та пошкодження й розробити рекомендації стосовно ремонту й підсилення конструкцій. Таким чином, технічна експлуатація БтаС у загальному вигляді відображена на рисунку 2.1.

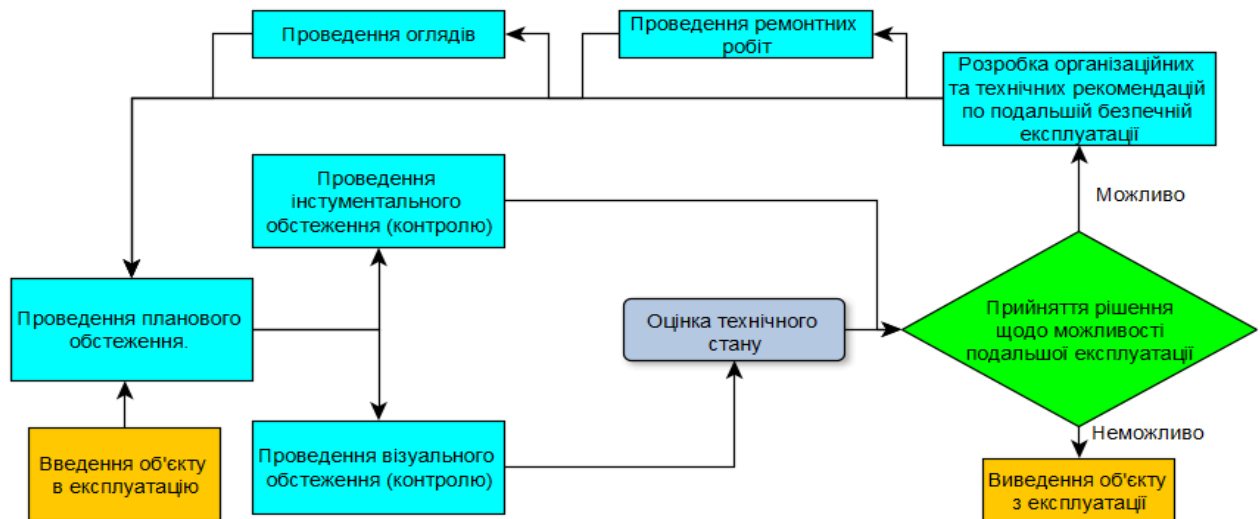


Рис. 2.1. Технічна експлуатація БтаС.

Дана схема прийнята за основу для створення інформаційної системи (ІС) по моніторингу технічного стану БтаС, оскільки охоплює як наявні дефекти та пошкодження, так і враховує характеристики будівельних матеріалів об'єктів будівництва. Так, після введення об'єкта в експлуатацію під час проведення планового обстеження виконується візуальний та інструментальний контроль будівельних конструкцій, після чого визначається категорія технічного стану по кожному типу конструкцій. На основі оцінки технічного стану об'єкту приймається рішення про доцільність подальшої експлуатації. У разі продовження експлуатації розробляються рекомендації по усуненню виявлених дефектів і пошкоджень, що дозволить знизити рівень (або швидкість) деградації та попередить відмову конструкцій до проведення наступного планового обстеження. В іншому випадку об'єкт виводиться з експлуатації. У проміжку між плановими обстеженнями можуть проводитися ремонтні роботи та сезонні огляди.

## 2.1 Класифікація дефектів і пошкоджень та чинники їх появи

Першими етапами польових робіт є загальний огляд та візуальне обстеження будівельних конструкцій з фіксацією виявлених дефектів та пошкоджень. Дефекти та пошкодження виникають внаслідок різних причин з точки зору джерела. У дослідженні [45] підтвердили, що дефекти, виявлені на кожному етапі життєвого циклу будівлі (будівництво, введення в експлуатацію та технічна експлуатація), відрізняються. Причина дефекту – це залежна від часу подія, яка призводить до відмови будівельних конструкцій та елементів. Будівельні дефекти спричиняються різними факторами, деякі з яких можна спостерігати наочно, а інші є прихованими та розташовані всередині конструкції. Деякі будівельні дефекти, які безпосередньо впливають на експлуатаційні характеристики споруд, спричинені неякісним проектуванням або будівництвом [46]. Будівельні помилки та дефекти також можуть виникати через використання невідповідних матеріалів, неякісне виробництво або недостатню обізнаність проєктних рішень. У роботі [47] продемонстрували, що одні дефекти призводять до появи інших дефектів, а тому запобігання основним дефектам може запобігти появі багатьох дефектів. Таким чином, необхідно виявляти фактори, що сприяють виникненню будівельних дефектів, на ранніх стадіях, щоб уникнути подальшої появи дефектів. Згідно з кількома дослідженнями різні типи будівельних дефектів були класифіковані відповідно до їхнього джерела або наслідків.

У дослідженні [48] автори класифікували дефекти на два типи: структурні та неструктурні. Структурний дефект – це дефект, який з'являється в структурному елементі, що є результатом певного дефекту в матеріалах або конструкції, або і того, й іншого [49]. Неструктурні дефекти будівлі – це будь-які дефекти неконструктивних елементів будівлі, які не порушують структурну цілісність будівлі. Згідно [50] дефекти будівель можна класифікувати за такими ознаками: причиною і часом, характером і значущістю (рисунок 2.2)

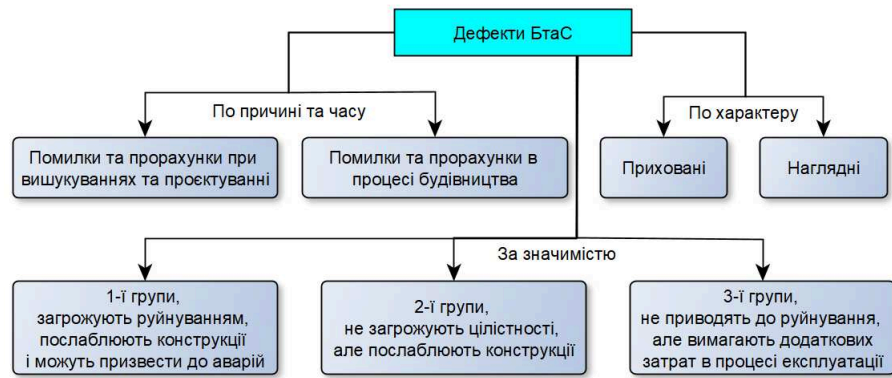


Рис. 2.2. Класифікація дефектів БтаС відповідно до [50]

В рекомендаціях [51] автори класифікують дефекти на шість типів: дефекти пов'язані з недоліками проєкту; дефекти виготовлення та зведення конструкцій; механічні пошкодження та порушення правил експлуатації; пошкодження від непередбачених проєктом статичних та динамічних силових впливів; пошкодження від зовнішніх агресивних впливів.

У дослідженні [52] приведено чотири критичні фактори, які сприяють виникненню будівельних дефектів: недооцінка навантаження на етапі проектування та будівництва; брак знань про елементи будівлі; неправильне визначення причини дефекту та невиконання необхідного технічного обслуговування; несправність елементів з'єднання.

На основі різних класифікацій дефектів та пошкоджень виділені п'ять чинників їх виникнення, які зображені на рисунку 2.3.

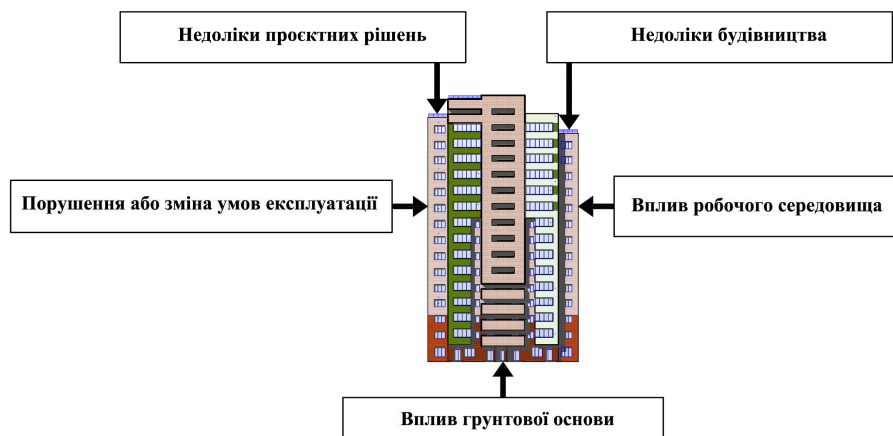


Рис. 2.3. Чинники виникнення дефектів та пошкоджень

Перехід конструкцій або БтаС у цілому в аварійний стан може бути спричинений як одним чинником, так і сукупністю декількох.



## **2.2 Перелік поширених дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій викликаних робочим середовищем**

Усі будівельні конструкції можна класифікувати за призначенням або за матеріалом. За призначенням будівельні конструкції бувають несучі та огорожувальні. Несучі конструкції – це система елементів, які сприймають всі навантаження і впливи та забезпечують міцність, стійкість та геометричну незмінність БтаС. Огорожувальні конструкції – це система елементів, які захищають будівлю від зовнішніх впливів і забезпечують необхідні теплотехнічні, акустичні та санітарно-гігієнічні умови у приміщеннях. Найбільш небезпечними є дефекти та пошкодження несучих конструкцій, оскільки можуть призвести до відмови БтаС у цілому. В залежності від матеріалів будівельні конструкції поділяються на: бетонні та залізобетонні; металеві; кам'яні та армокам'яні; дерев'яні.

### *2.2.1 Пошкодження бетонних (залізобетонних) та кам'яних (армокам'яних) конструкцій викликані робочим середовищем*

Бетон є одним з найпоширеніших будівельних матеріалів завдяки своїй доступності та універсальності. Однак бетон не є вічним будівельним матеріалом; з часом під впливом експлуатації та умов навколишнього середовища виникають різні форми пошкоджень, що спричиняють косметичні та структурні дефекти бетонних конструкцій [53]. Внаслідок цього експлуатаційні характеристики бетонних конструкцій знижуються протягом їхнього терміну служби. Рівень пошкоджень у бетонних конструкціях залежить від агресивності навколишнього середовища, складу бетону та ступеня контролю якості під час будівництва [54]. Значна частина впливів навколишнього середовища стають більш серйозними для бетону через присутність хлоридних і сульфатних іонів, які надходять з протиожеледних або антиобморожувальних солей і морської води/грунту відповідно [55].

Показники довговічності залізобетону в першу чергу залежать від складу і властивостей його відкритого поверхневого шару або покривного бетону [56]. Значна частина дефектів та пошкоджень починаються з поверхневого шару

бетону. Пошкодження на поверхні бетону дозволяє хлоридам швидше проникати в бетон, а вуглекислому газу легше проникати з навколишнього середовища; отже, обидва ці фактори можуть призвести до посилення корозії арматурної сталі в залізобетонних конструкціях. Крім того, пошкоджена поверхня бетону дозволяє більшій кількості води проникати в бетон, що в свою чергу збільшує ступінь насичення бетону водою, яка при замерзанні може спричинити втрату міцності.

Відповідно пошкодження бетону відбувається протягом терміну служби бетонних конструкцій через фізичні та хімічні впливи агресивних середовищ. Найпоширенішими формами поверхневих пошкоджень від навколишнього середовища є лущення, відшарування та розтріскування (рисунок 2.4).

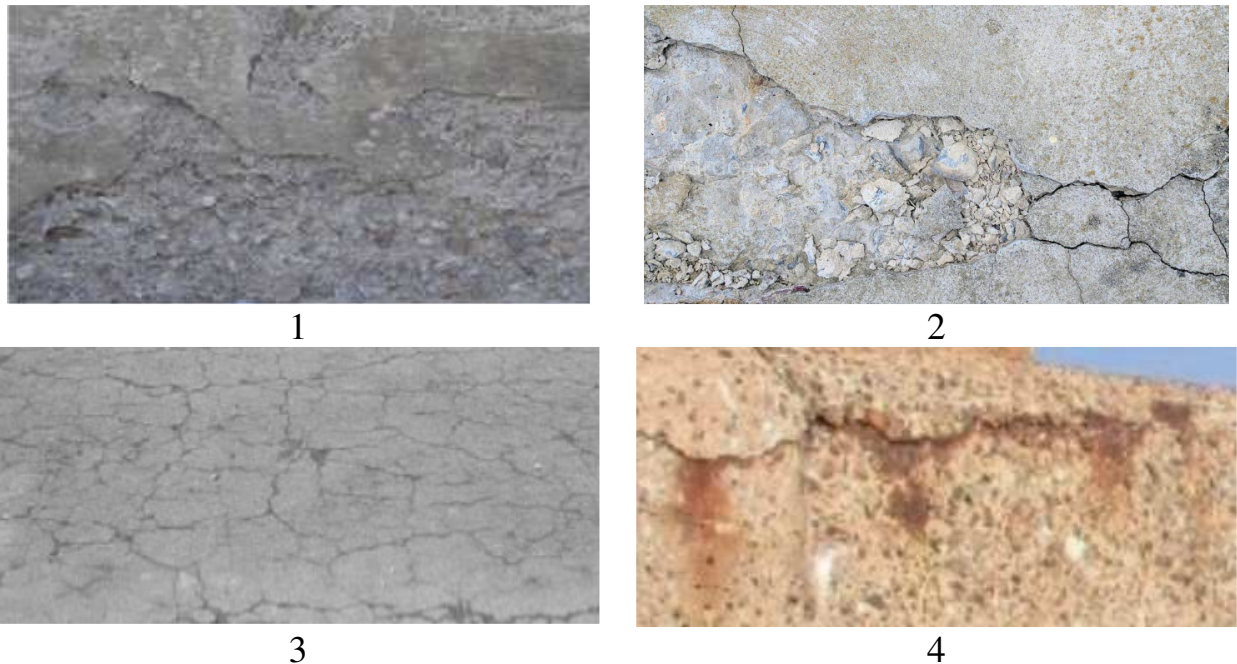


Рис. 2.4. Поверхневі пошкодження бетонних та залізобетонних конструкцій:  
1 – лущення; 2 – відшарування; 3 – усадочне розтріскування; 4 – корозійне розтріскування

Лущення – це руйнування поверхні затверділого бетону під впливом навколишнього середовища внаслідок циклів заморожування та відтаювання. Лущення в цілому спричинене тиском, який чиниться твердим льодом, що утворюється в мережі пор бетону [57]. Коли тиск перевищує межу міцності бетону на розрив виникає відшарування. Надмірна поверхнева обробка, використання солей і циклів заморожування-відтавання, а також наявність

неякісних заповнювачів посилюють лущення бетону. Присутність летючої золи також може стати причиною відшарування бетону [58].

Відшарування – це глибоке поверхнєве пошкодження бетону при якому поверхня лущить, а частина поверхні бетону відколюється. Бетон може тріснути, розколотися на частини, коли відбувається відшарування. Відшарування може бути незначним, але якщо його ігнорувати, то з часом воно може спричинити більш серйозні пошкодження. Відшарування бетону відбувається під дією сили розтягування. Розтягуюче зусилля бетону може бути наслідком корозії арматурної сталі, екстремальних температурних змін, пожежі та атмосферних впливів. Також може бути наслідком комбінованого впливу неякісного монтажу, непередбачуваних факторів навколишнього середовища, а також ударних навантажень, зокрема вибух [59].

Розтріскування зазвичай відбувається, коли поверхня залитого бетону висихає та стискається. Відсутність належного процесу твердіння є ключовим фактором розтріскування через надмірну втрату води з бетонної поверхні. Основним фактором, який впливає на розтріскування бетону, є водоцементне співвідношення та фактори навколишнього середовища, зокрема температура, сонячне світло, вологість і атмосферний вплив повітря. Усадочні тріщини можуть виникнути в будь-якому місці і не існує спеціальної моделі при розтріскування, однак тріщини зазвичай виникають під прямим кутом до обмежувачів.

Утворення тріщин в залізобетонних також може бути спричинене результатом корозії арматури. Корозія сталеві арматури в залізобетонних конструкціях становить глобальну проблему. У багатьох дослідженнях повідомляється, що проникнення хлоридів прискорює корозію сталеві арматури в залізобетонних конструкціях [60]. Карбонізація також інтенсифікує корозію сталеві арматури зі зниженням рН порової води бетону [61].

До поширених пошкоджень кам'яної кладки належать: розшарування (деструкція) та вилуговування.



Рис. 2.5. Пошкодження кам'яних конструкцій: 1 – розшарування (деструкція); 2 – вилуговування

Розшарування відбувається внаслідок кристалізації води та солей в порах матеріалу. У цеглі процес замерзання води починається в найбільших порах, а зі зниженням температури він поширюється на пори меншого діаметру. У дуже дрібних порах, тобто з діаметром менше 0,1 мкм, вода замерзає при температурі значно нижче 0 °С. Замерзання води викликає внутрішні напруження, які є безпосередньою причиною пошкодження. Тиск, що виникає при цьому, зростає зі зниженням температури. Відповідно коли межа міцності цегли на розрив нижча за тиск води, що кристалізується, в матеріалі з'являються тріщини, які призводять до розшарування. До факторів, що визначають морозостійкість матеріалу, належать механічні властивості, зокрема межа міцності на розрив і модуль Юнга [62]. Іншими факторами є фізичні властивості, зокрема проникність і пористість. Проникність забезпечує вільне протікання води через пористий матеріал без руйнування текстури. Частина дослідників вважають, що структура пористості відіграє значну роль в морозостійкості цегли. Результати досліджень і математичні моделі, які представлені в роботі [63], дозволяють припустити (враховуючи аналогію між тиском кристалізації солі і тиском замерзання води), що морозостійкість також залежить від форми пор.

Вилуговування цементного каменю відбувається внаслідок процесу розчинення та вимивання гідроксиду кальцію, що призводить до підвищення пористості та зниження міцності каменю. Візуально на ранніх стадіях вилуговування проявляється білими плямами на поверхні кам'яної кладки, які також називають висолами. Вилуговування цементного каменю також можна

спостерігати при розкритті тріщин у зволжених бетонних та залізобетонних конструкціях.

### 2.2.2 Поширені пошкодження металевих конструкцій

Найбільш поширеними дефектами та пошкодженнями для металевих конструкцій є корозійні процеси. Корозія – це спонтанне руйнування металів під дією навколишнього середовища або перетворення металів на їхні термодинамічно стабільні сполуки, подібні до тих, що зустрічаються в природі.

Оскільки більшість корозійних реакцій мають електрохімічний характер, цей процес базується на утворенні корозійного осередку. Він складається з анода, катода, електроліту (забезпечує шлях іонного струму) і шляху для потоку електронів крізь метал (рисунок 2.6). Окиснення атомів металу, що відбувається на аноді, призводить до генерації електронів, які витрачаються на катоді в реакціях відновлення. Струм протікає від катода до анода шляхом руху заряджених частинок через електроліт, тоді як електрони переходять від анода до катода.

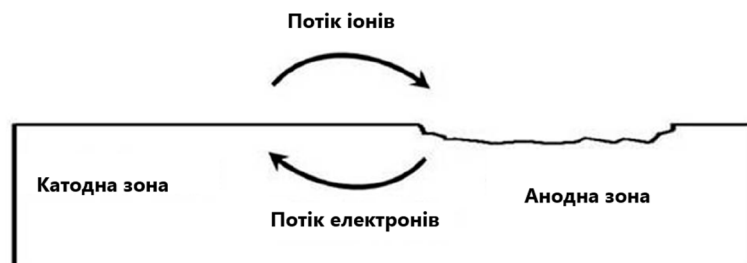


Рис. 2.6. Схема електрохімічного корозійного осередку

Ці вимоги до корозійної комірки контролюють швидкість корозії, і, таким чином, усунувши одну з них, реакція корозії буде зупинена. Отже, це може бути ефективним способом боротьби з корозією, як, наприклад, у випадку сухої поверхні без вологи, яка не піддається корозії, оскільки немає шляху іонного струму.

Діаграма Пурбе є важливим інструментом для прогнозування спонтанних реакцій залежно від рН електроліту та потенціалу, встановленого з металом. Ця діаграма описує рівновагу між металом і його ступенями окислення шляхом визначення трьох основних областей за умов, які сприяють стабільності різних

видів: метал – імунітет; іони металів - активна корозія; нерозчинні види, які перешкоджають подальшому розчиненню - пасивація. Якщо метал є термодинамічно стабільною формою, корозія не виникне спонтанно, і метал буде несприйнятливим за таких конкретних умов. Коли метал перебуває в активному стані, він кородує та утворює розчинні продукти корозії, в той же час, якщо метал перебуває в пасивному стані, корозія утворює захисні продукти корозії (пасивну плівку), які сповільняють швидкість корозії до незначного рівня.

Імунна та пасивна поведінка дозволяють контролювати корозію сплаву, що піддається впливу певного середовища, хоча найбільш поширеною в інженерних додатках є пасивна поведінка. Таким чином, захист від корозії пасивних сплавів залежить від цілісності пасивної плівки, яка може стати нестабільною в корозійних середовищах.

Діаграма Пурбе для заліза (рисунок 2.7) ілюструє області пасивності, корозії та імунітету та вказує на відповідні стабільні види в кожній області. Також представлена область стабільності води: над лінією (b) і під лінією (a) вода є термодинамічно нестійкою відповідно до виділення кисню та водню.

Тим не менш, діаграма потенціал-рН мають обмеження, які стосуються того факту, що не враховуються кінетичні дані та фактори, пов'язані зі складністю практичних систем. Як правило, більшість інженерних застосувань мають справу зі сплавами, а не з чистими металами, у складному середовищі, що може впливати на корозію.

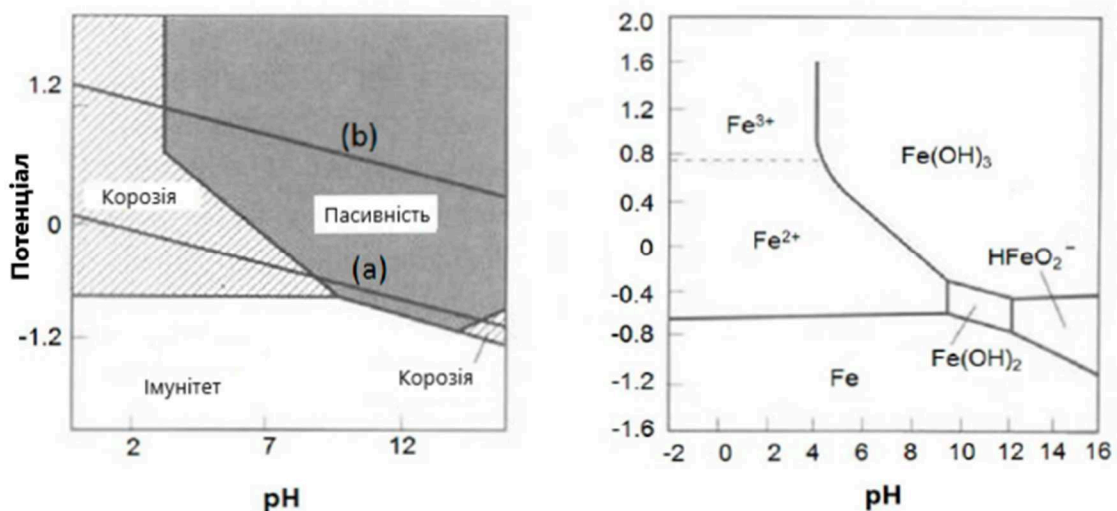


Рис. 2.7. Спрощена діаграма потенціал-рН для заліза при 25 °С.

Швидкість корозії визначається швидкостями катодних або анодних реакцій; однак можуть виникнути деякі додаткові фактори, наприклад від мікробіологічної активності. Дія бактерій, на яку сильно впливає наявність кисню, може прискорити процес корозії або створити сприятливі умови для її розвитку. Сульфатвідновлювальні бактерії можуть викликати корозійну реакцію, яка відбувається без кисню. В анаеробних умовах ці бактерії можуть діяти за допомогою різних механізмів у процесі корозії. В аеробних умовах сульфоокислюючі бактерії окислюють сполуки сірки в сірчану кислоту, змінюючи рН і, таким чином, впливаючи на процес корозії. Бактерії, що окислюють залізо, які отримують свою енергію від окислення іонів двовалентного заліза до іонів заліза, також можуть деполаризувати анодні реакції або створювати клітини диференціальної аерації. У змішаних умовах, які є сприятливими для формування клітини диференціальної аерації, зазвичай повідомляють про симбіотичну дію анаеробних і аеробних бактерій.

Корозію класифікують відповідно до середовища впливу на мокру й суху корозію та відповідно до зовнішнього вигляду пошкоджень або механізму ураження на рівномірну та локальну корозію. Основні форми корозійного впливу, які виникають у сталевих конструкціях, схематично представлені на рисунку 2.8.

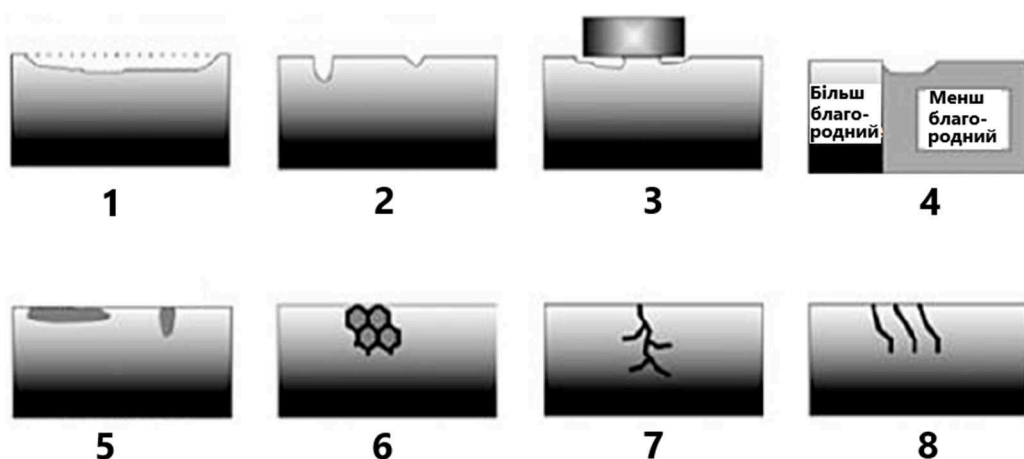


Рис. 2.8. Основні форми корозійного ураження сталевих конструкцій:

1 - рівномірна корозія; 2 – точкова корозія; 3 – щілинна корозія; 4 – гальванічна корозія; 5 – делегування; 6 – міжкристалічна корозія; 7 – корозійне розтріскування під навантаженням; 8 – корозійна втома

Рівномірна корозія проявляється по всій поверхні металу з утворенням кількох анодів і катодів у різних місцях на поверхні. Втрата товщини та маси є найпоширенішими формами для оцінки швидкості корозії.

Точкова корозія – це локалізована форма корозії, яка виникає, коли невеликі ділянки металу стають анодними по відношенню до решти поверхні, а реакція їх окислення з навколишнім середовищем утворює ямки. Локальна неоднорідність поверхні, локальна втрата пасивності та розрив захисного покриття є одними з найчастіших причин точкової корозії. Механізм точкової корозії відбувається за рахунок розвитку автокаталітичного процесу. Після того, як процес ініційовано, реакції всередині ямки сприяють розділенню катодних і анодних областей і міграції аніонних форм до ямки для підтримки електронейтральності, відповідно місцевий рН падає через гідроліз катіонів металів і відсутність катодної реакції. Ці обмеження підтримують локальне поширення точкової корозії та захист прилеглих ділянок, у яких підтримується реакція відновлення. Точкова корозія є однією з найнебезпечніших форм корозії через труднощі її виявлення, оскільки вона може дуже швидко проникати в метал, навіть якщо втрата ваги матеріалу є відносно невеликою. Вибір матеріалу, конструкція, катодний захист, технічне обслуговування систем захисту від корозії та усунення поверхневих дефектів є важливими заходами для запобігання точкової корозії.

Щілинна корозія зазвичай виникає в щілинах як наслідок утворення концентраційної комірки між електролітом у щілині та поза нею. Завдяки диференціальній аерації матеріал у щілині діє як анод, тоді як зовнішній матеріал стає катодом. Механізм поширення цієї локалізованої форми корозії схожий на точкову корозію. Локальне збільшення металевих катіонів і відповідна міграція аніонних форм до щілини супроводжується підвищенням кислотності внаслідок гідролізу, що посилює розчинення металу. Щілини можуть утворюватися у фланцях, отворах для заклепок і болтів, з'єднаннях, або випадково, як у випадку тріщин. Кілька металургійних, геометричних факторів і факторів навколишнього середовища впливають на щілинну корозію: щілинний зазор і глибина,



співвідношення зовнішньої і внутрішньої площі поверхні, характеристики електроліту, склад і мікроструктура сплаву, кінетика електрохімічних реакцій.

Гальванічна корозія виникає, коли різні метали або сплави з різними електрохімічними потенціалами електрично з'єднані один з одним у спільному електроліті. Рушійною силою гальванічної корозії є різниця потенціалів з'єднаних металів або сплавів, при цьому більш активний компонент стає анодним, а благородніший – катодним, що призводить до збільшення швидкості окислення анодного матеріалу. Ступінь гальванічної корозії сильно залежить від різниці потенціалів, характеристик навколишнього середовища, геометричного співвідношення між компонентами та електрохімічної поведінки матеріалів.

Делегування – це процес, під час якого більш активний метал вибірково окислюється, залишаючи змінену пористу структуру, яка в цілому складається з найблагороднішої фази, зі значно гіршими механічними властивостями. Конкретні категорії цього процесу часто позначають на основі назви одного з компонентів, наприклад, графітизація у випадку корозії сірого чавуну. Ця форма корозії відповідає селективному вилуговуванню заліза, залишаючи графітову сітку з оксидами заліза завдяки гальванічному елементу між графітом і залізом.

Міжкристалічна корозія проходить вздовж меж зерен (кристалів) або близько прилеглих областей, яка спричинена різницею потенціалів між металеву матрицею та інтерметалічними фазами або включеннями, які утворюються на границях зерен, сприяючи гальванічним ефектам у корозійному середовищі.

Корозійне розтріскування під навантаженням – це процес, який відбувається у вразливих сплавах та спричинений спільною дією розтягувальних зусиль з корозійним середовищем, що призводить до розриву матеріалу, як правило через крихке руйнування. Незначні зміни в деяких параметрах середовища, зокрема температура, рН, склад електроліту або концентрація кисню можуть суттєво впливати на процес корозійного розтріскування під навантаженням. Збільшення потенціалу або струму також може впливати на процес через електрохімічну природу відповідних реакцій, тому в деяких

випадках корозійне розтріскування під навантаженням виникає лише в критичному діапазоні потенціалів.

Корозійна втома спричинена комбінованою дією коливальних або циклічних навантажень і корозійного середовища. На корозійну втому впливають механічні, металургійні та екологічні змінні: максимальне напруження, циклічне напруження, співвідношення напружень, частота циклічних навантажень або характеристики тріщин під залишковим напруженням; склад матеріалу, мікроструктура, виробничі процеси та механічні властивості, температура, концентрація видів електроліту та рН. Корозія зазвичай негативно впливає на втомну довговічність, сприяючи відносно вищій швидкості росту тріщин і призводячи до руйнування за меншу кількість циклів.

### *2.2.1 Поширені пошкодження дерев'яних конструкцій*

Протягом тисячоліть деревину використовували як один із основних будівельних матеріалів. Зараз попит на деревину на деяких ринках знизився через конкуренцію з боку інших матеріалів, але очікується, що в майбутньому загальне споживання деревини зростатиме через актуальність, яку біоекономіка набуває сьогодні [64]. Відповідальними за пошкодження дерев'яних конструкцій є біологічні агенти.

На ймовірність того, що дерев'яний виріб буде піддано впливу певного біологічного агента, впливають місцеві умови навколишнього середовища, які оточують дерев'яний елемент, причому ті фактори, які впливають на рівень вологості, якого можна досягти в деревині, мають особливе значення. Крім того, глобальні зміни суттєво змінили просторовий розподіл і поширення лісових комах і хвороботворних організмів на великі відстані [65]. Інтродукція шкідників і патогенів у цілому сприяла міжнародній торгівлі та переміщенню заражених живих рослин, деревних матеріалів або ґрунту [66].

Термін «пошкодження деревини» використовується в широкому значенні та стосується будь-якого біологічного агента, здатного впливати на властивості деревини, зокрема механічні чи естетичні властивості. Термін «гниття деревини» використовується саме для біохімічного розкладання деревини

мікроорганізмами. Різні типи гниття можуть бути результатом поєднання порід деревини, видів мікроорганізмів і умов навколишнього середовища [67]. Молекули деревини, що зберігаються в клітинах паренхіми, зокрема білки, жирні кислоти, прості цукри та крохмаль, можуть метаболізуватися широким спектром мікроорганізмів [68].

За певних умов навколишнього середовища гриби, що викликають гниття деревини, є найефективнішими розкладачами деревини [67], будучи основними агентами пошкодження дерев'яних виробів у всьому світі [68]. Щоб пошкодити деревину, гнильним грибам зазвичай потрібен високий вміст вологи в деревині (>20%–30%). Традиційно гриби, що розкладають деревину, поділяють на три основні групи. До першої належать гриби білої гнилі, здатні руйнувати всі компоненти клітинної стінки (полісахариди та лігнін). Друга група грибів, що розкладають деревину, включає гриби бурої гнилі, здатні метаболізувати полісахариди клітинної стінки, але не лігнін, хоча структура цього останнього полімеру може бути змінена під час ураження [69]. Гниття грибами бурої гнилі вважається найбільш серйозним видом пошкодження деревини в експлуатації. До третьої групи грибів, що розкладають деревину, належать гриби м'якої гнилі, які здатні руйнувати як полісахариди клітинної стінки, так і лігнін. Гриби м'якої гнилі часто атакують деревину в тих ситуаціях, коли гриби білої та коричневої гнилі не можуть добре розвиватися через погану оксигенацію, наприклад, насичена водою деревина, морські споруди, залізничні шпали або деревина з високим вмістом кисню, вологи [70].

Крім мікроорганізмів, дерев'яні конструкції можуть піддаватись ураженню комахами. Ризик ураження певної дерев'яної конструкції комахами, що пошкоджують деревину, залежить від різних факторів: внутрішній склад деревини (наприклад, вміст крохмалю або екстрактивних речовин) і вплив факторів навколишнього середовища, головним чином вологи та температури [71]. Основними шкідниками є жуки: короїди-деревоточці та терміти.

### **2.3 Перелік поширених дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій викликаних впливом ґрунтової основи**

Вплив ґрунтової основи в цілому проявляється у вигляді деформацій БтаС. Вивчення деформацій охоплює аналіз фізичної поведінки БтаС, коли фундамент і заглиблені частини споруди піддаються вертикальному зміщенню. Це зміщення може проявлятися у вигляді осідань/рівномірне осідання, просідання/нерівномірне осідання або нахилу/крену. Осідання відноситься до поступового та повільного переміщення споруди через відносно незначне стиснення ґрунту під вагою будівлі і сам процес відбувається в проєктних межах. Просідання та нахил - це складні явища, які викликані інтенсивними змінами структури ґрунту та його рухливостю.

Під час вивчення деформацій необхідно враховувати різні чинники, які впливають на їх виникнення. Одним із таких чинників є геологічні умови, що характеризуються різними типами ґрунтів із різною несучою здатністю. Крім того, важливе значення мають такі фактори, як водні процеси. Значна кількість води в ґрунтову основу потрапляє з підземних комунікацій. Крім того, значну небезпеку для основ фундаментів становлять поверхневі води, відведенню яких часто не приділяють належної уваги, що в свою чергу призводить до нерівномірних деформацій будівель. На додаток до цих чинників на деформації також можуть впливати характеристики самої споруди, включно з розміром, формою і вагою фундаменту, а також матеріалами і типами надбудов.

Візуальними ознаками нерівномірної деформації ґрунтової основи є наявність тріщин та характер їх розкриття (рисунок 2.9).

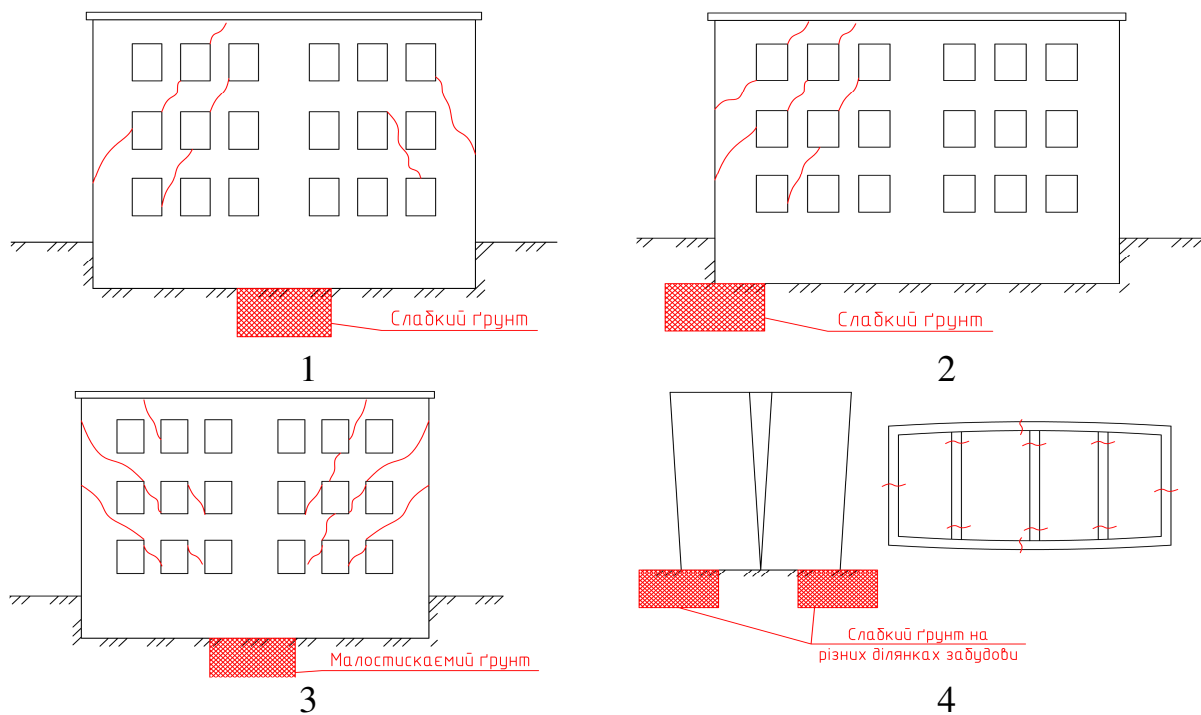


Рис. 2.9. Характер розкриття тріщин при наявності деформацій:

1 – деформації у вигляді прогину будівлі; 2 – деформації у вигляді кручення або перекосу (тріщини розкриваються у протилежному напрямку, від стабільної основи до деформованої) будівлі; 3 – деформації у вигляді вигину будівлі; 4 – деформації у вигляді розлому будівлі

При рівномірному осіданні або крені розкриття тріщини може не спостерігатися, при цьому крен являється критичним показником для висотних БтаС.

#### **2.4 Перелік поширених дефектів будівельних конструкцій викликаних недоліками проєктних рішень, будівництва та порушень правил експлуатації**

На етапі проєктування існує найбільша ймовірність виникнення технічних проблем з експлуатаційними характеристиками. Неякісне детальне проєктування може сприяти виникненню проблем з експлуатаційними характеристиками протягом подальшого терміну служби БтаС. Відповідно дефекти, що виникають протягом подальшої експлуатації будівлі, можуть бути пов'язані зі стадією робочого проєктування. Впровадження новітніх технологій у будівництві вимагає більшого акценту на необхідності координації

проектування з технічної та організаційної токи зору. До поширених дефектів проектування можна віднести:

- недостатня несуча здатність конструкцій і БтаС у цілому;
- незабезпечення експлуатаційних якостей БтаС (неприпустимі прогини, тріщини, коливання, підвищена звуко- і теплопровідність тощо);
- незабезпечення довговічності конструкції;
- прийняття не раціональних конструкцій.

До основних причин появи дефектів проектування можна віднести:

- нестача інформації у тому числі про інженерно-геологічні умови;
- невідповідність розрахункових передумов дійсній роботі конструкції;
- людські фактори, основним з яких є низька кваліфікація проектувальника.

Дефекти під час будівництва здебільшого спричинені людськими або технологічними помилками, а також використанням неякісних матеріалів. Для бетонних і залізобетонних конструкцій поширеними дефектами під час виробництва є відступ від норм, технічних умов, стандартів, проекту:

- відхилення від номінальних розмірів, особливо перерізів в основних розрахункових зонах, перевищують гранично допустимі нормами та невідповідність параметрів міцності, жорсткості та тріщиностійкості;
- відпуск натягу арматури попередньо напружених конструкцій проводять при міцності бетону, нижчої за нормовану або встановлену в проекті;
- клас, марка й діаметри сталі, що застосовуються в конкретному виробі, не відповідають проектним і неприпустимі за призначенням та умовами використання конструкції;
- величина натягу напружуваної арматури нижча за проектну, положення стрижнів конструктивного елемента не відповідає проекту;
- зварні стики робочої арматури низької якості, холодний перепуск арматурних стрижнів і арматурних сіток менше нормованого;

- відхилення в положенні арматурних випусків і закладних елементів у межах, що перевищують допустимі нормами і проектом;

- легкий і ніздрюватий бетон, який використовується як теплоізоляційний, має щільність вищу за проектну, що погіршує теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій;

- контроль натягу арматури, яка напружується, здійснюють засобами, які не гарантують необхідної точності (невідтарований манометр або термофіксатор у разі електротермічного натягу);

- номінальна товщина захисного шару менша за проектну;

- порушення правил бетонування: невиконання заходів щодо догляду за бетоном у зимовий і літній період, навантаження конструкцій до досягнення бетоном проектної або нормативної міцності, тривалість перерви між укладанням суміжних шарів бетонної суміші без утворення робочого шва перевищує встановлену проектом і нормами, відхилення від проектних відміток опорних поверхонь у монолітних конструкціях перевищують нормативні величини, мінімальна міцність бетону під час розпалубки незавантажених конструкцій менша за нормативну, бетонні поверхні мають раковини, пори та ділянки з оголеною арматурою;

- кількість і товщина шарів антикорозійні покриття закладних деталей менші за проектні, нанесення здійснюють за температури та вологості повітря, що не відповідають вимогам щодо непідготовленої поверхні;

- збільшення обсягу (ваги) конструкцій вище встановлених норм.

Кам'яні та армокам'яні конструкції більш однорідні по своїй структурі матеріали ніж бетонні та залізобетоні. При виробництві цегли та кам'яних і армокам'яних конструкцій найбільш поширеними дефектами являються:

- міцність цегли при стисненні та згині за нижча за нормовану;

- вапнякові включення;

- недопалена або перепалена цегла;

- геометричні розміри цегли мають відхилення від вимог стандарту, що перевищують допустимі;

- наявність наскрізних тріщин за кількістю і протяжністю більше допустимих.

- зміщення конструкції по горизонталі;

- випучування (з вертикальної площини);

- зменшення проєктного армування;

- порушення вимог щодо перев'язки та обов'язковості укладання тичкових рядів;

- ослаблення перерізу кладки непроєктними прорізами, штрабами, борознами, нішами тощо.

Дефекти в під час виробництва металевих конструкцій пов'язані здебільшого з відступами від креслень КМ, невідповідністю параметрів зварних швів, розмірів елементів конструкцій проєкту:

- матеріал конструкцій (марка і клас сталі) не відповідають проєкту;

- геометричні параметри елементів конструкцій (форма, прямолінійність, залишкові деформації), поділ конструкцій не відповідають проєктним;

- геометричні параметри отворів (відхилення в діаметрах, косина в глибині зенковки, зменшення відстані між отворами і від краю елементів) не відповідають проєктним;

- показники пластичності та в'язкості металу шва і навколошовної зони під час зварювання вуглецевої та низьколегованої сталі не відповідають вимогам норм;

- неякісні зварні шви: нерівномірний переріз шва, кратери, пропали, різкий перехід металу шва до основного металу, неповномірність шва, напливи, підрізи основного металу, тріщини, непровари, шлакові включення;

- під час контрольного затягування високоміцних болтів контрольоване зусилля менше проєктного, об'єм контрольного затягування в з'єднаннях менший за необхідний за об'ємом;

- пакети з деталей, зібрані під зварні, клепані та болтові з'єднання, не мають щільної стяжки;



- відсутнє загальне контрольне складання великогабаритних конструкцій;
- антикорозійні покриття проводять на погано очищеній поверхні, кількість шарів покриттів, що наносяться, не відповідає проєкту.
- зміщення від проєктного положення елемента або конструкції загалом;
- відхилення розмірів між осями основних конструктивних елементів;
- відсутність елемента конструкції (гілки зв'язку, розкосу ферми тощо);
- загальне або місцеве викривлення;
- вм'ятини, які є наслідком неправильного стропування або тимчасового розкріплення, неправильного положення на транспортних засобах або на складі, порушення технології зварювання під час монтажу, ударів, перевантаження, прикладання навантаження в місці, що не відповідає проєктному;
- не передбачені проєктом вирізи по краю або отвори в елементах, навмисні (для прокладання комунікацій) або такі, що з'явилися внаслідок пропалу металу на різних етапах будівництва;
- вибоїни в елементах, розриви або злами, стирання елементів тощо внаслідок механічних впливів на різних етапах будівництва;
- тріщини всіх видів, напрямків і розмірів, в основному металі, зварних швах або навколошовній зоні;
- заниження відміток анкерних болтів і нарощування їх приварюванням коротких ший із нерівноміцним стиком;
- зазори між опорним ребром ферм, балок і опорною поверхнею колон, консолей або столиків;
- наднормативне зміщення опорних ребер підкранових балок від осі колони вздовж прольоту балки;
- спирання підкранової балки на колону нижнім поясом замість опорного ребра за проєктом;
- понаднормове зміщення ферм від осей на оголовках колон із площини рами;

- позавузлове передавання навантажень на елементи верхнього пояса кроквяних ферм;
- зсув анкерних планок і болтів від проєктного положення понад нормативну величину;
- непроєктне кріплення гальмівних ферм і настилу до підкранових балок і колон.

До поширених дефектів дерев'яних конструкцій під час виробництва належать:

- порода деревини й захисні обробки не відповідають вимогам проєкту;
- вид клею в клеєних дерев'яних несучих конструкціях не відповідає вимогам проєкту;
- міцність клейових з'єднань і стійкість їх до розшаровування за температурно-вологісних впливів не відповідає проєктній і нормованій;
- міцність і жорсткість конструкцій не відповідає вимогам проєкту і стандарту;
- відхилення у відстанях між центрами отворів у з'єднаннях на нагелях перевищують допустимі;
- пороки деревини для виготовлення конструкцій перевищують допустимі значення.

Значна частина дефектів та пошкоджень може бути викликана порушенням правил експлуатації БтаС. Руйнування, викликані неправильною експлуатацією БтаС, пов'язані з перенавантаженням конструкцій та їх елементів: встановлення додаткового обладнання, не передбаченого проєктом; заміни одного обладнання іншим, яке з більшим динамічним навантаженням; додаткового пробивання різного роду отворів у конструкціях. Розвиток дефектів та пошкоджень може бути викликаний несвоєчасним виконанням ремонтних робіт.

## **2.5 Визначення переліку даних за результатами польових робіт**

З різних класифікацій та чинників появи дефектів встановлено, що протягом життєвого циклу будівлі виникають різноманітні та численні дефекти,

тому кожен дефект в площині інформації необхідно розглядати як сукупність даних перелік яких наведений на рисунку 2.10.

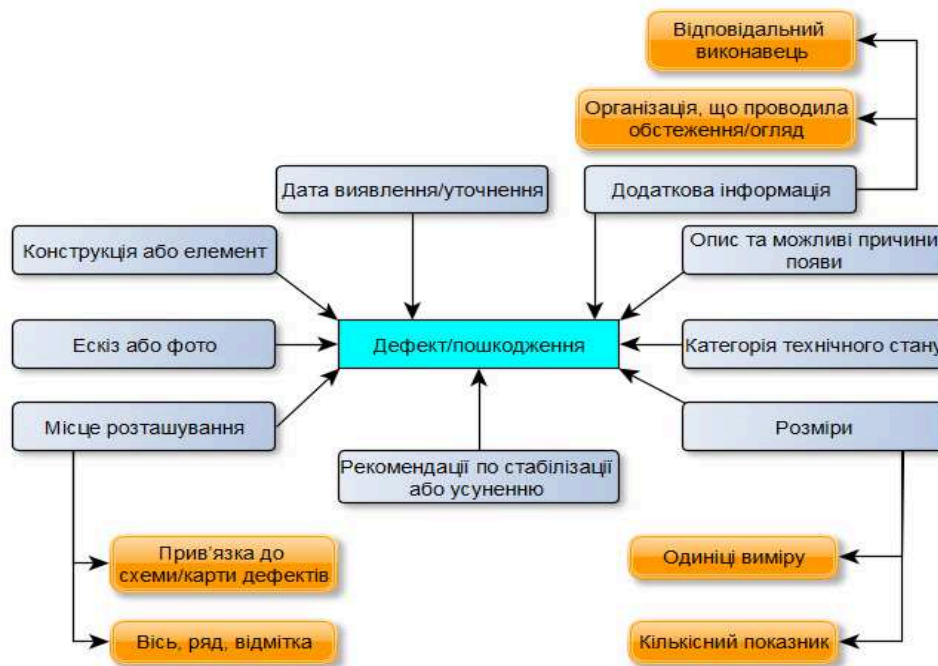


Рис. 2.10.Перелік даних по дефекту або пошкодженню

За результатами візуального обстеження інформацію відображають у вигляді відомості та карт або схем дефектів і пошкоджень. На даний час в будівельних нормах України не існує затвердженої форми. Проте в додатку 5 Наказу [72] приведена відомість дефектів та пошкоджень об'єкта, яка складається з п'яти стовбців. Фрагмент відомості наведений на рисунку 2.11.

№	Тип та характеристика дефекту та пошкодження	Розташування дефекту або пошкодження	Фотографія (схема, ескіз) дефекту або пошкодження (№ фотографії)/ його параметри (розміри, % пошкодження, площа та т. п. - за необхідності)	Загальні рекомендації щодо відновлення експлуатаційної придатності
1	<b>Фундаменти</b>			
1.1.				
2	<b>Вертикальні несучі елементи</b>			
2.1.				

Рис. 2.11.Фрагмент відомості дефектів та пошкоджень об'єкта згідно [72]

У роботі [73] автори розглядають методику візуального обстеження та рекомендації по оформленню результатів у вигляді карт і відомості дефектів. Запропонована відомість містить десять колонок, загальний вигляд наведений на рисунку 2.12.

№ з/п	Назва конструкції	Опис дефекту	Категорія дефекту	Фотографія дефекту	Розташування дефекту	Розміри дефекту	Причина виникнення	Спосіб усунення	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рис. 2.12. Загальний вид відомості дефектів та пошкоджень об'єкта згідно [73]

На основі положень Наказу [72] та роботи [73] розроблена відомість, яка відповідає рисунку 2.11. Загальний вид розробленої відомості дефектів та пошкоджень наведено на рисунку 2.13.

Конструкція	Позначення на схемі	Місцезнаходження дефекту (вісь, ряд, відмітка)	Фотофіксація	Дата виявлення	Опис дефекту або пошкодження	Одиниці виміру	Кількісний показник	Категорія технічного стану	Рекомендації щодо усунення дефекту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рис. 2.13. Загальний вид розробленої відомості дефектів та пошкоджень

До складу польових робіт, крім візуального обстеження та огляду, також входять інструментальне обстеження. Інструментальне обстеження може виконуватись руйнівними та неруйнівними методами. Руйнівний метод дає найбільш точну інформацію про характеристики міцності матеріалів конструкцій. Однак даний метод є деструктивним, оскільки відбувається втручання в тіло конструкцій. Відповідно перевага надається неруйнівним методам. Проте неруйнівні методи не завжди дають повну характеристику випробовуваного об'єкта, тому ці два методи можуть використовуватися разом.

Незалежно від матеріалу конструкцій при руйнівних методах проби відбираються у найменш напружених елементах конструкцій. Проби із металевих конструкцій відбирають шляхом різання з урахуванням необхідного об'єму виготовленого із неї зразка для виключення зони зі зміненою структурою металу під час температурного нагріву. Місце відбору проби посилюється шляхом наварювання вставок і накладок. При взятті проб із залізобетонних конструкцій використовують алмазні коронки і диски. Після виймання зразків із тіла конструкції одразу заповнюють пустоти бетоном або ремонтними сумішами.

Неруйнівні методи основані на непрямому (опосередньому) визначенні властивостей і характеристик об'єкта. Неруйнівні методи класифікуються за видами випробувань:

- механічні методи випробувань – аналіз місцевих руйнувань, переміщень під час введення навантажувального органу в тіло матеріалу, вивченням поведінки об'єктів у резонансному стані;

- акустичні методи випробувань – визначення параметрів пружних коливань за допомогою ультразвуку і реєстрацією ефектів акустоемісії;

- метод проникнення середовищ – реєстрація індикаторних рідин або газів, проникаючих в об'єкт.

У цілому для більшості випадків виконують контроль міцності на стиск для бетонних, залізобетонних, кам'яних конструкцій. Таким чином, необхідно передбачити можливість відстеження зміни характеристик міцності та крену, враховуючи що при кренах БтаС може візуально не спостерігатися поява дефектів та пошкоджень на відміну від нерівномірних осідань.

## **2.6 Визначення інформаційної системи**

Інформаційні системи включають різноманітні інформаційні технології, а саме: комп'ютери, програмне забезпечення, бази даних, системи зв'язку, інтернет, мобільні пристрої та багато іншого, для виконання конкретних завдань, взаємодії та інформування різних учасників. Таким чином, загальний інтерес для галузі ІС становлять усі аспекти розробки, розгортання, реалізації, використання та впливу ІС в організаціях і суспільстві [74-76]. Однак галузь ІС не займається в першу чергу технічними та обчислювальними аспектами інформаційних технологій. Натомість для ІС важливо те, як технологія присвоєна та створена, щоб забезпечити реалізацію ІС, яка задовольняє інформаційні потреби та вимоги різних суб'єктів, окремі особи, групи чи організації, щодо конкретних цілей та практики. Термін «інформаційна система», який є основоположним для галузі ІС, рідко чітко визначається та досліджується, і зазвичай сприймається як належне [77].

Загалом можна визначили чотири різні концептуалізації ІС: технологічний погляд, соціальний погляд, соціально-технічний погляд і процесний погляд. Ці чотири погляди ґрунтуються на головному аспекті, який підкреслюється кожним визначенням: технологічні аспекти, включаючи обробку, зберігання та перетворення даних; соціальні аспекти, підкреслюючи, що ІС за своєю суттю є соціальними системами; соціально-технічні аспекти, стверджуючи, що ІС включають як соціальні, так і технологічні компоненти, які взаємопов'язані; аспекти процесу – концептуалізація ІС з точки зору виконання та підтримки діяльності та процесів.

Визначення, що підпадають під технологічний погляд, підкреслюють важливість інформаційних технологій в організаційному контексті [78] або програмне забезпечення, що використовується для обробки, зберігання та розповсюдження даних та інформації [79]. Визначення, пов'язані з цією точкою зору, як правило, не заперечують важливість інших аспектів щодо ІС, однак вони підкреслюють важливість технології, особливо інформаційних технологій, у формі обладнання, мереж і програмного забезпечення над іншими аспектами.

Визначення з соціальної точки зору підкреслюють важливість соціальної природи ІС. Часто вони також визнають важливість технологій [80], але загалом вони вважають технологію підпорядкованою соціальним аспектам. На відміну від технологічного погляду, який розташовує право власності на технологію, соціальний погляд покладає вплив на людей і соціальні системи. Тому ключове значення мають соціальні інститути та організації, які уможливають і обмежують людську діяльність та способи, якими люди створюють, діляться та інтерпретують інформацію та надають значення ІС. Це досягається шляхом передачі та зберігання знаків, які мають потенційну цінність для соціальних акторів та їхніх дій [81].

Визначення, які підпадають під соціально-технічний погляд, описують ІС з точки зору як соціальних, так і технічних аспектів, які перебувають у постійній взаємодії. Важливо, що ІС розглядаються не лише як такі, що складаються з технологічних і соціальних компонентів, але й як явища, які виникають у

результаті їх взаємодії. ІС не є ні технічно, ні соціально детермінованими. Натомість технологія та соціальні системи взаємодіють одна з одною таким чином, що створена ІС стає більшою, ніж сума її частин. Відповідно до соціально-технічної точки зору, ІС включають як формальні, так і неформальні аспекти [82] і може розглянути технологію поза інформаційних технологій, включаючи, наприклад, паперові системи [83].

Визначення ІС, які підпадають під процесний погляд, підкреслюють, що ІС пов'язані з конкретною діяльністю обробки інформації, яку вони виконують і підтримують. Діяльність, яку підтримує ІС, описується як обробка даних в інформацію або розповсюдження та надання інформації [84]. Таким чином, ІС часто розуміють як пов'язані з робочою діяльністю, служінням організаційним цілям або вирішенню проблем.

Згідно ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 (ISO/IEC 2382:15, IDT) [85] «ІС – система обробки інформації, що працює спільно з організаційними ресурсами, такими як люди, технічні засоби та фінансові ресурси, які забезпечують та розподіляють інформацію». Відповідно в даній роботі ІС розглядається як аспект процесу технічної експлуатації БтаС.

## **2.7 Основні компоненти інформаційної системи по моніторингу технічного стану БтаС**

ІС це набір наступних компонентів:

1) база даних – це сукупність даних, які упорядковані для спрощення, прискорення пошуку та вилучення з використанням комп'ютера [86]. База даних представляє собою структуроване сховище інформації, в якому дані впорядковані та пов'язані, що дозволяє ефективно зберігати, обробляти та отримувати необхідну інформацію;

2) система управління базою даних (СУБД) – це програмне забезпечення загального призначення, яке полегшує процеси визначення, створення, обробки та спільного використання баз даних між різними користувачами та програмами [86]. До основних функцій СУБД відносяться:

- розробка та встановлення структури бази даних: СУБД дозволяє визначити структуру бази даних, зокрема таблиць, полів, індексів та зв'язків між таблицями;
- зберігання даних: СУБД забезпечує механізми для зберігання та організації даних на носіях;
- обробка запитів: СУБД дозволяє виконувати різноманітні запити з опрацювання інформації в базі даних;
- підтримка цілісності даних: СУБД забезпечує механізми для перевірки та збереження цілісності даних, зокрема обмеження цілісності та транзакції;
- керування доступом: СУБД контролює доступ користувачів та програм до даних, встановлюючи різні права та рівні доступу;
- оптимізація запитів: СУБД в автоматичному режимі оптимізує виконання запитів, вибираючи найефективніші методи виконання та використання індексів;
- забезпечення безпеки: СУБД забезпечує механізми для захисту даних, зокрема шифрування, перевірку автентифікацію та реєстрацію дій користувачів.

3) прикладну програму – призначена для вирішення конкретних завдань та виконання функцій у певній предметній області, забезпечуючи автоматизацію завдань та обробку даних відповідно до потреб користувачів.

Після визначення компонентів ІС встановлено процес взаємодії користувача з базою даних, який в загальному вигляді відображено на рисунку 2.14.

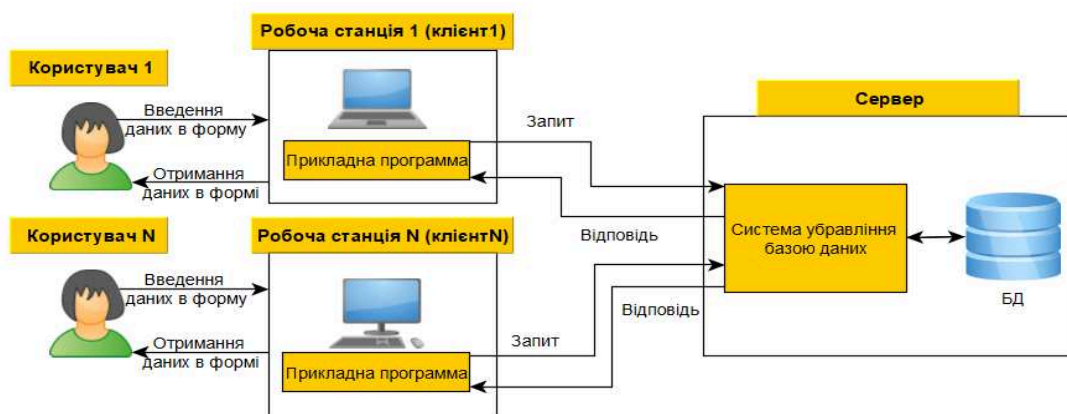


Рис. 2.14.Процес взаємодії користувачів з базою даних



Вибрана клієнт-серверна СУБД для забезпечення надійності й масштабованості системи, ефективного розподілення завдань між клієнтськими та серверними компонентами, спрощення централізованого керування доступом до даних.

## **2.8 Архітектурний концепт бази даних**

У Наказі № 298 від 10.11.2017 [87] затверджена форма паспорту об'єкта будівництва. Дана форма містить перелік необхідної інформації, а саме: інформацію про власника, загальні відомості про БтаС та їх технічні показники, характеристику наявних інженерних мереж, перелік і характеристику будівельних конструкцій, характеристику території забудови, креслення та моделі. Даний перелік прийнятий як необхідний мінімуму для загальних відомостей про БтаС при внесенні інформації в базу даних. Хоча загальні відомості про БтаС носять статичний характер і не впливають на технічний стан проте можуть використовуватись для ідентифікації БтаС, їх параметрів та особливостей.

Окрім загальної інформації про БтаС і територію їх розташування архітектура бази даних включає інформацію про технічний стан конструкцій і БтаС у цілому, яка зібрана при виконанні польових робіт. Враховуючи, що польові роботи включають візуальне та інструментальне обстеження в архітектурі бази даних передбачено окремий блок для кожного виду обстежень. Інформація в даних блоках є динамічною, оскільки параметри дефектів, пошкоджень, міцності та деформацій можуть змінюватись у часі. Накопичені дані польових робіт дозволяють виконувати аналіз динаміки змін показників конструкцій на основі якого можливе зважене прийняття рішення щодо умов подальшої експлуатації БтаС або виведення їх з експлуатації.

За результатами дослідження [88] архітектура бази даних по моніторингу технічного стану БтаС в узагальненому вигляді зображена на рисунку 2.15.

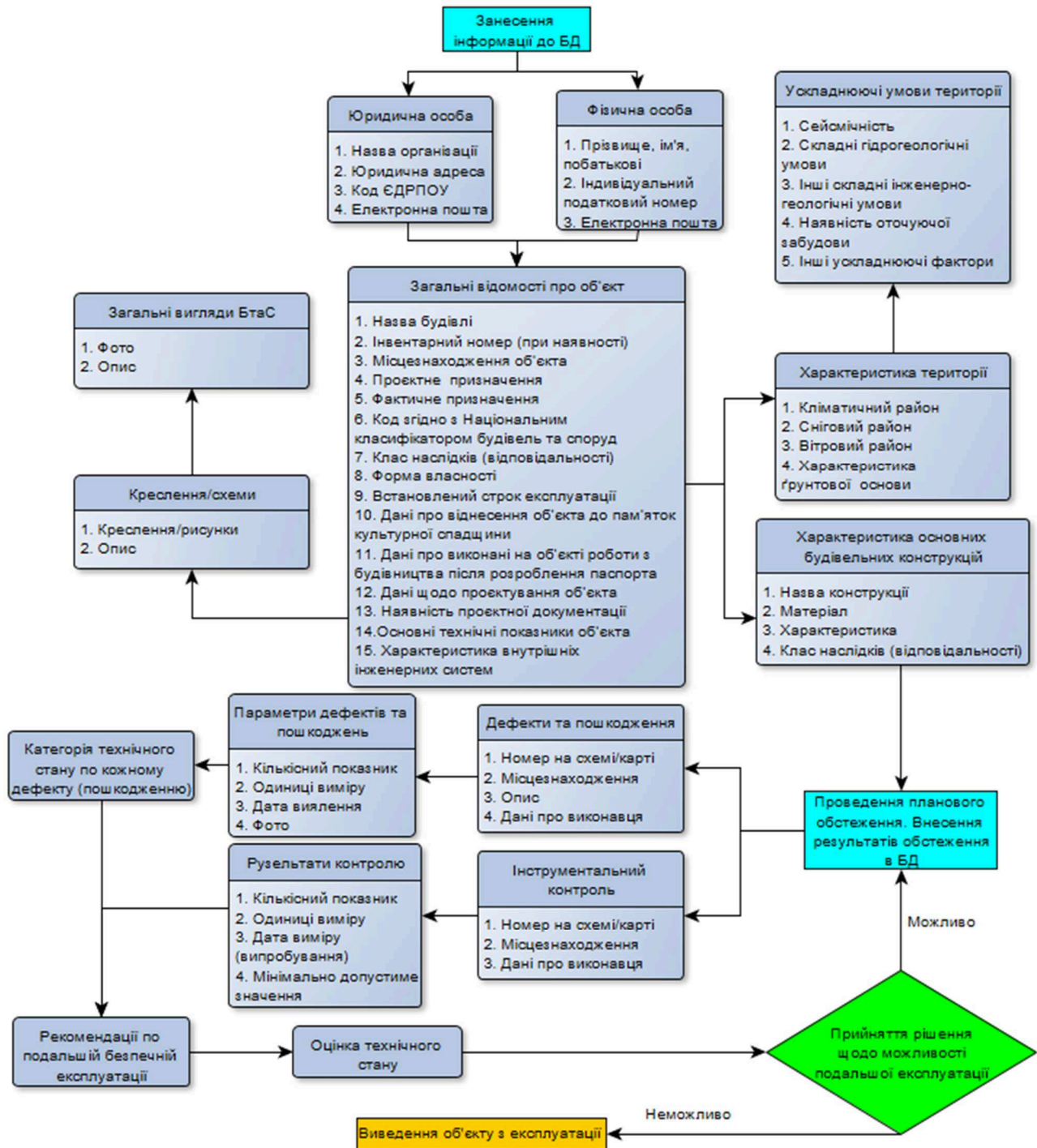


Рис. 2.15. Архітектура бази даних по моніторингу технічного стану БтаС

## 2.9 Критерії прийняття рішення щодо можливості та умов подальшої експлуатації

Можливість подальшої експлуатації визначається відповідністю будівельних конструкцій проектним та нормативним вимогам. Згідно ДСТУ [8] існує чотири категорії технічного стану будівельних конструкцій на основі яких визначається загальний стан будівлі:

– перша категорія технічного стану встановлюється для конструкцій в яких відсутні дефекти та пошкодження, які негативно впливають на несучу здатність й довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації, а фактичні зусилля в не перевищують допустимих за розрахунком;

– друга категорія технічного стану встановлюється для конструкцій в яких присутні дефекти або пошкодження, які потенційно знижують довговічність конструкцій або частково порушують вимоги 2-ї групи граничних станів, при цьому в фактичних умовах експлуатації не впливають на використання об'єкта за призначенням;

– третя категорія технічного стану встановлюється для конструкцій в яких присутні дефекти або пошкодження, які можуть знижувати несучу здатність або захисні функції, при цьому за результатами аналізу дефектів і пошкоджень з перевірними розрахунками встановлено можливість забезпечення їх цілісності до проведення ремонту або підсилення/заміни. До завершення ремонту, підсилення/заміни конструкції об'єкт використовують за обмеженим режимом експлуатації, контролюючи стан конструкції, навантаження та впливи;

– четверта категорія технічного стану встановлюється для конструкцій в яких порушені вимоги першої групи граничних станів, втрачена можливість нормальної реалізації захисних функцій або неможливо гарантувати цілісність конструкції до виконання компенсуючих заходів. До проведення ремонту, підсилення/заміни конструкції або до ліквідації об'єкта необхідно виключити перебування людей в зоні можливого обвалення та/або унеможливають таке обвалення.

Для прийняття рішення щодо можливості подальшої експлуатації конструкцій, які віднесено до категорій 3 та 4 пропонується розділити кожену категорію ще на два рівні:

– категорія 3 – до завершення ремонту, підсилення/заміни конструкції необхідно використовувати об'єкт за обмеженим режимом експлуатації, контролюючи стан конструкції та не допускаючи додаткових навантажень і впливів;

– категорія 3+ – до завершення ремонту, підсилення/заміни конструкції необхідно розвантажити конструкцію згідно з перевірними розрахунками та використовувати об'єкт за обмеженим режимом експлуатації, контролюючи стан конструкції і навантаження та впливи;

– категорія 4 – аналіз дефектів та пошкоджень з розрахунками вказують на можливість та доцільність проведення ремонту, підсилення/заміни конструкції. До виконання зазначених робіт необхідно заборонити перебування людей в зоні можливого обвалення та/або унеможливити такі обвалення;

– категорія 4+ – аналіз дефектів та пошкоджень з розрахунками вказують на неможливість або недоцільність проведення ремонту, підсилення/заміни конструкції. До ліквідації об'єкта необхідно заборонити перебування людей в зоні можливого руйнування.

Загальний стан БтаС визначається за максимальною категорією наявних конструкцій, при цьому допускається не враховувати технічний стан конструкцій класом відповідальності В.

З урахуванням додаткових рівнів категорій 3 та 4 критерії подальшої експлуатації або виведення з експлуатації БтаС можна класифікувати наступним чином:

– відсутні дефекти та пошкодження, а також порушення вимог першої та другої групи граничних станів – будівля або споруда не потребує планових ремонтів;

– наявні конструкції категорією відповідальності А, А1, Б та В з першою та другою категоріями технічного стану – будівля або споруда потребує планового ремонту;

– наявні конструкції категорією відповідальності А, А1 та Б з категорією технічного стану 3 – будівлі або споруди потребують непланових ремонтів і введення режиму обмеженої експлуатації;

– наявні конструкції категорією відповідальності А, А1 та Б з категорією технічного стану 3+ – будівлі або споруди потребують непланових ремонтів,

розвантаження окремих конструкцій та введення режиму обмеженої експлуатації;

– наявні конструкції категорією відповідальності А, А1 та Б з категорією технічного стану 4 – будівлі або споруди потребують непланових ремонтів та виведення з експлуатації у цілому або окремих ділянок до завершення ремонту, підсилення/заміни конструкції;

– наявні конструкції категорією відповідальності А, А1 та Б з категорією технічного стану 4+ – будівлі або споруди потребують виведення з експлуатації з подальшим демонтажем.

Відповідно технічний стан будівлі або споруди у цілому  $S$  можна описати формулою:

$$S = \max (\{T_i \mid C_i \in \{A, A1, B\}\} \cup \{4 \mid \exists i(C_i \in \{A, A1, B\} \wedge F_i < F_{\min})\} \cup \{4 \mid K > K_{\max}\}) \quad (2.1)$$

де  $T$  – категорія технічного стану конструкцій;

$C$  – категорія відповідальності конструкцій;

$F$  – фактична міцність конструкцій;

$F_{\min}$  – мінімально допустиме значення міцності конструкції;

$K$  – фактичний крен будівлі або споруди;

$K_{\max}$  – максимально допустиме значення крену.

З урахуванням технічного стану  $B$  та  $C$  умови подальшої експлуатації визначаються за формулою:

$$E(S) = \begin{cases} E_0 \text{ якщо } S = 0, \\ E_1 \text{ якщо } S \in \{1,2\}, \\ E_2 \text{ якщо } S = 3, \\ E_3 \text{ якщо } S = 3+, \\ E_4 \text{ якщо } S = 4, \\ E_5 \text{ якщо } S = 4+, \end{cases} \quad (2.2)$$

де  $E_0$  – подальша експлуатація можлива без проведення ремонтів;

$E_1$  – подальша експлуатація можлива за умови проведення планового ремонту;

$E_2$  – подальша експлуатація можлива за умови проведення непланового ремонту й введення режиму обмеженої експлуатації;

$E_3$  – подальша експлуатація можлива за умови проведення непланового ремонту, розвантаження окремих конструкцій та введення режиму обмеженої експлуатації;

$E_4$  – подальша експлуатація можлива за умови проведення непланового ремонту та виведення з експлуатації об'єкта у цілому або окремих його ділянок до завершення відновлювальних робіт;

$E_5$  – подальша експлуатація не можлива, необхідне виведення з експлуатації з подальшим демонтажем.

## **2.10 Висновки за розділом 2**

1. Визначено технічну експлуатацію БтаС як процес підтримки їх експлуатаційної придатності. Обґрунтована доцільність проведення регулярних обстежень об'єктів, які забезпечують постійний моніторинг та підтримку функціональної придатності БтаС. Обстеження включають огляд будівельних конструкцій з метою виявлення дефектів та пошкоджень, а також визначення міцності конструкцій та деформацій об'єктів нерухомості. Встановлено перелік чинників, які сприяють появі дефектів і пошкоджень та перелік можливих дефектів і пошкоджень. З врахуванням кількості поширених дефектів та пошкоджень, встановлений інформативний перелік необхідних даних.

2. Визначено компоненти інформаційної системи, яка включає в себе необхідні складові для забезпечення її функціонування. До компонентів входять: база даних, система управління базою даних та прикладна програма. База даних забезпечує накопичення, зберігання й організацію інформації, необхідної для роботи системи та виконує доступ до даних і їх зберігання у структурованому форматі для подальшого використання. Система управління базою даних відповідає за ефективне управління й обробку даних у базі даних та забезпечує можливість виконання різноманітних операцій з даними, зокрема вибірка, вставка, оновлення та видалення, що дозволяє забезпечити ефективний доступ до інформації та збереження її цілісності. Прикладна програма використовує дані

з бази даних і взаємодіє з користувачем та може мати різноманітний функціонал, включаючи відображення даних, їхнє редагування, аналіз та обробку.

3. Розроблено архітектурний концепт бази даних з моніторингу технічного стану БтаС, в якому крім параметрів будівлі і території розташування, передбачена необхідна інформація по технічному стану кожної конструкції, що отримана за результатами польових робіт. Для всебічного відображення технічного стану конструкцій передбачено два блоки, які основані на результатах візуального та інструментального обстежень в частині міцності та крену. Інформація в даних блоках є динамічною, оскільки параметри дефектів та деформацій, а також характеристик конструкцій можуть змінюватись у часі. По накопиченим даним в динамічному блоці можливий аналіз динаміки змін показників будівельних конструкцій.

4. Запропоновано кожному з категорій 3 та 4 технічного стану розділити на два рівні для прийняття рішення щодо умов подальшої експлуатації БтаС або виведення їх з експлуатації.

#### Список використаних джерел у розділі 2

У розділі 2 використані [45...88] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 3

# БАЗА ДАНИХ ПО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

### 3.1 Вибір типу бази даних

База даних є важливою частиною майже всіх програм. Однак різні типи баз даних можна використовувати в програмах, зокрема централізовані, хмарні, розподілені, реляційні та нереляційні бази даних. Але найпоширеніші бази даних можна розділити на два типи: перший – це реляційна база даних (SQL), а другий – нереляційна (NoSQL) [89].

У 1970 році Е. Ф. Кодд створив першу реляційну базу даних. Ця модель бази даних була інноваційною, оскільки програми дозволили шукати дані на основі вмісту, а не переходити за посиланнями. Модель, розроблена Коддом, визначається таблицею та схемою. Таблиця містить рядки та стовпці. Схема в моделі описувала конкретну структуру, ім'я таблиці та ім'я відношення [90].

У 1980-х роках реляційні бази даних стали більш популярними, а SQL став стандартом. SQL – це структурна мова запитів, яка використовується для керування, отримання та оновлення даних в базі даних. Далі була розроблена концепція об'єктно-орієнтованої системи управління базами даних, яка використовує ту саму методологію, що й об'єктно-орієнтовані мови, підтримуючи створення та моделювання даних як об'єктів. У порівнянні з реляційними базами даних ця функція допомогла зменшити зв'язки між таблицями шляхом створення об'єктів для даних. З функціями об'єктно-орієнтованої системи управління базами даних виникла проблема під час переходу наявної бази даних на об'єктно-орієнтовані системи управління базами даних. Перехід вимагав створення бази даних з нуля. У 1990-х роках об'єктно-реляційна система управління базами даних вирішила цю проблему. Об'єктно-реляційна система управління базами даних була мостом між реляційними базами даних і методами об'єктно-орієнтованого моделювання, які використовуються в мовах програмування. У 21 столітті бази даних стають



потужними з точки зору функціональності. Наприклад, тригери каскадно оновлюють і видаляють. Крім того, були розроблені спрощені мови, які містять цикли та структурно інтегровані з SQL [90]. Термін NoSQL вперше використав у 1998 році Карло Строцці для згадки про реляційну базу даних з відкритим кодом, яка не використовує інтерфейс SQL. Ерік Еванс повторно використав термін NoSQL під час заходу для обговорення баз даних з відкритим кодом. Назва була пов'язана з розподіленими базами даних, які не забезпечували атомарності, узгодженості, ізоляції та довговічності [90], [91]. Конкретну базу даних можна використовувати відповідно до потреб, оскільки обидві бази даних мають свої переваги та недоліки.

### 3.1.1 Реляційні бази даних

Реляційна база даних – це тип бази даних, яка зберігає та надає доступ до точок даних, пов'язаних одна з одною. Реляційні бази даних базуються на реляційній моделі, інтуїтивно зрозумілому та простому способі представлення даних у таблицях (див. рисунок 3.1). У реляційній базі даних кожен рядок у таблиці є записом з унікальним ідентифікатором, який називається ключем. Стовпці таблиці містять атрибути даних, і кожен запис зазвичай має значення для кожного атрибута, що полегшує встановлення зв'язків між точками даних.

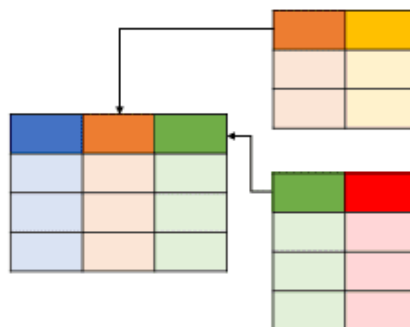


Рис. 3.1. Узагальнена схема реляційної бази даних

Мова структурних запитів допомагає розробникам керувати даними в реляційних базах даних. Розробники використовують її для виконання різноманітних операцій, наприклад, оновлення чи видалення існуючих даних. Також розробники можуть використовувати мову, щоб вставляти нові дані в базу даних, наприклад нову таблицю або нові записи в таблиці. Мова структурних

запитів також використовується для створення всієї бази даних і керування таблицями та стовпцями всередині таблиці. Крім того мова структурних запитів – це більше ніж інструмент для створення запитів. Це інструмент для всіх функцій, які надає СУБД [92].

### 3.1.2 Не реляційні бази даних

На відміну від реляційних баз даних, нереляційні бази даних не мають конкретної моделі для зберігання та керування даними. Натомість кожен тип має модель, яка зберігає дані певним чином і підходить для певних вимог.

Спільним для всіх нереляційних баз даних є те, що вони не складаються з таблиць і стовпців, як це роблять реляційні бази даних. Вони не реалізують ту саму концепцію та модель, що й реляційна. Тому SQL не можна використовувати як мову запитів для керування даними в нереляційних базах даних.

Існують різні типи нереляційних баз даних, наприклад, сховища даних часових рядів, сховища об'єктних даних і зовнішні сховища індексних даних. Однак найпоширенішими типами нереляційних баз даних (рисунок 3.2) є документоорієнтовані бази даних, колонкові бази даних, база даних ключ-значення та графові дані.

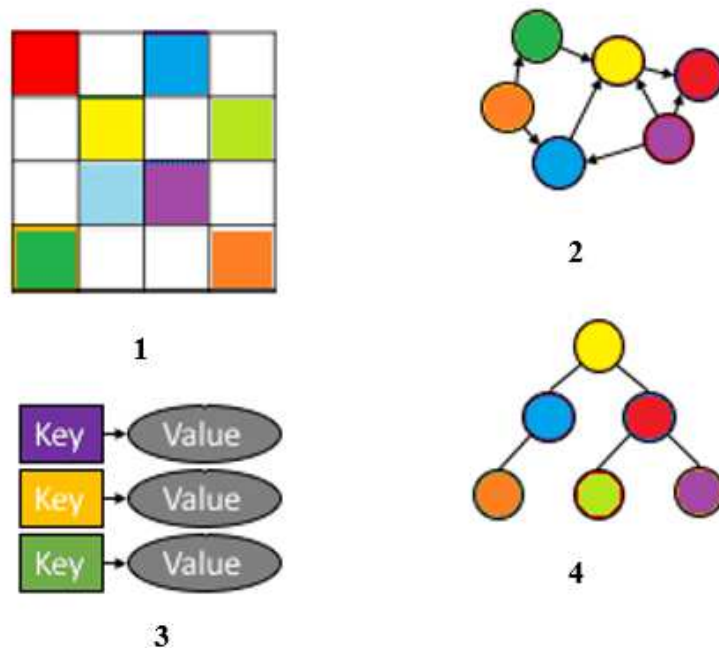


Рис. 3.2. Найпоширеніші типи нереляційних баз даних: 1 – Колонкова; 2 – графова; 3 – ключ-значення; 4 – документоорієнтовані

Документоорієнтована база даних документів зберігає записи як документи, тобто кожен запис є документом. Кожен документ містить дані, які описують і дають інформацію про якийсь об'єкт. Однак документ не вимагає зберігання даних у певному типі чи структурі. Є гнучкість у зберіганні різних типів і форм даних. Отже, дані можуть бути числами, рядками, датами або об'єктами. Жоден документ не повинен мати певний формат. Прикладом форматів документів може бути JSON, Binary Encoded Javascript Object Notation та Extensible Markup Language (XML). Документоорієнтована база даних документів може зберігати документи з більш-менш подібним вмістом у колекції. Наприклад, колекція користувачів може містити записи, що містять інформацію про користувача. Тим не менш, записи в одній групі можуть мати різні поля. Тому один документ може мати атрибути, яких немає в інших. Це робить схему бази даних дуже гнучкою.

Колонкова база даних певною мірою дотримуються тієї ж моделі даних, що й реляційні бази даних. Вони складаються з рядків і колонок, як бази даних SQL. Але колонки також пов'язані з іншими колонками, які називаються родинками колонок. Крім того, кожне сімейство колонок може мати більше одного стовпця. Стовпці, які існують у сімействі колонок, пов'язані один з одним. Таким чином, розробники можуть отримати дані в цих стовпцях як один блок.

База даних ключ-значення зберігає дані за допомогою унікального ключа. Кожні дані пов'язані з унікальним ключем у базі даних. Крім того, процес зберігання відбувається за допомогою функції хешування. Ця база даних у цілому може виконувати лише прості операції, наприклад видалення або вставлення.

Графова база даних є варіантом для дослідження зв'язків і відносин між сутностями. Вона забезпечує вищу продуктивність ніж SQL, оскільки не потрібно об'єднувати таблиці.

Критичною перевагою нереляційних баз даних є те, що для зберігання даних їм не потрібна заздалегідь визначена схема бази даних. Крім того, дані не

потребують певного формату чи структури. Це означає, що дані можуть бути структурованими, напівструктурованими або неструктурованими.

### *3.1.3 Порівняння баз даних*

Бази даних NoSQL є більш масштабованими [93-97]. Вони можуть ефективно обробляти великі різноманітні дані, тоді як база даних SQL є більш ефективною для транзакційних систем і споживає більше ресурсів для цілісності та узгодженості даних. Дана проблема не стосується баз даних NoSQL [98-99], оскільки їх основна увага приділяється доступності даних. Реляційні бази даних не є альтернативою реляційним. Наприклад, бази даних NoSQL більше підходять для паралельних обчислень [100-101] у кластерному середовищі та мають модуль програмування MapReduce. Бази даних NoSQL дотримуються динамічної та гнучкої схеми [95-96, 100, 102-105], тоді як реляційні бази даних значною мірою залежать від схеми (табличної). У реляційних базах даних необхідно спочатку створити схему з відповідним доменом і обмеженнями цілісності. Після цього можна зберігати важливу інформацію, дотримуючись необхідних обмежень. Якщо необхідно додати нові стовпці до поточної схеми, то вносяться зміни в поточну схему та переносяться дані зі старої схеми в нову. У разі великої кількості даних це займе багато часу та може зробити програму непридатною. Дана проблема не стосується баз даних NoSQL [106]. В базах даних NoSQL можливо виконувати маніпуляції без будь-якої попередньо визначеної схеми.

Реляційні бази даних в свою чергу мають деякі переваги перед базами даних NoSQL, як-от: нормалізація даних для контролю аномалій, реляційна схема (атрибути), обмеження домену, обмеження перевірки, обмеження унікальності, обмеження Not NULL і т.п., що забезпечує інтеграцію даних [94, 99-100]. Реляційні бази даних мають встановлені методи безпеки та аутентифікації користувачів. Крім того, з огляду на довговічність, база даних SQL краща, ніж база даних NoSQL. Реляційні бази даних використовують один знайомий стандартний інтерфейс, тобто SQL.

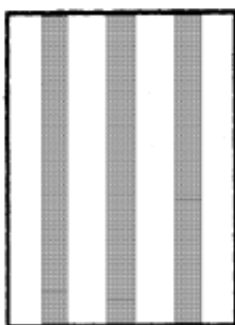
Оскільки база даних необхідна для структурування інформації про експлуатацію БтаС та відслідковування змін у часі, найбільш доцільного використовувати реляційну модель бази даних. В якості СУБД обрано готове рішення SQL Server Management Studio. Дане програмне забезпечення є продуктом корпорації Microsoft, яка зарекомендувала себе як надійного постачальника програмного забезпечення.

### 3.2 Реляційна алгебра

Реляційна алгебра – це теоретична мова операцій, яка на основі одного або декількох відношень дозволяє створити інше відношення без зміни вихідних даних [109]. Дана мова використовує операції, які перетворюють одну або декілька таблиць на нову таблицю, при цьому вихідні таблиці залишаються незмінними. Важливою властивістю реляційної алгебри є замкнутість. Це означає, що результатом будь-якої операції знову буде таблиця, а не будь-який інший тип даних. Завдяки цій властивості можна створювати вкладені вирази, де результат однієї операції використовується як операнд для наступної.

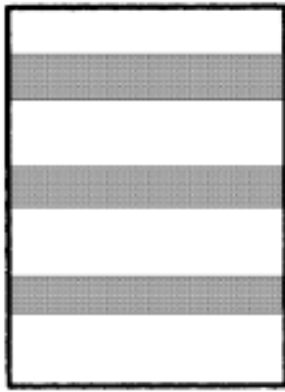
Виділяють п'ять основних операцій реляційної алгебри: вибірка (selection), проекція (projection), декартовий добуток (cartesian product), об'єднання (union) і різниця множин (set difference), виконують більшість дій по добуванню даних. На основі п'яти основних операцій можна також вивести додаткові операції: операції з'єднання (join), перетину (intersection) і розподілу (division).

Операції вибірки й проекції (рисунки 3.3 -3.4) є унарними, оскільки вони працюють із одним відношенням. Інші операції є бінарними тому, що працюють із парами відношень.



Позначення	$R[A]$
Визначення	$\{r [A] : r \in R\}$
Синтаксис	$R$ [список атрибутів через кому]

Рис. 3.3. Проекція

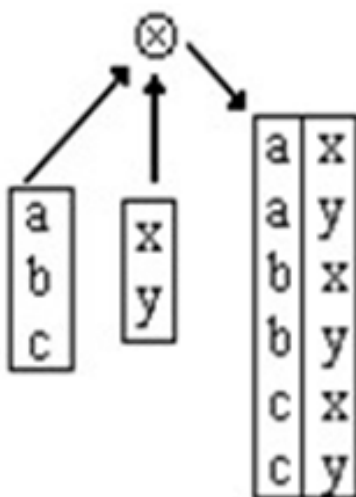


Позначення	$R [A \theta v]$ $R [A_1 \theta A_2]$
Визначення	$\{r : r \in R \wedge (r [A] \theta v)\}$ $\{r : r \in R \wedge (r [A_1] \theta r [A_2])\}$
Синтаксис	терм WHERE умова

Рис. 3.4. Вибірка

Операція вибірки використовується для того, щоб відібрати з одного відношення  $R$  лише ті записи, які відповідають заданій умові. Ця умова може бути задана за допомогою предикату, який описує критерії відбору. Тобто вибірка дозволяє фільтрувати дані в відношенні, залишаючи лише ті, які потрібні користувачу. Операція проєкції використовується для того, щоб вибрати з одного відношення  $R$  певні стовпці (атрибути) та створити нове відношення з цими стовпцями, при цьому дублікати записів видаляються, щоб отримати унікальні дані. Тобто проєкція дозволяє скоротити кількість стовпців у відношенні, залишаючи лише ті, які цікавлять користувача.

Декартовий добуток двох відношень  $R_1$  та  $R_2$  (рисунок 3.5) дає нове відношення, яке містить всі можливі комбінації записів з  $R_1$  та  $R_2$ .



Позначення	$R_1 \times R_2$
Визначення	$\{(r_1    r_2) : r_1 \in R_1 \wedge r_2 \in R_2\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ TIMES } (R_2)$

Рис. 3.5. Операція декартового добутку

Об'єднання двох відношень  $R_1$  та  $R_2$  (рисунок 3.6) дає нове відношення, яке містить всі записи з обох  $R_1$  та  $R_2$ , при цьому дублікати видаляються. мовою даної операції являється сумісність за об'єднанням відношень  $R_1$  і  $R_2$ .



Позначення	$R_1 \cup R_2$
Визначення	$\{r : r \in R_1 \vee r \in R_2\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ UNION } (R_2)$

Рис. 3.6. Операція об'єднання

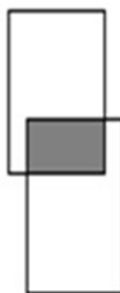
Різниця двох відношень  $R_1$  і  $R_2$  (рисунок 3.7) – це набір записів, які є в  $R_1$ , але немає в  $R_2$ . Умовою даної операції є сумісність за об'єднанням відношень  $R_1$  і  $R_2$ .



Позначення	$R_1 - R_2$
Визначення	$\{r : r \in R_1 \wedge r \notin R_2\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ MINUS } (R_2)$

Рис. 3.7. Операція різниці

Операція перетину (рисунок 3.8) визначає відношення, яке містить кортежі, присутні як у відношенні  $R_1$ , так і у відношенні  $R_2$ . Відношення  $R_1$  і  $R_2$  мають бути сумісними з об'єднанням.

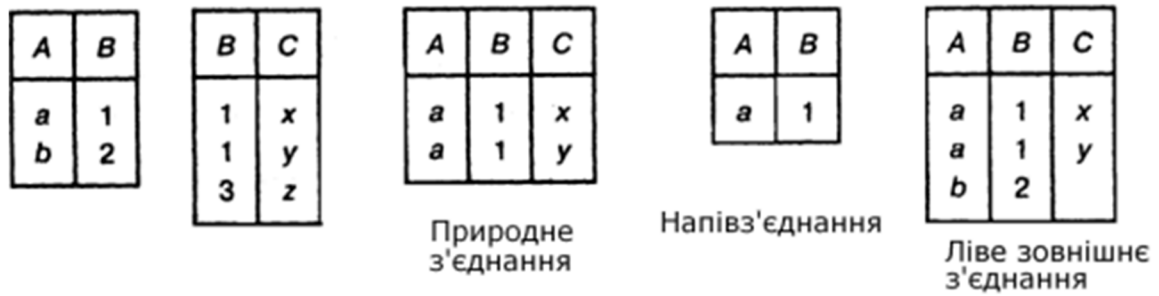


Позначення	$R_1 \cap R_2$
Визначення	$\{r : r \in R_1 \wedge r \in R_2\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ INTERSECT } (R_2)$

Рис. 3.8. Операція перетину

Користувачів зазвичай цікавлять лише певні комбінації даних, а не всі можливі, які генеруються декартовим добутком. Для цього використовується операція з'єднання (рисунок 3.9). Операція з'єднання створює нове відношення з двох вихідних відношень та схожа на декартовий добуток, але з однією

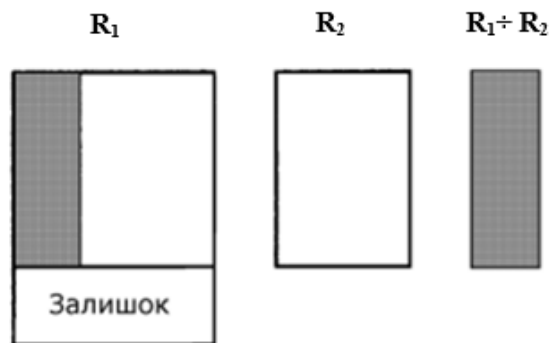
важливою відмінністю – з'єднання використовує умову (предикат), щоб відібрати лише ті комбінації даних, які відповідають цій умові.



Позначення	$R_1 [A_1 \theta A_2] R_2$
Визначення	$\{(r_1    r_2) : r_1 \in R_1 \wedge r_2 \in R_2 \wedge (r_1[A_1] \theta r_2[A_2])\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ JOIN } (R_2)$

Рис. 3.9. Операція з'єднання

Операція розподілу (рисунок 3.10) дає набір записів з відношення  $R_1$ , які відповідають всім комбінаціям записів з відношення  $R_2$ .



Позначення	$R_1 [A_1 \div A_2] R_2$
Визначення	$\{r[A_1] : r \in R_1 \wedge R_2[A_2] \subseteq g_r(r[A_1])\}$
Синтаксис	$(R_1) \text{ DIVIDE BY } (R_2)$

Рис. 3.10. Операція розподілу

### 3.3 Математична модель бази даних

В узагальненому вигляді математичну модель бази даних можна описати наступним чином:

$$O \rightarrow V(o) \rightarrow C(b) \rightarrow R_d \quad (3.1)$$

де  $O$  – множина власників;

$V_o$  – множина будівель (споруд), які належать власнику  $O$ ;

$C_b$  – множина конструкцій в будівлі (споруді)  $B$ ;



$R_d$  – множина результатів обстежень конструкції С.

В рамках математичного моделювання бази даних з моніторингу технічного стану будівель та споруд визначено, що кожен власник будівлі характеризується інформацією про себе та переліком будівель або споруд, які йому належать:

$$O = (I_o, \sum_{i=1}^n (B_o)_i) \quad (3.2)$$

де  $O$  – власник будівлі;

$I_o$  – інформація про власника;

$B_o$  – будівля або споруда яка належить власнику  $O$ .

Інформація про власників має два варіанти подання в залежності від типу власника:

$$I_o = (1 - V)x(N_f, I_{tax}) + Vx(N_c, N_{cs}, K, A) \quad (3.3)$$

де  $V$  – тип власника (0 – для юридичних осіб, 1 – для фізичних осіб);

$N_f$  – ім'я, прізвище та по батькові фізичної особи;

$N_c$  – назва організації;

$N_{cs}$  – скорочена назва організації;

$I_{tax}$  – індивідуальний податковий номер фізичної особи;

$K$  – код за ЄДПРОУ;

$A$  – юридична адреса.

Кожна будівля характеризується інформацією про неї та включає множину конструкцій.

$$B_o = (I_b, \sum_{i=1}^n (C_b)_i) \quad (3.4)$$

де  $I_b$  – інформація про будівлю;

$C_b$  – конструкція яка наявна в будівлі  $B$ .

Інформацію про будівлю структурно можна описати наступним чином:

$$I_b = (I_{gio}, I_{ter}, I_{ti}, I_{en}, F_b, M_b) \quad (3.5)$$

де  $I_{gio}$  – загальна інформація про будівлю;

$I_{ter}$  – інформація про територію забудови та ускладнюючі умови;

$I_{ti}$  – технічні показники об'єкта будівництва;

$I_{en}$  – інформація про наявні внутрішні інженерні мережі;

$F_b$  – фотографічні матеріали загальних видів будівлі чи споруди;

$M_b$  – креслення/модель/карта дефектів та пошкоджень конструкцій будівлі.

Структура даних для кожної конструкцій включає характеристику конструкції і множину результатів обстежень:

$$C_b = (I_c, \sum_{i=1}^n (R_d)_i) \quad (3.6)$$

де  $I_c$  – інформація про характеристики конструкції;

$R_d$  – результати обстеження.

Даний підхід дозволяє систематизувати й організувати інформацію про конструкції та результати їх обстеження. При цьому кожна конструкція в якості вихідних даних має загальний опис та клас відповідальності:

$$I_c = (I_d, I_{klass}) \quad (3.7)$$

де  $I_d$  – загальний опис конструкції;

$I_{klass}$  – клас відповідальності конструкції.

Для кожної конструкції ведеться облік результатів обстеження, який включає в себе як результати візуального обстеження, так і результати інструментального обстеження у момент часу  $t$ :

$$\begin{cases} R_{d_1} = (R_{vd_1}(t), R_{id_1}(t)) \\ \dots \\ R_{d_n} = (R_{vd_n}(t), R_{id_n}(t)) \end{cases} \quad (3.8)$$

де  $R_{vd}$  – результати візуального обстеження в момент часу  $t$ ;

$R_{id}$  – результати інструментального обстеження в момент часу  $t$ .

Результати візуального обстеження кожної конструкції представлені сумою виявлених дефектів:

$$R_{vd} = \sum_{i=1}^n D_i \quad (3.9)$$

де  $D$  – дефект або пошкодження конструкції;

Кожен дефект або пошкодження конструкції характеризується показниками:

$$D = (D_{qt}, D_{ql}) \quad (3.10)$$

де  $D_{qt}$  – кількісні показники дефекту;

$D_{ql}$  – якісні показники дефекту;

Кількісні параметри дефекту розглядаються як числові величини, які надають деталізовану інформацію про сам дефект та включають в себе величину дефекту, категорію технічного стану і час виявлення або уточнення інформації про дефект:

$$D_{qt} = (P_{dim}(t), P_{cat}(t), T) \quad (3.11)$$

де  $P_{dim}(t)$  – числове значення, яке характеризує масштаб або величину дефекту в момент часу  $t$ ;

$P_{cat}(t)$  – категорія технічного стану в момент часу  $t$ . Цей параметр відображає оцінку технічного стану конструкції на основі шкали від «1» до «4» (від «нормального» до «аварійного»);

$T$  – часова відмітка, яка вказує на момент виявлення або уточнення інформації про дефект.

Якісні параметри дефекту слугують для опису кількісних показників та дозволяють отримати чіткіше уявлення про стан об'єкта, хоча і не вимірюються конкретними числовими значеннями.

$$D_{ql} = (P_{con}, P_{loc}, P_{des}, P_{rec}, F_d) \quad (3.12)$$

де  $P_{con}$  – параметр, який вказує на конструкцію будівлі чи споруди, де виявлено дефект;

$P_{loc}$  – параметр, який вказує на розташування дефекту в конкретній одиниці конструкції;

$P_{des}$  – текстовий опис характеристик та особливостей виявленого дефекту;

$P_{rec}$  – параметр, який містить інформацію про те, як усунути виявлений дефект або знизити його негативний вплив;

$F_d$  – фотографічні матеріали, які слугують візуальним доповненням до опису дефекту.

З урахуванням (3.10)-(3.12) результати візуального обстеження кожної конструкції (3.9) можна переписати в більш розширеному вигляді:

$$\begin{aligned}
 R_{vd} &= \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n (D_{qt}, D_{ql})_i = \\
 &= \sum_{i=1}^n ((P_{dim}(t), P_{cat}(t), P_{date}), (P_{con}, P_{loc}, P_{des}, P_{rec}, F_d))_i \quad (3.13)
 \end{aligned}$$

Результати інструментального обстеження включають в себе сукупність вимірних фактичних показників міцності конструкцій та кут нахилу будівлі за потреби:

$$\begin{cases} R_{id_1} = (S_1(t), G_1(t)) \\ \dots \\ R_{id_n} = (S_n(t), G_n(t)) \end{cases} \quad (3.14)$$

де  $S(t)$  – міцність конструкцій в момент часу  $t$ ;

$G(t)$  – крен будівлі або споруди в момент часу  $t$ .

З урахуванням виразів (3.2) – (3.8) математична модель структури бази даних по моніторингу технічного стану будівель та споруд має вигляд:

$$O = (I_o, \{B_o = (I_b, \{C_b = (I_c, R_d = \sum_{i=1}^n (R_{vd}(t), R_{id}(t))))\}) \quad (3.15)$$

Наведена математична модель бази даних забезпечить дозволить зберігати інформацію про будівлі і їх власників, наявні в будівлі конструкції, результати візуальних та інструментальних обстежень протягом всього терміну експлуатації.

### 3.4 Відомості про базу даних «Monitoring»

Реалізація бази даних по моніторингу технічного стану БтАС, як складової частини інформаційної системи, виконана з використанням мови програмування Structured Query Language (мова структурних запитів). Розроблена база даних включає набір взаємопов'язаних таблиць. Зв'язки в подальшому допоможуть комплексно відображати, редагувати та видаляти інформацію з бази даних. З огляду на об'єм інформації прийнято рішення по створенню наступних типів таблиць:

1) Таблиці в які інформацію вносить користувач (власник будівлі, особа відповідальна за безпечну експлуатації або кваліфікований експерт).

2) Таблиці які містять нормативні і законодавчі значення та заповнені на етапі створення бази даних. Інформація з наведених таблиць використовується для заповнення окремих пунктів таблиць, які заповнює користувач за допомогою

зовнішніх ключів. При даному підході унеможлиблюється введення користувачем параметрів, які не відповідають нормативним та законодавчим документам. Також даний підхід являється елементом оптимізації бази даних, оскільки в таблицях які заповнює користувач зберігатиметься тільки зовнішній ключ, а не ціле значення.

Діаграма реалізованої бази даних в робочому середовищі SQL Server Management Studio по архітектурі наведеній на рисунку 2.15 наведено на рисунку 3.11.

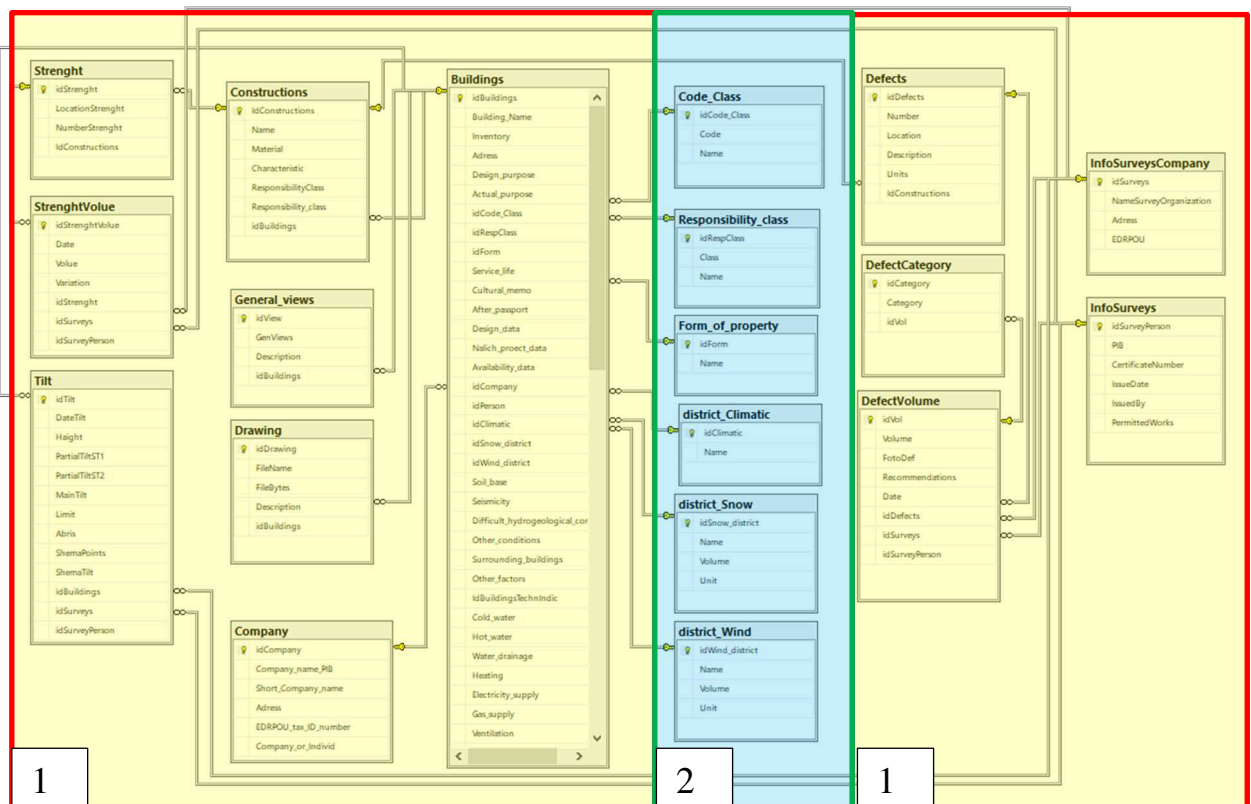


Рис. 3.11. Діаграма реалізованої бази даних по моніторингу технічного стану будівель та споруд за допомогою SQL Server Management Studio [107]:

1 – таблиці в які інформацію вносить користувач; 2 – таблиці, які містять нормативні і законодавчі значення та заповнені на етапі створення бази даних

Реалізована база даних забезпечить збереження наступної інформації:

- 1) дані про власника об'єкту;
- 2) загальні відомості про об'єкт;
- 3) наявні креслення, моделі і схеми;
- 4) загальні види об'єкту;

- 5) характеристики території забудови та ускладнюючі умови території;
- 6) основні технічні показники об'єкту та характеристику внутрішніх інженерних мереж;
- 7) характеристику основних будівельних конструкцій;
- 8) результати періодичних візуальних та інструментальних контролів;
- 9) дані про відповідальних виконавців, які здійснювали контроль;
- 10) рекомендації по подальшій безпечній експлуатації.

Наведений перелік інформації про об'єкти дозволить інтегрувати результати експлуатації БтаС в цифровий простір і відслідковувати динаміку зміни параметрів пошкоджень, міцності конструкцій і деформацій у часі та в комплексі з прикладною програмою дозволить інформувати власників або управителів про умови подальшої експлуатації.

### **3.5 Таблиці бази даних для збереження інформації, які заповнюються користувачами**

Для збереження інформації про власників, будівлі, конструкції та результати візуального й інструментального обстежень створені наступні таблиці:

– Company – в таблицю вноситься інформація про власника будівлі або споруди. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Company

<b>№ з/п</b>	<b>Атрибут</b>	<b>Тип даних</b>	<b>Інформація що зберігається</b>
1	idCompany	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Company_name_PIV	nvarchar(MAX)	Назва організації (для юридичних осіб), або прізвище, ім'я та по

			батькові (для фізичних осіб)
3	Short_Company_name	nvarchar(50)	Скорочена назва організації (за наявності)
4	Adress	nvarchar(MAX)	Юридична адреса (для юридичних осіб)
5	EDRPOU_tax_ID_number	nchar(12)	Код ЄДПРОУ для юридичних осіб, або індивідуальний податковий номер для фізичних осіб
6	Company_or_Individ	int	Тип власника: 0 – для юридичних осіб, 1 – для фізичних осіб
7	email	nvarchar(50)	Електронна поштова адреса

– Buildings – таблиця для збереження загальних відомостей про об'єкти, технічних показників, інформації про внутрішні інженерні мережі та територію забудови. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Buildings

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idBuildings	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Building_Name	nvarchar(50)	Назва будівлі
3	Inventory	nvarchar(50)	Інвентарний номер за наявності
4	Adress	nvarchar(MAX)	Місцезнаходження об'єкта
5	Design_purpose	nvarchar(300)	Проектне призначення об'єкта

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
6	Actual_purpose	nvarchar(300)	Фактичне призначення об'єкта
7	idCode_Class	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Code_Class
8	idRespClass	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Responsibility class
9	idForm	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Form_of_property
10	Service_life	nvarchar(50)	Встановлений проектною документацією строк експлуатації
11	Cultural_memo	nvarchar(MAX)	Дані про віднесення об'єкта до пам'яток культурної спадщини
12	After_passport	nvarchar(MAX)	Інформація про роботи з будівництва, які виконані на об'єкті після розроблення паспорта
13	Design_data	nvarchar(MAX)	Дані щодо проектування об'єкта (генеральний проєктувальник, шифр проєкту, рік)
14	Nalich_proect_data	nvarchar(MAX)	Наявність проектної документації (стадія проєктування, місце зберігання, повнота)



№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
15	idCompany	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Company
16	idClimatic	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею district_Climatic
17	idSnow_district	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею district_Snow
18	idWind_district	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею district_Wind
19	Soil_base	nvarchar(MAX)	Характеристика ґрунтової основи
20	Seismicity	nvarchar(50)	Сейсмічність площадки
21	Difficult_hydrogeological_conditions	nvarchar(MAX)	Перелік ускладнюючих гідрогеологічних умов (за наявності)
22	Other_conditions	nvarchar(MAX)	Перелік ускладнюючих інженерно-геологічних умов (за наявності)
23	Surrounding_buildings	nvarchar(MAX)	Тип оточуючої забудови
24	Other_factors	nvarchar(MAX)	Перелік інших ускладнюючих факторів
25	Cold_water	nvarchar(100)	Наявність холодного водопостачання
26	Hot_water	nvarchar(100)	Наявність гарячого водопостачання

<b>№ з/п</b>	<b>Атрибут</b>	<b>Тип даних</b>	<b>Інформація що зберігається</b>
27	Water_drainage	nvarchar(100)	Наявність холодного водопостачання
28	Heating	nvarchar(100)	Наявність водовідведення
29	Electricity_supply	nvarchar(100)	Наявність енергозабезпечення
30	Gas_supply	nvarchar(100)	Наявність газопостачання
31	Ventilation	nvarchar(100)	Наявність вентиляції
32	BuildingArea	nvarchar(15)	Площа забудови (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127, 215, 22-24 згідно [108])
33	FloorsTotal	nvarchar(10)	Загальна кількість поверхів (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
34	FloorsAboveGround	nvarchar(10)	Кількість поверхів надземної частини (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
35	FloorsUnderGround	nvarchar(10)	Кількість поверхів підземної частини (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
36	BuildingVolume Total	nvarchar(15)	Загальний будівельний об'єм (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
37	BuildingVolume AboveGround	nvarchar(15)	Будівельний об'єм надземної частини (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
38	BuildingVolume UnderGround	nvarchar(15)	Будівельний об'єм підземної частини (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
39	AboveGroundFloor Height	nvarchar(10)	Висота поверхів надземної частини (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
40	UnderGroundFloor Height	nvarchar(10)	Висота поверхів підземної частини (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
41	TotalSquare	nvarchar(10)	Загальна площа приміщень (для кодів будівель 112-113, 121-124, 125-127 згідно [108])
42	ApartmentsOr MainSquare	nvarchar(10)	Площа квартир (для кодів будівлі 112-113 згідно [108]) або приміщень основного призначення (для кодів будівлі 121-124, 126 згідно [108]), або виробничих приміщень (для кодів будівлі 125, 127 згідно [108])
43	CommonOrCatering OrWarehousesSquare	nvarchar(10)	Площа приміщень загального призначення (для кодів будівель 112-113 згідно [108]) або площа приміщень громадського харчування (для кодів будівель 121-124, 126 згідно [108]), або площа складських приміщень (для

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
			кодів будівель 125, 127 згідно [108])
44	OfficesSquare	nvarchar(10)	Площа офісних приміщень (для кодів будівель 112-113, 121-124, 126 згідно [108]) або адміністративних приміщень (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
45	CommercialOr ResidentialSquare	nvarchar(10)	Площа торговельних приміщень (для кодів будівель 121-124, 126 згідно [108]) або побутових приміщень (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
46	OtherSquare	nvarchar(10)	Площа інших приміщень (для кодів будівель 112-113, 121-127 згідно [108])
47	GeneralSeat	nvarchar(10)	Кількість місць загальних приміщень (для кодів будівель 112-113, 121-124, 126 згідно [108])
48	GeneralSquare	nvarchar(10)	Площа загальних приміщень (для кодів будівель 121-124, 126 згідно [108])
49	FireResistance	nvarchar(10)	Ступінь вогнестійкості (для кодів будівель 112-113, 121-127, 214, 23, 24 згідно [108])

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
50	ConditionalHeight	nvarchar(10)	Умовна висота (для кодів будівель 112-113, 121-127, 23, 24 згідно [108])
51	Parking	nvarchar(10)	Наявність підземного паркінгу (для кодів будівель 112-113, 121-124, 126 згідно [108])
52	ParkingSpace	nvarchar(10)	Кількість машино-місць паркінгу (для кодів будівель 112-113, 121-124, 126 згідно [108])
53	ParkingSquare	nvarchar(10)	Площа паркінгу (для кодів будівель 112-113, 121-124, 126 згідно [108])
54	Lifting	nvarchar(MAX)	Тип і кількість вантажопідйомних механізмів
55	Capacity	nvarchar(MAX)	Вантажопідйомність механізмів (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
56	IncreasedDanger	nvarchar(20)	Категорія підвищеної небезпеки (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
57	ExplosionAndFire Hazard	nvarchar(20)	Категорія вибухопожежної і пожежної небезпеки (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])
58	AggressiveWorking Space	nvarchar(20)	Агресивність робочого середовища (для кодів будівель 125, 127 згідно [108])

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
59	Type	nvarchar(100)	Тип споруди (для кодів будівель 214, 215, 23, 24 згідно [108])
60	ObstacleType	nvarchar(20)	Тип перешкоди, що перетинається (для коду будівель 214 згідно [108])
61	BuildingLength	nvarchar(10)	Довжина споруди (для коду будівель 214 згідно [108])
62	SpansLength	nvarchar(10)	Довжина прольотів (для коду будівель 214 згідно [108])
63	RoadwayWidth	nvarchar(10)	Ширина проїзної частини (для коду будівель 214 згідно [108])
64	Height	nvarchar(10)	Висота будівлі/споруди (для кодів будівель 214, 215, 22 згідно [108])
65	Width	nvarchar(10)	Ширина будівлі/споруди (для кодів будівель 214, 215, 22 згідно [108])
66	UnderbridgeOrSize Runs	nvarchar(10)	Розміри підмостової частини (для коду будівель 214 згідно [108]) або величина прогонів (для коду будівель 22 згідно [108])
67	TunnelOrDiameter Span	nvarchar(10)	Розміри тунелю (для коду будівель 214 згідно [108]) або діаметр прогонової конструкції (для коду будівель 22 згідно [108])

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
68	DesignLoad	nvarchar(10)	Проектне навантаження на проїзну конструкцію (для коду будівель 214 згідно [108])
69	AntiSeismicDevices	nvarchar(100)	Наявність антисейсмічних пристроїв (для коду будівель 214 згідно [108])
70	Communications	nvarchar(100)	Наявність комунікацій (для коду будівель 214 згідно [108])
71	PowerIndex	nvarchar(20)	Кількісний показник потужності (для кодів будівель 215, 23, 24 згідно [108])
72	PowerIndexUnit	nvarchar(20)	Одиниці виміру показника потужності (для кодів будівель 215, 22-24 згідно [108])
73	Specialization	nvarchar(100)	Спеціалізація за видом технологічних процесів або інша (для кодів будівель 215, 23-24 згідно [108])
74	Dimensions	nvarchar(50)	Габаритні розміри будівлі/споруди (для кодів будівель 215, 23-24 згідно [108])
75	EstimatedShip	nvarchar(20)	Розрахункове судно (для коду будівель 215 згідно [108])
76	Length	nvarchar(20)	Довжина споруди (для коду будівель 22 згідно [108])

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
77	Slopes	nvarchar(20)	Довжина та ухил спускових шляхів (для коду будівель 215 згідно [108])
78	MainCategoryVO	nvarchar(20)	Категорія технічного стану будівлі або споруди за результатами візуального обстеження
79	MainCategoryIO	nvarchar(20)	Категорія технічного стану будівлі або споруди за результатами інструментального обстеження

– Drawing – таблиця для збереження креслень, моделей, схем дефектів та додаткових матеріалів у вигляді окремих файлів. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Drawing

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idDrawing	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	FileName	nvarchar(100)	Назва файлів з кресленнями, моделями, схемами дефектів
3	FileBytes	varbinary(MAX)	Файли з кресленнями, моделями, схемами дефектів та додатковими матеріалами у вигляді двійкових даних



№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
4	Description	nvarchar(100)	Опис для файлів з кресленнями, моделями, схемами дефектів
5	idBuildings	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Buildings

– General\_views – таблиця для збереження загальних видів будівлі або споруди та прилеглої території. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Перелік атрибутів та тип даних таблиці General\_views

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idView	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	GenViews	varbinary(MAX)	Файли загальних видів будівлі або споруди у вигляді двійкових даних
3	Description	nvarchar(100)	Опис для файлів загальних видів
4	idBuildings	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Buildings

– Constructions – таблиця призначена для збереження назви наявних у об'єкта конструкцій, їх характеристик та категорії відповідальності. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Constructions

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	IdConstructions	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Name	nvarchar(100)	Назви конструкцій
3	Characteristic	nvarchar(MAX)	Стислий опис характеристик конструкцій
4	ResponsibilityClass	nvarchar(5)	Категорія відповідальності конструкцій
5	idBuildings	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Buildings

– Defects – таблиця для збереження порядкового номеру дефекту, місця розташування, опису та одиниць вимірювання. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Defects

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idDefects	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Number	nvarchar(50)	Порядковий номер з прив'язкою до схеми дефектів
3	Location	nvarchar(MAX)	Розташування дефекту (вісь, відмітка і т.п.)
4	Description	nvarchar(MAX)	Опис дефекту або пошкодження

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
5	Units	nvarchar(50)	Одиниці виміру кількісного параметру дефекта
6	IdConstructions	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Constructions

– DefectVolume – до таблиці інформацію про кількісні показники, фотофіксацію дефекту (пошкодження) та рекомендації з усунення виявлених пошкоджень або зменшення їх впливу. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Перелік атрибутів та тип даних таблиці DefectVolume

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idVol	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Volume	nvarchar(50)	Кількісний параметр дефекту
3	FotoDef	nvarchar(MAX)	Фотофіксація дефекту або пошкодження
4	Recommendations	nvarchar(MAX)	Рекомендації по усуненню дефекту
5	Date	nvarchar(50)	Дата виявлення або уточнення параметрів дефекту
6	idDefects	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Defects
7	idSurveys	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveysCompany

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
8	idSurveyPerson	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveys

– DefectCategory – таблиця створена для збереження інформації про категорію технічного стану конструкцій з урахуванням можливого розвитку дефекту або пошкодження. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8. Перелік атрибутів та тип даних таблиці DefectCategory

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idCategory	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Category	nvarchar(2)	Категорія технічно стану
3	idVol	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею DefectVolume

– Strenght – таблиця в якій записується інформація про місце розташування визначення міцності конструкцій, порядковий номер з прив'язкою до схеми інструментального обстеження. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Strenght

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idStrenght	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
2	LocationStrenght	nvarchar(50)	Місцерозташування визначення міцності (вісь, ряд, відмітка)
3	NumberStrenght	nvarchar(50)	Номер на схемі інструментального обстеження
4	IdConstructions	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Constructions

– StrenghtVouue – таблиця для збереження дати визначення міцності конструкцій, кількісного значення міцності, коефіцієнту варіації. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10. Перелік атрибутів та тип даних таблиці StrenghtVouue

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idStrenghtVouue	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Date	date	Дата визначення міцності конструкцій
3	Vouue	nvarchar(50)	Кількісне значення міцності
4	Variation	nvarchar(50)	Коефіцієнт варіації
5	idStrenght	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Strenght
6	idSurveys	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveysCompany

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
7	idSurveyPerson	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveys

– Tilt – таблиця для збереження інформації про крен будівлі або споруди. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Tilt

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idTilt	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	DateTilt	date	Дата визначення крену
3	Haight	nvarchar(50)	Висота будівлі чи споруди
4	PartialTiltST1	nvarchar(50)	Частковий крен з першої станції
5	PartialTiltST2	nvarchar(50)	Частковий крен з другої станції
6	MainTilt	nvarchar(50)	Загальний крен
7	Limit	nvarchar(50)	Граничне значення крену
8	Abris	varbinary(MAX)	Файл з графічним відображенням абрису у вигляді двійкових даних
9	ShemaPoints	varbinary(MAX)	Файл з схемою точок заміру у вигляді двійкових даних
10	ShemaTilt	varbinary(MAX)	Файл з схемою крену у вигляді двійкових даних
11	idBuildings	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею Buildings

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
12	idSurveys	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveysCompany
13	idSurveyPerson	int	Зовнішній ключ для встановлення зв'язку з таблицею InfoSurveys

– InfoSurveysCompany – таблиця для фіксування інформації про організацію, яка проводила обстеження. Інформація з даної таблиці використовується при заповненні таблиці DefectVolume, Tilt й StrenghtVolue, що у свою чергу допомагає відстежити яка організація виконувала обстеження. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12. Перелік атрибутів та тип даних таблиці InfoSurveysCompany

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idSurveys	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	NameSurveyOrganization	nvarchar(MAX)	Назва організації що проводила обстеження
3	Adress	nvarchar(MAX)	Юридична адреса організації
4	EDRPOU	nvarchar(20)	Код ЄДПРОУ організації

– InfoSurveys – таблиця в яку записується інформація про відповідального виконавця (експерта). Інформація з даної таблиці використовується при заповненні таблиці DefectVolume, StrenghtVolue, Tilt та допомагає відстежити хто та коли виявив дефект (уточнив його кількісні показники), визначив міцність конструкції та деформації будівлі або споруди. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13. Перелік атрибутів та тип даних таблиці InfoSurveys

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idSurveyPerson	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	PIB	nvarchar(200)	Прізвище, ім'я та по батькові відповідальної особи
3	CertificateNumber	nvarchar(50)	Номер кваліфікаційного сертифікату (за наявності)
4	IssueDate	date	Дата видачі кваліфікаційного сертифікату (за наявності)
5	IssuedBy	nvarchar(500)	Ким виданий кваліфікаційний сертифікат (за наявності)
6	PermittedWorks	nvarchar(500)	Перелік робіт або послуг, яких визначено кваліфікаційним сертифікатом

Наведені таблиці будуть заповнювати користувачі у разі появи інформації і база буде наповнюватися необхідними даними.

### **3.6 Таблиці бази даних з нормативно та законодавчо визначеними даними**

Для забезпечення відповідності інформації нормативним та законодавчим значенням створено таблиці, які заповнені на етапі створення бази даних:

– Code\_Class – до таблиці записано класифікацію БтС згідно з НК 018:2023 [108]. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.14.



Таблиця 3.14. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Code\_Class

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idCode_Class	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Code	nchar(10)	Коди БтаС
3	Name	nvarchar(150)	Назва кодів БтаС

Фрагмент заповненої таблиці Code\_Class приведений на рисунку 3.12.

```

SELECT TOP (1000) [idCode_Class]
, [Code]
, [Name]
FROM [monitoring_db].[dbo].[Code_Class]

```

idCode_Class	Code	Name
1	1110	Одноквартирні житлові будинки
2	1121	Житлові будинки з двома квартирами
3	1122	Житлові будинки з трьома та більше квартирами
4	1130	Житлові будинки для колективного проживання
5	1211	Будівлі готельні
6	1212	Інші будівлі для короткострокового проживання
7	1220	Офісні будівлі
8	1230	Будівлі оптово-роздрібної торгівлі

Рис. 3.12. Фрагмент таблиці Code\_Class

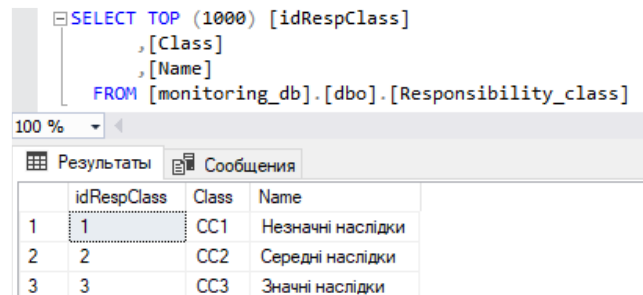
– Responsibility\_class – таблиця з внесеним переліком класів наслідків (відповідальності) БтаС згідно з ДБН В.1.2–14:2018 [110]. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Responsibility\_class

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
4	idRespClass	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
5	Class	nvarchar(3)	Клас наслідків

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
6	Name	nvarchar(17)	Назва класів наслідків

Заповнена таблиця Responsibility\_class приведена на рисунку 3.13.



```

SELECT TOP (1000) [idRespClass]
, [Class]
, [Name]
FROM [monitoring_db].[dbo].[Responsibility_class]

```

idRespClass	Class	Name
1	CC1	Незначні наслідки
2	CC2	Середні наслідки
3	CC3	Значні наслідки

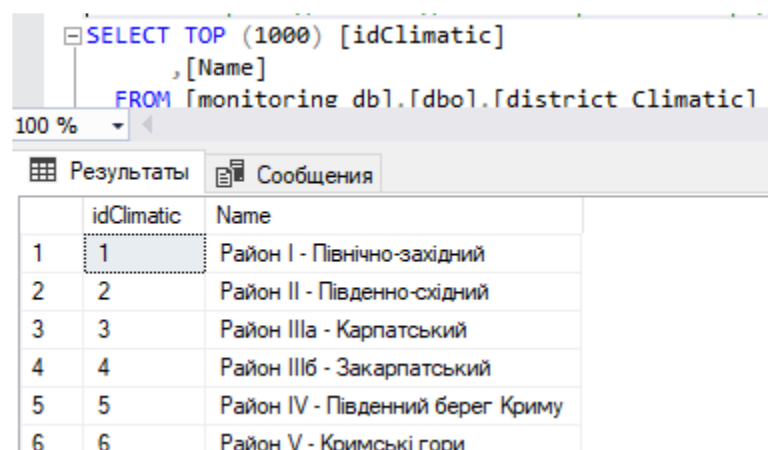
Рис. 3.13. Заповнена таблиця Responsibility\_class

– district\_Climatic – таблиця з внесеним переліком кліматичних районів України згідно ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010 [111]. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16. Перелік атрибутів та тип даних таблиці district\_Climatic

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
1	idClimatic	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Name	nvarchar(50)	Перелік кліматичних районів

Заповнена таблиця district\_Climatic приведена на рисунку 3.14.



```

SELECT TOP (1000) [idClimatic]
, [Name]
FROM [monitoring_db].[dbo].[district_Climatic]

```

idClimatic	Name
1	Район I - Північно-західний
2	Район II - Південно-східний
3	Район IIIa - Карпатський
4	Район IIIб - Закарпатський
5	Район IV - Південний берег Криму
6	Район V - Кримські гори

Рис. 3.14. Заповнена таблиця district\_Climatic

– district\_Snow, district\_Wind – таблиці з переліком снігових та вітрових районів України відповідно до ДБН В.1.2–2:2006 [112]. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17. Перелік атрибутів та тип даних таблиці district\_Snow та district\_Wind

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
district_Snow			
1	idSnow_district	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Name	nvarchar(10)	Назви снігових районів
3	Volume	int	Числове значення навантаження
4	Unit	nvarchar(10)	Одиниці виміру навантаження
district_Wind			
5	idWind_district	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
6	Name	nvarchar(10)	Назви вітрових районів
7	Volume	int	Числове значення навантаження
8	Unit	nvarchar(10)	Одиниці виміру навантаження

Заповнені таблиці district\_Snow і district\_Wind приведені на рисунку 3.15.

idSnow_district	Name	Volume	Unit
1	1 район	800	Па
2	2 район	1000	Па
3	3 район	1200	Па
4	4 район	1400	Па
5	5 район	1600	Па
6	6 район	1800	Па

idWind_district	Name	Volume	Unit
1	1 район	400	Па
2	2 район	450	Па
3	3 район	500	Па
4	4 район	550	Па
5	5 район	600	Па

Рис. 3.15. Заповнені таблиці district\_Snow і district\_Wind

– Form\_of\_property – таблиця з переліком форм власності згідно статтям 325-327 Цивільного кодексу України [113]. Перелік атрибутів та тип даних наведений в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18. Перелік атрибутів та тип даних таблиці Form\_of\_property

№ з/п	Атрибут	Тип даних	Інформація що зберігається
district_Snow			
1	idForm	int	Первинний ключ зі специфікацією ідентифікатора
2	Name	nvarchar(10)	Форми власності

Заповнена таблиця Form\_of\_property приведена на рисунку 3.16.

```

SELECT TOP (1000) [idForm]
, [Name]
FROM [monitoring_db].[dbo].[Form_of_property]

```

idForm	Name
1	Державна форма власності
2	Комунальна форма власності
3	Приватна форма власності

Рис. 3.16. Заповнена таблиця Form\_of\_property

Інформація з наведених таблиць використовується для заповнення окремих пунктів таблиці Buildings. За такого підходу унеможлиблюється введення користувачем параметрів, які не відповідають нормативним та законодавчим документам. Також даний підхід являється елементом оптимізації бази даних, оскільки в таблицях, які заповнює користувач, зберігаються тільки зовнішній ключ, а не ціле значення.

### 3.7 Встановлення зав'язків між таблицями бази даних

Зв'язок існує між двома таблицями, коли можна певним чином зв'язати записи першої таблиці із записами другої. Зв'язок можна встановити за допомогою набору первинних і зовнішніх ключів [114].

Таблиця 3.19. Перелік зав'язків між таблицями бази даних «Monitoring»

<b>№ з/п</b>	<b>Первинний ключ, назва таблиці/(назва атрибуту)</b>	<b>Зовнішній ключ, назва таблиці/(назва атрибуту)</b>	<b>Тип зв'язку</b>	<b>Правила оновлення та видалення</b>
1	Company/ (idCompany)	Buildings/ (idCompany)	Many-to-One	Каскадне
2	Code_Class/ (idCode_Class)	Buildings/ (idCode_Class)	Many-to-One	Відсутні
3	Responsibility_class/ (idRespClass)	Buildings/ (idRespClass)	Many-to-One	Відсутні
4	Form_of_property/ (idForm)	Buildings/ (idForm)	Many-to-One	Відсутні
5	district_Climatic/ (idClimatic)	Buildings/ (idClimatic)	Many-to-One	Відсутні
6	district_Snow/ (idSnow_district)	Buildings/ (idSnow_district)	Many-to-One	Відсутні
7	district_Wind/ (idWind_district)	Buildings/ (idWind_district)	Many-to-One	Відсутні
8	Buildings/ (idBuildings)	Constructions/ (idBuildings)	Many-to-One	Каскадне
9	Buildings/ (idBuildings)	Tilt/ (idBuildings)	Many-to-One	Каскадне
10	Constructions/ (IdConstructions)	Defects/ (IdConstructions)	Many-to-One	Каскадне
11	Defects/ (idDefects)	DefectVolume/ (idDefects)	Many-to-One	Каскадне

12	DefectVolume/ (idVol)	DefectCategory/ (idVol)	Many-to-One	Каскадне
13	InfoSurveysCompany/ (idSurveys)	DefectVolume/ (idSurveys)	Many-to-One	Відсутні
14	InfoSurveysCompany/ (idSurveys)	StrenghtVolve/ (idSurveys)	Many-to-One	Відсутні
15	InfoSurveysCompany/ (idSurveys)	Tilt/ (idSurveys)	Many-to-One	Відсутні
16	InfoSurveys/ (idSurveyPerson)	DefectVolume/ (idSurveyPerson)	Many-to-One	Відсутні
17	InfoSurveys/ (idSurveyPerson)	Tilt/ (idSurveyPerson)	Many-to-One	Відсутні
18	InfoSurveys/ (idSurveyPerson)	StrenghtVolve/ (idSurveyPerson)	Many-to-One	Відсутні
19	Constructions/ (IdConstructions)	Strenght/ (IdConstructions)	Many-to-One	Відсутні
20	Strenght/ (idStrenght)	StrenghtVolve/ (idStrenght)	Many-to-One	Відсутні

Зв'язки між таблицями необхідні для визначення відносин між даними у різних таблицях бази даних. Вони забезпечують цілісність даних та ефективно зберігання інформації.

### 3.8 Висновки за розділом 3

1. Встановлено, що найбільш доцільно використовувати реляційну базу даних, оскільки даний тип дозволяє уникнути дублювання інформації та забезпечує цілісність та узгодженість даних.

2. Розроблена математична модель бази даних, яка дозволяє встановити зв'язки між власниками, Бтас, результатами візуальних та інструментальних обстежень.

3. В середовищі SQL Server Management Studio розроблено базу даних «Monitoring». База даних включає таблиці, в які інформацію вносить користувач (власник будівлі, особа відповідальна за безпечну експлуатації або кваліфікований експерт), таблиці, які містять нормативні і законодавчі значення та зв'язки між таблицями. Таблиці, які заповнює користувач, наповнюються інформацією у випадку накопичення даних. Таблиці, які містять нормативні і законодавчі значення, заповнені на етапі створення бази даних, що унеможлиблює введення недостовірних даних. Зв'язки між таблицями встановлені за допомогою первинних та зовнішніх ключів, що дозволило систематизувати різні типи даних.

#### Список використаних джерел у розділі 3

У розділі 3 використані [89...114] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 4

### ПРИКЛАДНА ПРОГРАМА ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З БАЗОЮ ДАНИХ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

#### 4.1 Відомості про прикладну програму

Прикладна програма забезпечує взаємодію користувачів з базою даних. Для створення прикладної програми використано об'єктно-орієнтовану мову програмування загального призначення C# у програмному середовищі Microsoft Visual Studio. До основних елементів прикладної програми належать:

1) Форми – вікно або діалогове вікно, яке складає інтерфейс програми [115] та представляє контейнер для розміщення різних елементів керування.

2) Користувацькі елементи керування – це колекція елементів керування Windows Forms, інкапсульованих у загальному контейнері. Цей вид елемента управління називається складовим елементом управління. Елементи, що входять до складового елемента управління, називаються складовими [116].

3) Елементи керування – базовий клас для елементів керування, що є компонентами з візуальним поданням [117]. Елементи керування додаються на форму та налаштовуються за допомогою властивостей, забезпечуючи взаємодію користувача з програмою та надають засоби для введення даних, відображення інформації та виконання різних дій. У прикладній програмі використані такі елементи керування:

– TextBox – елемент керування, який можна використовувати для відображення або редагування неформатованого тексту [118].

– Button (Кнопка) –кнопка, при натисканні на яку, виконуються певні дії.

– Panel (Панель) – елемент, який використовується, щоб згрупувати колекції елементів керування [119].

– ListView – елемент керування списку Windows, який відображає колекцію елементів, які можуть бути виведені на екран при використанні одного з чотирьох різних уявлень [120]. Використовується для відображення даних у



вигляді списку або таблиці, а також надає користувачу можливості вибору одного або декількох елементів з цього списку.

– `TableLayoutPanel` – панель, яка складається з рядків та стовпців в яких вміст динамічно відображається [121].

– `ComboBox` – елемент керування «поле зі списком» Windows [122]. Дозволяє користувачеві вибирати один із попередньо заданих варіантів зі списку, що випадає.

– `DataGridView` – відображає дані в сітці, що настраюється [123]. Дозволяє користувачеві переглядати дані в табличному вигляді, сортувати та фільтрувати їх, виконувати пошук, виділяти та редагувати комірки, а також виконувати інші операції з даними. `DataGridView` підтримує різні типи даних, включаючи текст, числа, дати, зображення та об'єкти користувача.

4) Меню та панелі інструментів (`Menu and Toolbars`) – становить систему меню для форми [124] та контейнер для об'єктів панелі інструментів Windows [125] відповідно. У прикладній програмі використано `ContextMenuStrip` – це контекстне меню [126], яке дозволяє додавати різні пункти меню, які будуть відображатися при правому натисканні миші і визначати обробники подій для виконання певних дій при виборі пунктів меню.

5) Діалогові вікна (`Dialogs`) – використовуються для взаємодії з користувачем і отримання інформації [127]. У прикладній програмі діалогові вікна використовуються для вибору файлів та відображення повідомлень про помилку.

6) Події (`Events`) – дозволяють реагувати на дії користувача та зміни в програмі. Події пов'язуються з обробниками подій, які виконують певні дії при настанні події.

В узагальненому вигляді структура прикладної програми наведена на рисунку 4.1.

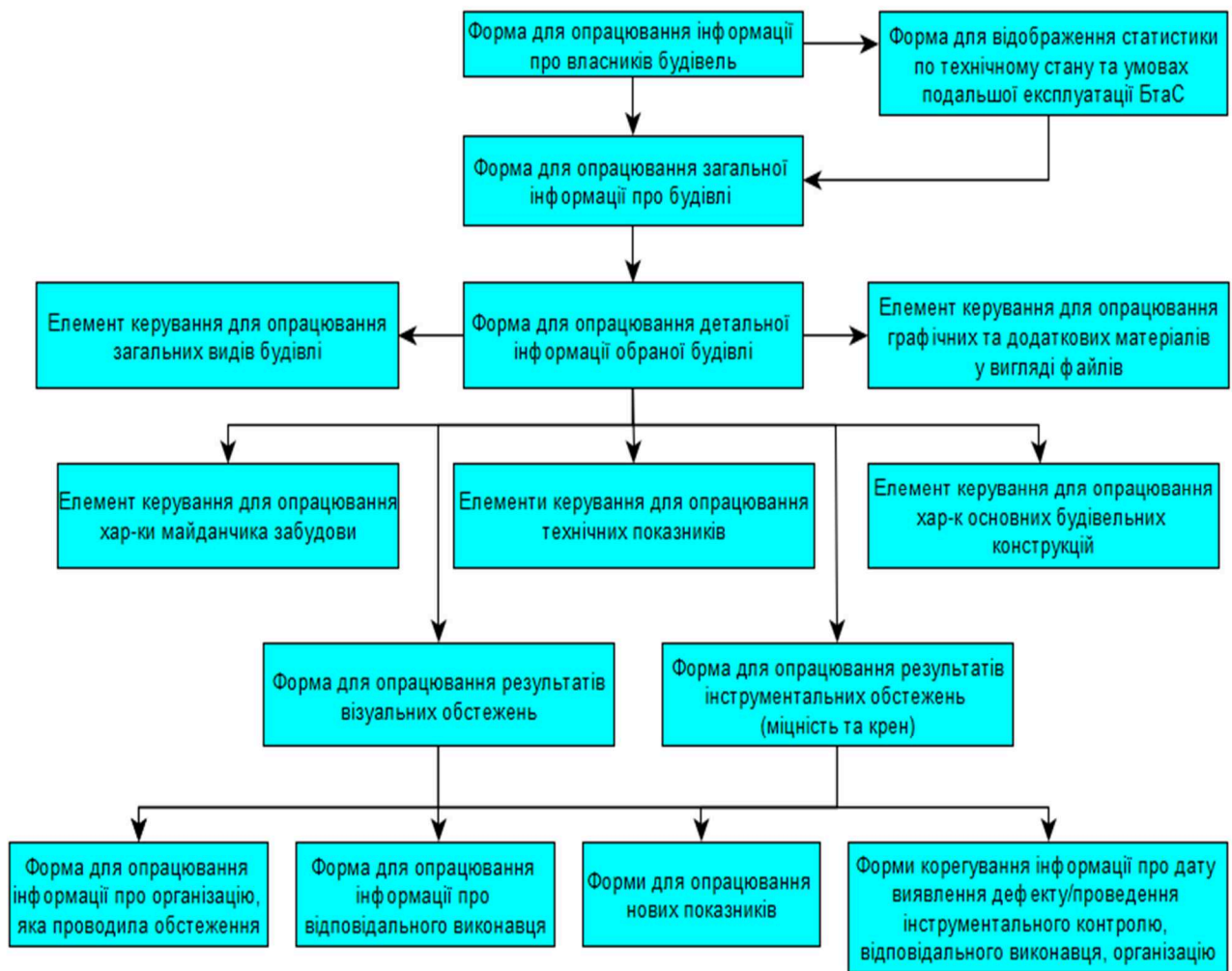


Рис. 4.1. Структура прикладної програми

У цілому прикладна програма складається з 14 форм, кожна з яких має свій набір елементів керування, діалогових вікон, подій та методів.

## 4.2 Форми для опрацювання інформації про власників та загальних відомостей про будівлі

### 4.2.1 Форма для опрацювання інформації про власників будівель

Форма для опрацювання інформації про власників включає в себе: панель відображення наявних в базі даних власників, панелі для додавання інформації про нових власників (юридичних або фізичних) та панелі редагування інформації про наявних у базі даних власників. Загальний вигляд панелі відображення наявних у базі даних власників наведено на рисунку 4.2.

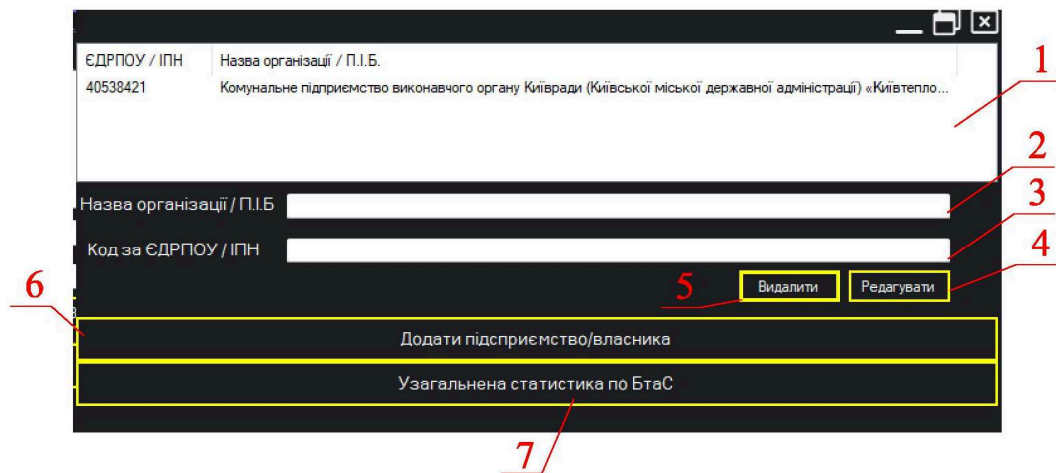


Рис. 4.2. Загальний вид панелі відображення наявних 4 бази даних власників: 1 – listViewLegal; 2 – textBoxFindName; 3 – textBoxFindIPN; 4 – btnEditCompany; 5 – btnDelCompany; 6 – AddCompanyButton; 7 – iconButtonStatistic.

Панель відображення наявних в базі даних власників включає такі елементи:

- listViewLegal – відображає наявні в базі даних код ЄДПРОУ та назву організації або індивідуальний податковий номер, прізвище, ім'я і по батькові в залежності від типу власника. Також при виборі власника запускається форма для опрацювання інформації про будівлі, які належать відповідному власнику;

- textBoxFindName – поле для фільтрація власників в listViewLegal по прізвищу, імені та по батькові або по назві організації за допомогою події textChanged;

- textBoxFindIPN – поле для фільтрація власників в listViewLegal по коду ЄДПРОУ або індивідуальному податковому номеру за допомогою події textChanged;

- btnDelCompany – при натисканні виконується SQL запит по видаленню вибраного в listViewLegal власника;

- btnEditCompany – при натисканні виконується відображення панелі редагування інформації про вибраного в listViewLegal власника;

- AddCompanyButton – при натисканні виконується відображення панелі для додавання інформації про нових власників;

– `iconButtonStatistic` – при відображається форма зі статистикою технічних станів та умовам подальшої експлуатації БтаС.

Загальний вигляд панелі для додавання інформації про нових власників наведено на рисунку 4.3.

Рис. 4.3. Загальний вигляд панелі відображення наявних в базі даних власників:

- 1 – `btmLegal`; 2 – `NameField`; 3 – `ShortNameField`; 4 – `AdressField`;  
 5 – `CodeField`; 6 – `SavebuttonLegal`; 7 – `btmIndivid`; 8 – `PIBField`; 9 – `ITNField`;  
 10 – `SavebuttonIndivid`; 11 – `textBoxEmailLegal`; 12 – `textBoxEmailIndivid`.

До елементів керування панелі для додавання інформації про нових власників належать:

– `btmLegal` та `btmIndivid` – при натисканні виконується відображення панелі для додавання інформації про юридичних осіб або фізичних осіб відповідно;

– `NameField` та `ShortNameField` – поля для введення повної та скороченої назв організації відповідно;

– `AdressField` та `CodeField` – поля для введення юридичної адреси та коду ЄДПРОУ організації відповідно;

– `SavebuttonLegal` – при натисканні виконується SQL запит по внесенню значень з `NameField`, `ShortNameField`, `AdressField` та `CodeField` в таблицю `Company` бази даних (п.п. 2-6 таблиці 3.1. розділу 3);

– `PIBField` та `ITNField` – поля для введення прізвища, ім'я і по батькові та поле для введення індивідуального податкового номеру відповідно;

– `textBoxEmailLegal` та `textBoxEmailIndivid` – поля для введення електронної пошти;

– `SavebuttonIndivid / button` – при натисканні виконується SQL запит по внесенню значень з `PIBField` та `ITNField` в таблицю `Company` бази даних (п.п. 2, 5, 6 таблиці 3.1. розділу 3).

У разі спроби збереження без відповідних параметрів прикладна програма виведе діалогове вікно з повідомленням про помилку та наведе перелік відсутніх параметрів. При успішному додаванні власника в базу даних оновлюється `listViewLegal` панелі відображення наявних в базі даних власників. За допомогою події `DoubleClick` запускається форма опрацювання загальних відомостей про будівлі.

Загальні вигляди панелей для редагування інформації про власників наведено на рисунках 4.4 – 4.5.

Рис. 4.4. Загальний вигляд панелі для редагування інформації про наявних в базі даних юридичних осіб: 1 – `NameFieldEdit`; 2 – `ShortNameFieldEdit`; 3 – `AdressFieldEdit`; 4 – `CodeFieldEdit`; 5 – `buttonBackFromLegal`; 6 – `buttonEditLegal`; 7 – `textBoxEMCO`.

Рис. 4.5. Загальний вигляд панелі для редагування інформації про наявних в базі даних фізичних осіб: 1 – PIBFieldEdit; 2 – ITNFieldEdit; 3 – buttonBackFromIndivid; 4 – buttonEditIndivid; 5 – textBox1.

Панелі редагування інформації про наявних в базі даних власників включає такі елементи:

- NameFieldEdit і ShortNameFieldEdit – поля, які відображають повну і скорочену назви організації та дозволяють редагувати відображені дані;
- AdressFieldEdit і CodeFieldEdit – поля, які відображають юридичну адресу і код ЄДПРОУ організації та дозволяють редагувати відображені дані;
- buttonEditLegal – при натисканні виконується SQL запит по оновленню значень в таблиці Company бази даних (п.п. 2-5 таблиці 3.1 розділу 3) з NameFieldEdit, ShortNameFieldEdit, AdressFieldEdit, ShortNameFieldEdit.
- buttonBackFromLegal – при натисканні скриває панель редагування інформації про юридичну особу та виводить панель відображення наявних в базі даних власників;
- PIBFieldEdit і ITNFieldEdit – поля, які відображають прізвище, ім'я, по батькові й індивідуальний податковий номер та дозволяють редагувати відображені дані;
- buttonEditIndivid – при натисканні виконується SQL запит по оновленню значень в таблиці Company бази даних з PIBFieldEdit та ITNFieldEdit (п.п. 2, 5 таблиці 3.1 розділу 3);
- textBoxEMCO та textBox1 – поля, які відображають поштову адресу та дозволяють редагувати відображені дані.

– buttonBackFromIndivid – при натисканні скриває панель редагування інформації про фізичну особу та виводить панель відображення наявних в базі даних власників.

У кодї наведеної форми прописані обмеження які не дають користувачу зберегти інформацію про власників в базі даних у разі відсутності хоча б одного з такх параметрів:

– для юридичних осіб: повна назва організації, юридична адреса, код за ЄДПРОУ;

– для фізичних осіб: прізвище ім'я, по батькові, ПІН.

За допомогою елементів керування форми для опрацювання інформації про власників можливо переглядати, вносити та редагувати інформацію в таблиці Company бази даних «Monitoring».

#### 4.2.2 Форма для відображення статистики по технічному стану та умовах подальшої експлуатації БтаС

Форма для відображення статистики по технічному стану та умовах подальшої експлуатації БтаС створена для вибору БтаС з необхідною категорією технічного стану та умовами подальшої експлуатації . Загальний вигляд форми наведено на рисунку 4.6.

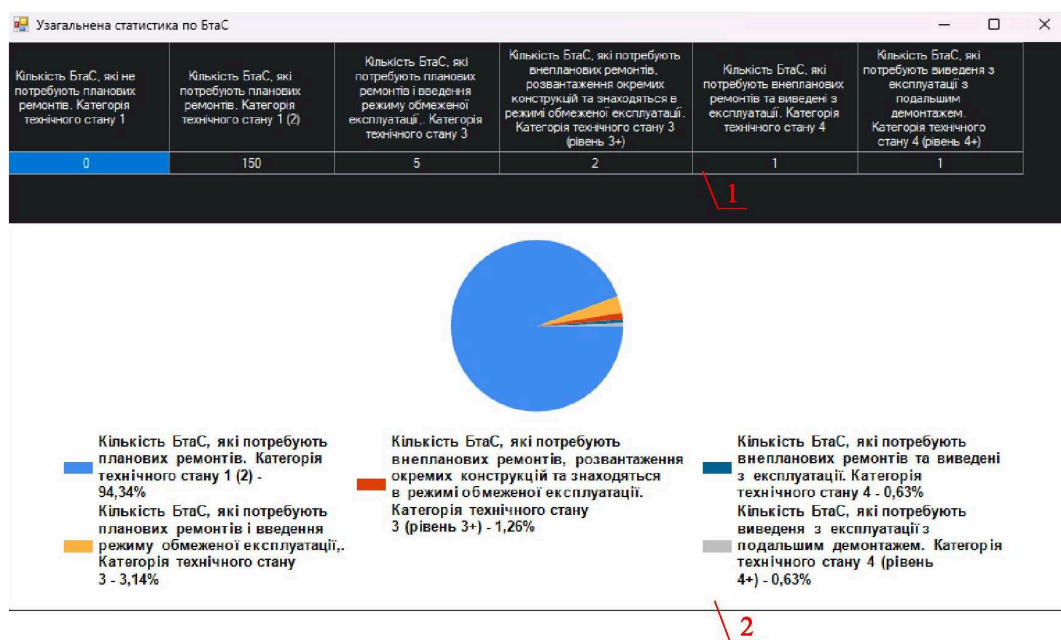


Рис. 4.6. Форма для відображення статистики по технічному стану та умовах подальшої експлуатації БтаС: 1 – dataGridViewStatistic; 2 – chartStatistic

До переліку елементів керування форми входять:

- dataGridViewStatistic – відображає наявні в базі даних БтаС відповідно до категорії їх технічного стану та умов подальшої експлуатації;
- chartStatistic – графічне відображення значень в dataGridViewSurveysCompany.

#### 4.2.3 Форма для опрацювання загальних відомостей про будівлі

Форма для опрацювання загальних відомостей про будівлі включає в себе: панель відображення наявних у базі даних будівель обраного власника та панель для додавання і редагування загальних відомостей про будівлю або споруду. Загальний вигляд панелі відображення наявних в базі даних будівель обраного власника наведений на рисунку 4.7.

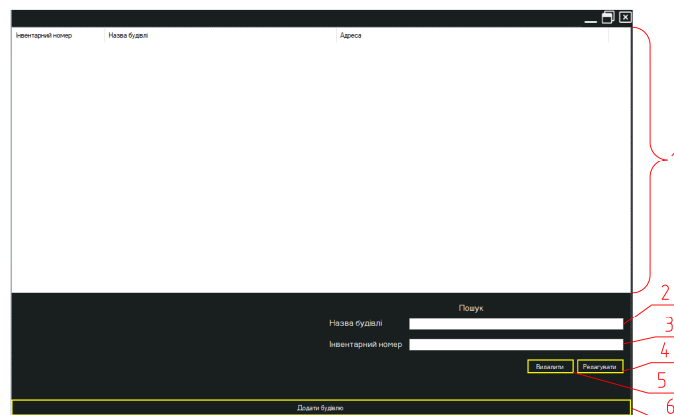


Рис. 4.7. Панель відображення наявних в базі даних будівель обраного власника:

- 1 – listViewBuildings; 2 – textBoxFindBuildingName; 3 – textBoxFindBuildingInventory; 4 – buttonEdit; 5 – buttonDelBuilding;
- 6 – BtnAddBuildings

Панель відображення наявних у базі даних будівель обраного власника включає наступні елементи:

- listViewBuildings – відображає наявні в базі даних інвентарні номери, адресу та назви будівель обраного власника. Також при виборі будівлі запускається форма для опрацювання інформації про будівлі;
- textBoxFindBuildingName – поле для фільтрації будівель в listViewBuildings по назві за допомогою події textChanged;



- textBoxFindBuildingInventory – поле для фільтрації будівель в listViewBuildings по інвентарному номері за допомогою події textChanged;
- buttonDelBuilding – при натисканні виконується SQL запит по видаленню вибраної в listViewBuildings будівлі;
- buttonEdit та BtnAddBuildings – при натисканні виконується відображення панелі додавання та редагування інформації про вибраної в listViewBuildings будівлі.

Загальний вигляд панелі для додавання і редагування загальних відомостей про будівлю або споруду наведений на рисунку 4.8.

Рис. 4.8. Загальний вигляд панелі для додавання і редагування загальних відомостей про будівлю або споруду: 1 – textBoxBuilding\_Name; 2 – textBoxInventory; 3 – textBoxAddress; 4 – textBoxDesign\_purpose; 5 – textBoxActual\_purpose; 6 – listViewResponsibilityClass; 7 – listViewFormProperty; 8 – listViewCodeClass; 9 – textBoxService\_life; 10 – textBoxCultural\_memo; 11 – textBoxAfter\_passport; 12 – textBoxDesign\_data; 13 – textBoxNalich\_proect\_data; 14 – textBoxFindCode; 15 – textBoxFindNaneCode; 16 – buttonBackFromAdd; 17 – buttonEditBuilding та buttonSaveBuilding.

Панель додавання та редагування інформації про наявні в базі даних Бтас обраного власника включає такі елементи:

- textBoxBuilding\_Name, textBoxInventory та textBoxAddress – поля для введення назви, інвентарного номеру та адреси будівлі відповідно;
- textBoxDesign\_purpose, textBoxActual\_purpose та textBoxService\_life – поля для введення первісного призначення об'єкта, призначення об'єкта станом

на час проведення обстеження та проектного терміну експлуатації будівлі відповідно;

– `textBoxCultural_memo` та `textBoxAfter_passport` – поля для введення даних про віднесення об'єкта до пам'яток культурної спадщини та даних про виконані на об'єкті роботи з будівництва після розроблення паспорта відповідно;

– `textBoxDesign_data` та `textBoxNalich_proect_data` – поля для введення даних щодо проектування об'єкта (генеральний проектувальник, шифр проекту, рік) та даних про наявність проектної документації (стадія проектування, місце зберігання, повнота) відповідно;

– `listViewResponsibilityClass`, `listViewFormProperty` та `listViewCodeClass` – відображає класи наслідків з таблиці `Responsibility_class`, форми власності з таблиці `Form_of_property` і коди БтаС з таблиці `Code_Class` бази даних «Monitoring» відповідно та дозволяє користувачу обрати необхідні параметри;

– `textBoxFindCode` та `textBoxFindNaneCode` – поля для фільтрації коду будівлі згідно класифікатору [108] в `listViewCodeClass` по коду та по назві коду за допомогою події `textChanged`;

– `buttonEditBuilding` та `buttonSaveBuilding` – при натисканні виконується SQL запити по внесенню або оновленню значень в таблиці `Companu` бази даних «Monitoring» (п.п. 2-15 таблиці 3.2 розділу 3).

– `buttonBackFromAdd` – при натисканні виконується перехід до панелі відображення наявних в базі даних БтаС обраного власника.

У випадку, коли відбувається редагування, елементи керування `textBox` заповнюються відповідною інформацією з бази даних, у випадку додавання нової будівлі, елементи керування дають змогу користувачу вносити нову інформацію. Також у коді форми опрацювання загальних відомостей про БтаС прописані обмеження, які не дають користувачу зберегти інформацію про будівлю в базі даних у разі відсутності хоча б одного з параметрів на панелі додавання та редагування загальних відомостей про БтаС.

При успішному додаванні будівлі чи споруди оновлюється listViewBuildings. За допомогою події DoubleClick в listViewBuildings запускається форма опрацювання детальної інформації про будівлі та споруд.

### 4.3 Форма для опрацювання детальної інформації про будівлі та споруди

Форма для опрацювання детальної інформації про будівлі та споруди включає в себе: кнопки виклику форми опрацювання результатів візуального й інструментального обстежень та користувальницьких елементів керування Window Forms. Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.9.

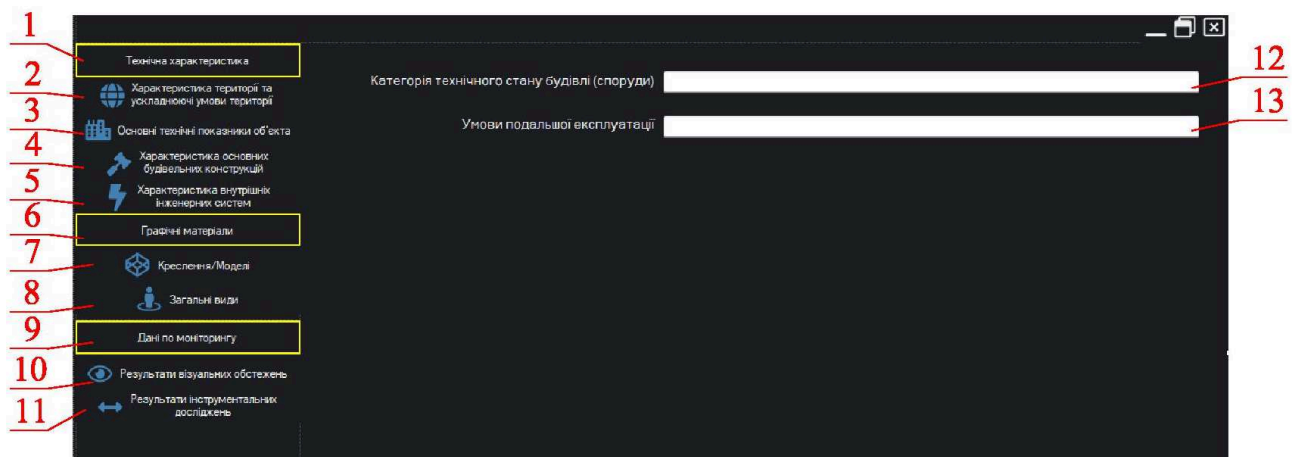


Рис. 4.9. Загальний вигляд форми для опрацювання детальної інформації про будівлі та споруди: 1 – BtnTechChar; 2 – ButtonCharTer; 3 – ButtonTechIndic; 4 – ButtonInfoConstructions; 5 – ButtonInfoSystem; 6 – ButtonGraphic; 7 – ButtonDrawing; 8 – ButtonGenViews; 9 – ButtonMonitoring; 10 – ButtonSHMV; 11 – ButtonSHMInstrumental; 12 – textboxCategory; 13 – textboxExpl.

До переліку елементів керування форми входять:

- BtnTechChar – при натисканні відображаються або приховуються ButtonCharTer, ButtonTechIndic, ButtonInfoConstructions, ButtonInfoSystem;
- ButtonTechIndic – при натисканні, в залежності від коду будівлі згідно [108], відображаються один з 8 користувальницьких елементів керування, для внесення або відображення технічних показників Бтас;
- ButtonCharTer, ButtonInfoConstructions та ButtonInfoSystem – при натисканні відображаються користувальницькі елементи керування для

внесення або відображення (у разі наявності інформації в базі даних) характеристик території забудови (включно з ускладнюючими умовами), основних будівельних конструкцій та внутрішніх інженерних мереж відповідно;

- ButtonGraphic – при натисканні відображаються або приховуються ButtonDrawing та ButtonGenViews;

- ButtonDrawing та ButtonGenViews – при натисканні відображаються користувальницькі елементи керування для внесення або відображення (у разі наявності інформації в базі даних) інформації про наявні креслення (моделі, схеми дефектів та пошкоджень) та фотографічних матеріалів загальних видів будівлі або споруди;

- ButtonMonitoring – при натисканні відображаються або приховуються ButtonSHMV та ButtonSHMInstrumental;

- ButtonSHMV та ButtonSHMInstrumental / button – при натисканні запускається форма опрацювання результатів візуального та інструментального обстежень відповідно.

- textBoxCategory – поле в якому відображається категорія технічного стану будівлі.

- textBoxExpl – поле в якому відображаються умови подальшої експлуатації.

Дана форма є навігаційною та слугує для виклику допоміжних користувальницьких елементів керування та форм опрацювання результатів візуального та інструментального обстежень

#### *4.3.1 Користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристику території забудови*

Користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристику території забудови створений для внесення даних або відображення даних (за наявності) окремих стовпчиків (п.п. 16-24 таблиці 3.2) таблиці Buildings бази даних «Monitoring». Загальний вигляд користувальницького елемента керування для опрацювання інформації про характеристику території наведено на рисунку 4.10.

Характеристика території		
№з/п	Назва показника	Величина
1.	Кліматичний район	
2.	Сніговий район	
3.	Вітровий район	
4.	Характеристика ґрунтової основи	

Ускладнюючі умови території		
№з/п	Назва показника	Величина
1.	Сейсмічність, бб/в	
2.	Складні гідрогеологічні умови	
3.	Інші складні інженерно-геологічні умови	
4.	Наявність оточуючої забудови	
5.	Інші ускладнюючі фактори	

Назад    Зберегти

Рис. 4.10. Загальний вигляд користувальницького елемента керування для опрацювання інформації про характеристику території:

1 – tableLayoutPanelCharTerritory; 2 – tableLayoutPanelComplicatTerritory; 3 – comboBoxClimatic; 4 – comboBoxSnow; 5 – comboBoxWind; 6 – textBoxSoil; 7 – textBoxSeism; 8 – textBoxGidroGeo; 9 – textBoxGeo; 10 – textBoxSurround; 11 – textBoxOtherFactors; 12 – buttonSaveTerritory; 13 – buttonBack;

Користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристику території забудови включає такі елементи:

- tableLayoutPanelCharTerritory та tableLayoutPanelComplicatTerritory – слугує для розміщення елементів керування textBox та comboBox;
- comboBoxClimatic, comboBoxSnow та comboBoxWind – відображають наявні в таблицях district\_Climatic, district\_Snow та district\_Wind бази даних «Monitoring» значення та дозволяють користувачу обрати необхідні;
- textBoxSoil, textBoxSeism та textBoxGidroGeo – поля для введення і відображення (за наявності) інформації про характеристику ґрунтової основи, сейсмічність району та складні гідрогеологічні умови відповідно;
- textBoxGeo, textBoxSurround та textBoxOtherFactors – поля для введення і відображення (за наявності) інформації про інші складні інженерно-геологічні умови, наявність оточуючої забудови та інші ускладнюючі фактори;
- buttonSaveTerritory – при натисканні виконується SQL запит по запису внесених або оновленню існуючих значень в базу даних;

– buttonBack – при натисканні приховується користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристику території забудови.

При спробі збереження інформації без введення наведених значень прикладна програма виведе діалогове вікно з повідомленням про помилку та наведе перелік відсутніх параметрів.

#### 4.3.2 Користувальницькі елементи керування для опрацювання інформації про технічні показники будівлі

Користувальницькі елементи керування для опрацювання інформації про технічні показники будівлі створені для внесення даних або відображення даних (за наявності) окремих стовпчиків (п.п. 32-77 таблиці 3.2) таблиці Buildings бази даних «Monitoring». Загальні вигляди користувальницьких елементів керування для опрацювання інформації про технічні показники будівель наведено на рисунку 4.11.

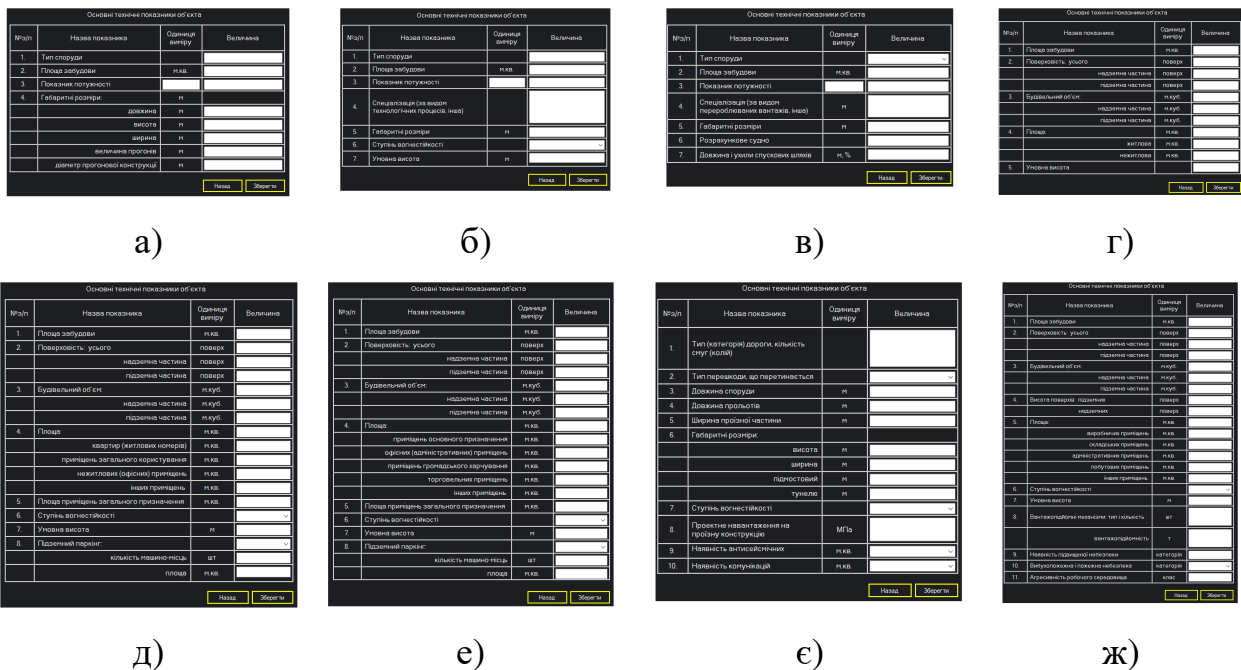


Рис. 4.11. Загальні вигляди панелей для внесення/перегляду технічних показників: а) код 22; б) код 23-24; в) код 215; г) код 111; д) код 112-113; е) код 121-124, 126; є) код 214; ж) код 125,127;

Вибір типу користувальницького елементу керування виконаний на рівні прикладної програми та здійснюється за допомогою введеної користувачем інформації, в частині вибору коду будівлі або споруди згідно [108], на етапі

додавання об'єкту в базу даних. Логіка вибору така: після того, як користувач натиснув кнопку виклику елемента для внесення або перегляду основних технічних показників прикладна програма виконує SQL запит та отримує унікальний ідентифікатор коду об'єкту, далі в залежності в якому діапазоні знаходиться ідентифікатор виконується завантаження відповідного елемента. Таким чином, користувачу не потрібно самостійно вибирати необхідну панель, прикладна програма робить вибір в автоматичному режимі.

#### 4.3.3 Користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристики основних будівельних конструкцій

Користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристики основних будівельних конструкцій створений для внесення даних або відображення даних (за наявності) з таблиці Constructions бази даних «Monitoring». Загальний вигляд користувальницького елемента керування наведено на рисунку 4.12.

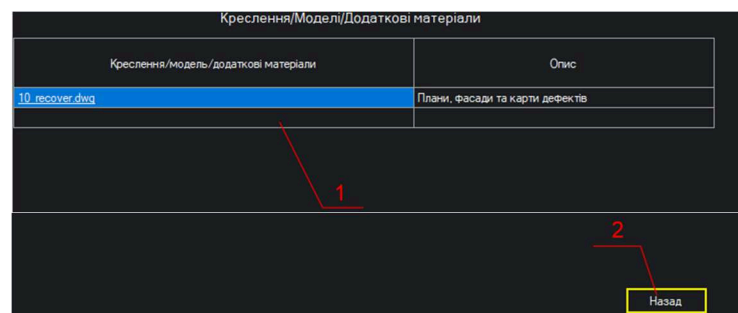


Рис. 4.12. Загальний вигляд користувальницького елемента керування для опрацювання інформації про характеристики основних будівельних конструкцій: 1 – dataGridViewConstruction; 2 – ButtonBack.

Користувальницький елемент керування включає такі елементи:

- dataGridViewConstruction – включає колонки, в які вноситься назва конструкцій, стислий опис та категорію відповідальності;
- ButtonBack – при натисканні приховується користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про характеристики основних будівельних конструкцій.

Збереження інформації в базі даних відбувається за допомогою події CellValueChanged, тобто після внесення даних в комірку

dataGridViewGeneralViews виконується SQL запит, який зберігає або оновлює дані в таблиці в Constructions бази даних «Monitoring». Для унеможливлення введення категорій відповідальності, які не відповідають нормативним значенням відповідна колонка виконана у вигляді comboBox з попередньо визначеною колекцією категорій відповідно до [110].

#### 4.3.4 Користувальницькі елементи керування для опрацювання інформації про внутрішні інженерні мережі

Користувальницькі елементи керування для опрацювання інформації про внутрішні інженерні мережі створений для внесення або відображення даних (за наявності) окремих стовпчиків (п.п. 25-31 таблиці 3.2) таблиці Buildings бази даних «Monitoring». Загальні вигляди користувальницьких елементів керування наведено на рисунку 4.13.

Характеристика внутрішніх інженерних систем

№з/п	Інженерна система	Стилий опис
1.	Енергозабезпечення	
2.	Водопостачання	
3.	Водовідведення	
4.	Опалення	
5.	Вентиляція	

Характеристика внутрішніх інженерних систем

№з/п	Інженерна система	Стилий опис
1.	Постачання холодної води	
2.	Постачання гарячої води	
3.	Водовідведення	
4.	Опалення	
5.	Електропостачання	
6.	Газопостачання	
7.	Вентиляція	

а) для будівель з кодами 111-127

згідно [108]

б) для будівель з кодами 214-24

згідно [108]

Рис. 4.13. Загальні вигляди користувальницьких елементів керування для опрацювання інформації про внутрішні інженерні мережі:

1 – tableLayoutPanelEngSys; 2 – textBoxCold\_water; 3 – textBoxHot\_water; 4 – textBoxWater\_drainage; 5 – textBoxHeating; 6 – textBoxElectricity\_supply; 7 – textBoxGas\_supply; 8 – textBoxVentilation; 9 – buttonSaveEngSys; 10 – backButton.

Користувальницький елемент керування включає такі елементи:



– tableLayoutPanelEngSys – слугує для розміщення елементів керування textBox;

– textBoxCold\_water, textBoxHot\_water, textBoxWater\_drainage, textBoxHeating, textBoxElectricity\_supply, textBoxGas\_supply та textBoxVentilation – поля для введення і відображення (за наявності) інформації про характеристику внутрішніх інженерних мереж (постачання холодної води, постачання гарячої води, водовідведення, опалення, електропостачання, газопостачання та вентиляції);

– buttonSaveEngSys / button – при натисканні виконується SQL запит по запису внесених або оновленню існуючих значень в базу даних;

– buttonBack – при натисканні приховується користувальницький елемент керування для опрацювання інформації про внутрішні інженерні мережі.

При спробі збереження інформації без введення наведених значень прикладна програма виведе діалогове вікно з повідомленням про помилку та наведе перелік відсутніх параметрів.

#### 4.3.5 Користувальницький елемент керування опрацювання загальних видів будівель та споруд

Користувальницький елемент керування для опрацювання загальних видів будівель та споруд створений для внесення або відображення даних (за наявності) з таблиці General\_views бази даних «Monitoring». Загальний вигляд користувальницького елемента керування наведено на рисунку 4.14.

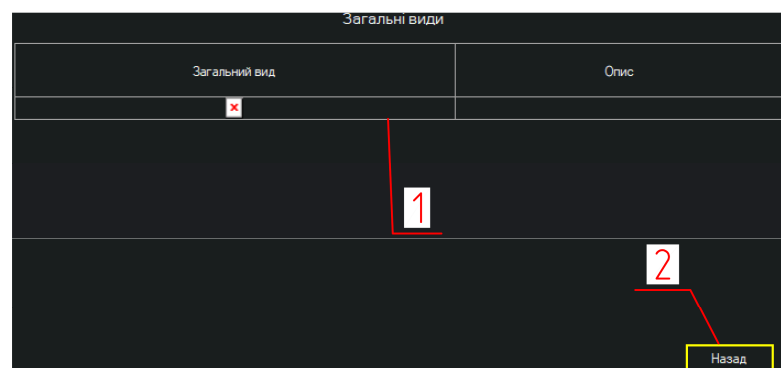


Рис. 4.14. Загальний вигляд користувальницького елемента керування для опрацювання загальних видів будівель та споруд:

1 – dataGridViewGeneralViews; 2 – buttonBack.

Користувальницький елемент керування включає такі елементи:

- dataGridViewGeneralViews – включає колонки в які вносяться фотографічні матеріали загальних видів будівлі або споруди та стислий опис;
- ButtonBack – при натисканні приховується користувальницький елемент керування для опрацювання загальних видів будівель та споруд.

Після внесення даних в комірку dataGridViewGeneralViews за допомогою події CellValueChanged виконується SQL запит, який зберігає або оновлює дані в таблиці General\_views бази даних «Monitoring». При цьому фотографічні матеріали переводяться у двійкові дані перед виконанням SQL запиту.

#### 4.3.6 Користувальницький елемент керування опрацювання креслень, моделей та схем дефектів загальних видів будівель та споруд

Користувальницький елемент керування для опрацювання креслень, моделей та схем дефектів створений для внесення або відображення даних (за наявності) з таблиці Drawing бази даних «Monitoring». Загальний вигляд користувальницького елемента керування наведено на рисунку 4.15.

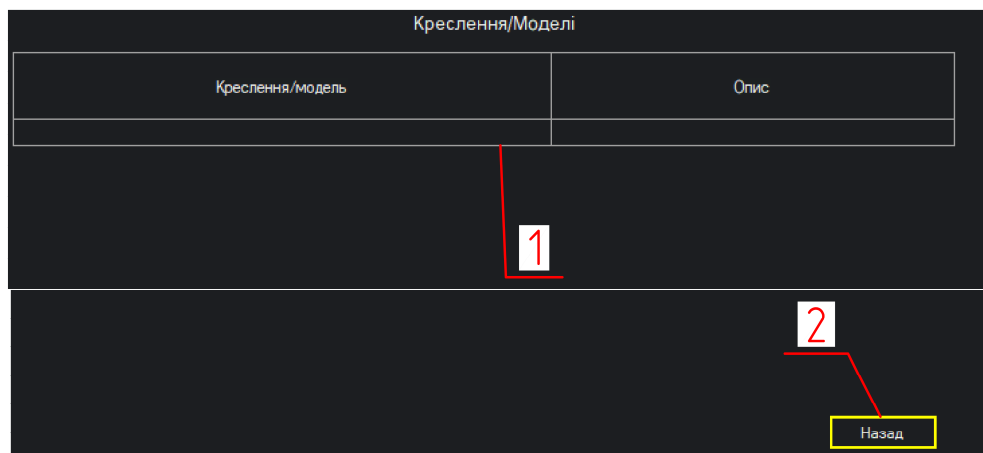


Рис. 4.15. Загальний вигляд користувальницького елемента керування для опрацювання креслень, моделей та схем дефектів:

1 – dataGridViewGeneralViews; 2 – ButtonBack.

Користувальницький елемент керування включає такі елементи:

- dataGridViewDrawing / dataGridView – включає колонки, в які вносяться файли креслень, моделі і схеми дефектів та пошкоджень будівлі або споруди та стислий опис;

– ButtonBack / button – при натисканні приховується користувальницький елемент керування для опрацювання креслень, моделей та схем дефектів.

Після внесення даних в комірку dataGridViewDrawing за допомогою події CellValueChanged виконується SQL запит, який зберігає або оновлює дані в таблиці Drawing бази даних «Monitoring».

#### 4.4 Форма для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд

Форма для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд створена для систематизації інформації про виявлені дефекти і пошкодження. Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.16.

Конструкція	Позначення на плані	Місцезакоординати дефекту (власн. ряд, відсотки)	Фотофіксація	Дата виявлення дефекту або пошкодження	Опис дефекту або пошкодження	Оцінка впливу	Кількісний показник	Категорія пошкодження	Рекомендації щодо усунення дефекту	Новий кількісний показник / Показати пошкодження
Стіни та пластри	Д-1.2	A-1.4 N-2.9 власн. -0.250 -4.000 2/6/A власн. -8.630 -10.630 6.2/5 власн. 10.000 -5.840		2023-07-20	Екструзія/розмокочування на площі кладки на глибину до 2 см	м.в.	55.23	2	1. Очистити від старої штукатурки, розібрати шпатель та розчистити шов. 2. Сформувати підготовлену поверхню заварюванням та влаштувати окислювач в два шари. 3. Нанести захисний шар за два рази (товщиною 20 мм)	Показати
Покрівля	Д-2.1	1-2/6 власн. -10.630		2023-07-20	Відсутня паралельна плита	м.п.	1.0	2	Встановити оцинкований фартук	Показати

Рис. 4.16. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд:

1 – ButtonShowHideSettings; 2 – PaneSelectConstraction; 3 – PanelSelectSurveys Company; 4 – PanelSurvey; 5 – PanelNameCalendar; 6 – dataGridViewSHMVisual.

До переліку елементів керування форми входять:

1) ButtonShowHideSettings – при натисканні відображаються або приховуються PaneSelectConstraction, PanelSelectSurveysCompany, PanelSurvey та PanelNameCalendar;

2) PaneSelectConstraction – містить dataGridViewConstractions в який завантажуються наявні в таблиці Constructions бази даних назви конструкцій відповідної будівлі;

3) PaneSelectSC – містить:

– `dataGridViewSurveysCompany` – відображає наявні в таблиці `InfoSurveysCompany` організації, які виконували обстеження;

– `textBoxFindCompany` – поле для фільтрації організацій в `dataGridViewSurveysCompany` по коду ЄДПРОУ або назві;

– `ButtonAddSC` та `ButtonEditSC` – при натисканні відображається форма для додавання або редагування інформації про організацію, яка проводила обстеження.

4) `PanelSurvey` – містить:

– `dataGridViewSurvey` – відображає наявні в таблиці `InfoSurveys` відповідальних виконавців, які виконували обстеження;

– `textBoxFindSurvey` – поле для фільтрації відповідальних виконавців в `dataGridViewSurvey` по номеру кваліфікаційного сертифіката або прізвищу, імені та по батькові за допомогою події `textChanged`;

– `ButtonAddS` та `ButtonEditS` – при натисканні відображається форма для додавання або редагування інформації про відповідальних виконавців;

5) `PanelNameCalendar` – містить календар та дозволяє користувачу обрати дату виявлення дефекту або пошкодження;

6) `dataGridViewSHMVisual` – представляє відомість дефектів і пошкоджень, відображає дані з таблиць `Defects`, `DefectVolume` та `DefectCategory` бази даних, а також дозволяє вносити нову і редагувати відображену інформацію;

7) `contextMenuStripSHMVisualEditParam` – контекстне меню, яке дозволяє користувачу змінювати конструкцію, організацію, дату виявлення дефекту, видаляти дефект та експортувати дані у Word. Загальний вигляд форм наведений на рисунку 4.17.

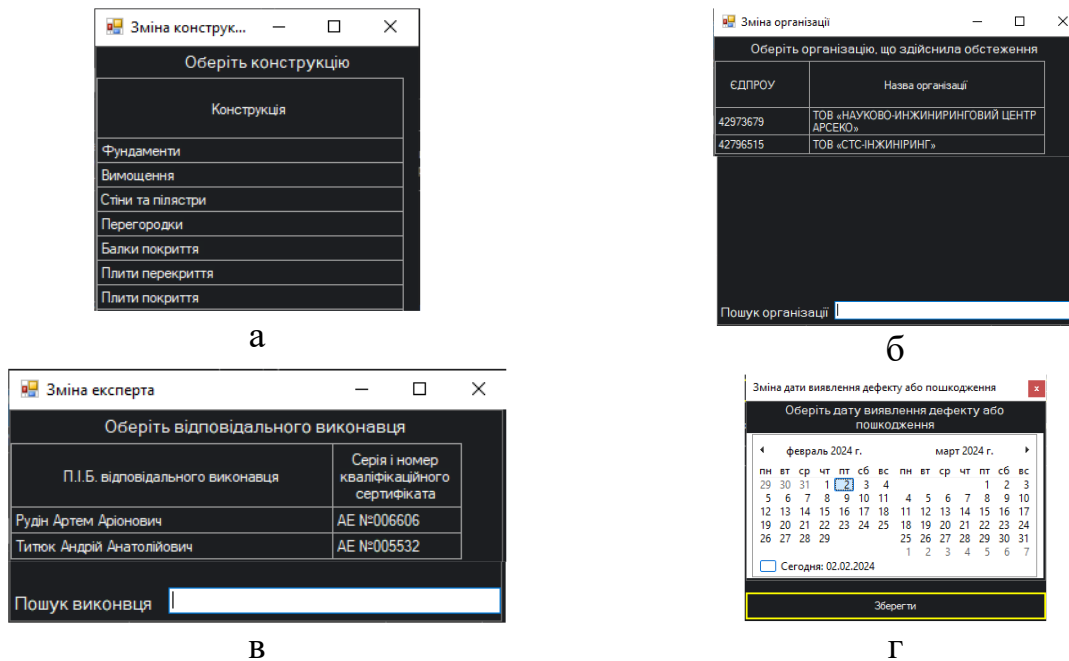


Рис. 4.17. Форми зміни вихідних параметрів дефектів та пошкоджень:  
 а – форма зміни конструкції; б – форма зміни організації; в – форма зміни відповідального виконавця; г – форма зміни дати виявлення дефекту або пошкодження

Послідовність заповнення відомості дефектів і пошкоджень та логіка формування SQL запитів така:

1) Користувач вибирає конструкцію, на якій розташований дефект, організацію, яка здійснювала обстеження, відповідального виконавця (експерта) та дату виявлення дефекту. У разі, якщо користувач не вибере хоча б один з наведених параметрів, прикладна програма виведе повідомлення з помилкою;

2) Після вибору наведених параметрів користувачу надається можливість заповнення усіх колонок відомості, крім колонок «Конструкція» та «Дата виявлення дефекту або пошкодження». Дані колонки заповнюються автоматично на основі раніше вибраних користувачем параметрів.

3) Введені дані передаються до однієї з трьох таблиць бази даних (Defects, DefectVolume або DefectCategory) за допомогою SQL транзакції в залежності від того комірку якої колонки редагує користувач у відомості, в інших двох таблицях створюються унікальні ідентифікатори для можливості передачі даних при редагуванні комірок в інших колонках;

У разі наявності в базі декількох кількісних показників в панелі передбачено завантаження у відомість показника, дата фіксування якого є останньою. Перегляд попередніх кількісних показників можливий після натискання кнопки «Додати/показати» в dataGridViewSHMVisual.

Додатково у формі передбачений алгоритм відправки сповіщення при наявності дефектів та пошкоджень з категорію технічного стану 3, 3+, 4, 4+ у конструкціях з категорією відповідальності А, А1 та Б. Сповіщення відправляються на поштову адресу, яка була введена в формі опрацювання інформації про власників.

#### 4.4.1 Форма для опрацювання інформації про нові показники дефектів та пошкоджень

Форма для опрацювання інформації про нові показники дефектів та пошкоджень створена для внесення, редагування та відображення інформації таблиць DefectVolume та DefectCategory бази даних «Monitoring». Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.18.

The screenshot shows a web-based application interface for managing defects. It is divided into four main sections, indicated by red numbers 1 through 4:

- 1. General parameters:** Includes dropdowns for organization selection, responsible person selection, and date of defect discovery. It also contains search fields for organization and responsible person.
- 2. Defect parameters table:** A table with columns: 'Конструкція' (Construction), 'Позначена на схемі' (Marked on scheme), 'Місце розташування дефекту' (Defect location), 'Опис дефекту або пошкодження' (Description of defect or damage), and 'Одиниці виміру' (Measurement units). The table contains one row of data.
- 3. New defect indicators table:** A table with columns: 'Фотофіксація' (Photofixation), 'Дата появи параметру дефекту або пошкодження' (Date of defect parameter appearance), 'Кількісний показник' (Quantitative indicator), 'Категорія технічного стану' (Technical status category), and 'Рекомендації щодо усунення дефекту' (Recommendations for defect removal). It contains two rows of data.
- 4. ChartDefect:** A line chart titled 'Зміна кількісного показника дефекту в часі' (Change in the number of defect indicators over time). The x-axis shows dates from 2023-07-20 to 2023-07-29. The y-axis shows values from 0 to 1.4. A red line represents the 'Лінійна залежність' (Linear dependence).

Рис. 4.18. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про нові показники дефектів та пошкоджень:

- 1 – Блок загальних параметрів; 2 – dataGridViewDefectsConstant;  
3 – dataGridViewSHMVisual; 4 – ChartDefect.

Блок загальних параметрів аналогічний блоку форми для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд за винятком PaneSelectConstraction. Також до елементів керування форми входять:

– dataGridViewDefectsConstant – містить інформацію про загальні параметри дефекту, які введені за допомогою форми для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень;

– dataGridViewSHMVisual – представляє відомість параметрів дефекту та дозволяє користувачу вносити, редагувати та відображати дані з таблиць DefectVolume та DefectCategory бази даних;

– ChartDefect – представляє графічне відображення розвитку дефекту у часі по лінійній залежності.

Послідовність заповнення відомості параметрів дефекту та логіка формування SQL запитів аналогічна як у формі для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд.

#### 4.4.2 Форми для опрацювання інформації про організації та відповідальних виконавців

Форма для опрацювання інформації про організації, які виконували обстеження створена, для внесення, редагування та відображення інформації таблиці InfoSurveysCompany бази даних «Monitoring». Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.19.

1.	Найменування організації	<input type="text"/>
2.	Місцезнаходження організації	<input type="text"/>
3.	Код за ЄДРПОУ	<input type="text"/>

Рис. 4.19. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про організації які виконували обстеження: 1 – textBoxName; 2 – textBoxAddress; 3 – textBoxEDRPOU; 4 – ButtonSave; 5 – ButtonBack.

Форма включає такі елементи:

– `textBoxAdress`, `textBoxEDRPOU` і `textBoxName` – поля для відображення, редагування (за наявності інформації в базі даних) та введення юридичної адреси, коду за ЄДПРРОУ і назви організації;

– `ButtonSave` – при натисканні виконується SQL запит по внесенню або оновленню значень з `textBoxAdress`, `textBoxEDRPOU` і `textBoxName` в таблицю `InfoSurveysCompany` бази даних;

– `ButtonBack` – при натисканні відбувається перехід до попередньої форми.

Форма для опрацювання інформації про відповідальних виконавців створена для внесення, редагування та відображення інформації таблиці `InfoSurveys` бази даних «Monitoring». Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.20.

1.	П.І.Б.	<input type="text"/>	1
2.	Серія і номер сертифіката	<input type="text"/>	2
3.	Дата видачі сертифікату	п'ятниця, 2 февраля 2024 г.	3
4.	Ким виданий сертифікат	<input type="text"/>	4
5.	Перелік робіт (послуг), спроможність виконання яких визначено кваліф. сертифікатом	<input type="text"/>	5
		<input type="button" value="Назад"/> <input type="button" value="Зберегти"/>	6

Рис. 4.20. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про відповідальних виконавців: 1 – `textBoxName`; 2 – `textBoxCertificateNumber`; 3 – `dateTimePickerCertificate`; 4 – `textBoxIssuedBy`; 5 – `textBoxPermittedWorks`; 6 – `ButtonSave`; 7 – `ButtonBack`.

Форма включає такі елементи:

– `textBoxName`, `textBoxCertificateNumber`, `dateTimePickerCertificate`, `textBoxIssuedBy`, `textBoxPermittedWorks` – поля для відображення, редагування (за наявності інформації в базі даних) та введення прізвища, ім'я, по батькові, серії і номеру сертифіката, дати видачі сертифікату, інформацію ким виданий сертифікат та перелік робіт або послуг, які визначено кваліфікаційним сертифікатом;



- ButtonSave – при натисканні виконується SQL запит по внесенню або оновленню значень в таблиці InfoSurveys бази даних;
- ButtonBack – при натисканні відбувається перехід до попередньої форми.

Виклик форм виконується з форм опрацювання результатів візуальних та інструментальних обстежень.

#### 4.5 Форми для опрацювання інформації про результати інструментальних обстежень

Форми для опрацювання інформації про результати інструментальних обстежень будівель та споруд створені для систематизації інформації про показники міцності конструкцій та крену об'єктів нерухомості. Загальний вигляд форми для опрацювання перших результатів інструментального обстеження наведено на рисунку 4.21.

**Загальні параметри**

Оберіть дату виявлення дефекту або пошкодження:

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Сегодня: 02.02.2024

**Оберіть організацію, що здійснила обстеження**

ЄДПРΟΥ	Назва організації
42978679	ТОВ «НАУКОВО-ІНЖИНИРИНГОВИЙ ЦЕНТР АРСЕКО»
42798515	ТОВ «СТС-ІНЖИНИРИНГ»

Пошук організації:

**Оберіть відповідального виконавця**

П.І.Б. відповідального виконавця	Серія і номер кваліфікаційного сертифіката
Руден Артем Аронович	АЕ №006600
Тилок Андрій Анатолійович	АЕ №026532

Пошук виконавця:

**Результати визначення міцності**

Конструкція	Позначення на схемі	Модернізована точка заміру (всь, ряд, відмітка)	Дата викривання	Кількісний показник (Міцність, МПа)	Коефіцієнт взаєм. % (за необхідності)	Новий кількісний показник / Показати попередні
Стіни та пласшти	I-1		2023-10-01	13	8	Додати/Показати
Балки покриття	I-2		2023-10-03	20.1	10	Додати/Показати

**Результати визначення крену**

Дата вимірювання	Висота будівлі (споруди), м	Частковий крен зі станції 1, мм	Частковий крен зі станції 2, мм	Загальний крен, мм	Граничне значення, мм	Абрис	Схема контрольних точок вимірювання крену	Графічне відображення часткових і загального кренів дімової труби
2023-09-30						×	×	×
2023-09-30						×	×	×
2023-09-30						×	×	×
2023-09-30						×	×	×

Рис. 4.21. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про перші результати інструментального обстеження: 1 – Блок загальних параметрів; 2 – PanelHard; 3 – dataGridViewSHMVisual; 4 – ChartDefect; 5 – PanelTilt

Блок загальних параметрів аналогічний блоку форми для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд. Також до елементів керування форми входять:

1) ButtonShowHideHard та ButtonShowHideTilt – при натисканні відображаються або приховуються PanelHard та PanelTilt відповідно;

2) PanelHard – містить dataGridViewSHMStrenght, в який завантажуються результати визначення міцності конструкцій з таблиць Strenght і StrenghtValue бази даних;

3) PanelTilt – містить dataGridViewSHMTilt, в який завантажуються результати визначення крену з таблиці Tilt бази даних;

4) contextMenuStripSHMInstrumental – контекстне меню, яке дозволяє користувачу експортувати дані у Word.

Додатково у формі передбачений алгоритм відправки сповіщення, у разі перевищення граничних значень по міцності та деформаціям, на поштову адресу, яка була введена в формі опрацювання інформації про власників.

За допомогою кнопки «Додати/показати» в dataGridViewSHMStrenght запускається форма для опрацювання нового кількісного показника міцності конструкції. Загальний вигляд форми наведений на рисунку 4.22.

Рис. 4.22. Загальний вигляд форми для опрацювання інформації про нові показники міцності: 1 – Блок загальних параметрів; 2 – dataGridViewSHMStrenght; 3 – dataGridViewStrenghtConstant; 4 – ButtonBack.

Блок загальних параметрів аналогічний блоку форми для опрацювання інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд за виключенням PaneSelectConstraction. Також до елементів керування форми входять:

- dataGridViewSHMStrenght – представляє відомість показників міцності в конкретному місці та дозволяє користувачу вносити або редагувати дані з таблиці StrenghtVolve бази даних;

- dataGridViewStrenghtConstant – містить інформацію про загальні параметри місця визначення міцності, які введені за допомогою форми для опрацювання інформації про результати інструментальних обстежень;

- ButtonBack – при натисканні відбувається перехід до попередньої форми.

Форми, які наведені на рисунках 4.21-4.22 використовують таблиці Tilt, StrenghtVolve, Strenght бази даних для збереження та відображення результатів інструментальних обстежень.

#### 4.6 Економічні показники

Вартість робіт з оцінки технічного стану конструкцій Бтас визначається виходячи з витрат труда, розрахованих за нормативами відповідно до СОУ [128], та показника вартості цих робіт в розрахунку на один людино-день.

Показник вартості робіт одного людино-дня включає суму коштів, необхідних для покриття прямих й загальновиробничих витрат, які понесла організація під час виконання робіт, податків, зборів, обов'язкових платежів, адміністративних витрат, а також економічно обґрунтованого прибутку.

Вартість робіт, які входять до складу оцінки технічного стану будівлі, визначаються за формулою:

$$B_p = \sum_{i=1}^n (T_i \times O_i \times Ц) + D_v \quad (4.1)$$

де  $T_i$  – витрати труда на одиницю  $i$ -го виду робіт, люд-день;

$O_i$  – обсяг одиниць  $i$ -го виду робіт, шт.,  $m^2$ ,  $m^3$  тощо;

$Ц$  – показник вартості в розрахунку на один людино-день, грн.;

$D_b$  – додаткові витрати, які не враховані показником вартості, проте наявні при виконанні робіт (відрядження виробничого персоналу, ПДВ), грн.

Витрати труда на одиницю  $i$ -го виду робіт визначаються за формулою :

$$T_i = T_{ni} \times (1 + \sum_{i=1}^n K_{yi}) \times K_{ci} \times K_{di} \quad (4.2)$$

де  $T_{ni}$  – норматив витрат труда на одиницю  $i$ -го виду робіт, люд-день;

$K_{yi}$  – коефіцієнт, що враховує  $i$ -й фактор, який ускладняє виконання робіт при обстеженні будівлі;

$K_{ci}$  – коефіцієнт, що враховує  $i$ -й фактор, який спрощує виконання робіт при обстеженні будівлі;

$K_{di}$  – коефіцієнт, що враховує інші фактори умов виконання робіт при обстеженні будівлі.

Згідно таблиці 30 СОУ [128] витрати труда на збір та обробку наявної документації складають:

– вивчення архівних матеріалів, підбирання документів різного виду, вибір необхідних даних, ознайомлення з вихідною документацією – 0,63 люд.-день за 10 сторінок формату А4;

– систематизація та обробка статистичного матеріалу – 0,75 люд.-день за 10 сторінок формату А4;

– складання програми робіт – 0,45 люд.-день за 1 сторінку формату А4.

При цьому, питома вага збору, аналізу документації й розробки програми обстеження може в середньому складати 10% від загальної вартості робіт згідно таблиці 6 СОУ [128].

$$0,1 \times V_p = \left( \frac{0,63}{10} \times K_1 \times \Pi + \frac{0,75}{10} \times K_2 \times \Pi + 0,45 \times K_3 \times \Pi \right) + D_b \quad (4.3)$$

де  $K_1$ , – кількість сторінок підібраних архівних документів формату А4;

$K_2$  – кількість оброблених та систематизованих сторінок формату А4;

$K_3$  – кількість сторінок розробленої програми робіт;

Відповідно при використанні інформаційної системи по моніторингу технічного стану економічний ефект складає:

$$E = \left( \frac{0,63}{10} \times K_1 \times \Pi + \frac{0,75}{10} \times K_2 \times \Pi + D_b \right) \times (K_{\Pi} - 1) - V_e \times (K_{\Pi} - 1) - V_{опн} \quad (4.4)$$

де  $K_{ц}$  – кількість циклів обстежень;

$B_e$  – витрати на електроенергію;

$B_{опн}$  – витрати на обладнання, програмне забезпечення та налаштування.

З урахуванням витрат на обладнання, електроенергію та програмне забезпечення економічний ефект від впровадження моніторингу на основі інформаційних технологій при проведенні повторних обстежень БтаС КП «Київтеплоенерго» персоналом ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО» складає 661 342,37 грн. на 9 169 263,73 грн, детальна інформація наведена в додатку Б. Трудомісткість робіт при проведенні повторних обстежень БтаС зменшена на 7...9% (на 448,1 люд.-дня при загальній трудомісткості 5151,3 люд.-дня).

#### **4.7 Висновки за розділом 4**

1. Розроблена прикладна програма є інструментом для відображення та зберігання інформації про власників будівель, наявні конструкції, а також результати експлуатації, включаючи виявлені дефекти та результати визначення міцності конструкцій і крену будівель, у спеціально створеній базі даних. Завдяки широкому спектру елементів керування, програма забезпечує зручний та ефективний доступ до інформації про об'єкти нерухомості.

2. Основним елементом взаємодії з базою даних є використання SQL запитів, які інтегровані безпосередньо в код програми. Це дозволяє здійснювати оперативний та ефективний доступ до бази даних, забезпечуючи одночасно надійність та цілісність інформації.

3. В прикладній програмі передбачена система відправки сповіщень при наявності дефектів та пошкоджень з категорію технічного стану 3, 3+, 4, 4+ або перевищення граничних значень по міцності та деформаціям у конструкціях з категорією відповідальності А, А1 та Б. Сповіщення відправляються на поштову адресу, яка була введена в формі опрацювання інформації про власників. Загальна структура програми розрахована на оптимальне управління та організацію значної кількості інформації про нерухомість, забезпечуючи при цьому зручність в роботі.

4. За результатами розрахунку трудомісткість робіт при проведенні повторних обстежень БтаС зменшена на 7...9%.

#### Список використаних джерел у розділі 4

У розділі 4 використані [115...128] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Безвідмовна експлуатація БтаС ґрунтується на підтримці їх працездатного стану, що досягається шляхом виявлення та усунення або зниження впливу дефектів та пошкоджень. Для своєчасного виявлення використовується моніторинг технічного стану конструкцій, який може бути двох типів - безперервний та періодичний. Під час безперервного моніторингу використовуються автоматизовані системи, які відстежують контрольовані параметри в режимі реального часу. Періодичний моніторинг виконується на основі обстежень, при цьому стан конструкцій відстежується з визначеною періодичністю, яка може змінюватися в процесі експлуатації БтаС.

2. Використання автоматизованих систем є обов'язковим для БтаС класом наслідків СС3 згідно будівельних норм України, проте для БтаС класом наслідків СС1 та СС2 є недоцільним через збільшення вартості будівництва та експлуатації. Оскільки більшість БтаС належать до класів наслідків СС1 та СС2 та існує значна кількість готових рішень автоматизованих систем постає питання про створення цифрового інструментарію, який дозволить накопичувати, систематизувати і візуалізувати інформацію про технічний стан об'єктів нерухомості, що в свою чергу дозволить отримати вихідну інформацію для організації ремонтів, реконструкцій та реставрацій.

3. Визначено технічну експлуатацію БтаС, яка прийнята за основу для створення ІС по моніторингу технічного стану БтаС. На основі різних класифікацій дефектів та пошкоджень виділено п'ять чинників їх виникнення та розвитку: недоліки будівництва, недоліки проектування, порушення або зміна умов експлуатації, вплив робочого середовища та вплив ґрунтової основи. Враховуючи кількість поширених дефектів та пошкоджень встановлено перелік необхідних даних з точки зору інформативності та розроблено архітектурний концепт з урахуванням чинного законодавства та норм України. Встановлена залежність між результатами обстежень та умовами подальшої експлуатації БтаС або виведення їх з експлуатації.

4. На основі архітектурного концепту розроблено математичну модель бази даних «Monitoring». В середовищі SQL Server Management Studio створено базу даних, як складової частини інформаційної системи. База даних включає два типи таблиць – таблиці, в які інформація вносяться користувачем та таблиці, що містять нормативні і законодавчі значення (заповнені на етапі створення бази даних).

5. Створено прикладну програму в середовищі розробки програмного забезпечення Microsoft Visual Studio для взаємодії з базою даних. Прикладна програма включає в себе набір форм з елементами керування для відображення, внесення та редагування інформації в базі даних «Monitoring». Також реалізовано систему відправки сповіщень про умови подальшої експлуатації.

6. Удосконалення процесу ведення моніторингу технічного стану будівельних конструкцій будівель і споруд на основі інформаційних технологій дозволило знизити трудомісткість робіт на 7...9% при проведенні кожного наступного обстеження БтаС. Одержані результати дисертаційної роботи впроваджені в Слобожанській територіальній громаді та в організаціях, які безпосередньо виконують моніторинг та обстеження технічного стану БтаС, а саме в ТОВ «Науково-інжиніринговий центр Арсеко» та ТОВ «СТС-Інжиніринг».



**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Madureira S., Flores-Colen I., de Brito J., Pereira C., Maintenance planning of facades in current buildings. Construction and building materials. Vol. 147. Pp. 790-802. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/316818785\\_Maintenance\\_planning\\_of\\_facades\\_in\\_current\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/316818785_Maintenance_planning_of_facades_in_current_buildings) (дата звернення: 12.10.2022)
2. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 2011 р. № 3038-IV. Дата оновлення: 04.01.2024. - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 08.01.2024)
3. Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва: Постанова Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2017 р. № 257. - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 08.01.2024)
4. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд: Постанова Кабінету Міністрів України від 20.01.2006 р. №1764. - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-%D0%BF#Text> (дата звернення: 04.03.2024)
5. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво із Зміною № 1 та Зміною № 2. [Чинний від 2014-06-04]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2022. 33 с.
6. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. [Чинний від 2018-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 33 с.
7. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 68 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2017. 44 с.

9. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 42 с.
10. СОУ ЖКГ 75.11 – 35077234.0015:2009. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків. Чинний від 2009-03-02]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. 49 с.
11. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 71 с.
12. Mita A. Emerging needs in Japan for health monitoring technologies in civil and building structures. *2nd International workshop on structural health monitoring, Stanford University*. 1999.
13. Basu B, Bursi OS, Casciati F, Casciati S, Del Grosso AE, Domaneschi M, et al. A European association for the control of structures joint perspective. Recent studies in civil structural control across Europe. *Structural control and health monitoring*. 2014. 21(12):1414-36. - URL: [https://www.academia.edu/8902921/A\\_European\\_Association\\_for\\_the\\_Control\\_of\\_Structures\\_joint\\_perspective\\_Recent\\_studies\\_in\\_civil\\_structural\\_control\\_across\\_Europe](https://www.academia.edu/8902921/A_European_Association_for_the_Control_of_Structures_joint_perspective_Recent_studies_in_civil_structural_control_across_Europe) (дата звернення 25.06.2022)
14. Aydin E., Ozturk B., Noroozinejad Farsangi E., Bogdanovic A. Editorial: New trends and developments on structural control & health monitoring. *Frontiers in Built Environment*. 2020. Vol. 6, Article 53. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/339541230\\_Editorial\\_New\\_Trends\\_and\\_Developments\\_on\\_Structural\\_Control\\_Health\\_Monitoring](https://www.researchgate.net/publication/339541230_Editorial_New_Trends_and_Developments_on_Structural_Control_Health_Monitoring) (дата звернення 25.06.2022)
15. Gopalakrishnan S., Ruzzene M., Hanagud S. Computational techniques for structural health monitoring. Springer Science & Business Media. 2011. 500 с.
16. Rytter A. Vibrational-based inspection of civil engineering structures : Ph.D. thesis. Aalborg University, 1993. 207 p.

17. Monavari B. SHM-based structural deterioration assessment : Ph.D. thesis Queensland University of Technology, 2019. 165 p.
18. Nie Z, Hao H, Ma H. Using vibration phase space topology changes for structural damage detection. *Structural health monitoring*. 2012. Vol. 11, Issue 5. Pp 538-557. - URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1475921712447590> (дата звернення 25.06.2022)
19. Rodrigues C, Félix C, Lage A, Figueiras J. Development of a long-term monitoring system based on FBG sensors applied to concrete bridges. *Engineering structures*. 2010. Vol 32, Issue 8. Pp. 1993-2002. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029610000866> (дата звернення 25.06.2022)
20. Shih H.W., Thambiratnam D.P., Chan T.H. Vibration based structural damage detection in flexural members using multi-criteria approach. *Journal of sound and vibration*. 2009. Vol.323, Issues 3-5. Pp. 645- 661. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X09000248> (дата звернення 25.06.2022)
21. Doebling S.W., Farrar C.R., Prime M.B. A summary review of vibration-based damage identification methods. *Shock and vibration digest*. 1998. Vol. 30. Pp.91-105. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/244105751\\_A\\_Summary\\_Review\\_of\\_Vibration-Based\\_Damage\\_Identification\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/244105751_A_Summary_Review_of_Vibration-Based_Damage_Identification_Methods) (дата звернення 25.06.2022)
22. Shih H.W. Damage assessment in structures using vibration characteristics: : Ph.D. thesis Queensland University of Technology, 2009. 160 p.
23. Chang P.C., Flatau A., Liu S. Health monitoring of civil infrastructure. *Structural health monitoring*. 2003. Vol 2. Pp.257-267. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/245381956\\_Review\\_Paper\\_Health\\_Monitoring\\_of\\_Civil\\_Infrastructure](https://www.researchgate.net/publication/245381956_Review_Paper_Health_Monitoring_of_Civil_Infrastructure) (дата звернення 25.06.2022)
24. Gudmundson P. The dynamic behaviour of slender structures with cross-sectional cracks. *Journal of the mechanics and physics of solids*. 1983. Vol.31. Pp. 329-345

25. Robert C. Mechanical Vibrations: Measurement, effects and control. *Nova science publishers, Inc.*// Sinou J-J: A review of damage detection and health monitoring of mechanical systems from changes in the measurement of linear and non-linear vibrations / Editors: Robert C. Sapri. 2009. Pp.643-702
26. Pawar PM, Ganguli R. Structural health monitoring using genetic fuzzy systems: Springer Science & Business Media, 2011. 130 p.
27. Ay A.M., Wang Y. Structural damage identification based on self-fitting ARMAX model and multi-sensor data fusion. *Structural health monitoring*. 2014. Vol. 13, Issue 4. Pp. 445-600.
28. Ivanovic S.S., Trifunac M.D., Todorovska M. Ambient vibration tests of structures-a review. *ISET journal of earthquake Technology*. 2000. Vol.37, No.4. Pp.165-197. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/284098586\\_Ambient\\_vibration\\_tests\\_of\\_structures-A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/284098586_Ambient_vibration_tests_of_structures-A_review) (дата звернення 25.06.2022)
29. Beale C., Niezrecki C., Inalpolat M. An adaptive wavelet packet denoising algorithm for enhanced active acoustic damage detection from wind turbine blades. *Mechanical systems and signal processing*. 2020. Vol. 142: 106754
30. Nikkhoo A., Karegar H., Karami Mohammadi R., Hajirasouliha I. An acceleration-based approach for crack localization in beams subjected to moving oscillators. *Journal of vibration and Control*. 2020. Vol 27 (5-6). Pp. 489-501. - URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1077546320929821> (дата звернення 25.06.2022)
31. Богданец Е. С., Черемухина О. О. Изучение процессов деформации с использованием автоматизированной системы мониторинга. *Masters journal*. 2014. №1. С.82-90.
32. DiBiagio E. A. Case study of vibrating-wire sensors that have vibrated continuously for 27 years. *International Symposium on Field Measurements in Geomechanics; Field measurements in geomechanics*. 2003. Pp. 445-458

33. Zhu Y., Ren W., Wang Y. Structural health monitoring on Yangluo Yangtze River Bridge: Implementation and demonstration. *Advances in structural engineering*. 2022. Vol. 25, Iss. 7. P1431-1448.
34. Li X., Liyu L., Lu W., Xue S., Hong C., Lan W., Shi Q. Structural health monitoring of a historic building during uplifting process: system design and data analysis. *Structural health monitoring*. 2023. Vol. 22. Iss. 5. P. 3165-3188.
35. Травуш В.И., Шахраманьян А.М., Колотовичев Ю.А. та ін. «Лахта Центр»: автоматизированный мониторинг деформаций несущих конструкций и основания. *Academia. Architecture and construction*. 2018. Вип. 4. С.94–108.
36. Войнаровский А. Е. Технология обмеров фасадов стереофотограмметрическим методом в системе AutoCAD. *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №7(17). С. 31-34.
37. Smits J. Application of 3D terrestrial laser scanning to map building surfaces. *Journal of architectural conservation*. 2011. Vol. 17 (1). Pp. 81-94.
38. Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры. *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №7(17). С. 25-30.
39. Stewart M.G. Reliability safety assessment of corroding reinforced concrete structures based on visual inspection information. *ACI Structural journal*. 2010 Vol. 107. Pp. 671-679.
40. Богаченко С. В., Шатов С. В. Аналіз методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та законодавчих і нормативних документів. *Український журнал будівництва та архітектури. Науково-практичний журнал*. 2023. № 6 (018). С. 136-142.
41. Исаев О. П., Гуляев Ю. Ф., Чуланов П. О. Комплексный мониторинг инженерных споруд. *Містобудування та територіальне планування*. 2020. Вип. 74. С. 162-171. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2020\\_74\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2020_74_16). (дата звернення 25.06.2022)

42. Попруга Д. В., Валовой О. І. Проблеми моніторингу технічного стану будівель і споруд. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип 34. 2013. С 186-190.
43. Бровко Д. В. Урахування технічного стану конструкцій і елементів промислових будівель та споруд, що реконструюються для визначення терміну наступного обстеження і паспортизації. *Вісник Криворізького національного університету*. 2013. Вип 35. С 26-30.
44. Клименко Є. В. Методологія оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд із залізобетону: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 Львів, 2008. 26 с.
45. Forcada N., Macarulla M., Gangolells M., Casals M. Handover defects: comparison of construction and post-handover housing defects. *Building research & information*. 2007. Vol.44 (3). Pp 279-288.
46. Waziri B. S.. Design and construction defects influencing residential building maintenance in Nigeria. *Jordan journal of civil engineering*. 2016. Vol. 10(3). Pp 313-323
47. Ilozor B., Okoroh M., Egbu C. Understanding residential house defects in Australia from the State of Victoria. *Building and environment*. 2004. Vol. 39(3). Pp 327-337
48. Bakri N. N. O., Mydin M. A. O. General building defects: causes, symptoms and remedial work. *European journal of technology and design*. 2014. Vol. 3. Pp 4-17
49. Ahzahar N., Karim N., Hassan S., Eman J. A study of contribution factors to building failures and defects in construction industry. *Procedia engineering*. 2011. Vol. 20. Pp 249-255
50. Васильев А. А. Дефекты и повреждения строительных конструкций : навч. посібник. М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. Гомель : БелГУТ, 2012. 361 с.
51. Диагностика и оценка технического состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений : метод. рекомен. / Березюк А. Н., Савицкий Н. В., Шимон Н. И. Гузев Е. А., Баташева К. В. Днепропетровск: ПГАСА, 1996. 176 с

52. Kian P. S. A Review of factors affecting building defects in singapore. *Dimensi teknik sipil*. 2001. Vol. 3(2). Pp 64-68
53. Wittmann F.H., Zhao T., Zhang P., Jiang F. Service life of reinforced concrete structures under combined mechanical and environmental loads. *2nd International Symposium on Service Life Design for Infrastructure*. 2010. Pp 91–98
54. Berkowski P.; Kosior-Kazberuk, M. Material and structural destruction of concrete elements in the industrial environment. *Procedia engineering*. 2017. 172. Pp 96–103
55. Julio-Betancourt, G.A. Effect of de-icer and anti-icer chemicals on the durability, microstructure, and properties of cement-based Materials. Ph.D. thesis, University of Toronto, 2009. 851 p.
56. Pigeon M., Talbot C., Marchand J., Hornain H. Surface microstructure and scaling resistance of concrete. *Cement and concrete research*. 1996. Vol. 26. Pp 1555–1566.
57. Valenza J. J., Scherer G. W. A review of salt scaling: II. Mechanisms. *Cement and concrete research*. 2007. Vol. 37. Pp 1022–1034
58. Thomas M.D.A. Optimizing the use of fly ash in concrete. *Portland cement association* : Skokie, 2007. P. 24
59. EKström J., Rempling R., Plos M. Spalling in concrete subjected to shock wave blast. *Engineering structures*. 2016. Vol. 122. Pp 72–82
60. Melchers R.E., Li, C.Q. Reinforcement corrosion initiation and activation times in concrete structures exposed to severe marine environments. *Cement and concrete research*. 2009. Vol. 39. Pp 1068–1076
61. Chi J. M., Huang R., Yang C. C. Effects of carbonation on mechanical properties and durability of concrete using accelerated testing method. *Journal of marine science and technology*. 2002. Vol. 10. Pp 14–20
62. Perrin B., Vu N.A., Multon S., Volland T., Ducroquetz C. Mechanical behaviour of fired clay materials subjected to freeze–thaw cycles. *Construction and Building Materials*. 2011. Vol. 25. Pp 1056–1064
63. Koniorczyk M., Gawin D., Schrefler B. Multiphysics for spalling prediction of brick due to in pore salt. *Computers & Structures*. 2018. Vol. 196. Pp 233–245.

64. Jonsson R., Rinaldi F., Pilli R., Fiorese G., Hurmekoski E., Cazzaniga N., Robert N., Camia A. Boosting the EU forest-based bioeconomy: market, climate, and employment impacts. *Technological forecasting & social change*. 2021. Vol. 163. 120478
65. Simler-Williamson A.B.; Rizzo D.M., Cobb R.C. Interacting effects of global change on forest pest and pathogen dynamics. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*. 2019. Vol. 50. Pp. 381–403
66. Liebhold A.M., Brockerhoff E.G., Garrett L.J., Parke J.L., Britton K.O. Live plant imports: the major pathway for forest Insect and pathogen invasions of the US. *The ecological society of america*. 2012. Vol. 10. Pp 135–143
67. Schwarze F.W.M.R. Wood decay under the Microscope. *Fungal biology reviews*. 2007. Vol. 21 (4). Pp 133–170
68. Goodell B., Winandy J.E., Morrell J.J. Fungal degradation of wood: emerging data, new insights and changing perceptions. *Coatings*. 2020. Vol. 10. 1210
69. Arantes V., Jellison J., Goodell B. Peculiarities of brown-rot fungi and biochemical fenton reaction with regard to their potential as a model for bioprocessing biomass. *Applied microbiology and biotechnology*. 2012. Vol. 94. Pp 323–338
70. Gao J., Kim J.S., Terziev N., Cuccui I., Daniel G. Effect of thermal modification on the durability and decay patterns of hardwoods and softwoods exposed to soft rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2018. Vol. 127. Pp 35–45
71. Chiappini E., Aldini R.N. Morphological and physiological adaptations of wood-boring beetle larvae in timber. *Journal of entomological and acarological research*. 2011. Vol. 43. Pp 47-59.
72. Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 №144. - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0898-22#Text> (дата звернення: 04.03.2023)
73. Улибин А. В., Ватин Н. И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения. *Constraction of Unique Buildings and Structures*. 2014. 10(25). С 134-136



74. Alter S. Work system theory: overview of core concepts, extensions, and challenges for the future work. *Journal of the association for information systems*. 2013. Vol. 14, Issue 2. Pp 72–121
75. Bulchand-Gidumal J., Melian-Gonzalez S. Maximizing the positive influence of IT for improving organizational performance. *The journal of strategic information systems*. 2011. Vol. 20, Issue 2.4. Pp 461–478
76. Cecez-Kecmanovic, D., Galliers, R.D., Henfridsson, O., Newell, S., Vidgen, R. The sociomateriality of information systems: current status, future directions. *MIS quarterly*. 2014. Vol. 38, Issue 3. Pp 809–830
77. Lee A.S. Retrospect and Prospect: Information systems research in the last and next 25 years. *Journal of information technology*. 2010. Vol. 25, Issue 4. Pp 336–348
78. McNurlin B., Sprague R.H., Bui T. Information systems management. Pearson, 2014. 511 p.
79. Laudon K.C., Laudon J.P. Management information systems: managing the digital firm. Pearson, 2018. 648 p.
80. Land F.F. Is an information theory enough? *The computer journal*. 1985. Vol. 28, Issue 3. Pp 211–215
81. Beynon-Davies P. Information systems as socio-technical or sociomaterial systems. *AMCIS 2009 Proceedings, association for information system*. 2009. Paper 705.
82. Paul R.J. Challenges to information systems: Time to change. *European Journal of Information Systems*. 2007. Vol.16, Issue 3. Pp 193–195
83. Goguen J.A. Toward a social, ethical theory of information. *Social science, technical systems, an cooperative work. Beyond the great divide*. 1997. Pp 27–56
84. Davis G.B. Information systems conceptual foundations: looking backward and forward // Baskerville R.L., Stage J., DeGross J.I., eds. *Organizational and Social Perspectives on Information Technology*. Boston, 2000. Pp 61–82

85. ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 (ISO/IEC 2382:15, IDT). Інформаційні технології. Словник термінів. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2017. 464 с.
86. Elmasri R., Navathe S.B. Fundamentals of database systems. Pearson, 2016. 1242 p.
87. Про затвердження форми паспорта об'єкта будівництва: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 10.11.2017 № 298. - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1460-17#Text> (дата звернення: 04.03.2023)
88. Богаченко С. В., Шатов С. В. Розробка концепту бази даних для цифровізації досвіду експлуатації будівель та споруд. *Український журнал будівництва та архітектури. Науково-практичний журнал*. 2024. № 1 (019). С. 150-156.
89. Jatana N., Puri S., Ahuja M., Kathuria I., Gosain D. A Survey and Comparison of Relational and Non-Relational Database. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2012. Vol. 1. URL: [https://www.researchgate.net/publication/298332910\\_History\\_Of\\_Databases](https://www.researchgate.net/publication/298332910_History_Of_Databases) (дата звернення 18.06.2022)
90. Berg K. L., Seymour T., Goel R. History of databases. *International Journal of Management & Information Systems (IJMIS)*. 2012. Vol. 17, no. 1. P. 29–36.
91. Meier A., Kaufmann M. SQL & NoSQL Databases. *Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden*. 2019. P. 229
92. Groff J. R., Weinberg P. N., Opper A. J. SQL: the complete reference. McGraw-Hill/Osborne. 2002. – 1050 с.
93. Stonebraker M. SQL Databases v. NoSQL Databases. *Communications of the ACM*. 2010. Vol. 53, no. 4. Pp. 10–11
94. Khan W., Shahzad W. Predictive Performance Comparison Analysis of Relational & NoSQL Graph Databases. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2017. Vol. 8. Pp. 523–530

95. Zafar R., Yafi E., Zuhairi M. F., Dao H. Big data: the NoSQL and RDBMS review. *International Conference on Information and Communication Technology*. 2016. Pp. 120-126.
96. . Solanke B. Rajeswari K. SQL to NoSQL transformation system using data adapter and analytics. *International Conference on Technological Innovations in Communication, Control and Automation*. 2017. Pp. 59–63.
97. Sahatqija K., Ajdari J., Zenuni X., Raufi B., Ismaili F., Comparison between relational and NOSQL Databases. *41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*. 2018. Pp. 238–243.
98. Zeng N., Zhang G.-Q., Li X., Cui L. Evaluation of relational and NoSQL approaches for patient cohort identification from heterogeneous data sources. *International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*. 2017. Vol. 5, Iss. 2. Pp. 1135–1140. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/321829208\\_Evaluation\\_of\\_Relational\\_and\\_NoSQL\\_Approaches\\_for\\_Cohort\\_Identification\\_from\\_Heterogeneous\\_Data\\_Sources\\_in\\_the\\_National\\_Sleep\\_Research\\_Resource](https://www.researchgate.net/publication/321829208_Evaluation_of_Relational_and_NoSQL_Approaches_for_Cohort_Identification_from_Heterogeneous_Data_Sources_in_the_National_Sleep_Research_Resource) (дата звернення 18.06.2022)
99. Stonebraker M. SQL Databases v. NoSQL databases. *communications of the ACM*. 2010. Vol. 53, no. 4. Pp. 10–11. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/220427202\\_SQL\\_databases\\_v\\_NoSQL\\_databases](https://www.researchgate.net/publication/220427202_SQL_databases_v_NoSQL_databases) (дата звернення 18.06.2022)
100. Chuchro M., Franczyk A., Dwornik M., Leśniak A. A Big Data processing strategy for hybrid interpretation of flood embankment multisensor data. *Geology, Geophysics & Environment*. 2016. Vol. 42, no. 3. Pp. 269–277. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/345152027\\_A\\_Big\\_Data\\_processing\\_strategy\\_for\\_hybrid\\_interpretation\\_of\\_flood\\_embankment\\_multisensor\\_data](https://www.researchgate.net/publication/345152027_A_Big_Data_processing_strategy_for_hybrid_interpretation_of_flood_embankment_multisensor_data) (дата звернення 18.06.2022)
101. Alias N. et al. Parallel computing of numerical schemes and big data analytic for solving real life applications. *Jurnal Teknologi*. 2016 Vol. 78, no. 8–2. Pp. 152-162. - URL:

<https://www.researchgate.net/publication/308626448> Parallel computing of numerical schemes and big data analytic for solving real life applications (дата звернення 18.06.2022)

102. Kuzochkina A., Shirokopetleva M., Dudar Z. Analyzing and Comparison of NoSQL DBMS. *International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology*. 2018. Pp. 560–564. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/331425395> Analyzing and Comparison of NoSQL DBMS (дата звернення 18.06.2022)

103. Yassine F., Awad M. A. Migrating from SQL to NOSQL Database: Practices and Analysis. *International Conference on Innovations in Information Technology*. 2018. Pp. 58–62. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/330294069> Migrating from SQL to NOSQL Database Practices and Analysis (дата звернення 18.06.2022)

104. Chandra D. G. BASE analysis of NoSQL Database. *Future Generation Computer Systems*. 2015. Vol. 52. Pp. 13–21. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/275965785> BASE analysis of NoSQL database (дата звернення 18.06.2022)

105. Chang M.-L. E., Chua H. N. SQL and NoSQL Database Comparison. *Future of Information and Communication Conference*. 2018. Pp. 294–310. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/319745124> SQL NoSQL Database Comparison from Performance Perspective in Supporting Semi-Structured Data (дата звернення 18.06.2022)

106. Băzăr C., Iosif C. S. The transition from rdbms to nosql. a comparative analysis of three popular non-relational solutions: Cassandra, mongodb and couchbase. *Database Systems Journal*. 2014. Vol. 5, no. 2. Pp. 49–59. - URL: <https://ideas.repec.org/a/aes/dbjour/v5y2014i2p49-59.html> (дата звернення 18.06.2022).

107. С. В. Богаченко, С. В Шатов. База даних для моніторингу технічного стану споруд, як складова частина промислової безпеки. *Наука та прогрес транспорту*. 2024. №1 (105). С. 13-19.

108. НК 018:2023. Класифікатор будівель та споруд. [Чинний від 2024-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2023. 17 с.
109. Гайдоржи В. І., Дацюк О. А. Основи проектування та використання баз даних : навч. посібник. 2-ге вид, випр. і доп. Київ: Політехніка, 2004. 254 с.
110. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2018. 30 с.
111. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 123 с.
112. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України, 2006. 75 с.
113. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 р. № 435-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 40-44. Ст.3 56.
114. Hernandez M. J. Database Design for Mere Mortals. Pearson Education, Inc. 2021. 485 с.
115. Form Клас. URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.form?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
116. How to create a user control (Windows Forms .NET). URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/controls-design/how-to-create-usercontrol?view=netdesktop-8.0&source=recommendations>
117. Control Клас. URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.control?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
118. TextBox Клас. URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.controls.textbox?view=netframework-4.8> (дата звернення: 15.11.2023)
119. Panel Клас. URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.panel?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)

120. ListView      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.listview?view=windowsdesktop-8.0>      (дата звернення: 15.11.2023)
121. TableLayoutPanel      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.tablelayoutpanel?view=windowsdesktop-8.0>      (дата звернення: 15.11.2023)
122. ComboBox      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.combobox?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
123. DataGridView      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.datagridview?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
124. MenuStrip      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.menustrip?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
125. ToolStrip      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.toolbar?view=windowsdesktop-8.0> (дата звернення: 15.11.2023)
126. ContextMenuStrip      Клас.      URL:<https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.contextmenustrip?view=windowsdesktop-8.0>      (дата звернення: 15.11.2023)
127. Dialog Boxes in Windows Forms. URL:<https://learn.microsoft.com/uk-ua/dotnet/desktop/winforms/dialog-boxes-in-windows-forms?view=netframeworkdesktop-4.8> (дата звернення: 15.11.2023)
128. СОУ Д.1.2-02495431-001:2008. Нормативи витрат труда для визначення вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд. [Чинний від 2008-07-01]. Вид. офіц. Київ: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2008. 46 с.

## Додаток А. Впровадження



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ результатів дисертаційної роботи

Слобожанська територіальна громада, при створенні реєстру технічного стану об'єктів нерухомості, розташованих на її території, використала результати дисертаційної роботи БОГАЧЕНКО Сергія Вікторовича на тему «Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій». Впровадження полягає у використанні методології обстеження технічного стану будівельних об'єктів, обробці цих результатів та внесення у цифрову базу.

Використання дисертаційної роботи покращило якість отриманих результатів з обстеження технічного стану будівельних об'єктів та надало можливість створити їх інформаційну базу.

Селищний голова

Іван КАМІНСЬКИЙ



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
"НАУКОВО-ІНЖИНІРИНГОВИЙ ЦЕНТР АРСЕКО"

49006, м. Дніпро, вул. Чернишевського, буд. 27, оф. 8  
тєл.+38(050)234-99-78 email: office@nicarseco.com

20.01.2024 №24/2001-01

### АКТ

впровадження дисертації **Богаченка Сергія Вікторовича**

ТОВ «НАУКОВО-ІНЖИНІРИНГОВИЙ ЦЕНТР АРСЕКО» у своїй виробничій діяльності використало практичні досягнення наукового дослідження **БОГАЧЕНКА Сергія Вікторовича** за темою «Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій», а саме комп'ютерну програму із внесення та зберігання відомостей про технічний стан будівель та споруд.

Це дозволило систематизувати технічну інформацію про об'єкти нерухомості, обстеження яких виконувало наше підприємство.

Директор



Артем РУДІН





ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«СТС-ІНЖИНІРИНГ»

Україна, 49000, м. Дніпро, вул. Старокозацька, буд. 45, прим. 1  
тел. +38 (063) 192 91 30, email [tov.sts.engineering@gmail.com](mailto:tov.sts.engineering@gmail.com)  
ЄДРПОУ 42796515

№ 2024/05 від 05.02.2024

*Щодо впровадження результатів дослідження*

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
результатів дисертаційної роботи аспіранта **Богаченка С. В.**

Проведення обстежень технічного стану об'єктів нерухомості пов'язано з аналізом проектної документації, аналізом попередніх обстежень за їх звітами (при наявності), виконанням поточного обстеження та складанням звіту за результатами цих робіт. Із досвіду проведення подібних робіт, необхідно відзначити, що перший етап (аналіз документації та звітів) має значні складності у разі відсутності або обмеженої інформації. Це збільшує трудомісткість та терміни виконання робіт.

Використання досліджень **БОГАЧЕНКА Сергія Вікторовича**, а саме «Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій» дозволило ТОВ «СТС-ІНЖИНІРИНГ» розробити базу даних об'єктів нерухомості, які були обстежені та виконувати моніторинг їх технічного стану.

ТОВ «СТС-ІНЖИНІРИНГ» отримало сучасний інтелектуальний продукт та налаштовано на подальшу співпрацю з **Богаченком С. В.**

Директор



Андрій ТИТЮК

## Додаток Б. Розрахунок економічного ефекту

При розрахунку економічного ефекту враховуються:

- витрати на обладнання;
- витрати на електроенергію;
- витрати на програмне забезпечення та налаштування;
- вартість одного циклу моніторингу БтаС КП «Київтеплоенерго» за 2021-2024 р.р. виконаних ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО».

Витрати на обладнання, електроенергію, програмне забезпечення та налаштування для малого та середнього бізнесу при використанні серверу зведені у таблиці Б.1.

Таблиця Б.1. Витрати на електроенергію, обладнання, програмне забезпечення та налаштування при використанні інформаційної системи по моніторингу

№ з/п	Обладнання	Споживання електроенергії при навантаженні 95% протягом 8-ми годин та 16 годин простою, кВт·год	Річне споживання електроенергії, кВт·год	Витрати на електроенергію за 5 років, грн	Вартість серверу, програмного забезпечення та налаштування системи, грн
1	ARTLINE Business R22v01 Процесор: Ryzen 3 PRO 4350G Пам'ять: 2 x 8GB Накопичувачі: 2x250GB SSD 2x1TB HDD	0,27	10 597	52 985*	83 250

\* Для розрахунку витрат на електроенергію прийнято тариф для малого та середнього бізнесу у розмірі 4,48 грн за кВт·год.

На основі замовлених КП «Київтеплоенерго» послуг з моніторингу технічного стану Бтас за 2021-2024 р.р. вартість збору й систематизації документації складає 797 577,37 грн. при загальній вартості робіт 9 169 263,73 грн. (таблиця Б.2.).

Таблиця Б.2. Витрати КП «Київтеплоенерго» на проведення робіт з моніторингу технічного стану Бтас

Виконавець	Періодичність обстеження	Кількість Бтас	Сума договору, грн	Вартість програми робіт, грн	Вартість збору, систематизації документації, грн
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	38	3 288 553,59	40 050,00	288 805,36
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	36	1 988 377,64	22 428,00	176 409,76
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	18	645 856,11	12 816,00	51 769,61
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	16	894 763,31	9 612,00	79 864,33
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	15	339 743,70	6 408,00	27 566,37
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	23	1 367 704,71	16 020,00	120 750,47
ТОВ «Науково-інжиніринговий центр АРСЕКО»	кожні 5 років	13	644 264,67	12 015,00	52 411,47

Виконавець	Періодичність обстеження	Кількість БтаС	Сума договору, грн	Вартість програми робіт, грн	Вартість збору, систематизації документації, грн
Всього		159	9 169 263,73	119 349,00	797 577,37

Таким чином, при впровадженні моніторингу на основі інформаційних технологій вже при другому циклі обстежень 159-ти БтаС економічний ефект складає 661 342,37 грн. Прогнозований економічний ефект при різній кількості циклів для 159-ти, 500-та й п'яти тисяч БтаС наведений в таблиці Б.3.

Таблиця Б.3. Прогнозований економічний ефект при різній кількості циклів

Кількість БтаС, шт	Економічний ефект, грн				
	1 цикл	2 цикли	3 цикли	4 цикли	5 циклів
159	-83250	661 342,37	1 352 949,74	1 991 572,11	2 577 209,48
500	-83250	2 371 869,94	4 774 004,87	7 123 154,81	9 419 319,75
5000	-83250	24 944 814,37	49 919 893,74	74 841 988,11	99 711 097,48